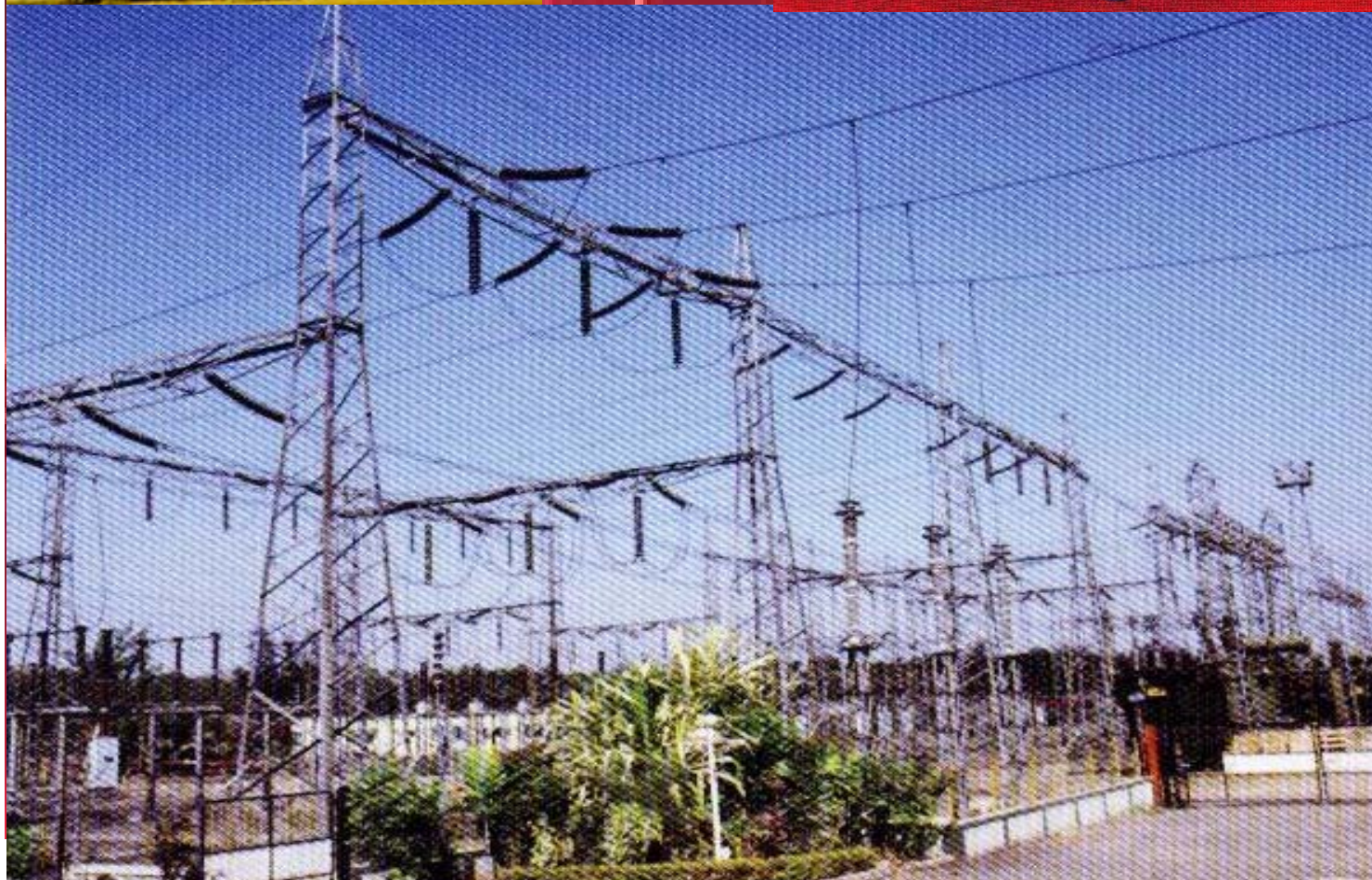
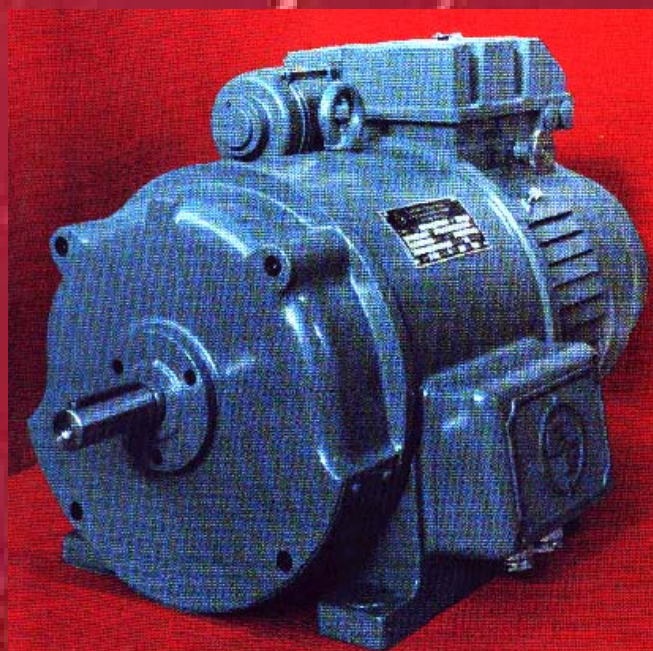


ماشین های مخصوص اطلاعات عمومی تکنسینها



بخش اول: ماشینهای الکتریکی مخصوص

عنوان

2

فصل اول: موتورهای

تکفاز.....	2
مقدمه	3
تئوری دو میدان	5
انواع موتورهای تکفاز و طبقه بندی آنها	10
موتور تکفاز با قطب چاکدار	11
موتور القایی با فاز شکسته	16
موتور تکفاز آسنکرون با سیم پیچ اصلی و کمکی و خازن راه اندازی	20
موتور تکفاز آسنکرون با سیم پیچ اصلی و کمکی و خازن دائم و کار در مدار.....	21
آزمایش سالم بودن خازن و تشخیص خازن و دائم و روغنی از یکدیگر.....	25
ماشین آسنکرون با سیم پیچ اصلی و کمکی و خازن راه انداز و خازن دائمی.....	28
موتورهای سه فاز آسنکرون تبدیل شده به تکفاز	30
فصل دوم: ماشینهای جریان مستقیم.....	32
مقدمه.....	33
ساختمان ماشینهای جریان مستقیم.....	36
ژنراتورهای dc.....	52
مولدهای تحریک مستقل.....	54
مولدهای شنت	57
مولد سری	59
مولد کمپوند	61
رابطه نیروی محرکه القایی در ماشین dc واقعی.....	64
تلفات توان در ماشین های dc	66
شرایط پارالل کردن ژنراتورهای جریان مستقیم	71
موتورهای dc.....	74
موتور تحریک مستقل و شنت	76
موتور dc با آهنربای دائم.....	78
موتور سری	79
موتور کمپوند (مختلط).....	82

85	.....	اصطلاحات موتورهای dc	■
86	.....	کنترل سرعت موتورهای dc	■
102	.....	مشابهت های ماشین القایی _ سنکرون dc	■
103	.....	ماشینهای الکترومکانیکی و مقادیر نامی	■
106	.....	کاربرد ماشینهای dc	■
112	.....	چند نمونه مسائل حل شده	■
121	.....	فصل سوم: چند نمونه ماشینهای خاص	■
122	.....	موتورهای کموتاتوری	■
122	.....	پدیده کموتاسیون در ماشینهای کموتاتوری	■
128	.....	موتور انیورسال	■
135	.....	موتور ریپولیسونی	■
139	.....	موتورهای سنکرون یکفاز بدون تحریک	■
140	.....	موتور هیستریزیس	■
142	.....	موتور پله ای	■
144	.....	ماشینهای سینکرو	■
145	.....	سلزین و انواع آن	■
149	.....	موتور شراک ریشتر	■
		بخش دوم: اطلاعات عمومی تکنسین ها	■
174		فصل اول: انرژی الکتریکی (تولد، انتقال، توزیع) و اندازه گیری	■
		کمیت های الکتریکی	
176	.....	تولید انرژی الکتریکی	■
177	.....	انتقال نیرو	■
177	.....	شبکه های فوق توزیع	■
178	.....	توزیع نیرو	■
179	.....	مصرف کننده	■
180	.....	اندازه گیری کمیت های الکتریکی در مصرف کننده ها	■
181	.....	اندازه گیری مقدار جریان و ولتاژ متناوب	■
183	.....	اندازه گیری جریان متناوب	■
184	.....	اندازه گیری اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ)	■
185	.....	گسترش رنج وسایل اندازه گیری آنالوگ	■

187	فصل دوم: انواع شبکه‌های الکتریکی و نحوه محاسبه سطح مقطع	■
	سیم	
188	 مقدمه	■
189	 انواع مختلف شبکه‌های الکتریکی	■
195	 محاسبات شبکه‌های الکتریکی	■
207	فصل سوم: کابل و کابل کشی.....	■
208	 ساختمان کابل ها	■
209	 هادی ها	■
211	 عایق ها.....	■
213	 غلاف کابل	■
214	 عوامل مؤثر در تعیین سطح مقطع کابل	■
215	 انواع کابل ها	■
215	 علائم اختصاری کابل های پلاستیکی و لاستیکی	■
217	 شرایط نصب و قراردادن کابل های برق.....	■
217	 چند نمونه معرفی سیم و کابل	■
220	 اتصال کابل به کابل شو	■
221	 کابل کشی	■
225	 مقررات عمومی و ایمنی در مورد کابل ها	■
228	 دلایل ترکیدگی کابل	■
229	فصل چهارم: پایه ها _ مهار _ مقره ها _ کنسولها.....	■
268	فصل پنجم: اصلاح ضریب قدرت	■
274	فصل ششم: چاه های آب	■
275	 مقدمه	■
277	 متعلقات و آماده سازی چاه	■
278	 پمپ توربینی	■
284	 پمپ شناور	■
303	فصل هفتم: کلیدهای فشار قوی و ضعیف	■
304	 کلیدهای فشار قوی	■
308	 کلید تیغه ای.....	■
311	 کلید پاكو	■

319	 کلید فیوز	■
321	 کلید خودکار	■
304	 کلید محافظ موتور	■
325	 کلید مغناطیسی	■
328	 کلیدهای فشار قوی	■
328	 سکسیونر	■
336	 سکسیونر قابل قطع زیر بار	■
342	 دیژنگتور	■
344	 کلید روغن	■
344	 کلید کم روغن	■
348	 کلید اکسیپانزیون	■
349	 کلید هوایی	■
352	 کلی گاز سخت	■
353	 کلید sf6	■
355	 کلید خلاء	■
358	بخش سوم: مدارهای فرمان کنتاکتوری	■
359	 فصل اول: اجزاء تشکیل دهنده مدارهای کنترل اتوماتیک	■
361	 کنتاکتور	■
369	 شسنی استپ استارت	■
370	 رله حرارتی	■
375	 کنترل فاز	■
376	 رله مغناطیسی	■
377	 لامپ‌های سینگنال	■
377	 فیوزها	■
384	 لمیت سوئیچ‌ها	■
384	 کلیدهای تابع فشار	■
385	 کلیدهای شناور	■
385	 سنسورها	■
378	 تایمر انواع آن	■
391	 ترموستات	■
391	 کلیدهای تابع دور	■

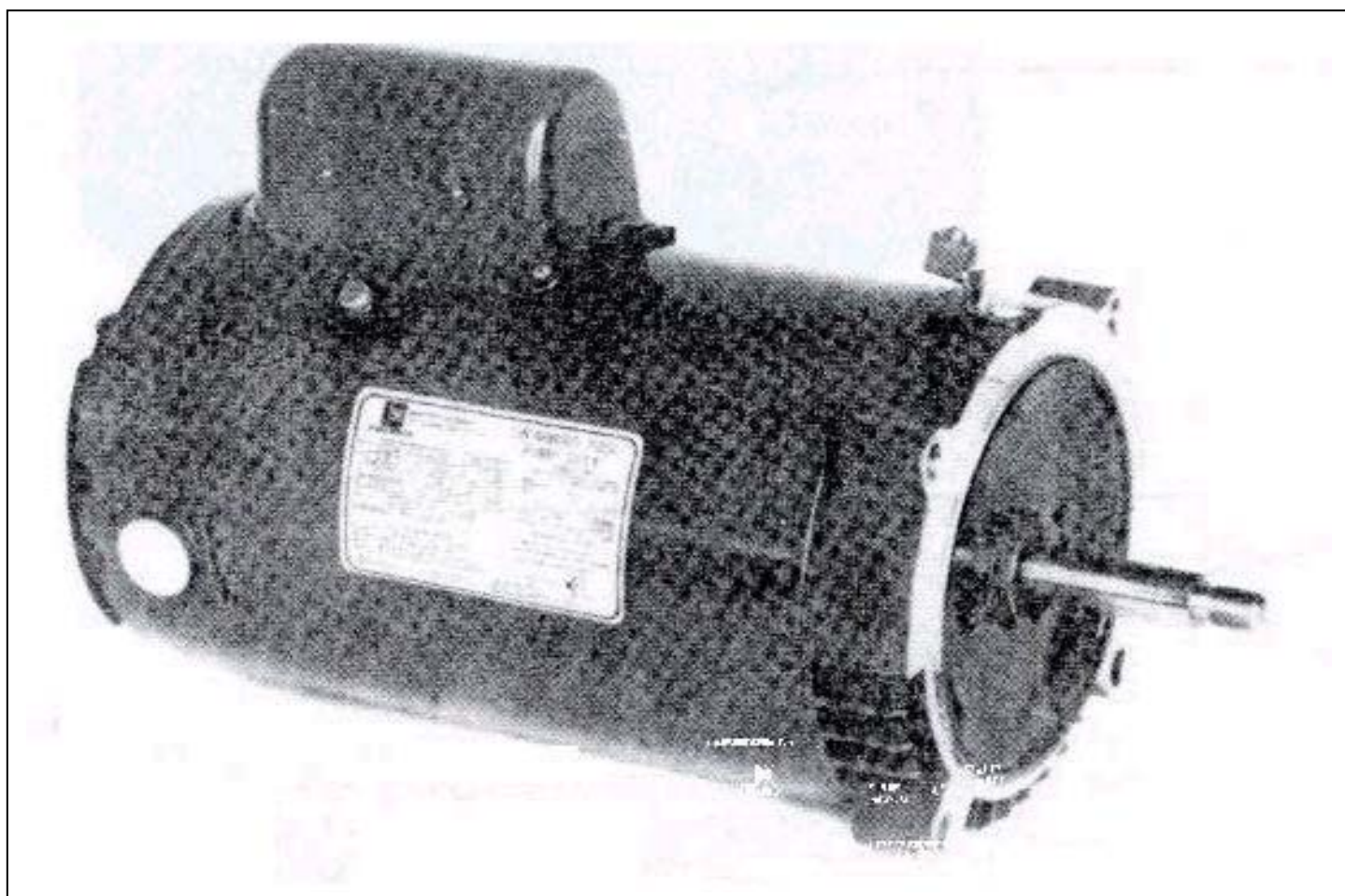
- 394 کنترل کننده سطح مایعات ■
- 395 فصل دوم: انتخاب رنج قطعات مدار ■
- 402 فصل سوم: انواع نقشه‌ها و چند نمونه مدار کنتاکتوری پر کاربرد در صنعت ■
- 403 انواع نقشه‌ها ■
- 411 علائم جدید و قدیم مدارات کنتاکتوری ■
- 413 چند نمونه مدار کنتاکتوری پر کاربرد در صنعتی ■

بخش اول

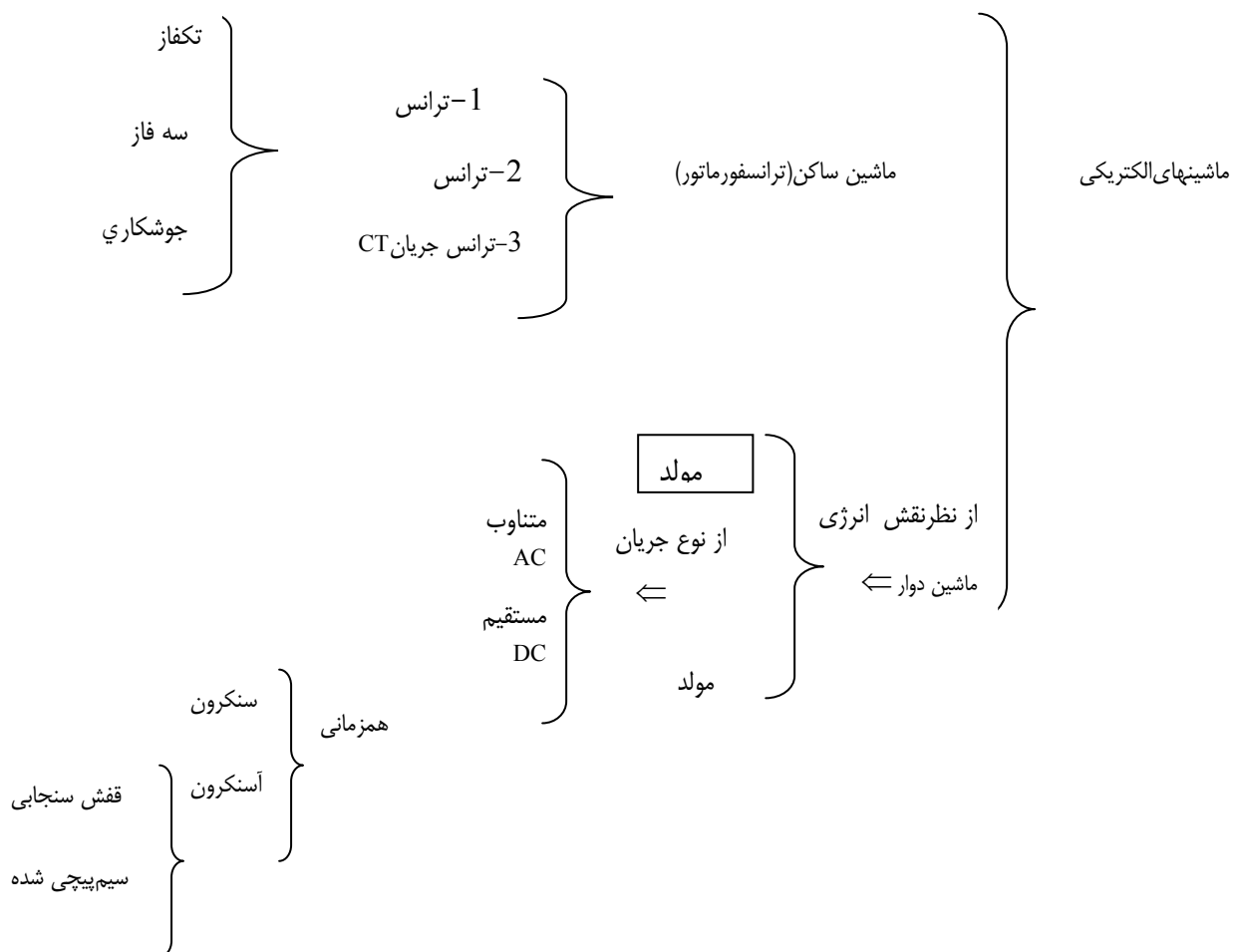
ماشین های الکتریکی می مخصوص

فصل اول:

موتورهای تکفاز



بسمه تعالی

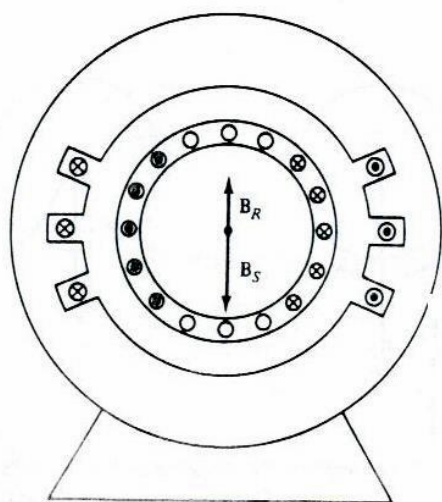


ماشین های تکفاز : این ماشین ها به خودی خود گشتاور راه اندازی ندارند که بزرگترین عیب این ماشین ها محسوب می شود که برای رفع این عیب از سیم پیچ های کمکی استفاده می شود که این عامل باعث تنوع در انواع این ماشین ها می شود .

سیم پیچ کمکی در حقیقت باعث راه اندازی موتور می شود .

دلیل این که گفته می شود ماشین های تکفاز گشتاور راه اندازی ندارند این است که در سیم پیچی استاتور تنها یکفاز وجود دارد میدان مغناطیسی موتور القایی تک فاز نمی چرخد.

در شرایط سکون موتور مانند ترانسفورماتوری است که سیم پیچ ثانویه آن اتصال کوتاه شده است .



موتور القایی تکفاز در شرایط راه اندازی سیم پیچی استاتور ولتاژ و جریان های مخالف در مدار روتور القا می کند که یک میدان مغناطیسی هم امتداد با میدان استاتور در روتور به وجود می آورد .

$$T_{ind}=0$$

این حقیقت که موتورهای القایی تک فاز ذاتاً گشتاور راه اندازی ندارند مانعی جدی در توسعه زودرس موتورهای القایی بود هنگامی که موتورهای القایی در اواخر دهه 1880 و اوایل دهه 1890

ابداع شدند اولین سیستم های قدرت موجود تکفاز و 133Hz بودند با مواد و تکنولوژی قابل دسترسی آن زمان ساخت موتوری که خوب کار کند غیر ممکن بود تا اواسط دهه 1890 که سیستم سه فاز 60Hz توسعه یافت موتورهای القایی کاربرد عملی نیافتند .

در عوض نوسان می کند یعنی بزرگ و کوچک می شود اما همیشه در یک امتداد باقی نمی ماند چون در استاتور میدان مغناطیسی دوار وجود ندارد موتور القایی تکفاز گشتاور راه اندازی ندارد .

این حقیقت را می توان به سادگی با آزمایش موتور در هنگامی که روتور آن ساکن است مشاهده کرد شار استاتور ماشین ابتدا زیاد شده سپس کاهش می یابد اما همیشه در یک امتداد باقی نمی ماند چون میدان مغناطیسی استاتور نمی چرخد بین میدان استاتور و میله های روتور حرکت نسبی وجود ندارد سپس هیچ ولتاژ القایی ناشی از حرکت نسبی در روتور وجود ندارد از روتور هیچ جریانی نمی گذرد و هیچ گشتاوری القا نمی شود در واقع در اثر عمل ترانسفورماتوری

$d\phi/dt$ ولتاژی در میله های روتور القا می شود و چون میله ها اتصال کوتاه اند از روتور جریان می گذرد اما این میدان مغناطیسی با میدان مغناطیسی استاتور هم امتداد است و هیچ گشتاور برآیندی در روتور ایجاد نمی کند .

$$T_{ind} = \kappa BR \times B_s$$

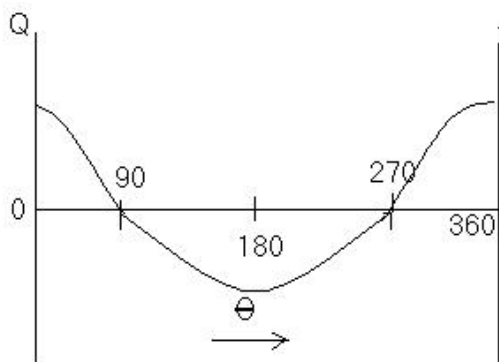
$$T_{ind} = \kappa BR B_s \sin y$$

$$= \kappa BR B_s \sin 180^\circ$$

$$= 0$$

تئوری دو میدان دوار :

از آنجایی که یک کمیت متناوب با محور واحد را می توان توسط دو بردار گردان مخالف با دامنه نصف کمیت اصلی نمایش داد تئوری در میدان گردان را می توان بر اساس آن شرح داد طبق بیان فوق یک فوران سینوسی را می توان توسط دو فوران گردان که هر کدام از نظر مقدار نصف فوران اصلی



بوده و با سرعت سنکرون $ns = \frac{6 \cdot f}{p}$ در جهت مخالف یکدیگر می چرخند نمایش داد .

اگر فوران متناوبی مانند شکل دارای دامنه ϕ_m باشد دامنه مؤلفه های فوران B, A هر کدام برابر $\frac{\phi}{2}$ بوده و به ترتیب در جهت مخالف

عقربه های ساعت و موافق آنها می چرخند .

زمانی که دو مؤلفه B, A به اندازه زوایای $+\theta, -\theta$ طبق شکل 2 بچرخند فوران نتیجه مساوی است با

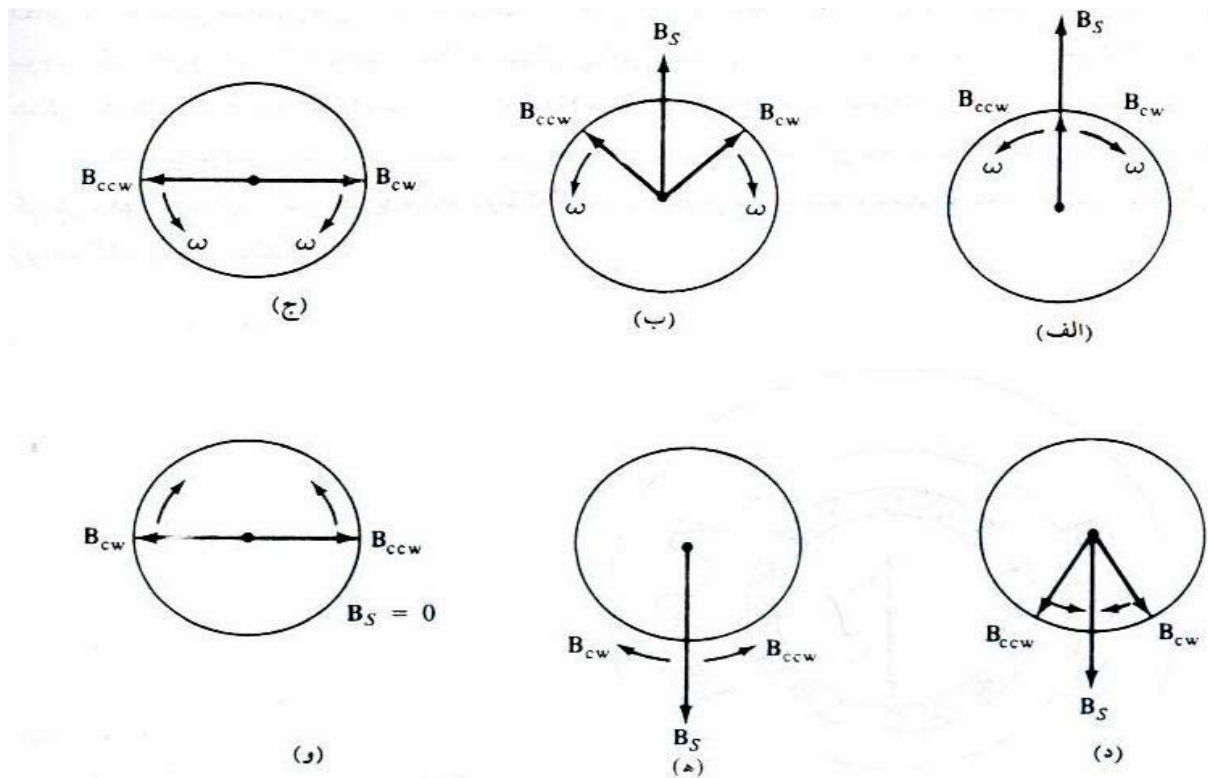
$$\phi_R = 2 \frac{\phi_m}{2} \cos \frac{2\theta}{2} = \phi_m \cos \theta$$

بعد از $\frac{1}{4}$ سیکل چرخش فوران های B, A طبق شکل 2 بوده و فوران های

نتیجه مساوی صفر می باشد بعد از نصف سیکل فوران های B, A دارای نتیجه

$$\phi_R = -2 \frac{\phi_m}{2} = -\phi_m$$

است مانند شکل 2 در $\frac{3}{4}$ سیکل دوباره نتیجه فوران مانند شکل 2 مساوی صفر است .



تجزیه یک میدان مغناطیسی نوسانی به دو میدان مغناطیسی دوار با دامنه برابر و مختلف جهت. توجه کنید که در تمام لحظات جمع دو میدان مغناطیسی در صفحه عمودی قرار می گیرد.

نتیجه: فوران متناوب می تواند ترکیبی از دو فوران گردان که هر کدام به مقدار نصف فوران اصلی بوده و با سرعت سنکرون در جهت مخالف هم می چرخند ملاحظه شود چنانچه لغزش روتور نسبت به فوران گردان که در جهت موافق گردش روتور می چرخد S باشد در این صورت روتور نسبت به فوران گردان که در جهت مخالف می چرخند مساوی $2-6$ خواهد بود. لغزش در جهت موافق برابر است با:

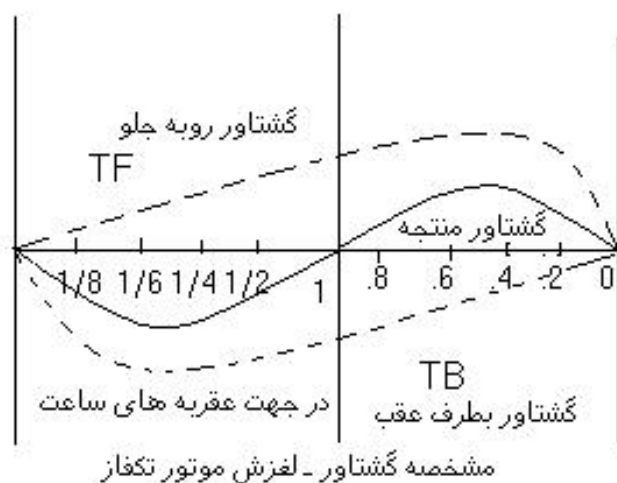
$$S = \frac{n_s - n}{n} = 1 - \frac{n}{n_s}$$

لغزش در جهت مخالف گردش روتور چنین است:

$$S_b = \frac{n_s - (-n)}{n_s} = 1 + \frac{n}{n_s} = 1 + (1 - s) = 2 - s$$

هر کدام از این دو مؤلفه فوران هنگامی که در فاصله هوایی می چرخند روتور را قطع نموده و یک نیروی محرکه در آن القا می کنند .

دو گشتاور که یکی گشتاور بطرف جلو و دیگری بطرف عقب نامیده می شود مخالف یکدیگر بوده و برآیندهای مساوی گشتاور منتهی می شود .



(شکل مقابل) مشخصه گشتاور - لغزش موتور

یکفاز القایی

قدرت ایجاد شده توسط روتور برابر است با :

$$p_r = \left(\frac{1-s}{s} \right) = R_2 I_2^2$$

اگر n سرعت روتور برحسب R.P.M باشد گشتاور روتور مساوی است با :

$$T_r = \frac{60}{2\pi m} = \left(\frac{1-s}{s} \right) = R_2 I_2^2$$

چون $n = n_s (1-s)$ است پس داریم :

$$T_r = \frac{60}{2\pi m} = \left(\frac{1-s}{s} \right) = R_2 I_2^2 = \frac{60}{2\pi N_s} \times \frac{R_2 I_2^2}{s} = \kappa \frac{R_2 I_2^2}{s}$$

گشتاور بطرف جلو و بطرف عقب بصورت زیر است :

$$T_f = \kappa \frac{R_2 I_2^2}{s} \quad T_b = \kappa \frac{R_2 I_2^2}{2-s}$$

و گشتاور کل روتور برابر است با :

$$T = T_f + T_b$$

شکل بالا دو گشتاور و منتجه آنها را برای لغزش بین صفر تا 2 نشان می دهد در $S=1$ گشتاور T_f, T_b مساوی و مختلف علامه اند .

در نتیجه گشتاور برآیند روتور صفر می شود و این خود دلیل آن است که چرا گشتاور راه اندازی موتور صفر است .

بنابراین اگر روتور بگونه ای راه اندازی شود مثلاً در جهت عقربه های ساعت چرخانده شود گشتاور موجود در جهت عقربه های ساعت شروع به زیاد شدن کرده و در همان موقع گشتاور موجود در جهت عکس عقربه های ساعت شروع به کاسته شدن می کند بنابراین یک مقدار معین گشتاور خالص در جهت عقربه های ساعت وجود دارد که به موتور

شتاب داده و سرعت آن را به سرعت کامل می رساند پس نتیجه می گیریم که برای راه اندازی موتورهای یکفاز احتیاج به یک راه اندازی اولیه داریم. از طرفی بررسی ها نشان می دهد که جریان دوفاز با اختلاف فاز 90° اگر از دو سیم پیچ استاتور که با هم اختلاف فاز مکانی 90° دارند عبور کند میدان مغناطیسی دواری داخل استاتور ایجاد می کند با توجه به مطالب فوق برای راه اندازی موتورهای یکفاز روش هایی ابداع شده است که در اغلب موارد به کمک وسایل و تجهیزاتی جریان یکفاز را به دو جریان با اختلاف فاز 90° تبدیل کرده و آنها را از دو سیم پیچ که با اختلاف مکان 90° مکانیکی و الکتریکی در استاتور جاسازی شده اند عبور می دهند در این صورت با بوجود آمدن میدان دوار رتور به گردش در می آید پس از به گردش درآمدن رتور معمولا یکی از سیم پیچ ها را از مدار خارج می کنند و از آن به بعد موتور بصورت یکفاز به کار ادامه می دهد برای ایجاد اختلاف فاز و بوجود آوردن جریان دوفاز و همچنین بیرون بردن یک سیم پیچ روش های مختلفی بوجود آمده است. به همین خاطر نیز موتورهای یکفاز از تنوع زیادی برخوردار شده اند.

بدین ترتیب برای راه اندازی موتورهای یکفاز به یک وسیله خارجی غیر از سیم پیچ اصلی نیاز است مناسبترین وسیله سیم پیچ استارت است که موتور را خود راه اندازی می کند اضافه کردن سیم پیچ استارت در مجموع هزینه ساخت موتورهای یکفاز را بالا می برد و راندمان آن را کاهش می دهد زیرا از تمام شیارها به عبارت دیگر از کل هسته برای تولید قدرت مکانیکی بهره برداری نمی شود در مقایسه با موتورهای سه فاز که در محدوده راندمان $90\%-80\%$ کار می کنند موتورهای یکفاز در محدوده $70\%-55\%$ کار می کنند همین ضریب توان موتورهای سه فاز بین $0/75$ الی $0/80$ می باشد در صورتی که ضریب توان موتورهای یکفاز بین $0/65 - 0/55$ می باشد حجم هسته موتورهای سه فاز $\frac{2}{3}$ برابر حجم هسته موتورهای یکفاز در توان مشابه می باشد.

$$\frac{D^2 \times L}{L} = \frac{2}{3} \quad \text{بطوریکه می توان نوشت}$$

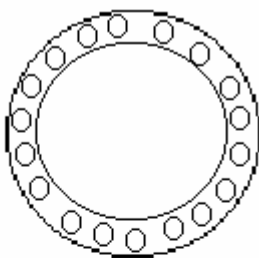
موتورهای سه فاز

D و L به ترتیب قطر و طول استاتور موتور می باشد - - - - - ضریب می توان محاسبات موتورهای یکفاز را بر اساس

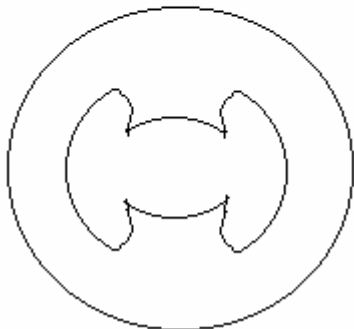
$$\frac{2}{3} \text{ محاسبات سه فاز در نظر گرفت و تعداد دور و قطر سیم موتورهای یکفاز را بدست آورد.}$$

اصول کار موتورهای یکفاز:

ساختمان موتورهای یکفاز نظیر موتورهای سه فاز، از یک قسمت ساکن بنام استاتور تشکیل می شود . وظیفه این قسمت تامین حوزه مورد نیاز می باشد قسمت دیگر موتورهای یکفاز قسمت متحرک بنام روتور (قسمت گردان) می باشد این قسمت در حوزه مغناطیسی استاتور قرار می گیرد و گشتاور مکانیکی ایجاد شده در آن موجب تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی می شود تفاوت عمده ای که در موتورهای سه فاز با توجه به موقعیت جریان متناوب ایجاد می گردد در صورتی که در موتورهای یکفاز در موقع راه اندازی حوزه دوار تشکیل نمی گردد که روتور را به دنبال خود بکشاند بدین علت موتورهای یک فاز به علت نداشتن گشتاور راه اندازی با یک سیم پیچ قادر به حرکت نیستند این موضوع را می توان با تئوری دو میدان و تئوری میدان متقاطع در موتورهای یکفاز توجیه کرد که در تئوری دو میدان این دو میدان به هنگام راه اندازی از سیم پیچ اصلی (Main Winding) تولید می شود .



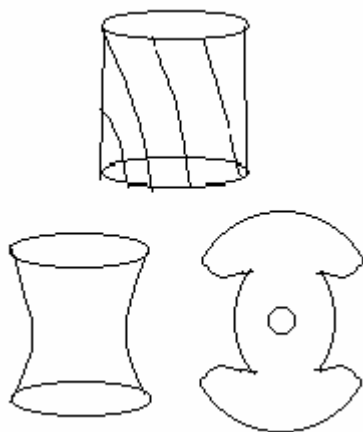
استاتور دو نوع است : 1- قطب صاف



2- قطب برجسته

رتور نیز دو نوع است : 1- قطب صاف

2- قطب برجسته



ماشین های دوار از نظر زمانی دو نوع هستند : سنگرون ، آسنکرون

ماشین سنکرون نیز از لحاظ نوع شکل ساخت استاتور و رتور 2 نوع

است:

1- استاتور صاف- رتور قطب برجسته (نیروگاه گازی)

2- استاتور قطب برجسته- رتور صاف (نیروگاه آبی)

در ماشین آسنکرون هر دو قسمت استاتور و رتور از نوع قطب صاف

می باشد.

موتورهای الکتریکی به خودی خود گشتاور راه اندازی ندارند سه روش برای راه اندازی موتورها وجود دارد و موتورهای

القایی تکفاز بر اساس روش به کار رفته برای ایجاد گشتاور راه اندازیشان طبقه بندی می شوند این روش های راه

اندازی از نظر هزینه و مقدار گشتاوری که برای راه اندازی ایجاد می کنند متفاوت اند .

1-سیم پیچی های فاز شکسته 2-سیم پیچی های نوع زنی 3-قطب های سایه دار در استاتور

مبنای هر سه روش راه اندازی قوی تر کردن یکی از دو میدان دوار نسبت به دیگری و هل دادن اولیه موتور در یکی

از دو جهت گردش است .

در یک طبقه بندی نیز موتورهای تکفاز آسنکرون تک فاز را بر اساس گشتاور راه اندازی و مشخصه های کارشان می

توان از بهترین تا بدترین به ترتیب زیر رده بندی کرد .

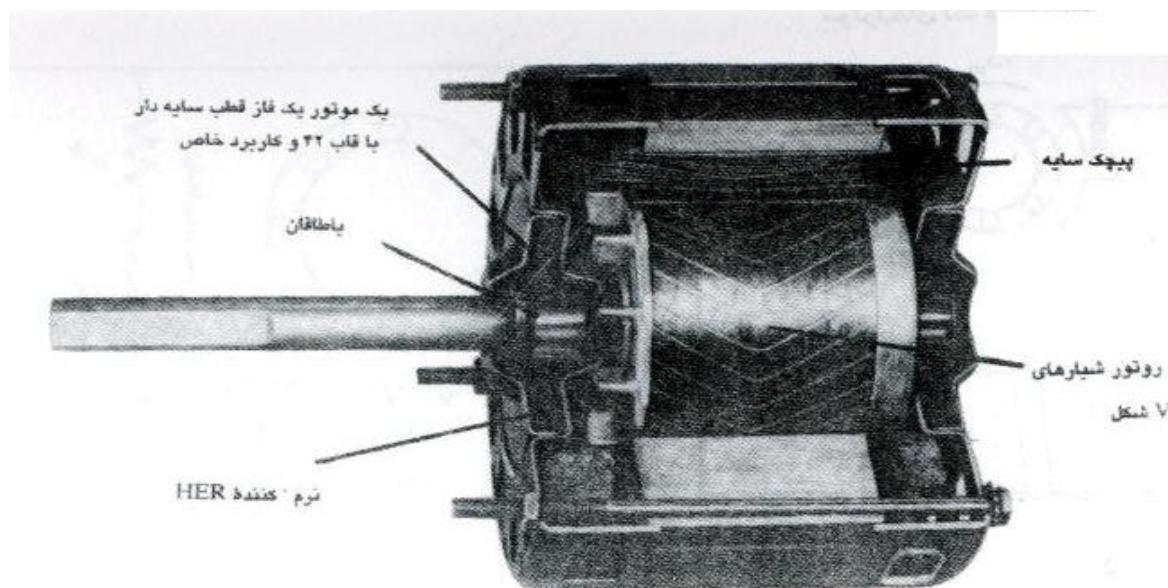
1-موتور دو خازنی 2-موتور با راه انداز خازنی 3-موتور با خازن دائم

4-موتور فاز شکسته 5-موتور قطب-سایه دار

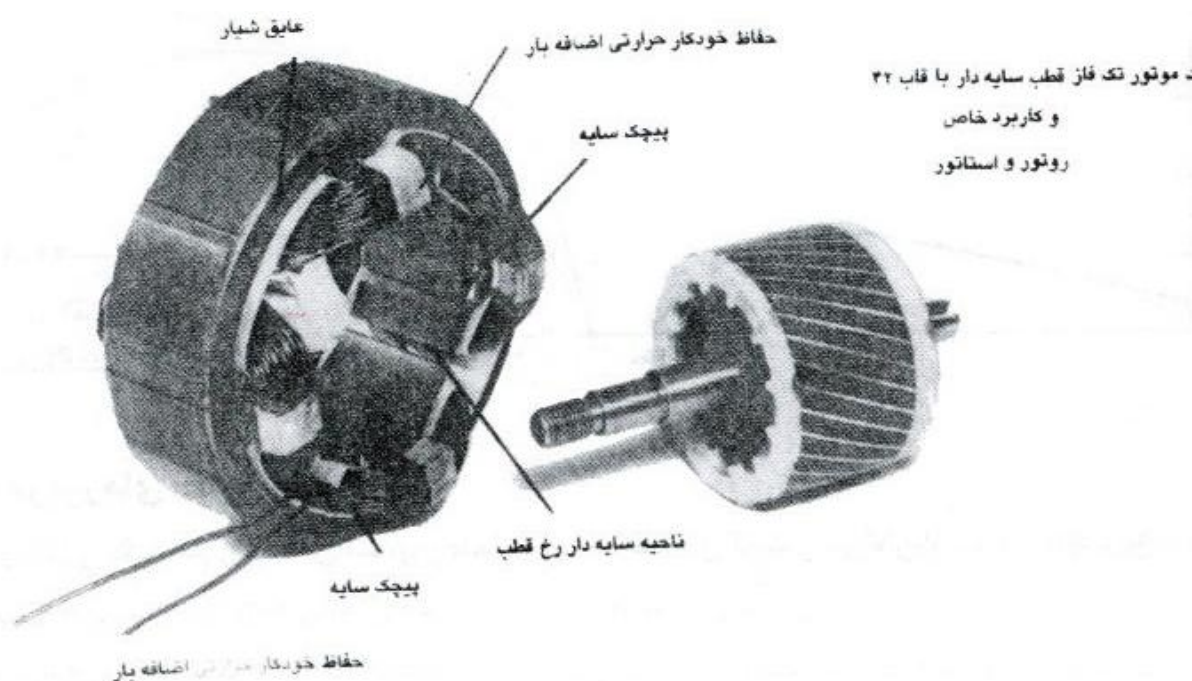
موتور تکفاز با قطب چاکدار -سایه دار

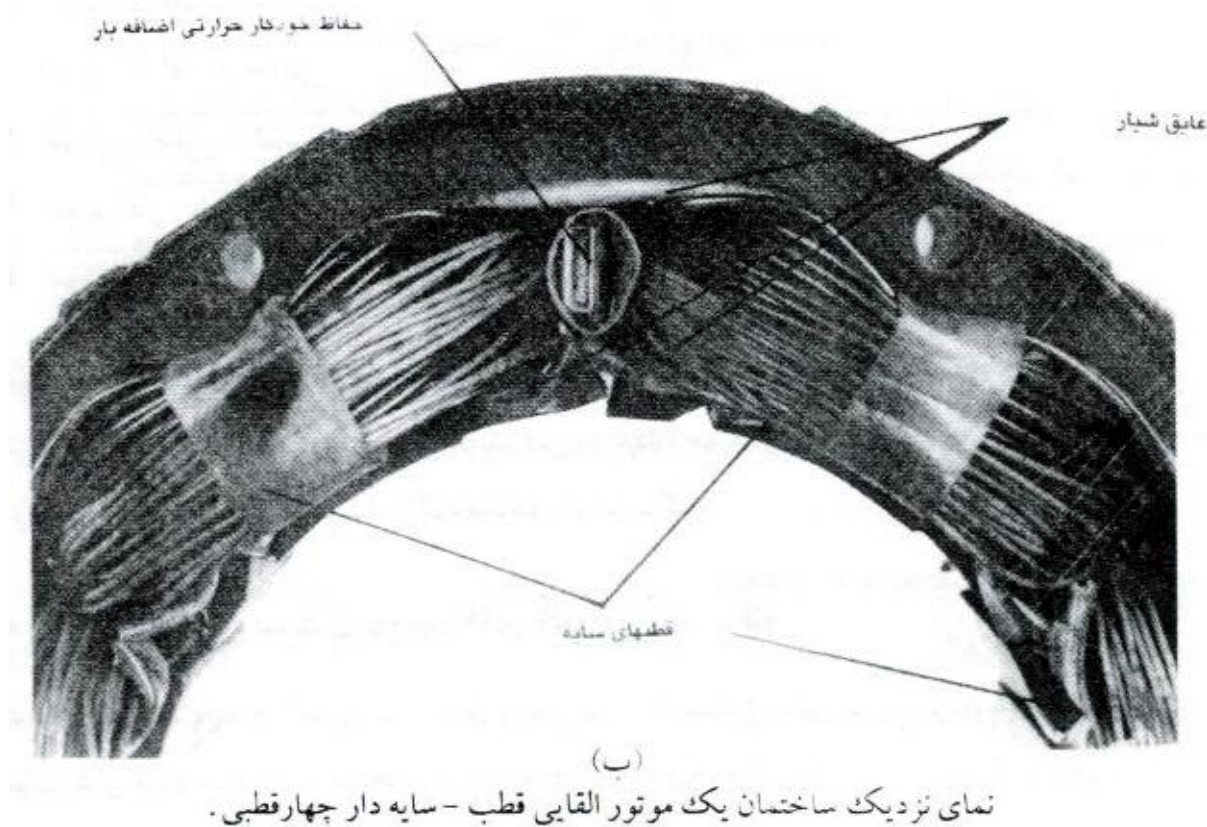
موتور القایی قطب برجسته یک موتور القایی است که تنها یک سیم پیچ اصلی دارد این موتور به جای سیم پیچی کمکی قطب برجسته ای دارد که هر یک از آنها بوسیله یک پیچک اتصال کوتاه شده (یک یا چند حلقه) اتصال کوتاه شده احاطه شده است .

این حلقه یا پیچک بخاطر آنکه سبب پس فاز شدن فلوی قسمت دربرگیرنده کلاف نسبت به قسمت دیگر قطب می گردد به قطب سایه بان نیز معروف است .

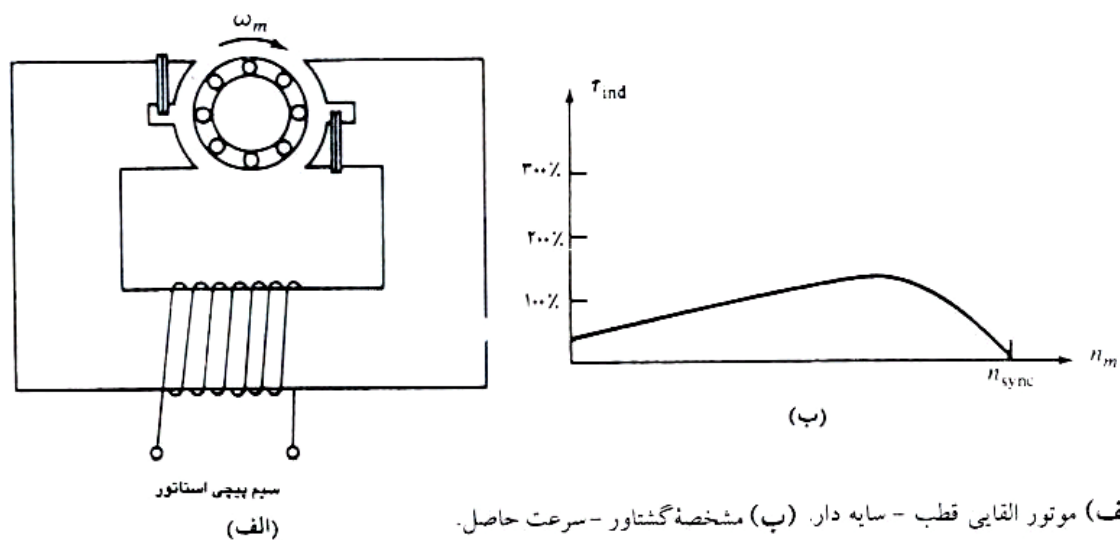


نمای برش خورده یک موتور القایی قطب - سایه دار.





بوسیله سیم پیچ اصلی شاری متغیر با زمان در قطب ها القا می شود (ϕ_1) وقتی شار قطب ها تغییر می کند ولتاژ و جریانی در پیچک سایه القا می شود که این ولتاژ و جریان شارژ (ϕ_2) را بوجود می آورد که با تغییر اولیه شار مخالفت می کند این مخالفت تغییرات شار در ناحیه پیچک های سایه را به تأخیر می اندازد و در نتیجه بین دو میدان



مغناطیسی که خلاف هم می چرخند اندکی عدم تعادل (اختلاف فاز θ) ایجاد می کند جهت گردش حاصل از سمت

ناحیه بدون سایه به سمت ناحیه سایه دار رخ قطب است و همین عامل تولید گشتاور راه اندازی می نماید در حقیقت پیچک های سایه دار در این نوع موتورها حکم سیم پیچ راه انداز را دارند . مشخصه گشتاور سرعت موتور قطب چاکدار در شکل بالا نشان داده شده است . بدترین گشتاور راه اندازی موتورهای تکفاز در موتور قطب چاکدار دیده می شود ظرفیت اضافه بار خیلی کم و ضریب بهره کم این موتور سبب کاربرد آن در بارهای سبک شده است راندمان این گونه موتورها 25 تا 30 درصد است . استاتور این نوع ماشین ها همانطور که گفته شده از نوع قطب برجسته متشکل از ورق های دنیامو بوده و روتور از نوع قطب صاف قفس سنجابی می باشد به تعداد قطب ها در این نوع موتور نیز چاک در هسته بوبین ها برای پیچک های سایه داریم .

در روتورهای قفس سنجابی در شیارها از آلومینیوم استفاده می شود به جای آلومینیوم می توان از فلزات دیگر دیامانتیک استفاده نمود .

موتورهای تکفاز قطب چاکدار دارای گشتاور راه اندازی پایینی می باشند به همین دلیل کارایی بسیار کمتری دارند و لغزش آنها بسیار بیشتر از انواع دیگر موتورهای القایی تک فاز است . چون این موتورها دارای گشتاور راه اندازی بسیار کمی هستند در جاهایی که نیاز به گشتاور راه اندازی کمی لازم است و امکان استفاده از این موتورها وجود داشته باشد موتورهای قطب سایه دار ارزان ترین طرح در دسترس اند .

موتورهای قطب چاکدار در موارد متنوع مانند پنکه های رومیزی ، پمپ آب تخلیه لباسشویی ، پمپ آب کولر ، انواع بادبزنها ، مرطوب کننده پروژکتور اسلاید ، ماشین های فتوکپی ، تابلوهای تبلیغاتی ، آبمیوه گیری ، ساعت های الکتریکی ، موتور شستشوی لباسشویی (کهنه شور) کوچک بکار می روند .

چون موتورهای قطب سایه دار برای راه اندازی به پیچک سایه متکی هستند راه ساده ای برای عکس کرده جهت چرخش چنین موتورهایی وجود ندارد برای این کار لازم است که در هر رخ قطب دو پیچک سایه نصف شود و به اختیار یکی از آن دو اتصال کوتاه شوند راه دوم این است که استاتور را داخل پوسته عکس کنیم در این حالت جای حلقه های چاکدار را بر روی قطب ها عوض می کنیم و در طرف دیگر تعبیه می کنیم .

موتورهای با قطب چاکدار در اندازه های خیلی کوچک تقریباً از $\frac{1}{250}$ تا $\frac{1}{6}$ اسب بخار ساخته می شوند ولی در مواردی این موتورها تا توان 400W نیز دیده شده اند این موتورها ساختمان ساده داشته از نظر قیمت ارزان و فوق العاده مقاوم و قابل اطمینان می باشند نیاز به کلکتور - کلید گریز از مرکز و جاروبک ندارند .

بطور کلی برای کنترل سرعت موتورهای القایی تکفاز با روتور قفس سنجابی روش های زیر موجودند .

1- تغییر فرکانس استاتور 2- تغییر تعداد قطب ها 3- تغییر ولتاژ پایانه ای VT

4- با استفاده از جعبه دنده

سرعت موتورهای قطب چاکدار را می توان با جعبه دنده به هر سرعتی حتی کمتر از یک دور در ماه تغییر داد بعضی از سازندگان این موتور را به کلاچ یا ترمز نیز مجهز می کنند.

در طرح های عملی مشتمل بر موتورهای با لغزش نسبتا زیاد ، روش متداول کنترل سرعت ، تغییر دادن ولتاژ پایانه ای موتورست . ولتاژ اعمال شده به موتور را به یکی از سه روش زیر می توان تغییر داد:

1. برای تنظیم پیوسته ولتاژ خط می توان از ترانسفورماتور استفاده کرد . این روش گران ترین روش کنترل

سرعت با ولتاژست و تنها هنگامی به کار می رود که لازم باشد سرعت به طور پیوسته کنترل شود .

2. می توان مداری شامل SCR یا TRIAC به کار برد و با کنترل فاز ولتاژ ac مقدار موثر ولتاژ اعمال شده

به موتور را کاهش داد . با این کار شکل موج ac بریده بریده می شود و تاحدی سر و صدا و لرزش موتور

زیاد می شود . مدارهای کنترل حالت جامد از اتوترانسفورماتور بسیار ارزان ترند و به همین جهت روز به روز

متداول تر می شوند .

3. می توان مقاومتی را با مدار استاتور موتور سری کرد . این روش ارزان ترین روش کنترل ولتاژست ، اما این

عیب را دارد که توان قابل ملاحظه ای در مقاومت تلف می شود و بازده کلی تبدیل توان را کاهش می دهد .

روش دیگری نیز برای موتورهای با لغزش زیاد ، نظیر موتورهای قطب - سایه دار به کار می رود . به جای به کاربردن

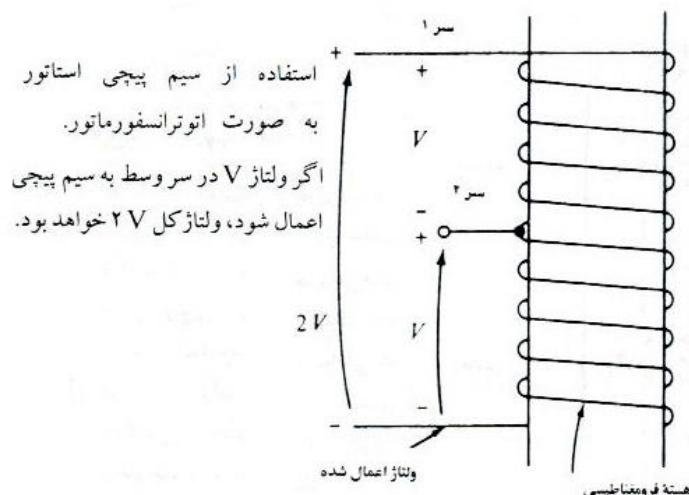
یک اتوترانسفورماتور مجزا برای تغییر ولتاژ اعمال شده به استاتور موتور ، می توان خود سیم پیچی استاتور را به صورت

یک اتوترانسفورماتور به کار برد . شکل نمودار شمایی سیم پیچی اصلی استاتور را نشان می دهد ، که در طولش چند

سر دارد چون تمام سیم پیچی استاتور حول

یک هسته آهنی پیچیده شده است ، مانند

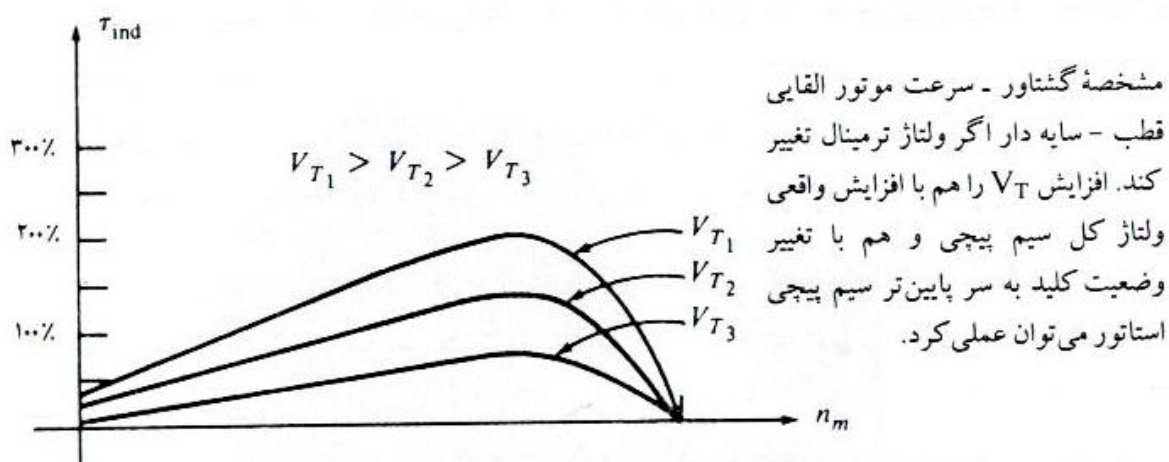
اتوترانسفورماتور رفتار می کند .



وقتی ولتاژ کامل خط (V) به تمام سیم پیچی اصلی اعمال می شود ، موتور القایی به طور عادی کار می کند ،فرض کنید به جای حالت قبل ، ولتاژ کامل خط به سر 2 که سر وسطی سیم پیچی است اعمال شود . در این صورت در اثر عمل ترانسفورماتوری ، ولتاژی برابر با آن در نیمه بالایی سیم پیچی القا می شود ، و کل ولتاژ سیم پیچی دو برابر ولتاژ خط خواهد شد . در واقع کل ولتاژ اعمال شده به سیم پیچی دو برابر شده است.

بنابراین ، هر چه آن بخش از سیم پیچی که ولتاژ خط به آن اعمال می شود کوچک تر باشد ، کل ولتاژ دو سر سیم پیچی بزرگ تر ، و سرعت موتور به ازای یک بار معین بیشتر خواهد شد .

این روش ، روش استاندارد است که از آن برای کنترل سرعت موتورهای تک-فاز در بسیاری از کاربردهای پنکه ها و دمنده ها استفاده می شود. حسن این روش ارزانی آن است ، چون تنها اجزای مورد نیاز آن عبارت اند از : سرباهایی که به سیم پیچی اصلی موتور متصل می شود و یک کلید چند حالتی معمولی . مزیت دیگر این است که مصرف توان اتوترانسفورماتور به زیادی مصرف توان مقاومت های سری نیست .



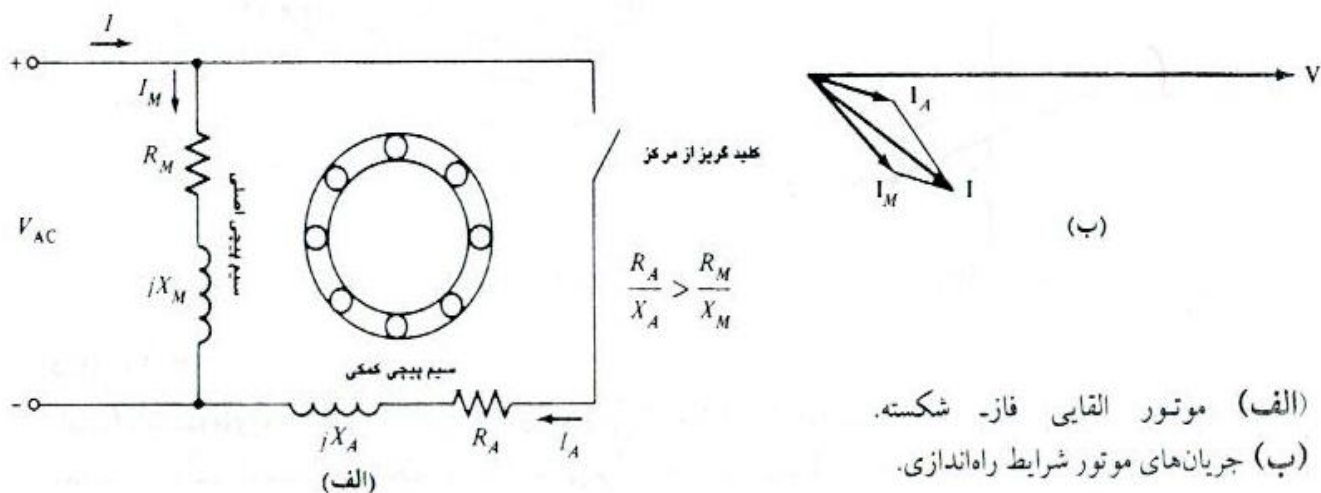
موتور القایی با فاز شکسته-فاز منشعب

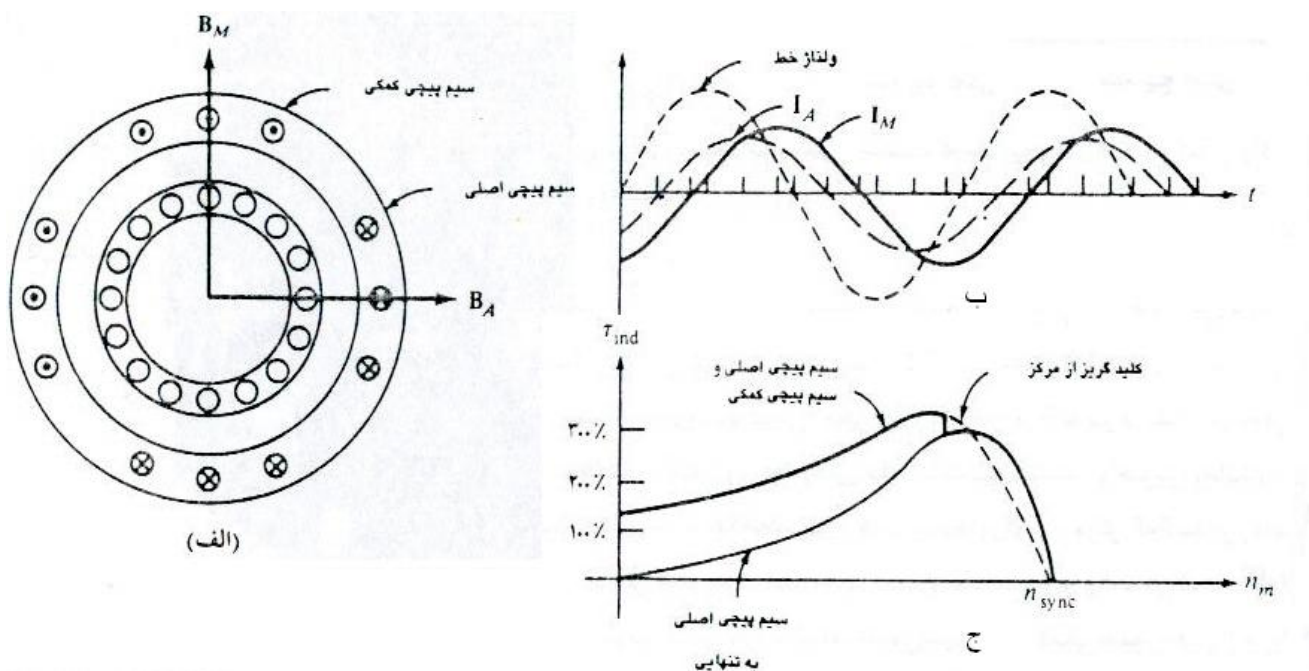
موتور فاز شکسته موتور القایی تک فازی است که دو سیم پیچی در استاتور دارد سیم پیچی اصلی (M) و سیم پیچی کمکی راه اندازی (A) این دو سیم پیچی در استاتور 90 درجه الکتریکی از هم فاصله دارند و بطور موازی با آن به شبکه وصل می شود . برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم پیچی اصلی و سیم پیچی کمکی یا راه انداز در موتور با فاز شکسته یا راه انداز مقاومتی مقاومت سیم پیچی کمکی بیشتر از سیم پیچی اصلی و راکتانس سیم پیچی اصلی بیشتر از راکتانس سیم پیچی کمکی انتخاب شود .

سیم پیچ اصلی دارای دور کم - قطر زیاد- مقاومت کم و راکتانس کم و سیم پیچ کمکی دارای دور زیاد- قطر کم- مقاومت زیاد- راکتانس زیاد می باشد . سیم پیچی کمکی به این دلیل دارای قطر کم می باشد که این سیم پیچی تنها در راه اندازی به کار می رود و همیشه حامل جریان نیست در نتیجه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان سیم پیچی کمکی کمتر از اختلاف فاز ولتاژ و جریان سیم پیچی اصلی می شود در این صورت بین جریان دو سیم پیچ اختلاف فاز بوجود می آید البته اختلاف فاز کمتر از 90° درجه است ولی همین اندازه اختلاف فاز نیز کافی است تا موتور در شروع کار گشتاور لازم را جهت راه افتادن داشته باشد پس برای موتور القایی یکفاز بر اساس فاز شکسته کار کند بایستی دو شرط زیر برقرار باشد :

1- وجود اختلاف فاز زمانی بین جریان سیم پیچی اصلی و کمکی

2- وجود جابه جایی مکانی روی هسته استاتور بین سیم پیچی اصلی و کمکی





چون I_A قبل از I_M به ماکزیمم می‌رسد، میدان مغناطیسی برآیندی وجود دارد که گردش پادساعتگرد دارد. مشخصه گشتاور-سرعت حاصل در شکل (C) آمده است

روتور این نوع موتورها از نوع قطب صاف قفس سنجابی می‌باشد.

استاتور از ورق‌های دینامو و شیار شیار و از نوع قطب صاف می‌باشد.

بر روی محور روتور کلید تابع دور (در اصطلاح سیم پیچ‌ها کلاچ) تعبیه شد. که در 0/75 دور نامی این کلید بر اثر چرخش روتور و نیروی گریز از مرکز فنرهای آن باز شده و صفحه کلید تابع دور را به عقب رانده می‌شود و سیم پیچ کمکی را که در لحظه راه اندازی در مدار قرار داشت را از مدار خارج می‌کند.

این موتورها 4p-2p ساخته می‌شوند و از 4p تجاوز نمی‌کنند زیرا باز کردن فنرهای کلید از مرکز دور روتور باید بالاتر از 1000 دور باشد و کمتر از این دور قدرت باز کردن فنرهای کلید گریز از مرکز را ندارد.

حتی دور 950 دور نیز قادر به باز کردن فنرهای کلید گریز از مرکز را ندارد در دور 1000-1100 دور فنرهای کلید گریز از مرکز عمل می‌کند.

گشتاور راه اندازی موتورهای فاز-شکسته-متوسط و جریان راه اندازی آنها نسبتاً کم است این موتورها گشتاور راه اندازی شان 150 تا 200 درصد گشتاور بار کامل بوده و جریان راه اندازی نیز 6 تا 8 برابر جریان بار کامل است نسبت به موتورهای یکفاز خازنی ارزان قیمت هستند و از آنها در بادبزن‌ها-پمپ‌ها و جداکننده‌های گریز از مرکز ماشین

های پلی کپی - یخچال های خانگی و کولرهای آبی هوایی - دمنده ها و پمپ های گریز از مرکز که گشتاور راه اندازی خیلی زیادی لازم ندارند به کار می روند .

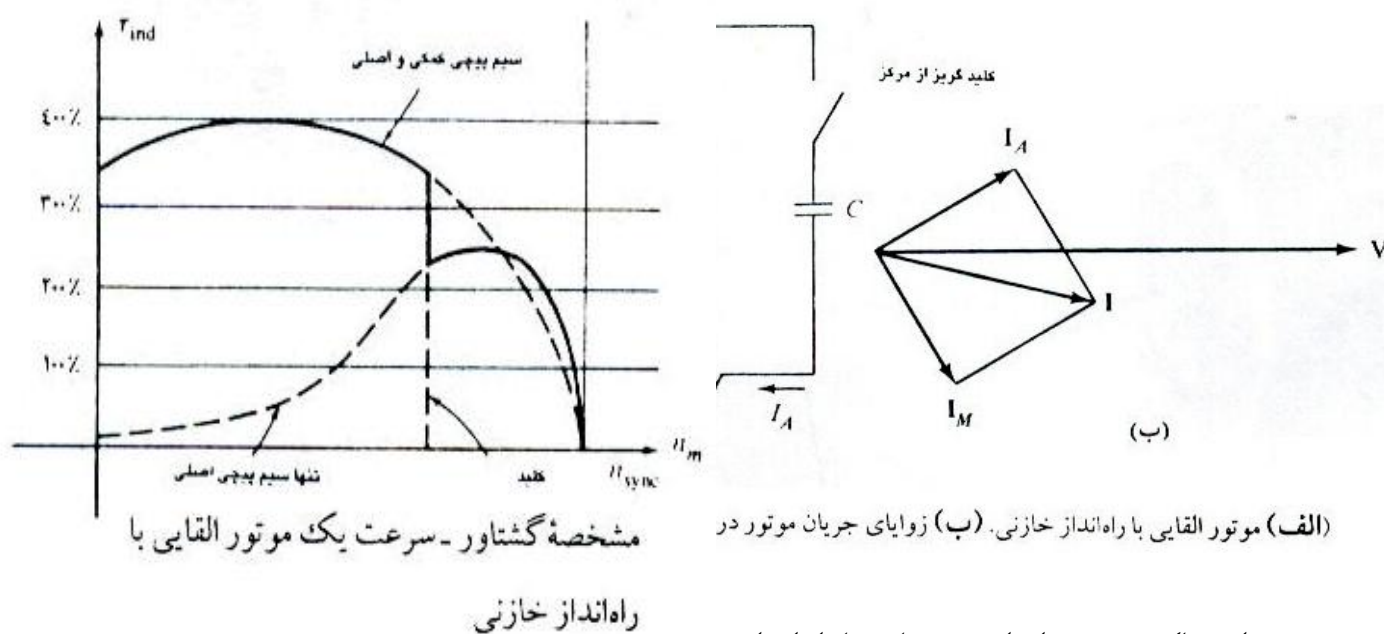
قدرت این موتورها معمولا بین $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ اسب بخار می باشد ولی تا قدرت $\frac{3}{4}$ اسب نیز ساخته شده و در صنعت موجود می باشد .

در موتور القایی فاز شکسته جریان سیم پیچی کمکی همواره قبل از جریان سیم پیچی اصلی ماکزیمم می شود و بنابراین میدان مغناطیسی سیم پیچی کمکی همواره قبل از میدان مغناطیسی سیم پیچی اصلی به حداکثر می رسد جهت چرخش موتور بستگی به این دارد که زاویه فضایی میدان مغناطیسی سیم پیچی کمکی 90 درجه جلوتر یا 90 درجه عقب تر از زاویه میدان اصلی قرار گرفته باشد چون تنها با تعویض اتصالات سیم پیچی کمکی می توان این زاویه را تغییر داد . جهت چرخش موتور را می توان با جابه جا کردن اتصالات سیم پیچی کمکی نسبت به سیم پیچ اصلی یا بالعکس تغییر داده شود .

موتور تکفاز آسنکرون با سیم پیچ اصلی و کمکی و خازن راه انداز

ساختمان این گونه موتورها متشکل از استاتور و روتور بوده که جنس استاتور از ورق های دینامو از نوع قطب صاف و دارای دو نوع سیم پیچ اصلی و کمکی که با اختلاف فاز مکانی 90° از یکدیگر قرار گرفته اند می باشد می باشد روتور نیز قطب صاف قفس سنجابی می باشد و بر روی محور روتور کلید گریز از مرکز قرار گرفته و همچنین یک خازن راه انداز نیز با مدار سیم پیچ کمکی سری شده و مدار سیم پیچ اصلی سری شده با خازن با کلید گریز از مرکز سری شده و این مدار با مدار سیم پیچ اصلی بطور موازی قرار گرفته شده است مطابق شکل :

در بعضی کاربردها گشتاور راه اندازی تولید شده توسط موتور فاز - شکسته برای راه اندازی بار روی محور موتور کافی



نیست در این حالات می توان از موتورهای با راه انداز

خازنی استفاده کرد . با انتخاب مناسب اندازه خازن می توان نیروی محرکه مغناطیسی ناشی از جریان راه اندازی سیم پیچی کمکی را با نیروی محرکه مغناطیسی ناشی از جریان سیم پیچی اصلی برابر کرد و زاویه اختلاف فاز جریان سیم پیچ کمکی را نسبت به جریان سیم پیچی اصلی 90° درجه جلو انداخت چون دو سیم پیچی 90° اختلاف مکانی دارند اختلاف فاز 90° جریان ها یک میدان مغناطیسی یکنواخت دوار در استاتور ایجاد می کند و رفتار موتور درست به گونه ای است که انگار با منبع تغذیه سه فاز راه اندازی شده است در این حالت گشتاور راه اندازی موتور می تواند 350 درصد مقدار نامی شان برسد.

در حقیقت موتور با راه انداز خازنی به موتوری اطلاق می شود که در مدت زمان راه اندازی از سیم بندی راه انداز و خازن استفاده می شود موتورهای راه انداز خازنی مجهز به رله مغناطیسی یا کلید گریز از مرکز بمنظور خارج کردن سیم پیچ کمکی و خازن راه انداز از مدار در حدود 75٪ دور نامی می باشند خازن های مورد استفاده در اینگونه موتورها معمولاً از نوع الکتrolیتی می باشد و ظرفیت آنها نسبت به خازن های روغنی بالا است.

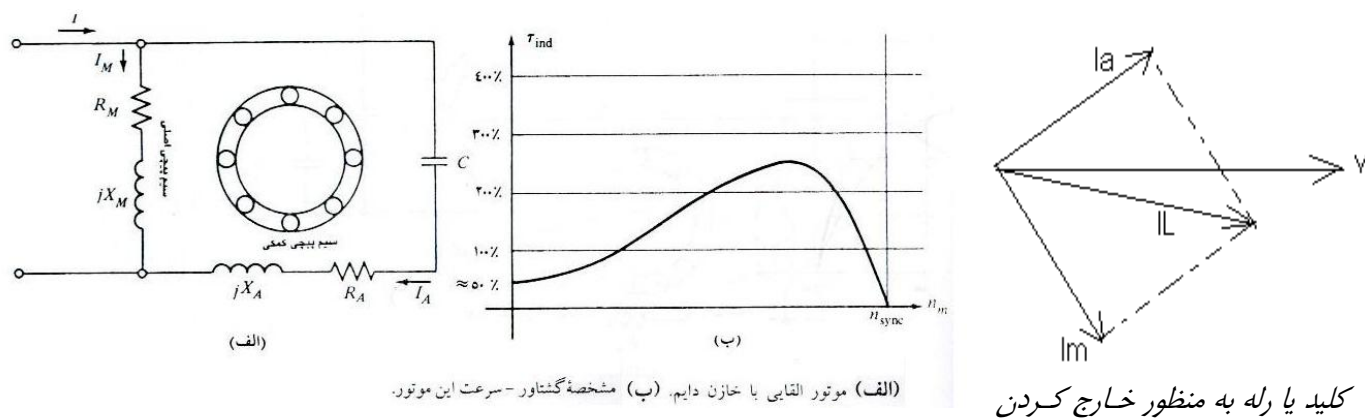
از این موتورها در مواردی که نیاز به گشتاور راه اندازی و گشتاور کار زیاد می باشد استفاده می گردد عموماً این موتور از قدرت $\frac{1}{8}$ اسب بخار تا 105 اسب بخار استفاده می شود خازن نیز از نوع الکتrolیتی و برای موتورهای 115 ولتی از

$\frac{1}{8}$ تا یک اسب بخار در حدود 70 تا 400 میکروفاراد می باشد .

موتور تکفاز آسنکرون با سیم پیچ اصلی w_m و سیم پیچ کمکی w_a و خازن دائمی روغنی CA
(موتور خازنی با فاز شکسته دائمی یا موتور یک خازنی):

جنس هسته استاتور این موتورها از نوع ورق های دینامو بوده رتو از نوع قفس سنجابی می باشد . استاتور دارای دو گروه سیم پیچی اصلی و کمکی و خازن دائمی می باشد که سیم پیچ کمکی با خازن سری سپس با دو سر سیم پیچ اصلی موازی شده اند .

در این نوع موتورها خازن روغنی به منظور افزایش اختلاف جریان راه انداز و اصلی در سیم بندی بکار می رود و نیاز به



سیم بندی راه انداز از مدار نیست راندمان این موتورها زیاد و گشتاور راه اندازی آنها 50 تا 100 درصد گشتاور اسمی است ضریب توان این موتورها زیاد و نسبت به موتورهای با راه انداز مقاومتری از سر و صدای کمی برخوردار است تعویض جهت چرخش این موتور با تغییر اتصالات سرهای سیم پیچ کمکی نسبت به سیم پیچ اصلی یا بالعکس تغییر می کند .

معکوس کردن جهت گردش این موتور نظیر موتور با راه انداز مقاومتی است در کارهای مختلف که نیاز به تغییر جهت سریع می باشد اصولاً موتور یکفاز را بصورت دو فاز سیم بندی می نمایند سپس توسط خازن دائم کار روغنی و تایمر یا کلید مخصوص چپگرد-راستگرد جهت چرخش موتور را تغییر می دهند از این روش بیشتر در حدیده و قلاوینز کاری و موتورهای شستشوی لباسشویی که نیاز به چپگرد راستگرد دارند استفاده می شود .

این موتورها تا قدرت $1/5\text{kw}$ ساخته شده و در موارد زیر استفاده می شود . پنکه های رومیزی - پنکه سقفی-دمنده ها -موتور لباسشویی -آبمیوه گیری ،پمپ آب و مواردی که نیاز به تغییر جهت گردش سریع باشد مورد استفاده قرار می گیرند این موتورها تا 8 قطب ساخته می شوند .

ظرفیت خازن دائم $\frac{1}{3}$ خازن راه انداز می باشد .

امروز این موتورها حتی تا 3HP با خازن $70\mu\text{F}$ ساخته شده اند .

مشخصات خازن موتوری به شرح زیر است:

0/5 HP 0/37 kw

$10\mu\text{F}$ 500 V

اگر به جای خازن $500\text{v} - 10\mu\text{F}$ یک خازن $200\text{v} - 10\mu\text{F}$ ولت قرار دهیم موتور راه اندازی و شروع به کار می کند ولی عمر خازن کاهش خواهد یافت و بعد از مدتی خواهد سوخت .

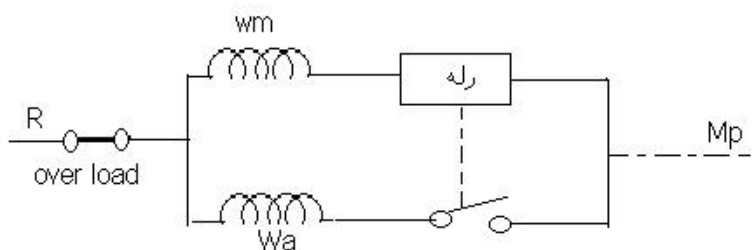
موتورهای با راه انداز خازنی از موتورهای فاز شکسته گران ترند و در کاربردهایی به کار می روند که گشتاور راه اندازی بزرگ کاملاً ضروری است نمونه هایی از کاربردهای این موتورها عبارتند از پمپ ها - کمپرسورها-سردخانه ها-تهویه مطبوع-دستگاه های چندکاره بخاری-ماشین های لباسشویی بزرگ و بطور کلی جاهایی که موتور یکفاز تحت بار گشتاور راه اندازی زیاد داشته باشد و باید زیر بار راه اندازی شوند استفاده می گردد . برای تغییر جهت گردش این موتور ها بایستی محل اتصال دو سر سیمی که مجموعه خازن-کلید گریز از مرکز یا رله و سیم بندی کمکی به آن وصل است یا دو سر سیم پیچی اصلی را عوض کرد .

از این موتورها در کفکش ها و پمپ های آب استفاده نمی شود علت این است که چون در داخل این گونه موتورها از روغن به عنوان ماده عایقی و تبادل حرارتی استفاده می شود و کلید گریز از مرکز با جرقه هایی که در هنگام قطع و وصل ایجاد می کند باعث اکسید شدن و از بین بردن خاصیت عایقی روغن و احتمال آتش سوزی می شود.

در کمپرسورهای یخچال نیز چنین موضوعی وجود دارد در ادامه به تشریح چگونگی کار یخچال و کمپرسور اشاره می کنیم:

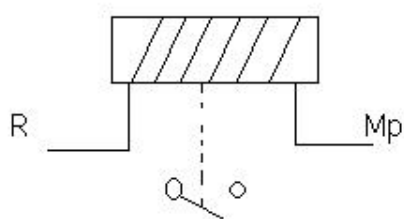
کمپرسور یخچال دارای ساختمان استاتور قطب صاف و از نوع موتورهای فاز منشعب بوده که به جای کلید گریز از مرکز از رله مغناطیسی برای خارج کردن سیم پیچی کمکی از مدار بهره می گیرد زیرا در داخل کمپرسور یخچال از گاز فرئون 12 یا آمونیاک جهت گرماگیری و خنک کردن محفظه جایشی یخچال استفاده می کنند و این گازها اشتعال زا بوده و کلید گریز از مرکز دارای جرقه در هنگام قطع و وصل می باشد و تعداد دفعات قطع و وصل کمپرسور زیاد بوده به همین دلیل از یک رله مغناطیسی که با سیم پیچ کمکی سری شده است استفاده می شود.

مدار سیم پیچ رله با مدار سیم پیچ اصلی سری شده و کلید باز رله در مسیر سیم پیچ کمکی با آن سری شده در لحظه راه اندازی



که جریان سیم پیچ اصلی زیاد می باشد رله عمل کرده و تیغه خود را در مسیر سیم پیچ کمکی بسته و سیم پیچ کمکی را در مدار قرار داده و بعد از سپری شدن مدت زمان راه اندازی و کاهش

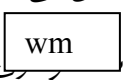
جریان راه اندازی جریان مسیر سیم پیچ اصلی و رله کاهش می یابد و رله دیگر آن میدان لازم جهت بسته نگهداشتن تیغه خود را ندارد و تیغه به حالت عادی خود بر می گردد و سیم پیچ



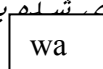
کمکی بدین ترتیب از مدار خارج می شود.

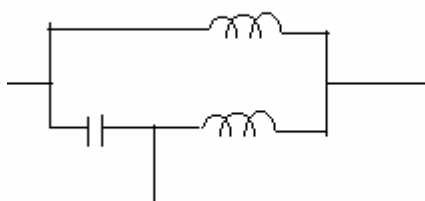
علت این که دو سر خازن پتانسیل وجود دارد در صورتی که ولتاژ دو سر سیم پیچ کمکی سری شده با خازن 220 ولت می باشد

عکس سلف عمل می کند اگر دو سر

کرده دو سر  پلاریته منفی

ولتاژ خازن و سلف با هم جمع برداری

سیم پیچ کمکی سری شده با   باشد.



این است که خازن

خازن 500 ولت افت

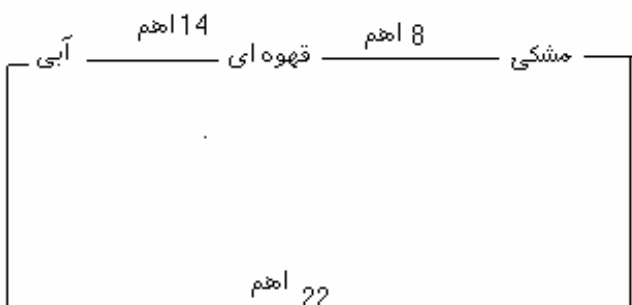
افت خواهد کرد زیرا

شده و دو سر سیم

خازن 220 ولت می

برای تشخیص سرهای یک موتور القایی خازن دائم کار که 3 سر از سیم پیچ استاتور خارج شده و به ترتیب مطابق

شکل مقابل می باشد . با کمک اهم متر دیجیتالی اهم سرها را نسبت به یکدیگر گرفته و ثبت نموده به عنوان مثال :



سری که نسبت به سرهای دیگر دارای اهم نزدیک به هم باشد سر

مشترک و سری که نسبت به سر مشترک دارای اهم کمتر بوده سر

سیم پیچ اصلی و سری که نسبت به سر مشترک در مقایسه با سر

دیگر دارای اهم بیشتری باشد سر سیم پیچ کمکی می باشد زیرا

همانطور که می دانیم سیم پیچ اصلی دارای دور کم - قطر زیاد -

مقاومت کم و سیم پیچ کمکی دارای دور زیاد - قطر کم - مقاومت زیاد می باشد.

خازن ها در موتورهای الکتریکی 2 نوع می باشد.

1-خازن راه انداز(خشک):

ساختمان داخلی این خازن ها از جنس کاغذ و آمونیاک می باشد و نباید دائما در مواد قرار گیرد زیرا این خازن ها دارای

عایق آمونیاک بوده که در اثر گرمای زیاد حاصل از در مدار قرار گرفتن به مدت طولانی منفجر خواهد شد این خازن ها

توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می شوند .

2-خازن دائمی (روغنی)

عایق این خازن ها روغن می باشد و همین جنس عایق باعث می شود که از خازن به عنوان خازن دائم در مدار استفاده

شود زیرا روغن حرارت ایجاد شده در اثر مدت زمان طولانی خازنی که در مدار قرار گرفته را به بیرون از خازن انتقال

می دهد هیچ گاه خازن را برای آزمایش سالم بودن به برق نمی زنیم زیرا ممکن است ظرفیت خازن کم بوده و زمان

شارژ از زمان قرار گرفتن خازن در برق کمتر بوده و یا خازن اتصال کوتاه شده باشد و امکان ترکیدن آن و آسیب

رسیدن به اعضای بدن وجود داشته باشد .

برای آزمایش سالم بودن خازن از اهم متر به روش زیر استفاده می کنیم:

دو سر اهم متر را به خازن می زنیم اگر عقربه اهم متر به انتها رفته و سپس به ابتدا برگردد و دو سر سیم های اهم

متر را عوض نموده و در این حالت نیز عقربه اهم متر به انتها رفته و سپس به ابتدا برگردد خازن سالم می باشد اگر

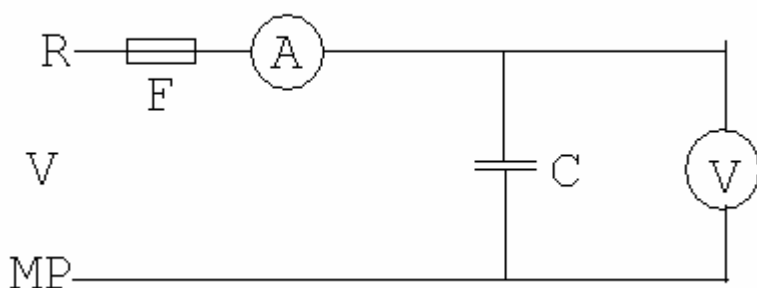
عقربه به انتها رفته و دیگر به ابتدا برگردد خازن سوخته است همچنین اگر عقربه اهم متر حرکت نکند و در صورت جابه جایی سرهای اهم متر باز هم عقربه حرکت نکرد خازن سوخته است.

در مورد موتورهای دارای خازن راه اندازی یا خازن دائم کار در مدار ممکن است عیب در خازن آن ایجاد شود این عیوب عبارتند از : اتصال کوتاه قطع شدگی و یا خرابی عایق و در نتیجه تغییر در ظرفیت خازن. در صورت اتصال کوتاه خازن، سیم پیچی موتور ممکن است بسوزد.

قبل از آزمایش، تمام سرهای موتور را از ترمینال خازن باز کرده خازن را بطوری سری با یک فیوز 90 آمپری به خط وصل می کنند اگر پس از تعویض خازن موتور به راه افتاد و گشتاور صحیحی را ایجاد کرد می توان نتیجه گرفت که عیب از خازن بوده است.

برای تعیین عیوب خازن چهار آزمایش مورد استفاده قرار می گیرد که عبارتند از :

- 1- آزمایش ظرفیت خازن 2- آزمایش اتصال کوتاه 3- آزمایش قطع شدگی 4- اتصال بدنه



1- آزمایش ظرفیت خازن: برای تعیین ظرفیت خازن به یک ولت متر جریان متناوب و یک آمپر متر جریان متناوب مورد نیاز است خازن را با یک فیوز مناسب به منبع ولتاژ طبق شکل زیر وصل می کنیم.

در این آزمایش اگر خازن الکتrolیتی باشد باید برای مدت کوتاهی در مدار باشد از

آنچه دستگاه های اندازه گیری نشان می دهند ظرفیت خازن به میکرو فاراد از فرمول زیر بدست می آید.

$$C(\mu f) = \frac{159000}{f} * \frac{I}{V}$$

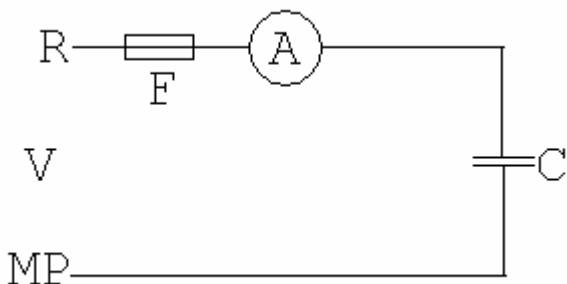
برای بدست آوردن ظرفیت خازن موتور با هر فرکانس ولتاژ و آمپری از فرمول فوق استفاده می شود

برای ولتاژ معین ظرفیت نامی خازن با افزایش قدرت موتور بالا می رود و مثلاً یک موتور با خازن راه اندازی اسب

$\frac{1}{6}$ بخار به خازنی با ظرفیت بین 88 تا 1008 میکرو فاراد نیاز دارد در حالی که برای موتور اسب بخار بین $\frac{1}{3}$ تا 160 تا

180 میکرو فاراد نیاز است (در ولتاژ 110 ولت)

3- آزمایش قطع شدگی خازن:



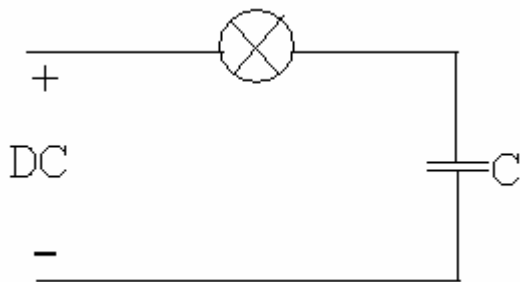
در این آزمایش اگر آمپر متر آمپری را نشان ندهد در خازن قطع شدگی وجود دارد و بایستی تعویض گردد.

4- آزمایش اتصال کوتاه خازن:

اگر در این آزمایش فیوز قطع گردد نشانه آن است که خازن اتصال کوتاه است

برای آزمایش اتصال کوتاه می توان یک لامپ معمولی با خط DC بطور

سری به کار برد مطابق شکل:



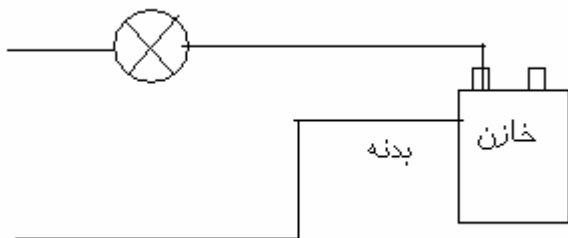
اگر لامپ روشن شود وجود اتصال کوتاه محرز است. چنین آزمایشی با جریان

متناوب عملی نمی باشد زیرا لامپ حتی اگر خازن سالم باشد روشن می شود

ولی در مدار C D پس از شارژ جریانی از خازن عبور نمی کند و خازن مانند کلید باز عمل می کند.

4-آزمایش اتصال بدنه:

برای این کار مطابق شکل مقابل آزمایش را انجام می دهیم



یک سر منبع به لامپ و از سر دیگر لامپ به یکی از سرهای

خازن و سر دیگر منبع به بدنه متصل می شود. اگر لامپ روشن

شود لامپ اتصال بدنه دارد در غیر این صورت خازن فاقد

اتصال بدنه می باشد.

تشخیص خازن سالم روغنی و خشک از یکدیگر:

در آزمایش با اهم مر (خازن خشک) عقربه به انتها رفته کم کم و آهسته به عقب بر می گردد (انحراف عقربه به خاطر

ظرفیت زیاد) (خازن روغنی) عقربه به انتها نمی رسد و سریع به عقب بر می گردد (به خاطر ظرفیت کم) البته این عمل

بستگی به رنج اهم متر بستگی دارد دو خازن خشک و روغنی که از نظر شکل ظاهری شبیه هم می باشند خازن

روغنی از خازن خشک سنگین تر است (به خاطر عایق روغنی)

همچنین ظرفیت خازن خشک از خازن روغنی بیشتر است.

خازن های روغنی دارای ولتاژ بالایی در مقایسه با خازن های خشک هستند خازن های خشک از ولتاژهای متوسطی

برخوردارند .

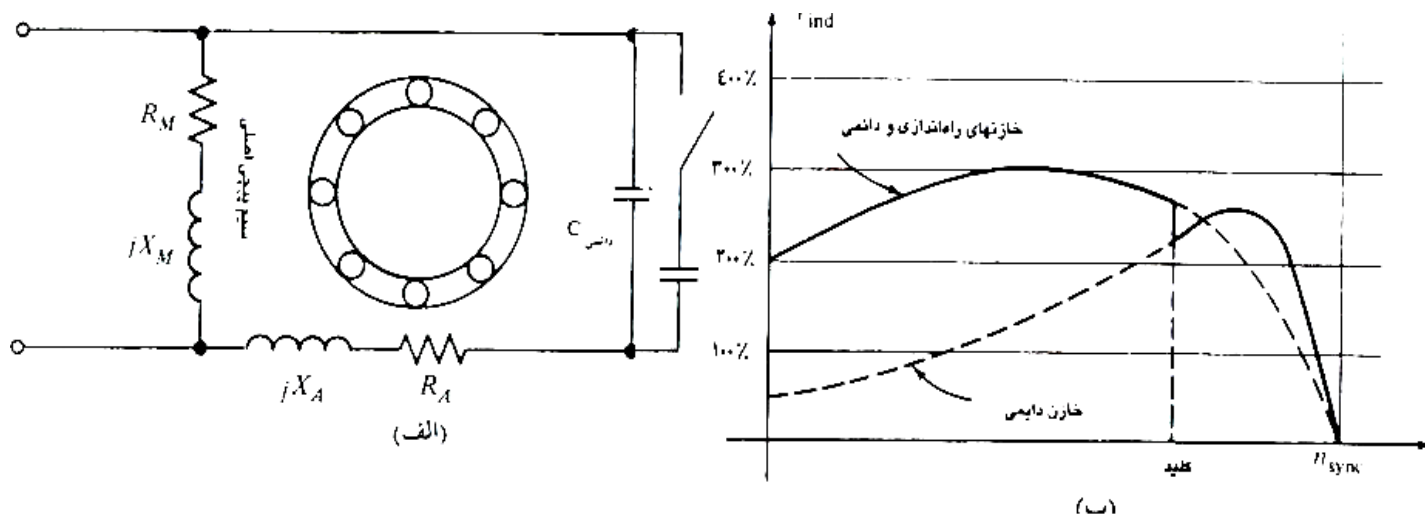
ظرفیت خازن های ویژه موتورهای برق

ظرفیت خازن های روغن بین $100\mu F - 1$ و ظرفیت خازن خشک $500\mu F - 10$ می باشد .

ماشین آسنکرون با سیم پیچ اصلی و کمکی و خازن راه انداز و خازن دائمی (موتور 2خازنه) خازن راه انداز در جهت بهبود مشخصه گشتاور سرعت موتور القایی چنان خوب کار می کند که گاه یک سیم پیچ کمکی با یک خازن کوچک تر را به طور دایم در مدار موتور قرار می دهند اگر ظرفیت خازن به درستی انتخاب شده باشد چنین موتوری به ازاء بعضی بارهای خاص یک میدان مغناطیسی دوار کاملاً یکنواخت خواهد داشت و به ازاء این بار کاملاً مشابه موتور القایی سه فاز رفتار می کند چنین طرحی موتور دو خازنی نام دارد .

خازن بزرگ تر تنها در مدت راه اندازی در مدارست تا تعادل تقریبی جریان های سیم پیچی های اصلی و کمکی را تضمین کند وقتی موتور سرعت می گیرد کلید گریز از مرکز باز می شود و تنها خازن دایمی در مدار سیم پیچ کمکی باقی می ماند اندازه خازن دائمی طوری انتخاب می شود که جریان ها در بارهای عادی موتور متعادل شوند بنابراین در اینجا نیز موتور به طوری موثر با گشتاور و ضریب توان بالا کار می کند در این گونه موتورها خازن دایم نوعاً حدوداً 10 تا 20 درصد خازن راه اندازی است.

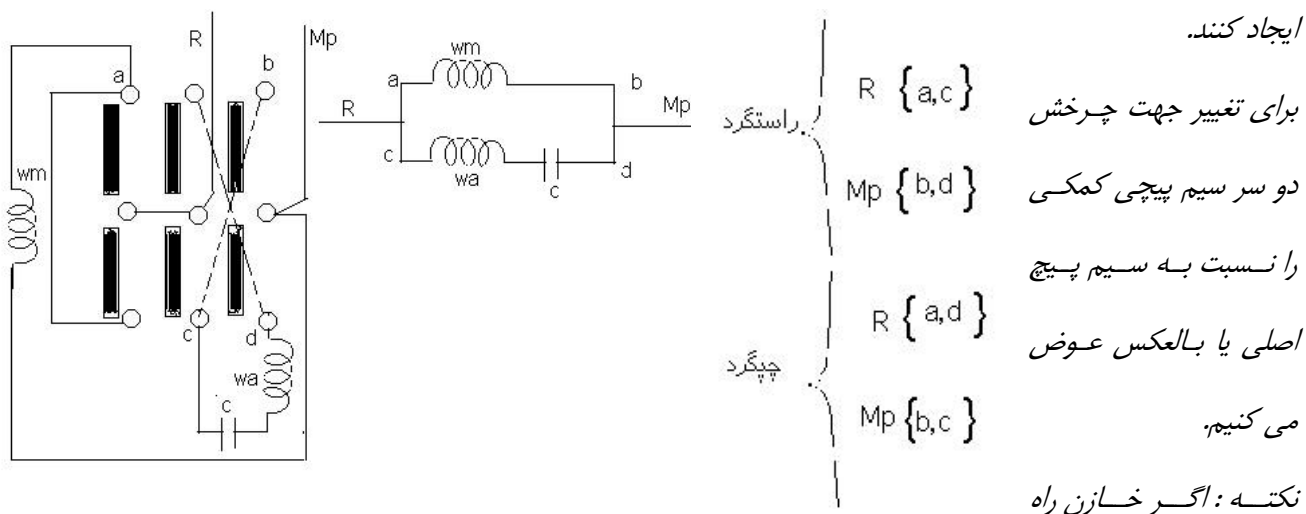
موتور دو خازنی گشتاور راه اندازی و گشتاور کار بزرگی دارد در این موتور القایی یکفاز دو خازن موازی در ابتدای راه اندازی با سیم پیچ کمکی بصورت سری بکار گرفته می شوند یکی از خازن ها الکترولیتی و دیگری روغنی است . خازن الکترولیتی با کلید گریز از مرکز از مدار خارج می شود خازن الکترولیتی نقش بالا بردن گشتاور راه اندازی را دارد در موقع راه اندازی خازن الکترولیت در 75٪ دور نامی موتور توسط رله مغناطیسی یا کلید گریز از مرکز از مدار خارج شده و سیم پیچ کمکی با خازن دائم که نقش افزایش گشتاور کار موتور را بر عهده دارد با سیم پیچ اصلی در مدار باقی می ماند .



(الف) موتور دو خازنی. (ب) مشخصه گشتاور - سرعت این موتور.

مزایای موتور دو خازنی گشتاور راه اندازی زیاد-کار ملایم -گشتاور خوب در حال کار می باشد سیم پیچی های اصلی و کمکی این موتورها مشابه هم هستند . موتورهای دو خازنه تا 3PH ساخته می شوند . موتورهای دو خازنه در مصارف خانگی دارای محدودیت می باشند زیرا مصارف خانگی 15-25 آمپر می باشد .

به همین دلیل زیاد مقرون به صرفه نیست که $\frac{2}{3}$ جریان یک واحد ساختمانی به یک مصرف کننده اختصاص یابد
موتورهای دو خازنی در یخچال های صنعتی کمپرسورها-سوخت پاش ها -موتورهای بالابر- دستگاه های چند کاره بخاری و پمپ و بطور کلی موازی که لازم است تا موتورهای یکفاز دو خازنی گشتاور راه اندازی و نیز گشتاور کار زیاد ایجاد کنند.

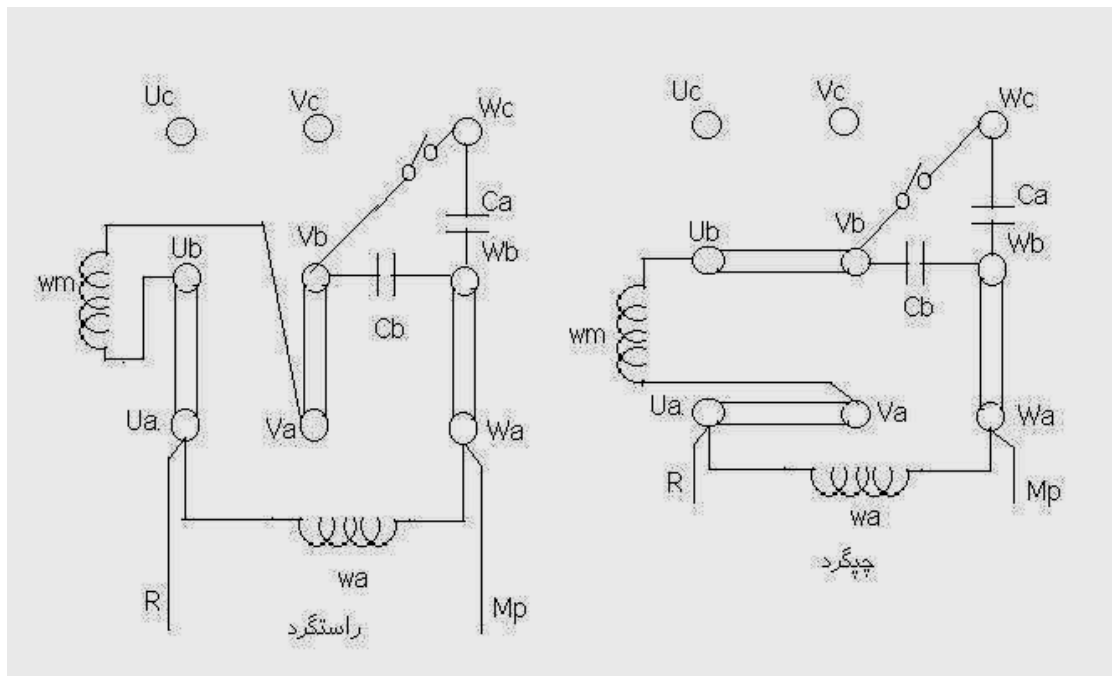


اندازی دارای نقص باشد گشتاور راه اندازی موتور کاهش یافته و امکان زیر بار ماندن موتور بالا می باشد .

برای راستگرد چپگرد موتورهای تکفاز می توان از کلیدهای دو برق - دو طرفه استفاده کرد .

برای تغییر جهت گردش موتورهای دو خازنه از طریق تغییر سیم بندی در روی کلم موتور مطابق شکل زیر عمل می

کنیم .



برای تغییر جهت

ردش تنها کافی

است دو پیلت -Vb

، Va, Ua-UB

برداشت و بصورت

افقی گذاشته بدین

ترتیب جهت

چرخش با جابه

جایی اتصال سیم پیچی کمکی نسبت به سیم پیچ اصلی عوض می شود .

موتورهای سه فاز آسنکرون تبدیل شده به تکفاز :

موتورهای سه فاز آسنکرون را در جاهایی که موتور تکفاز موجود نباشد و دسترسی به برق سه فاز نیز غیر ممکن باشد

می توان این موتورها را بصورت تکفاز راه اندازی و بهره برداری نمود البته موتورهایی تا قدرت 1/5 الی 2 HP را می

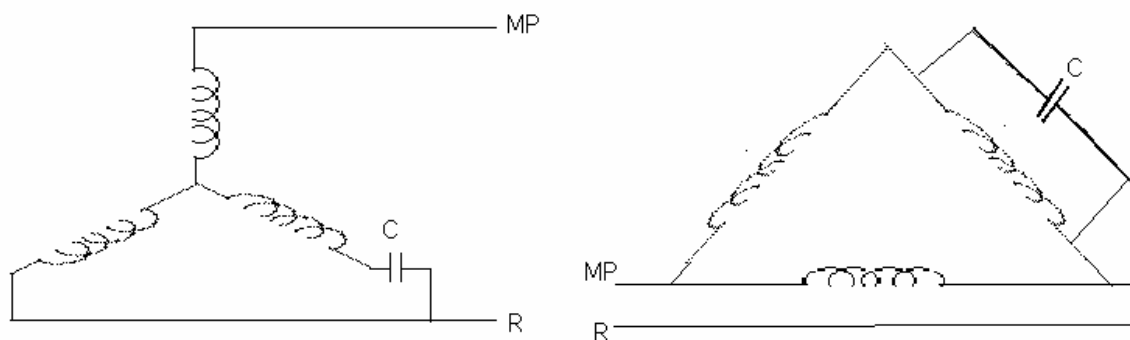
توان تبدیل به تکفاز نمود .

در اتصال مثلث با تبدیل موتور 3 فاز به تکفاز قدرت موتور به $\frac{1}{3}$ کاهش می یابد . به عنوان مثال موتور 3 فاز 1/5HP

با تبدیل به تکفاز قدرتش 0/5 HP تبدیل می شود . در اتصال ستاره قدرت موتور نسبت به حالت مثلث در سه فاز $\frac{1}{3}$

می شود با تبدیل به تکفاز قدرت موتور به $\frac{1}{9}$ تقلیل می یابد .

برای راه اندازی موتور های سه فاز با جریان تکفاز و حصول گشتاور راه اندازی مناسب و قدرت مناسب بایستی بسته به نوع مدار خازن مناسب را محاسبه و در مدار قرار داد اما یک روش تجربی وجود دارد که برای هر اسب بخار موتور 3 فاز 50 میکرو فاراد و برای هر کیلووات 70 میکروفاراد خازن روغنی در مدار قرار می دهند شکل های زیر مدارات مختلفی هستند که برای راه اندازی اینگونه موتور ها استفاده می گردد .



یک علت دیگر استفاده از موتور های سه فاز بجای موتور های تکفاز با راه اندازی جریان تکفاز این اسن که سیم پیچی سه فاز نسبت به تکفاز هزینه کمتر و حجم نیز کاهش می یابد .

موارد مصرف آن در دور کند موتور های لباسشویی طبلی و اتوماتیک و همچنین پمپ های آب-شوفاژ می باشد .
 علت سه فاز سیم پیچی کردن دور کند ماشین های لباسشویی این است که در دور کند کلید گریز از مرکز زیر 900 دور عمل نمی کند به همین دلیل سیم پیچی را سه فاز کرده تا بتواند قدرت گریز از مرکز را افزایش داده تا کلید گریز از مرکز بتواند عمل کند .

$$\Delta / y \quad 220 / 380$$

موتور های سه فاز با اتصالات

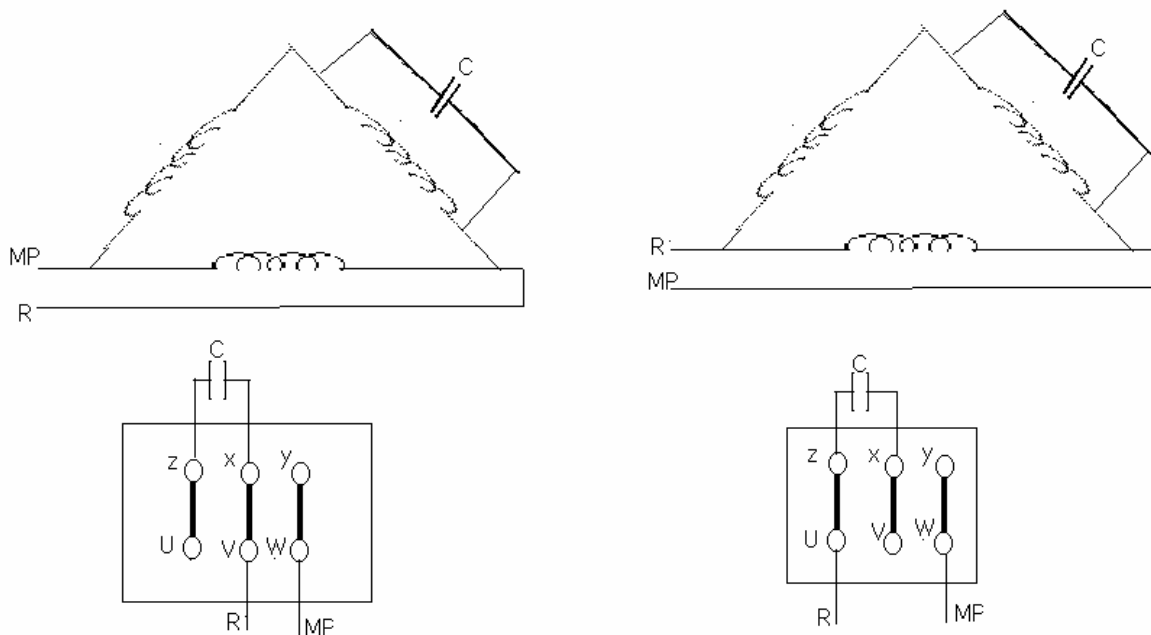
$$380y$$

$$380\Delta$$

$$\Delta / y \quad 380 / 660$$

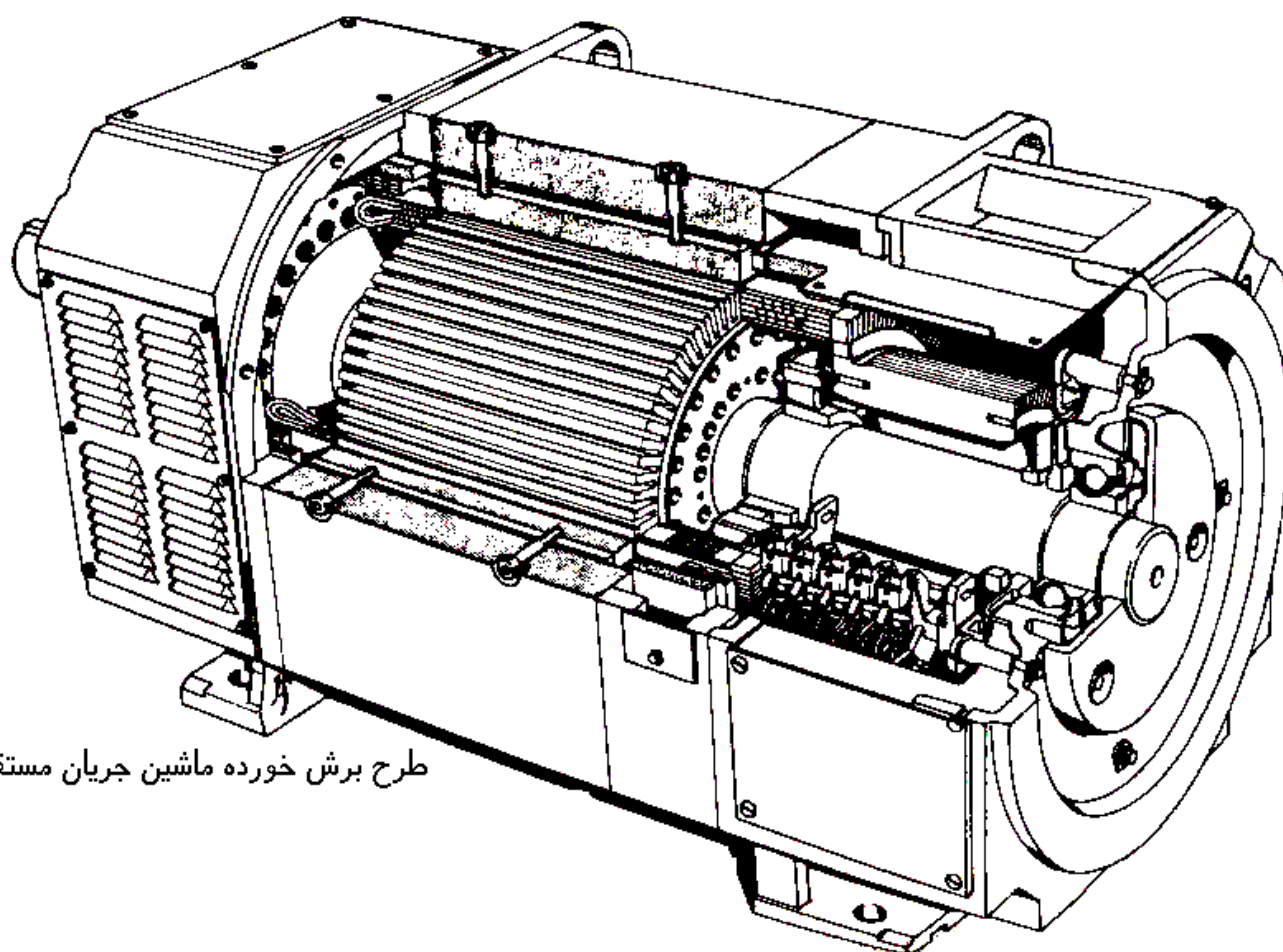
را می توان تبدیل به تکفاز نمود .

برای تغییر جهت چرخش موتور در حالت مثلث مطابق شکل عمل می کنیم .



سوال: چرا موتورهای 3 فاز، 2 HP به بالا رانمی توان بصورت تکفاز راه اندازی کرد؟

ماشین های جریان مستقیم



طرح برش خورده ماشین جریان مستقیم

پس از کشف اندوکسیون مغناطیسی در سال 1831 میلادی توسط میشل فاراده ساده ترین ماشین الکتریکی به دست ایشان ساخته شد سپس با پیشرفت علم و رشد تکنولوژی تکامل ماشین های الکتریکی به نحو چشمگیری صورت گرفت وسایل تبدیل انرژی الکترومکانیکی گردان را ماشین های الکتریکی گویند . ماشین های الکتریکی از دیدگاه های گوناگونی قابل طبقه بندی هستند مثلا ولتاژ کار- جریان -قدرت- دور- نوع بار- چگونگی نصب- نوع حفاظت کلاس عایقی - نوع انرژی و .. ویژگی هایی هستند که می توان ماشین های الکتریکی را بر اساس آن ها طبقه بندی کرد اما برحسب اهمیت موضوع و عملکرد ماشین های الکتریکی به دو طریق زیر تقسیم می شوند .

1-از نظر نوع جریان الکتریکی 2-از نظر نوع انرژی تبدیل

ماشین های الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی به 2 دسته تقسیم می شوند .

الف-ماشین های الکتریکیس جریان مستقیم که ولتاژ و جریان ورودی و خروجی آنها مستقیم (DC) است.

ب-ماشین های الکتریکی جریان متناوب (AC) که ولتاژ و جریان ورودی و خروجی آنها متناوب است.

ماشین های الکتریکی به لحاظ نوع انرژی تبدیلی دارای تقسیم بندی زیرند :

الف- مولدهای الکتریکی که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند .

ب-موتورهای الکتریکی که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می نمایند.

ماشین های الکتریکی بطور کلی جزء وسایل تبدیل انرژی غیر خطی هستند یعنی هر تغییر در ورودی همیشه به یک نسبت در خروجی ظاهر نمی شود .

ماشین های جریان مستقیم:

ماشین جریان مستقیم DC یک وسیله تبدیل انرژی با فراگیری زیاد از نقطه نظر کاربرد می باشد این ماشین می تواند گشتاور راه اندازی بالا و متغیر مورد نیاز بارها را تامین کند در حال حاضر ماشین DC در حوزه وسیع تغییرات سرعت و برگشت سریع انرژی قابل استفاده می باشد . با توجه به این خصوصیات برجسته ماشین DC دارای قابلیت انعطاف بالایی بوده و بنابراین کاربرد زیادی در صنعت دارد این ماشین ها علیرغم هزینه اولیه بالایی که دارند در صنعت بخصوص برای کارهای سخت همانند محرکه های کارخانه فولاد سازی بطور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند .

ماشین های DC دارای میدان چندقطبی (قطب های متناوب N,S) بوده و می باشند در ماشین های جریان مستقیم معمولی هسته استاتور موق نیست اما هسته آرمیچر موق است تا تلفات جریان گردابی کاهش یابد مدار مغناطیسی ماشین های جریان مستقیم که در سیستم های کنترل به کار می روند بطور کامل موق است . این کار برای به حداقل

رساندن اثر میدانی جریان گردابی بر پاسخ سریع لازم در ماشین های جریان مستقیم به کار گرفته شده در سیستم های کنترل است در حال حاضر تولید سالانه ماشین های جریان مستقیم حدود 40 درصد تولید و فروش ماشین های الکتریکی است و این بخاطر آن است که تمام وسائل نقلیه برای ذخیره انرژی الکتریکی از باتری استفاده می کنند در این وسائل نقلیه و اتومبیل های موتورهای DC برای راه انداز موتور جهت برف پاک کن بادبزن و چرخاندن سایر دستگاه ها و لوازم وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می گیرد برای این موارد استعمال سالانه میلیون ها موتور جریان مستقیم ساخته می شود در کاربردهای صنعتی که کنترل دقیق سرعت همراه یا بدون گشتاور لازم است موتور DC بی نظیر است بنابراین موتورهای DC عموماً در صنایع نورد فولاد و آلومینیوم بیل های الکتریکی - آسانسور یا بالابرهای الکتریکی - لوکوموتیوهای راه آهن و تجهیزات متحرک زمینی بزرگ به کار گرفته می شود .

اگر چه عملاً انرژی الکتریکی تجاری به شکل جریان متناوب تولید و توزیع می شود بخشی از انرژی در صنعت به شکل جریان مستقیم مصرف می شود موتورهای جریان مستقیم برای بعضی از فرآیندهای صنعتی که نیازمند کنترل سرعت و گشتاور می باشند بسیار مناسبند تولید و توزیع مقدار خیلی زیاد انرژی برق به شکل جریان متناوب به علت بالا بودن راندمان و سادگی نسبی ترانسفورماتور برای تبدیل ولتاژ از مقداری به مقدار دیگر از شکل جریان مستقیم راحت تر است . در مواردی که شرایط تولید ایجاب نماید به نحوی که از جریان مستقیم استفاده شود یا کاربرد جریان مستقیم بر استفاده از جریان متناوب رجحان داشته باشد مثلاً در صنایع شیمیایی و ذوب فلزات و حمل و نقل جریان متناوب را بوسیله یکسو کننده ها یا مبدل ها به جریان مستقیم تبدیل می کنند .

مبدل از یک موتور جریان متناوب و یک مولد جریان مستقیم تشکیل می شود و هر دو روی یک محور قرار گرفته اند . از مولدهای جریان مستقیم بیشتر به عنوان منبع انرژی برای تحریک مولدهای نیروگاهی و ماشین های خودکار و هواپیماها - جوشکاری با قوس الکتریکی قطارهای راه آهن - اتوبوس های برقی - زیردریایی ها و غیره استفاده می کنند بدین ترتیب کاربرد مولدهای جریان مستقیم زیاد و متنوع است و لذا موتورهای جریان مستقیم با توان ها و دورهای مختلف ساخته می شوند . شبکه های اولیه غالباً جریان مستقیم بودند ماشین های الکتریکی هم از نوع جریان مستقیم بودند ولی به تدریج که شبکه های جریان متناوب بکار گرفته شدند طبیعتاً موتورهای جریان مستقیم هم جای خود را تا حدودی به موتورهای جریان متناوب دادند .

محركه های جریان مستقیم دارای مزایای زیرند :

1- سرعت موتور در حدود وسیع قابل تنظیم است .

2- گشتاور راه اندازی خوب

3- توان مکانیکی خروجی یا گشتاور ثابت است.

3- تند و کند شدن به سرعت انجام شود .

4- به سیگنالهای بیشتر فیدبک پاسخ می دهد یعنی مشخصه های اصلی این ماشین را می توان بیشتر توسط مدارهای فیدبک تغییر داد .

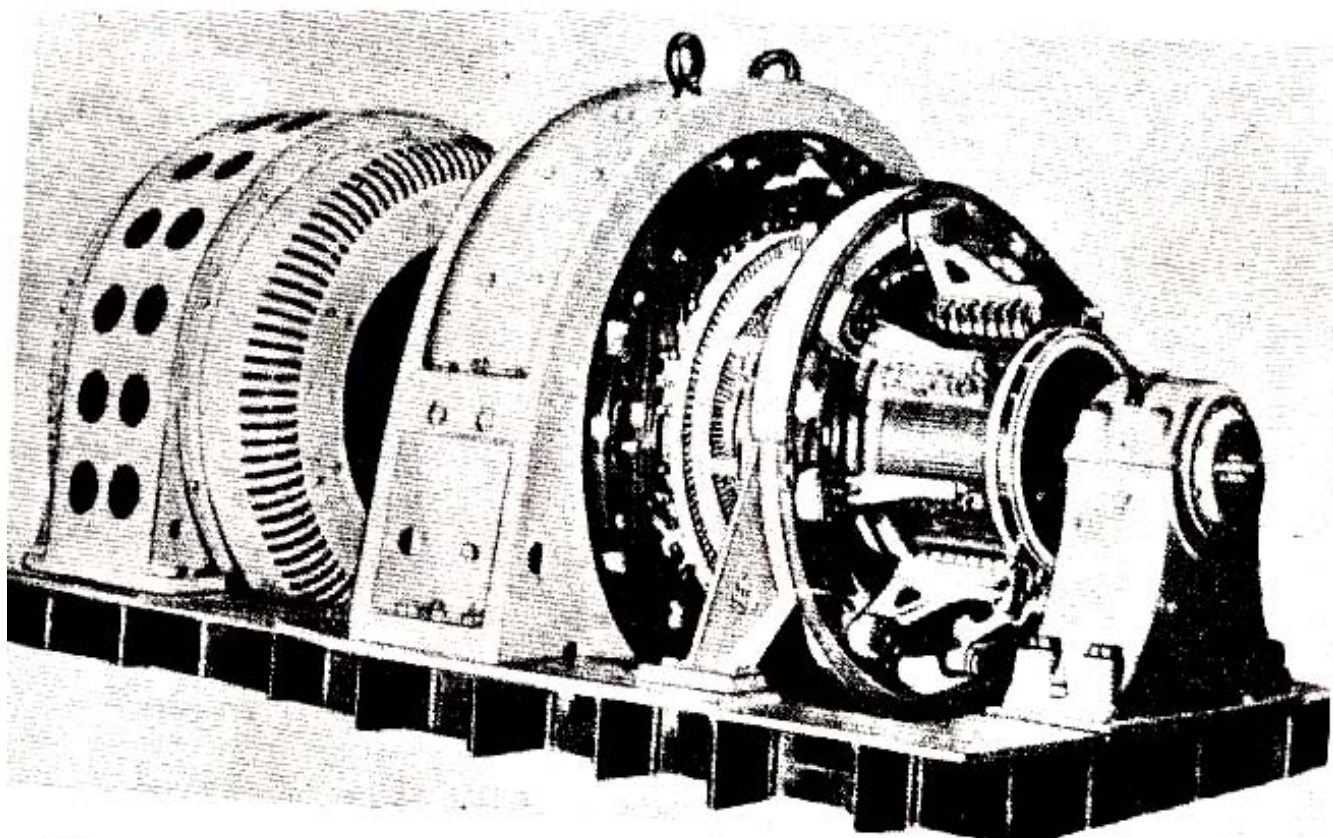
دو ویژگی خاص موتورهای DC باعث کند شدند که این موتورها نه تنها از رده خارج شوند بلکه حتی در بسیاری از تجهیزات صنعتی کاربرد بیشتری هم پیدا کنند و امروزه موتورهای DC در زمینه های مختلف کاربردهای فراوانی دارند این دو ویژگی برجسته عبارتند از :

1- امکان کنترل دور و سریع

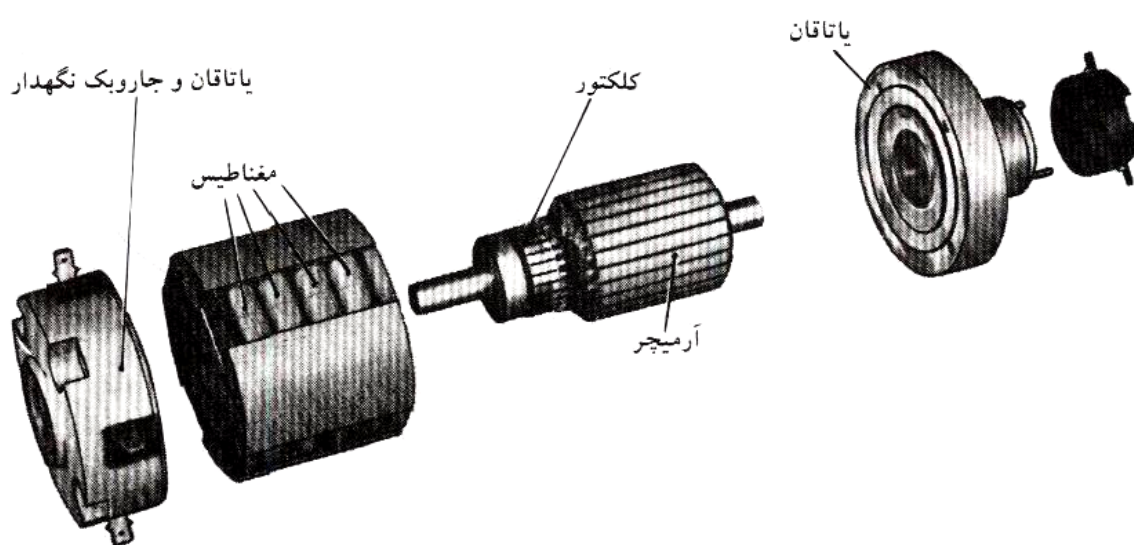
2- گشتاور راه اندازی بسیار خوب

موتور DC به مشابه AC خود به مراتب گرانتر و هزینه بهره برداری و تعمیرات آن نیز غالباً بیشتر است .

ساختمان ماشین های جریان مستقیم

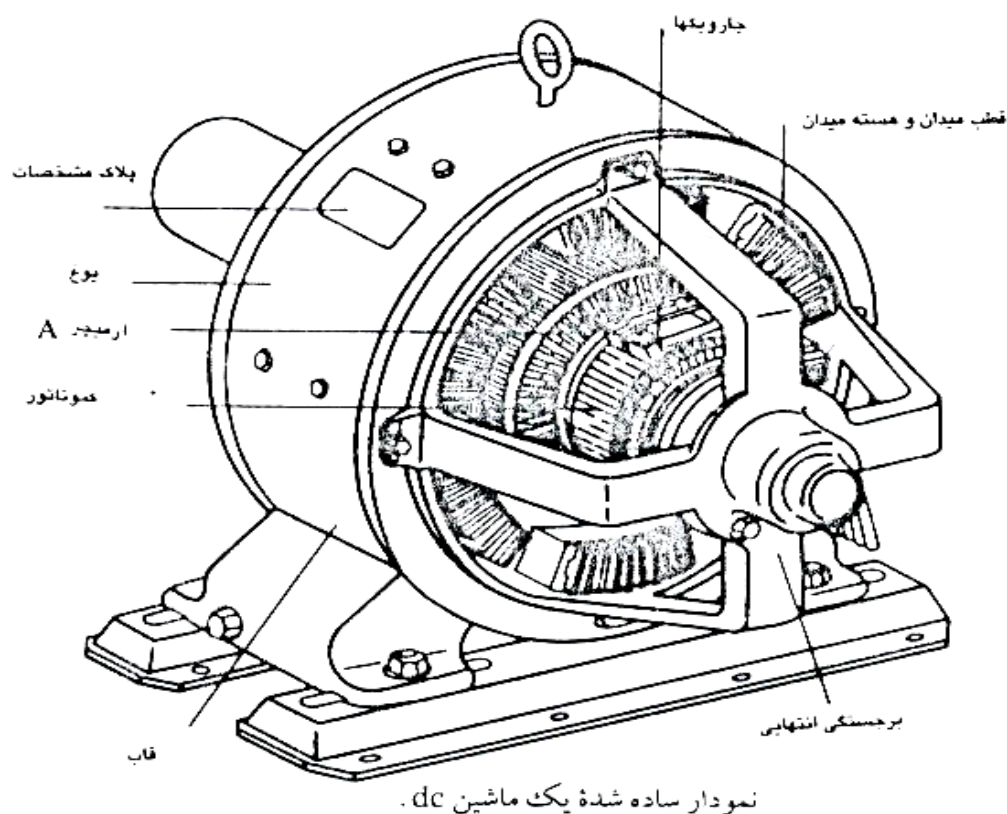


اجزاء تشکیل دهنده ماشین جریان مستقیم عبارتند از:



1- قسمت ساکن شامل قطب ها و بدنه 2- قسمت گردان (روتور) 3- مجموعه جاروبکها و جاروبک نگهدارها

اساس کار ماشین dc معمولی به چرخش یک سیم پیچ به نام روتور در میدان مغناطیسی تولید شده بوسیله یک سیم پیچ ساکن به نام سیم پیچ میدان بستگی دارد در حقیقت قطب های اصلی وظیفه تامین میدان مغناطیس مورد نیاز ماشین را بر عهده دارد قطب های اصلی توسط پیچ به بدنه محکم می شوند و تعداد آن ها همواره زوج است به امتداد



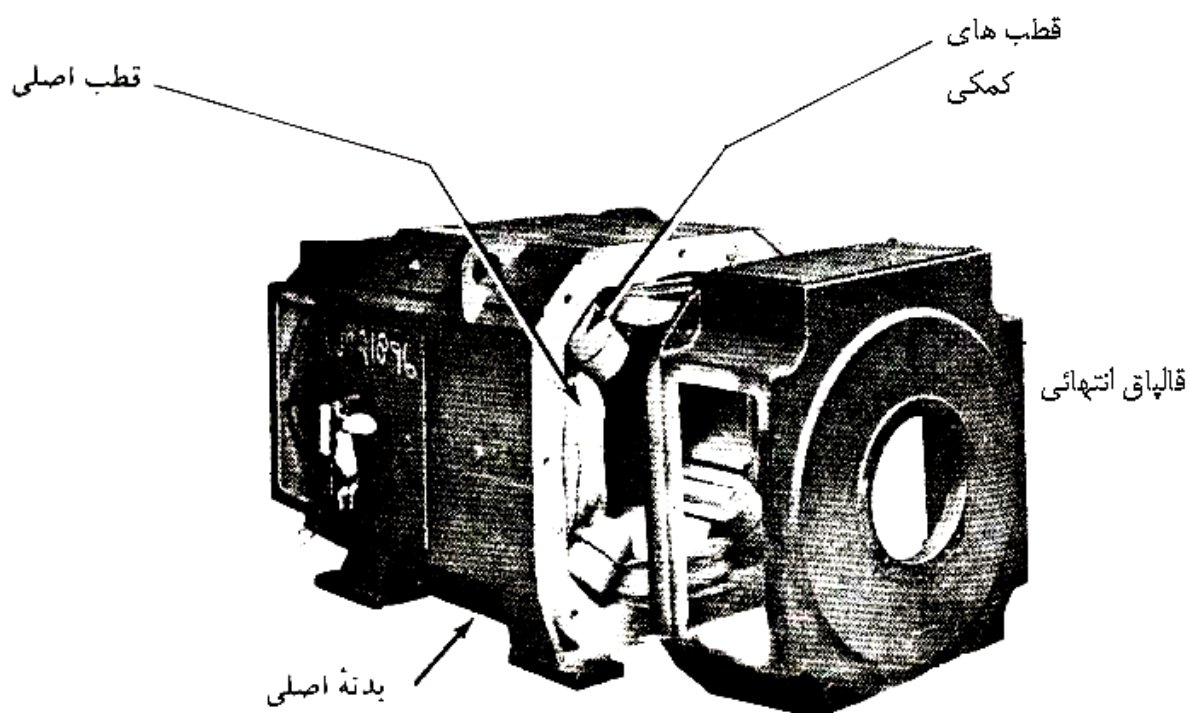
خطوط قوای
قطب های
اصلی محور
طولی یا
مستقیم
ماشین DC
گفته می شود
قطب های
اصلی خود از
قسمت های

مختلفی درست شده اند که عبارتند از :

1- هسته قطب ها 2- کفشک قطب ها 3- سیم پیچ تحریک

قطب های میدان دارای سطح مقطع مستطیل شکل بوده و هسته قطب از ورق های فولاد الکتریکی با ضخامت حدود 0/5 تا 0/65 میلیمتر با خاصیت مغناطیسی قابل قبول تشکیل می شود در داخل هسته شیار یا منافذی جهت تهویه قطب ها پیش بینی می شود .

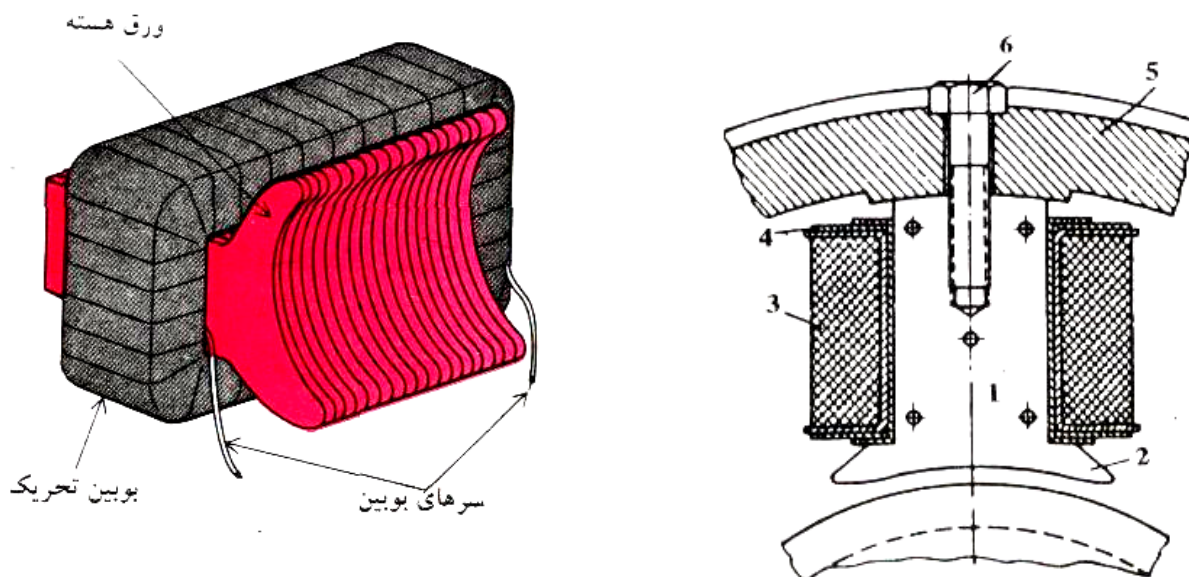
روتور با فاصله کمی بین قطب ها بر روی یاتاقان ها قرار گرفته است .



روتور با شکل خمیده رخ قطب ها فاصله ای هوایی با عرض ثابت بین روتور و استاتور ایجاد می کند همانطور که می دانیم رلوکتانس هوا بسیار بیشتر از رلوکتانس آهن ماشین است (رلوکتانس: اجسام همانگونه که در برابر عبور جریان دارای مقاومت می باشند در مقابل عبور فوران مغناطیسی نیز از خود مقاومتی نشان می دهند که آن را مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس) می نامیم) برای مینیمم کردن رلوکتانس مسیر شار درون ماشین، شار مغناطیسی باید کوتاهترین مسیر را در هوای بین سر قطب های استاتور و سطح روتور بییماید چون شار مغناطیسی باید کوتاهترین مسیر را در هوا داشته باشد در همه جا رخ قطب ها عمود بر سطح استوانه روتور است چون فاصله هوایی پهنای یکنواختی دارد رلوکتانس در همه جای رخ قطب ها یکسان است یکنواخت بودن رلوکتانس به معنی ثابت بودن چگالی شار در زیر رخ قطب ها است.

شکل قطب به نحوی است که سطح مقطع کوچکتر برای سیم پیچی اختصاص داده می شود و قسمت بزرگتر که کفشک قطبی است سبب شکل دادن میدان مغناطیسی و سهولت هدایت فوران مغناطیسی به فاصله هوایی می شود.

شکل مخصوص قطب های اصلی سبب می شود :اولا فوران وارد شده به آرمیچر سطح بیشتری را اشغال نماید یا پوشش دهد . ثانیا با تقلیل سطح مقطع در هسته قطب سیم های مسی کمتری برای سیم پیچی میدان مصرف گردد (تعداد دور هادی در مقدار فوران قطب ها موثر است و نه طول هادی $\phi = B.A$) .



ثالثا افزایش سطح کفشک های قطبی مقاومت مغناطیسی فاصله هوایی را بین قطب های اصلی و هسته روتور تقلیل می دهد رابعا این امکان فراهم می شود که سیم پیچی را در خارج انجام داده سپس آن را روی قطب سوار نمود و بعد قطب را به بدنه بست در نتیجه سیم پیچی بنحو مطلوب و محکم اجرا می گردد . سیم پیچ تحریک یا سیم پیچی قطب اصلی دور هسته قطبی پیچیده می شود .

البته سیم بندی تحریک روی قالبی که از جنس باکالیت یا از ورق فولادی است پیچیده شده می شود این ورق های

فولادی 1 تا 2 میلیمتر ضخامت

داشته و روی آن روکش مقوایی به

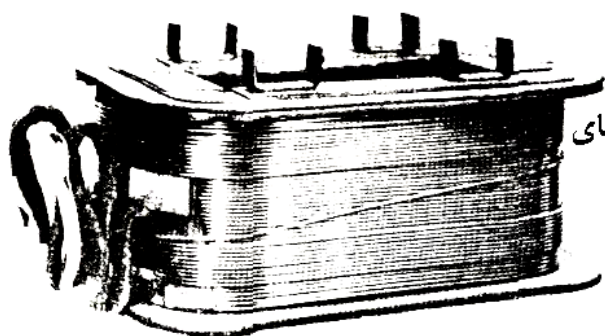
ضخامت 2 تا 3 میلیمتر کشیده می

شود . برای ایجاد میدان مغناطیسی

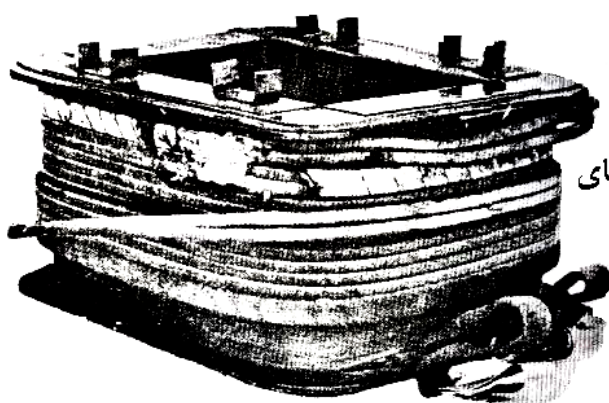
در قطب های اصلی ماشین DC

نیاز به آمپر دور مشخص است برای

جریان های کم بایستی تعداد دور



برای جریان های کم



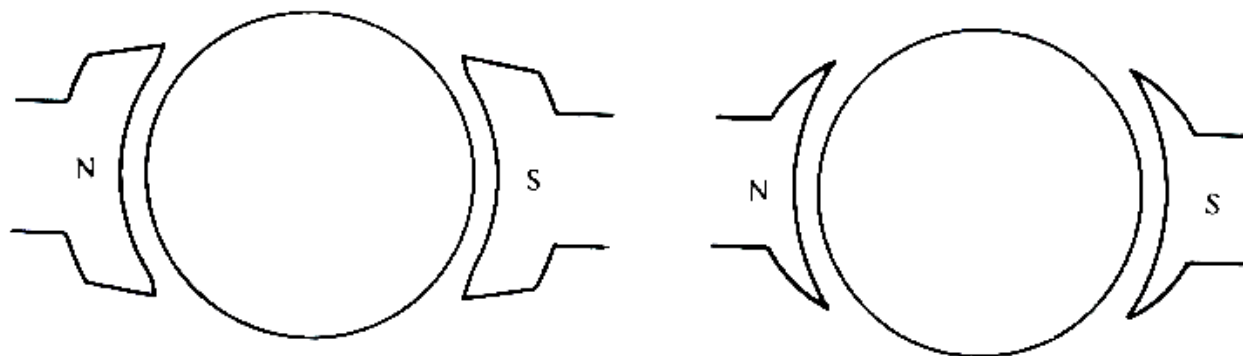
برای جریان های زیاد

سیم پیچ زیاد باشد ولی چون جریان کم است سطح مقطع سیم کم می شود در جریان های زیاد تعداد دور کمی برای سیم پیچ لازم است ولی چون جریان زیاد است بایستی سطح مقطع بزرگ باشد .

قطب های اصلی ماشین های dc قدیمی تر از یک قطعه فلزی یکپارچه ساخته و سیم پیچی های میدان حول آن پیچیده می شدند این قطب ها اغلب سرهای لایه لایه داشتند که با پیچک هایی به قطب ها متصل می شد تا تلفات هسته در رخ قطب ها کاهش یابد چون امروزه برای راه اندازی موتورهای مدارهای الکترونیکی متداول شده اند قطب های اصلی ماشین های جدیدتر را کاملاً از فلز لایه لایه می سازند این کار به خاطر آن است که در توانی که مدارهای حالت جامد برای موتورهای dc فراهم می کنند مولفه های ac بسیار بیشتر است که منجر به تلفات جریان گردابی بیشتری در استاتور ماشین ها می شود رخ قطب ها از نظر شکل ساختمانی معمولاً پخ دار یا مختلف المکزند یعنی فاصله لبه های بیرونی رخ قطب از سطح روتور بیشتر از فاصله وسط رخ قطب تا سطح روتور است این کار رلوکتانس رخ قطب را افزایش می دهد و بنابراین تراکم خطوط شار در اثر عکس العمل آرمیچر ماشین قطب کاهش می یابد قطب های ماشین های dc را قطب های برجسته می نامند چون نسبت به سطح استاتور برجستگی دارند .

میان قطب های ماشین DC بین قطب های اصلی قرار می گیرند و ساختار لایه لایه در آنها نیز روز به روز بیشتر متداول می شود چون در آنها نیز همان مشکل تلفات قطب های اصلی وجود دارد .

بعضی از سازندگان حتی آن قسمت قاب را که به عنوان مسیر برگشت شار عمل می کند (یوغ) نیز لایه لایه می سازند تا تلفات هسته در موتورهایی که تحریک حالت جامد دارند باز هم بیشتر کاهش یابد .



قطب های کمکی: این قطب ها از هسته و سیم پیچ تشکیل شده اند هسته قطب ها را معمولاً از فولاد یکپارچه می

سازند در ماشین های جریان مستقیم که تغییر بار ناگهانی دارند هسته قطب های کمکی از ورق های فولادی ساخته

می شوند قطب های کمکی روی محور خنثی یعنی در وسط دو قطب غیر همنام مجاور قرار می گیرند .

قطب های کمکی به قطب های کموتاسیون معروف اند تعداد قطب های کموتاسیون بعضی ماشین ها نصف قطب

های میدان اصلی بوده و در بعضی دیگر مساوی آنها می باشد قطب های کموتاسیون مساوی قطب های میدان است

تعداد حلقه های سیم پیچ قطب های کمکی طوری انتخاب می شود که mmf تولیدی آن $1/2$ تا $1/4$ برابر mmf

آرمیچر باشد وقتی تعداد قطب های کموتاسیون نصف می شود mmf آنها به $1/4$ تا $1/6$ برابر mmf آرمیچر افزایش

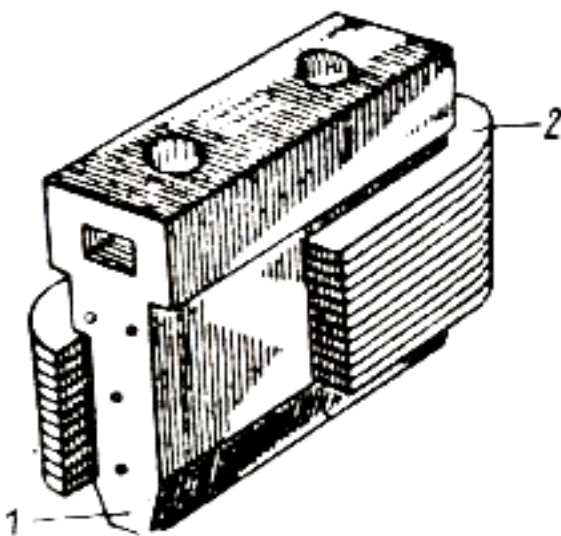
می یابد در بعضی از ماشین ها سیم پیچ قطب کمکی طوری ساخته می شود که کسری از جریان آرمیچر را از خود

عبور دهد و بقیه جریان از طریق یک مدار موازی با مقاومت کم جاری می شود بنابراین سیم پیچ قطب های کمکی

دارای هادی هایی با تعداد دور نسبتاً زیاد و سطح مقطع کوچک می باشد . با این حال در

(شکل روبر شکل قطب کمکی را نشان می دهد:

1- هسته یکپارچه 2- سیم پیچی)



کاربردهایی که جریان آرمیچر در معرض نوسانات قابل

ملاحظه ای می باشد این موازی کردن رضایت بخش نیست

زیرا ثابت زمانی مدار موازی از ثابت زمانی سیم پیچ قطب

کمکی خیلی کوچک تر بوده و جریان گذرا نمی تواند بطور

مناسب بین سیم پیچ و مدار موازی تقسیم می شود . قطعه

های غیر مغناطیسی قابل تنظیم بین بدنه قطب های

کموتاسیون و بدنه ماشین قرار داده می شود تا مقدار شار کموتاسیون مورد نظر حاصل شده و از اشباع هسته های

قطب های کموتاسیون جلوگیری شود و در نتیجه آن قسمت از مدار مغناطیسی فعلی باقی بماند.

قطب های کموتاسیون mmf ای در خلاف جهت mmf روتور تولید می کند تا هنگام کموتاسیون جرقه کمتری در

جاروبک ها ایجاد شود در ماشین های کوچک مثل موتورهای با قدرت کسر اسب بخار قطب های کمکی معمولاً حذف

می شوند زیرا مقاومت پیچک های روتور در مقایسه با سایر پارامترها به اندازه کافی بزرگ بوده و مانع ایجاد جرقه

شدید در جاروبک ها می شود قطب های کمکی در فاصله بین قطب های اصلی مقابل هادی هایی قرار دارند که در

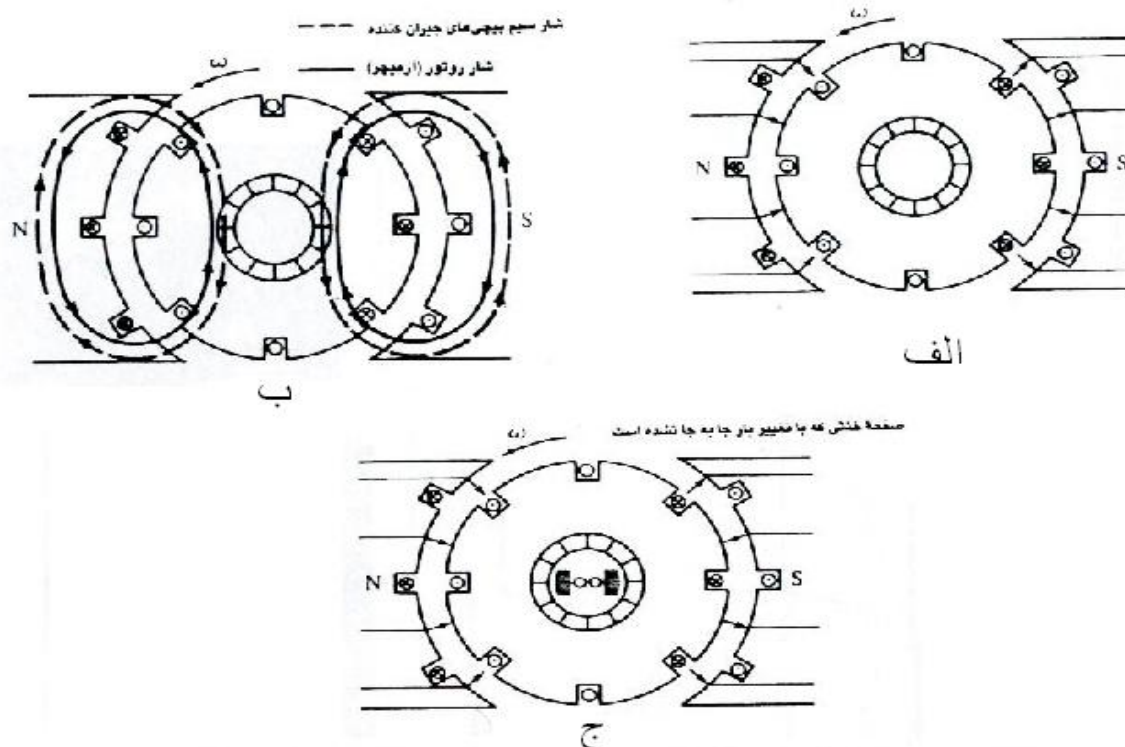
حال کموتاسیونند قطب های کموتاسیون شار مناسبی ایجاد می کنند که ولتاژهای پیچک های در حال کموتاسیون می تواند تا حدودی حذف شود بدین ترتیب جرقه زیر جاروبک ها کاهش می یابد در بخش موتورهای کموتاتوری نحوه اتصال سیم پیچی میان قطب ها مفصلا تشریح شده است.

میان قطب ها هم در کار موتور وار و هم در کار ژنراتوروار جواب می دهند چون وقتی که ماشین از موتور به ژنراتور تبدیل می شود جریان هم در روتور آن و هم در میان قطب ها تغییر جهت می دهد بنابراین ولتاژ ناشی از آنها باز هم یکدیگر را خنثی می کنند. میان قطب ها باید ولتاژی در هادی های در حال کموتاسیون القاء کنند که مخالف ولتاژ

ناشی از جابه جایی صفحه خنثی و مشکل ولتاژ های $\frac{L di}{dt}$ (لگد القایی) باشد در حالت ژنراتوری صفحه خنثی در جهت چرخش جابه جا می شود یعنی هادی های در حال کموتاسیون همان قطبهاورد ولتاژ ناشی از قطب قبلی را دارند برای مخالفت با این ولتاژها میان قطب ها باید شاری مخالف ایجاد کنند که همان شار قطب بعدی است اما در موتور صفحه خنثی در خلاف جهت چرخش روتور جابه جا می شود و هادی های در حال کموتاسیون مواجه با شاری مثل شار قطب بعدی هستند برای مخالفت با ولتاژ ناشی از این شار میان قطب ها باید همان قطبهاورد اصلی قبل را داشته باشد .

استفاده از قطب های کموتاسیون بسیار متداول است چون مشکلات جرقه زدن در ماشین dc را با هزینه ای نسبتا کم رفع می کنند این قطب ها را تقریبا در همه ماشین های 1hp و بالاتر می توان یافت نکته ای که در این جا قابل ذکر است این است که میان قطب ها هیچ کاری برای بهبود توزیع شار زیر قطب ها نمی کنند بنابراین تضعیف میدان هنوز هم وجود دارد بیشتر موتورهای با اندازه متوسط و با کاربرد عام مسایل مربوط به جرقه زدن را با استفاده از میان قطب ها حل می کنند و کاری به مشکل تضعیف شار ندارند .

سیم پیچ های جبرانگر: در ماشین های با کار بسیار سخت مشکل تضعیف شار می تواند خیلی جدی باشد برای خنثی کردن عکس العمل آرمیچر و حذف هر دو مشکل جابه جایی صفحه خنثی و تضعیف شار روش متفاوتی ارائه شده است



اثر سیم پیچی های جبران کننده در ماشین dc. (الف) شار قطب در ماشین. (ب) شارهای ناشی از آرمیچر و سیم پیچی های جبران کننده. توجه کنید که این دو برابر و در جهت مخالف هم هستند. (ج) شار برآیند در ماشین، که درست برابر با شار اصلی قطب است.

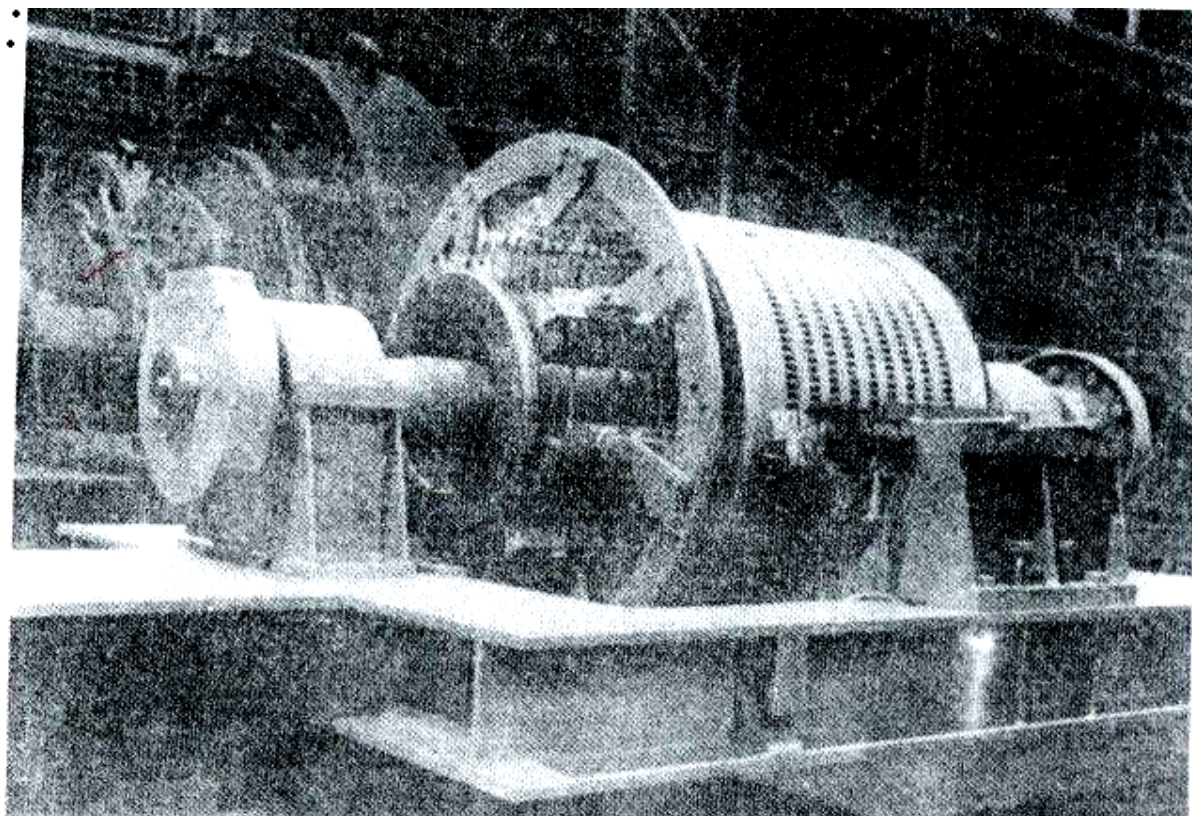
این روش مستلزم تراشیدن شیارهایی در رخ قطب ها موازی با هادی های روتور و قرار دادن سیم پیچی های جبران کننده در آن ها است تا تغییر شکل شار ناشی از عکس العمل آرمیچر را از بین ببرد سیم پیچ جبرانگر یا بصورت سری با آرمیچر و یا بصورت اتصال کوتاه شده جدا از آرمیچر است. بطوری که هر گاه جریان بار در روتور تغییر کند جریان سیم پیچ های جبران کننده نیز تغییر می کند

عیب اصلی سیم پیچی های جبرانگر بودن آن است چون رخ قطب ها باید تراشیده شوند تا سیم پیچی ها در آن قرار گیرند هر موتوری که سیم پیچی جبران کننده دارد باید میانقطب هم داشته باشد چون سیم پیچی های جبران کننده اثرات $\frac{L di}{dt}$ (لگد القایی) را جذب نمی کنند اما لازم نیست که میان قطب ها زیاد قوی باشند چون تنها باید $\frac{L di}{dt}$ را در سیم پیچی های خنثی کنند (ناولتاژهای ناشی از جابه جایی صفحه خنثی) چون هزینه داشتن همزمان سیم پیچی

های جبران کننده و میان قطب ها زیاد است این سیم پیچی ها تنها در جایی به کار می روند که طبیعت کار بسیار سخت و دشوار موتور آن را لازم داشته باشد .

تعداد قطب های یک ماشین dc بوسیله جریان و ولتاژ نامی ماشین تعیین می شود به ازای قطر معین روتور (آرمیچر) با بیشتر شدن ولتاژ تعداد قطبها کمتر خواهد شد ، این کار به منظور ایجاد فضا برای تعداد بیشتر تیغه های کلکتور در ولتاژ بالاتر لازم است ، زیرا معمولا به تعداد قطب ها جاروبک لازم وجود دارد و فضای بین دو جاروبک مجاور هم با فضای بین مجاور برابر است ، ماشین های جریان بالا که ممکن است در هر مجموعه جاروبک 1350 A جریان داشته باشند برای عبور دادن جریان به تعداد قطب های بیشتری احتیاج دارند .

بدنه : قطب های اصلی - کمکی و جاروبک نگهدارها روی بدنه محکم می شوند و بوسیله بدنه ماشین روی پایه



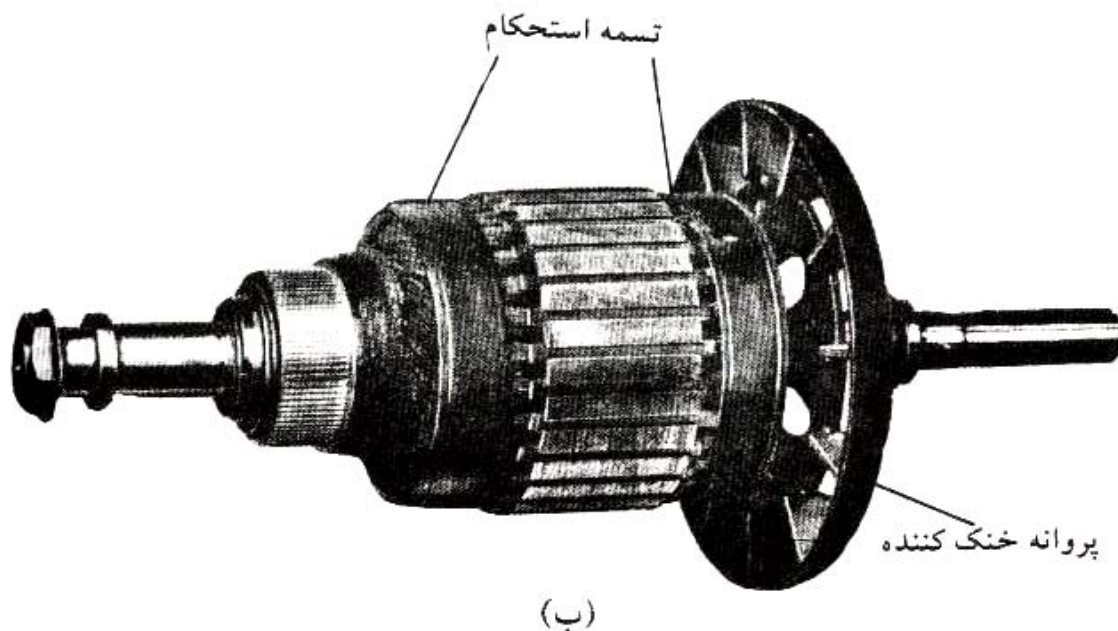
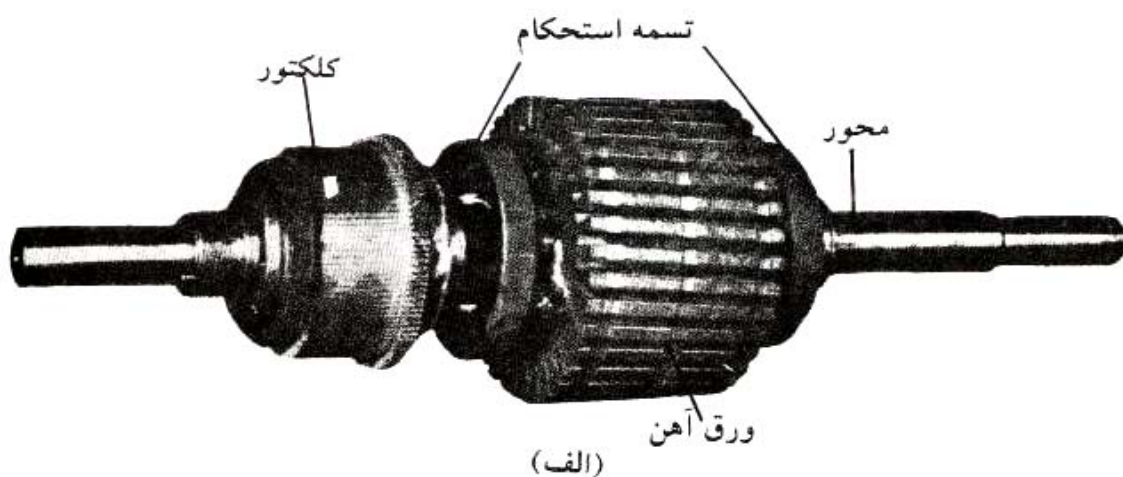
اش نصب می گردد و قسمتی از بدنه را هسته آهنی تشکیل می دهد که هدایت فوران مغناطیسی قطب های اصلی و کمکی بکار می رود ، این قسمت طوق نامیده می شود ، بدنه از چدن یا آلومنیوم می سازند .

قسمت گردان (روتور)

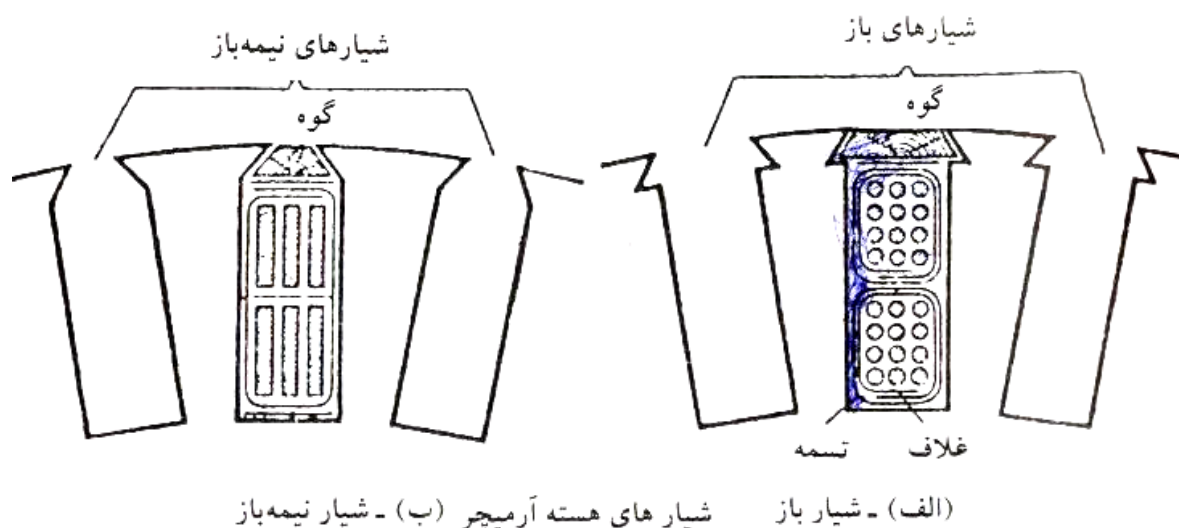
در ماشین های جریان مستقیم گردنده را القاء شونده یا آرمیچر می نامند و از اجزای زیر تشکیل می شود .

الف - هسته آرمیچر ب : سیم پیچی آرمیچر پ - کلکتور یا یکسو کننده مکانیکی

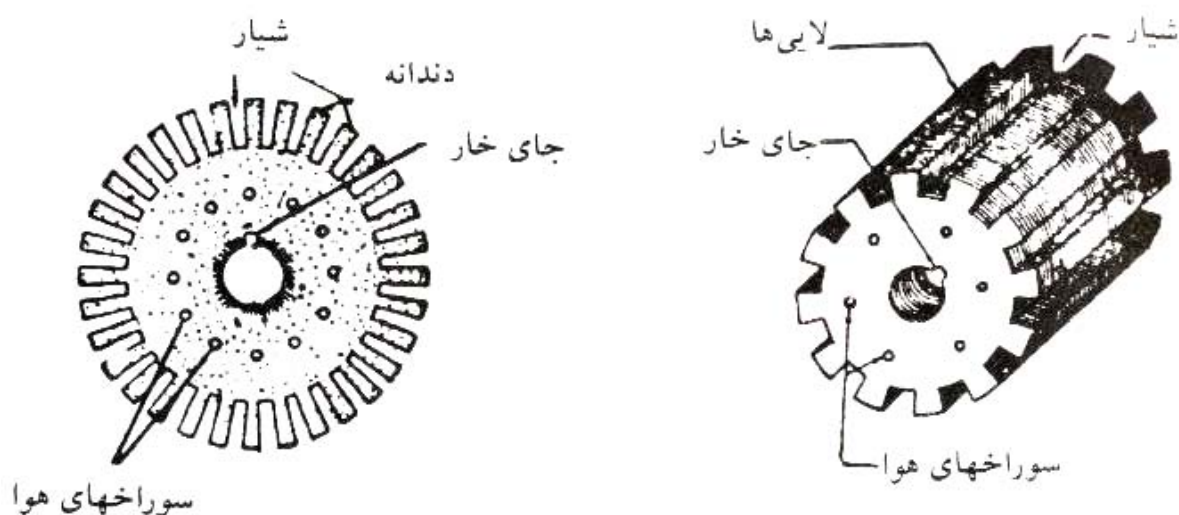
ت - محور ث - پروانه خنک کننده



الف - هسته آرمیچر از ورق های فولادی به ضخامت 5/ میلی متر ساخته می شود که با یک لایه نازک از هم عایق شده اند بر روی هسته آرمیچر شیارهایی تعبیه شده است تا سیم پیچ ها در داخل آن جا داده شوند این شیار ها ممکن است بصورت باز یا نیمه باز باشند. آرمیچر ماشین های با قدرت زیاد دارای شیارهای تهویه شعاعی است .



آرمیچر هایی که شیارهای تهویه شعاعی دارند از چند دسته ورق به طول 4 تا 10 سانتیمتر که با یکدیگر 8 تا 8 میلیمتر فاصله دارند تشکیل می گردد . سیم پیچی آرمیچر از کلاف های مشابهی تشکیل می گردد که در ماشی های بزرگ قبلا آن را بوسیله الگو تهیه می نمایند و سپس در شیارها قرار می دهند .



خصوصیات زیر برای سیم پیچی آرمیچر مطرح است :

1- سیم پیچی باید طوری طراحی و ساخته شود که ضمن صرف جویی در مواد اولیه به بهترین وجهی از آن استفاده شود .

2- سیم پیچی باید از استحکام مکانیکی - الکتریکی و حرارتی کافی برخوردار باشد تا در مدت عمر عادی ماشین های الکتریکی که 16 تا 20 سال پیش بینی می شود دوام بیاورد .

3- به هنگام گرفتن جریان از کلکتور جرقه زیان آوری ایجاد نگردد .

4- حداکثر گشتاور جریان و ولتاژ را با حداقل نوسان بوجود آمده در مورد افزایش ولتاژ القایی گشتاور و بهبود کارایی ماشین های الکتریکی بایستی تعداد کلاف ها و تیغه های کلکتور را افزایش داد و کلاف ها را به طریقی به هم اتصال داد تا در هر لحظه نیروی محرکه جریان و یا گشتاور تولید شده در تمام یا اغلب کلاف ها مفید فایده واقع شود .

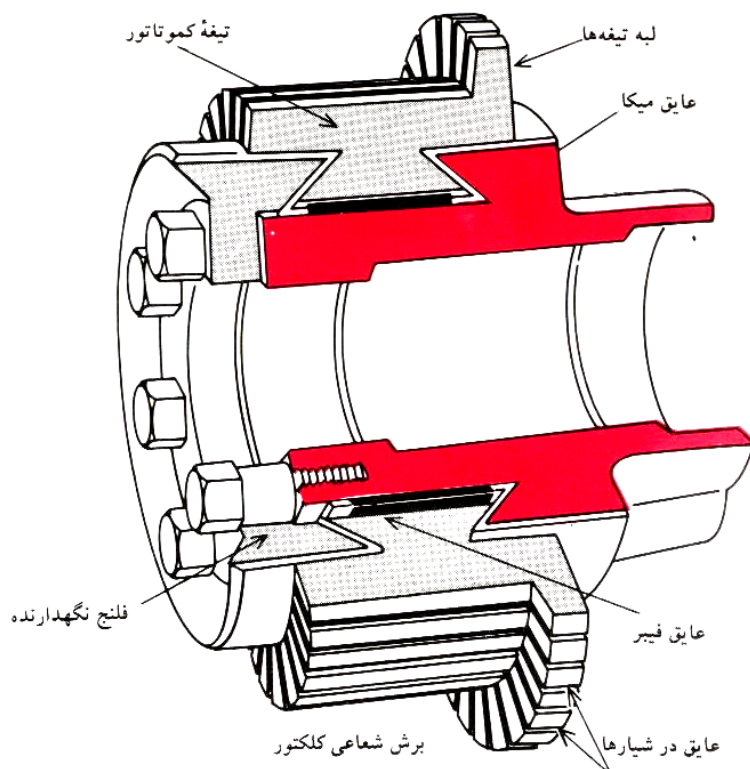
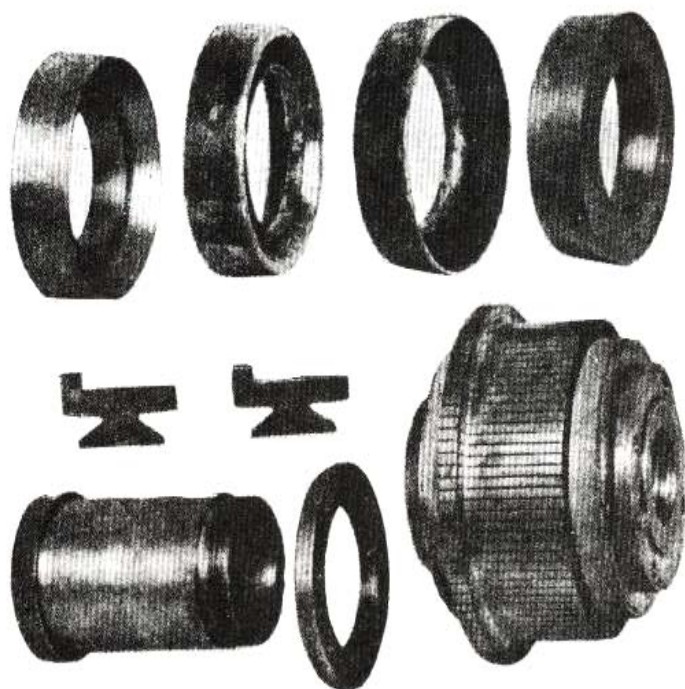
بسته به نیاز کلاف ها می توانند سری و یا موازی و یا ترکیبی از این دو به همدیگر وصل شوند نیروی محرکه کلاف هایی که به طور سری به هم وصل شده اند با هم جمع می شوند به همین ترتیب اگر کلاف ها به طور موازی به هم وصل گردند تعداد مسیر های جریان موجود در آرمیچر افزایش یافته و قابلیت جریان دهی آرمیچر را بالا می برد .

- سیم پیچی آرمیچر در ماشین DC در شیار های روتور جا سازی می شود و به کموتاتور متصل می شوند که شامل تعدادی تیغه مسی عایق شده از یکدیگر می باشند که در ماشین های معمولی با تعداد پیچک های آرمیچر برابر است.

- در حالت کلی دو نوع سیم پیچ آرمیچر dc به نام سیم پیچ رویهم (سری) (حلقوی) و سیم پیچ موجی وجود دارد هر کدام از این سیم پیچ ها را می توان به صورت ساده یا مرکب سیم پیچی کرد در حالتی می توان ترکیبی از دو سیم پیچ موجی و در هم را در یک ماشین بکار برد . چنین سیم پیچ ترکیبی پای قورباغه ای نامیده می شود .

کمو تاتور یا کلکتور یا یکسو کننده مکانیکی

کلکتور از تیغه های مسی سخت که توسط میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده اند تشکیل می شود این



تیغه ها را از طریق ریخته گری مخصوصی یا پرس کردن به یکدیگر محکم می شود مقطع هر تیغه کلکتور به شکل دوزنقه است و بویسه اتصال دم چله ای به جایگاه خود محکم می گردد و انتهای کلاف های سیم پیچی توسط لحیم و پا پرس کردن به تیغه کلکتور وصل می شود .

یک کمو تاتور دو کار مهم را در ماشین DC انجام می دهد اولین کار تبدیل یک کمیت متناوب به کمیت مستقیم یا برعکس می باشد و دومین کار ساکن نگه داشتن نیروی محرکه مغناطیسی روتور با آرمیچر در فضا می باشد اولین کار کمو تاتور یکسو کردن کمیت متناوب در پیچک آرمیچر به کمیت مستقیم در جاروبک های یک ژنراتور می باشد .

در حالت موتور DC کمیت مستقیم در جاروبک ها به کمیت متناوب در پیچک آرمیچر تبدیل می شود به این ترتیب یک کمو تاتور می تواند هر دو عمل تبدیل DC به AC و یا تبدیل AC به DC را انجام دهد . استاتور ماشین DC که شامل قطب های برجسته می باشد شار ساکن را در فاصله هوایی ایجاد می کند برای ایجاد گشتاور

الکترومغناطیسی آرمیچر نیز باید در فضا ثابت بماند در این ماشین علیرغم چرخش آرمیچر کموتاتور باعث می شود که موج نیروی محرکه مغناطیسی آرمیچر در فضا ثابت بماند که این عمل همان کار مهم دیگر کموتاتور می باشد .

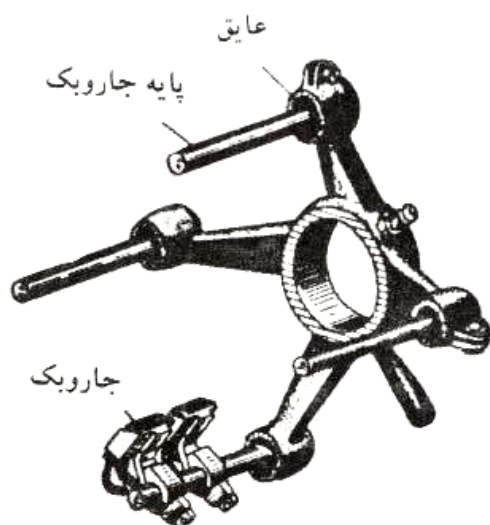
جاروبک

فرآیند کموتاسیون بطور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر جنس جاروبک ها از انواع مختلف نظر کربن -گرافیت فلزی - گرافیت مس -الکتروگرافیت یا مخلوطی از کربن و گرافیت می باشد این مواد رسانایی بالایی دارند تا تلفات الکتریکی کم شود و ضریب اصطکاکشان کم است تا از فرسودگی پیس از حد اجتناب شود جاروبک ها را عمدا از ماده ای بسیار نرم تر از ماده کموتاتور می سازند تا سطح کموتاتور بسیار کم فرسوده شود انتخاب مقدار سختی جاروبک مصالحه ای بین دو چیز است : اگر جاروبک ها خیلی نرم باشند باید آنها را زود به زود عوض کرد اما اگر خیلی سخت باشند سطح کموتاتور در طول عمر ماشین بیش از حد فرسوده می شود کل سایش که در سطح کموتاتور روی می دهد نتیجه مستقیم لغزش جاروبک ها بر روی آن برای تبدیل ولتاژ ac به ولتاژ dc در پایه های ماشین است .اگر فشار روی جاروبک ها زیاد باشد هم جاروبک ها و هم تیغه های کموتاتور زودتر فرسوده می شوند .اما اگر فشار خیلی کم باشد جاروبک ها مقداری لرزش و پرش خواهند داشت و در سطح تماس بین جاروبک و قطعات کموتاتور جرقه های زیادی ایجاد می شود بنابراین فشار جاروبک بر روی کموتاتور باید به دقت تنظیم شود تا حداکثر عمر آنها را تضمین کند عامل دیگری که بر فرسایش جاروبک و قطعات کموتاتور تاثیر می گذارد مقدار جریانی است که از ماشین می گذرد جاروبک ها معمولا بر روی کموتاتور روی لایه نازکی از اکسید حرکت می کنند و این موجب نرم شدن حرکت جاروبک روی قطعات می شود اما اگر جریان خیلی کم باشد این لایه خراب می شود و اصطکاک بین جاروبک ها و کموتاتور به شدت افزایش می یابد این اصطکاک افزایش یافته سهمی در فرسودگی زودرس جاروبک ها و کموتاتور دارد برای بیشتر شدن عمر جاروبک ماشین باید همیشه تا حدی بار داشته باشد .

جاروبک های گرافیت مس در ماشین های DC جریان بالا و ولتاژ پایین (تا حدود 30V در جوشکاری الکتریکی) مورد استفاده قرار می گیرند .

در ماشین های با قدرت زیاد از جاروبک با مخلوطی از گرافیت و مس استفاده می شود .

جاروبک های کربنی - الکتروگرافیت و گرافیت - مس خود روغنی می باشند به همین دلیل هیچ روغنکاری برای



ب - رینگ و جاروبک نگهدار



الف - جاروبک و متعلقات آن

سطح کموتاتور

بکار نمی رود .

تحقیق شده است

که مقاومت اتصال

جاروبک غیر خطی

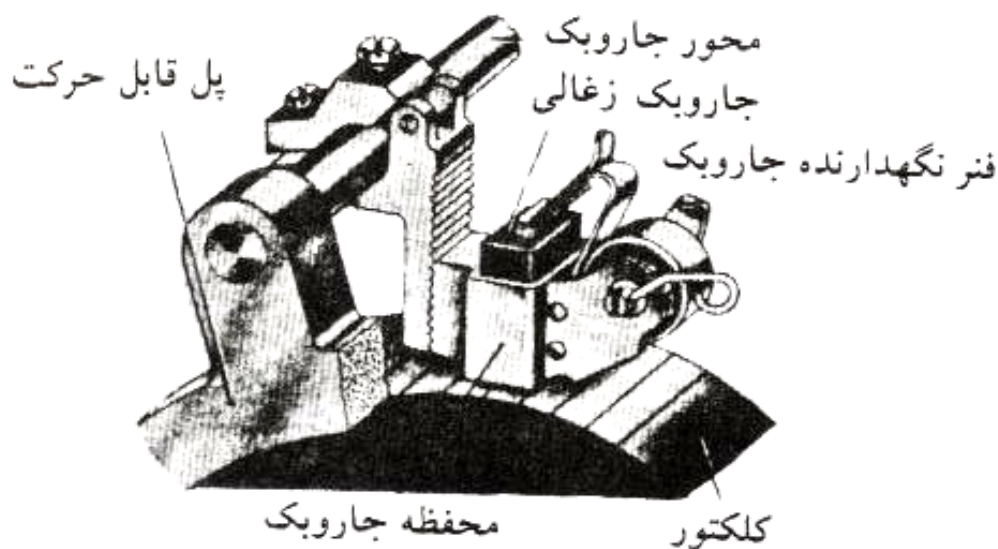
بوده و به بسیاری

از عوامل بستگی

دارد از جمله جنس

جاروبک - جنس

کموتاتور - چگالی جریان فشار جاروبک - سرعت کموتاتور - جهت جریان - درجه حرارت - رطوبت هوا و فشار اتمسفر



میکای بین تیغه

های کموتاتور همراه

با تیغه ها باید

فرسوده شوند در غیر

اینصورت عایق

ضخیم میکا اتصال

مناسب را بین

جاروبک و تیغه ها

ایجاد نخواهد کرد و

طریقه استقرار جاروبک بر روی کلکتور

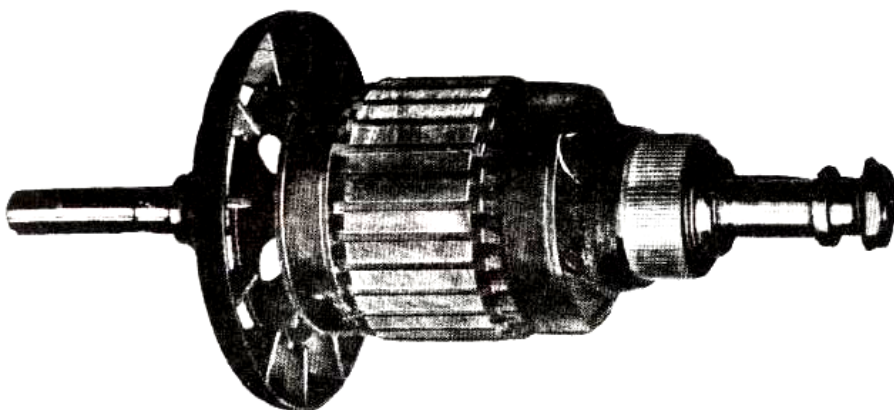
جرقه اتفاق می افتد وقتی کموتاتور در ماشین تراش قرار می گیرد پس باید در سطح پل قرار میگیرد شود

محور آرمیچر ماشین های جریان مستقیم باید از فولادی تهیه گردد که خاصیت مغناطیسی آن کم اما استحکام

مکانیکی کافی در مقابل تنش های برش - کششی و پیچشی را دارا باشد انتخاب کردن محور ضعیف خطر آفرین بوده

و ممکن است در مواقع بروز خطا سبب انهدام کلی ماشین شود.

ث- پروانه خنک کننده : پروانه خنک کننده سبب تهویه و ازدیاد عمر مفید ماشین می شود همزمان با حرکت آرمیچر



پروانه نصب شده روی محور
که فن نیز نامیده می شود به
حرکت درآمده و با ایجاد
جریان هوا در داخل ماشین
موجب انتقال سریعتر گرمای
ایجاد شده به خارج از ماشین

می گردد با این کار دمای کار ماشین در یک حد مشخص محدود خواهد شد در ماشین های پر قدرت و بزرگ تدابیری
بیشتری برای تهویه لازم است .

ژنراتورهای DC

ژنراتورهای DC ماشین های dc یی هستند که به عنوان ژنراتور به کار می روند بین یک ژنراتور و یک موتور تفاوت
واقعی وجود ندارد تنها تفاوت جهت عبور توان است پنج نوع عمده ژنراتور dc وجود دارد که بر اساس روش تولید شار
میدانشان طبقه بندی می شوند.

- 1- ژنراتور تحریک مجزا : در ژنراتور تحریک مجزا شار میدان توسط منبع توانی غیر از خود ژنراتور تولید می شود .
- 2- ژنراتور موازی (شنت): در ژنراتور تحریک مجزا شار میدان توسط منبع توانی غیر از خود ژنراتور گرفته می شود به
این منظور مدار میدان به موازات پایانه های ژنراتور قرار داده می شود .
- 3- ژنراتور سری : در ژنراتور سری شار میدان با سری کردن مدار میدان و آرمیچر ژنراتور بوجود می آید .
- 4- ژنراتور کمپوند اضافی : در ژنراتور کمپوند اضافی هم میدان موازی داریم و هم میدان سری ولی اثرهای این میدان
ها با هم جمع می شود .
- 5- ژنراتور کمپوند نقصانی : در ژنراتور کمپوند نقصانی هم میدان موازی داریم و هم میدان سری ولی اثرهای این
میدان ها از هم کم می شوند .

ژنراتور های dc را بر حسب ولتاژ-توان مجاز- بازده و میزان تنظیم ولتاژ با هم مقایسه می کنند تنظیم ولتاژ (VR) با

$$V_R = \frac{V_{nl} - V_h}{V_h}$$

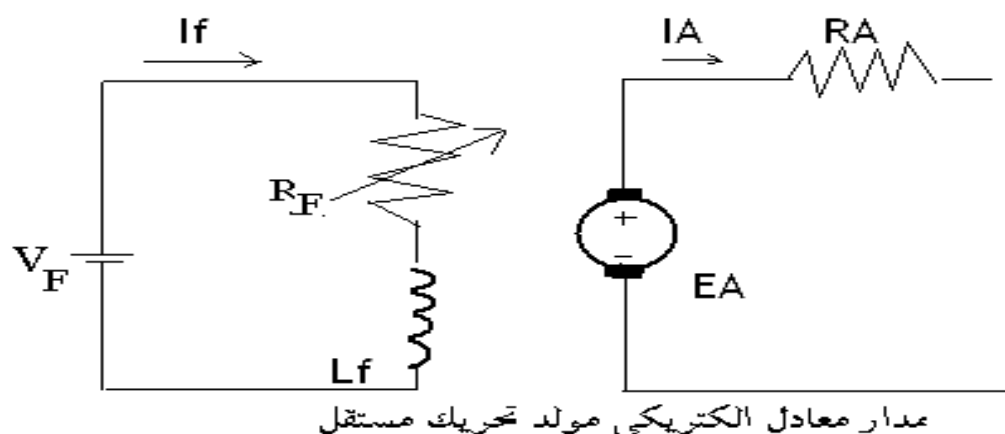
معادله زیر تعریف می شود :

که در آن $\overline{V_{hL}}$ ولتاژ بی باری پایه نه ای ژنراتور و $\overline{V_h}$ ولتاژ پایانه ای ژنراتور تحت بار کامل است این کمیت معیار نه چندان دقیقی از شکل مشخصه ولتاژ - جریان ژنراتور است - تنظیم ولتاژ مثبت نشان می دهد که هر مشخصه نزولی است و تنظیم ولتاژ منفی صعودی بودن مشخصه را نشان می دهد هر ژنراتور را یک منبع انرژی مکانیکی به حرکت در می آورد این منبع گرداننده اولیه ژنراتور نام دارد گرداننده اولیه ژنراتور dc می تواند یک توربین بخار یک موتور دیزلی یا حتی یک موتور الکتریکی باشد چون سرعت گرداننده بر ولتاژ خروجی ژنراتور تاثیر می گذارد و چون گرداننده ها مشخصه سرعت بسیار متغیری دارند تنظیم ولتاژ و مشخصه های خروجی ژنراتور های مختلف نیز دشوار می باشد .

اولین ژنراتور dc عملی به نام « مری آن پا دراز » اولین ژنراتور dc تجاری توماس ادیسون می باشد که در سال 1879 ساخته شد مقادیر نامی آن $100V$ $5kw$ 1200 r/min بود در سال 1882 میلادی ادیسون نخستین موسسه برق تجاری خود را برای تامین روشنایی یکی از خیابانهای نیویورک افتتاح کرد سه سال بعد ناصرالدین شاه برای روشنایی کاخ سلطنتی خود اولین مولد با قدرت $3kw$ را به ایران وارد نمود. ژنراتورهای dc در سیستم های توان نوین به ندرت به کار برده می شوند حتی در سیستم های dc مثل خودروها نیز امروزه ac به همراه یکسوساز استفاده می شود .

مولدهای تحریک مستقل:

در این موارد هیچگونه ارتباط الکتریکی بین مدار تحریک و مدار آرمیچر وجود ندارد و مدار تحریک از یک منبع تغذیه جریان مستقیم خارجی یا باتری تغذیه می کند منبعی که جریان تحریک این مولد را تامین می کند منبعی که جریان تحریک این مولد را تامین می کند اکسایتر نام دارد در مدار تحریک این مولد از یک مقاومت متغیر استفاده می شود تا



جریان تحریک را کنترل نموده و فوران مغناطیسی قطب ها را تغییر دهد این مقاومت متغیر را رئوستا گویند و آن را با R_F نشان می دهند .

سوال : در چنین مولدی اگر بار زیاد شود چه اتفاقی می افتد ؟

وقتی باری که ژنراتور آن را تغذیه می کند افزایش می یابد I_L و در نتیجه I_A افزایش می یابد با افزایش جریان آرمیچر افت ولتاژ $I_A R_A$ زیاد می شود بنابراین ولتاژ پایانه ای ژنراتور افت می کند .

برای کنترل ولتاژ پایانه ای یک ژنراتور dc تحریک مجزا می توان ولتاژ تولید شده داخلی ماشین E_A را تغییر داد طبق

$$V_T = E_A - R_A I_A \quad \text{قانون ولتاژ کیرشهف}$$

پس در صورت افزایش E_A نیز افزایش می یابد و در صورت کاهش E_A نیز کاهش می یابد چون ولتاژ تولید

شده داخلی E_A از معادله $E_A = k \phi \omega$ بدست می آید دو راه برای کنترل ولتاژ این ژنراتور وجود دارد :

1- تغییر سرعت چرخش

2- تغییر جهت میدان: اگر R_F کاهش یابد جریان میدان زیاد می شود $I_F = V_F / R_F \uparrow$ بنابراین شار ϕ ماشین زیاد می

شود با افزایش شار $w \uparrow \phi \wedge E_A$ نیز زیاد می شود .

پس $V_T = E_A - I_A R_A$ نیز زیاد می شود .

در بسیاری کاربردها سرعت گرداننده اولیه کاملاً محدود است بنابراین روش رایج کنترل ولتاژ پایانه ای تغییر جریان میدان است .

در نتیجه به علت افزایش تعداد دور و کاهش سطح مقطع سیم پیچ تحریک مقاومت الکتریکی مدار تحریک زیاد می شود .

ولتاژ خروجی مولد توسط یک مقاومت متغیر که با سیم پیچ تحریک سری می شود تنظیم می گردد.

در مدار الکتریکی مولد تحریک مستقل

V_F ولتاژ اعمال شده به سیم پیچ تحریک I_F - جریان سیم پیچ تحریک

R_F رئوستای تنظیم جریان تحریک I_A جریان آرمیچر

R_A مقاومت اهمی آرمیچر I_L جریان بار

V_T ولتاژ خروجی بر روی ترمینال های آرمیچر

در مولد تحریک مستقل جریان بار و آرمیچر همیشه برابر است .

اگر ε افت ولتاژ در اثر عکس العمل آرمیچر باشد ولتاژ ترمینال های خروجی مولد برابر است با

$$V_T = E_A - R_A I_A - \varepsilon$$

در صورتی که R_F مجموع مقاومت های

سیم پیچ تحریک و رئوستا باشد جریان

$$I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

تحریک مولد برابر است با :

توضیح: اگر یک مولد شنت با تحریک

مستقل را در نظر بگیرید که تحت سرعت

ثابت و جریسان میدان ثابت کار می کند اگر

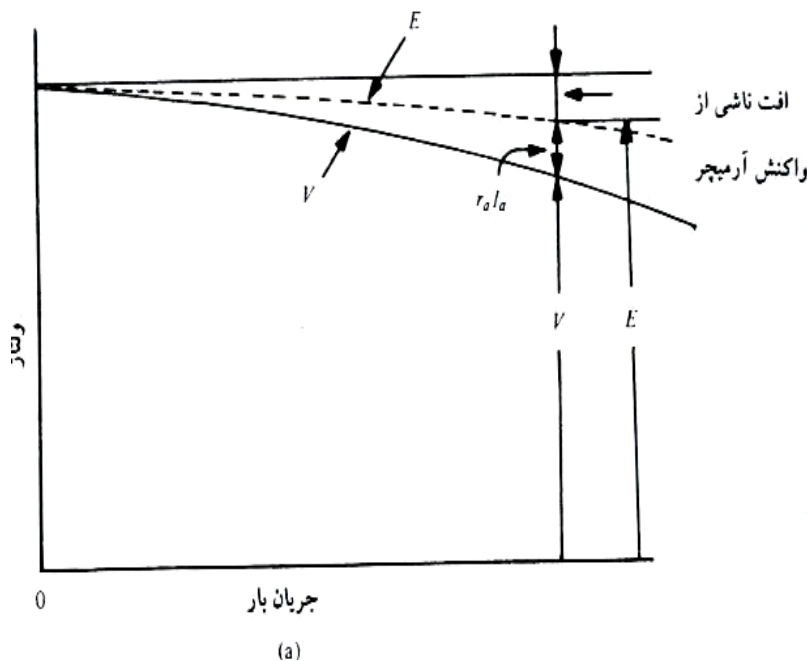
عکس العمل آرمیچر وجود نداشته باشد

emf تولیدی E مقداری ثابت خواهد داشت

ولی در حالت کلی فرض می کنیم که

عکس العمل آرمیچر وجود داشته باشد اگر

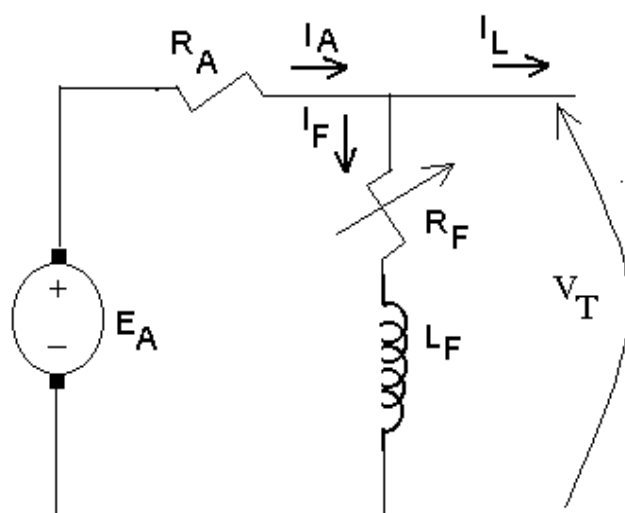
ماشین بدون قطب کمکی باشد معمولاً جاروبک ها



از محور خنثای هندسی جابه جا شده

و جریان آرمیچر علاوه بر mmf واکنش عرضی mmf ضد مغناطیسی نیز تولید می کند بنابراین اثر عکس العمل آرمیچر در این ماشین از ماشین های با همان طرح ولی قطب های کمکی شدیدتر است به جز در حالتی که سیم پیچی جبرانگر وجود دارد واکنش عرضی آرمیچر به خاطر اثرمند مغناطیسی اش بصورت نشان داده شده در شکل باعث افت ولتاژ E در سرعت ثابت خواهد شد حتی اگر قطب های کموتاسیون وجود داشته باشند به خاطر غیر خطی بودن منحنی مغناطیسی ماشین ولتاژ تولیدی E به صورت خطی کاهش نمی یابد از آنجایی که جریان میدان ماشین با تحریک مستقل بوسیله یک منبع خارجی تامین می شود جریان آرمیچر با جریان بار برابر است مولدهای تحریک مستقل برای بارهایی مورد استفاده قرار می گیرند که نیازمند ولتاژ خروجی با تغییرات زیاد می باشند همچنین موتورهایی که باید در محدوده وسیعی از سرعت کار کنند نیز تحریک مستقل دارند .

مولدهای با تحریک مستقل حتی در تحریک ضعیف پایدار هستند در حالیکه اگر ولتاژ پایانه مولدهای شنت از یک مقدار بحرانی که معمولا کسر قابل توجهی از مقدار نامی می باشد کاهش یابد این مولدها ناپایدار می شوند عیب مولد تحریک مستقل این است که برای تحریک میدانش نیازمند یک منبع خارجی است .



مدار الکتریکی مولد شنت

مولدهای خود تحریک :

مولدهای خود تحریک به مولدهایی گفته می شود که جریان تحریک آنها از ولتاژ تولیدی خود مولد تامین می گردد مولدهای

خود تحریک نیز بر حسب نوع اتصال سیم پیچی تحریک آن ها به سیم پیچی آرمیچر به سه دسته تقسیم می شوند

1- مولدهای موازی یا شنت 2- مولدهای سری 3- مولدهای کمپوند یا مختلط

مولدهای موازی یا شنت :

در این مولد مدار تحریک با آرمیچر بصورت موازی وصل می شود جریان تحریک تابع ولتاژ خروجی و مقاومت مدار تحریک مولد است و قسمتی از جریان آرمیچر را تشکیل میدهد قسمت اعظم جریان آرمیچر برای مصرف کننده مورد بهره برداری قرار می گیرد و حدود 2 تا 3 درصد مقدار کل جریان آرمیچر به مدار تحریک اعمال می شود برای اینکه با جریان تحریک کم بتوان آمپر دور زیاد و قابل قبول برای مولد تامین نمود بایستی تعداد دور سیم پیچی تحریک زیاد شود .

$$I_L = \text{جریان بار}$$

$$I_F = \text{جریان متحرک}$$

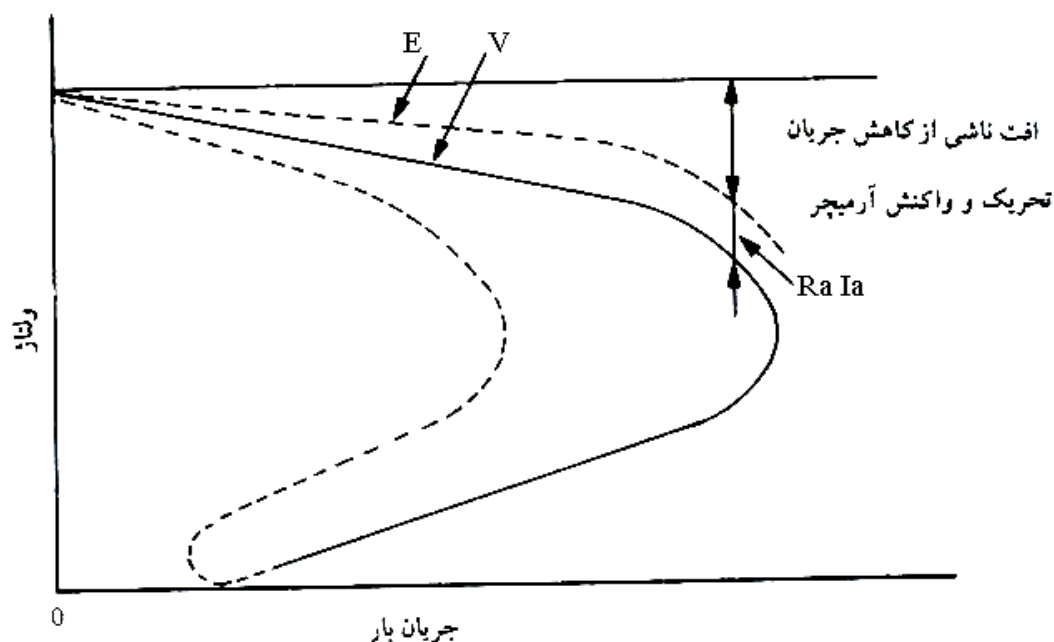
$$I_A = \text{جریان آرمیچر}$$

$$V_T = \text{ولتاژ خروجی}$$

$$E_A = \text{نیروی محرکه القایی}$$

توضیح :

در مولد تحریک مستقل جریان میدان ثابت در نظر گرفته می شود در مولد شنت ولتاژ پایانه به مدار میدان اعمال می



شود در نتیجه اگر مقاومت میدان ثابت باشد با کاهش ولتاژ پایانه جریان مولد هم کاهش می یابد بنابراین حتی اگر عکس العمل آرمیچر وجود نداشته باشد با افزایش بار شار محور طولی کاهش می یابد مشخصه بار مولد شنت خود تحریک وقتی که سرعت و مقاومت میدان ثابت هستند در شکل نشان داده شده است.

با کاهش مقاومت بار جریان آرمیچر افزایش می یابد تا اینکه به مقدار حداکثر برسد و سپس هنگامی که مقاومت بار به صفر میل می کند به مقدار حداقل کاهش می یابد اگر چه در مقاومت بار صفر در ولتاژ پایانه و جریان میدان صفرند در اثر شار پسماند در آرمیچر مقداری جریان جاری می شود هنگامی که مقاومت بار از صفر افزایش می یابد ولتاژ پایانه نیز شروع به افزایش می کند ولی به خاطر پسماند مسیر قبلی مشخصه را طی نمی کند مسیر افزایش ولتاژ در شکل بالا بوسیله خط چین نشان داده شده است تا زمانی که مقاومت مدار تحریک مولد خود تحریک از مقدار بحرانی کمتر است ولتاژ مولد در اثر شار پسماند ایجاد خواهد شد آرمیچر یک مولد خود تحریک علاوه بر جریان بار جریان میدان را نیز تامین می کند در نتیجه $I_A = I_L + I_f$ مولد خود تحریک مناسب بارهایی است که ولتاژ تقریباً ثابت لازم دارند در یک ماشین با طراحی صحیح افت ولتاژ از بی باری تا بار کامل وقتی که با سرعت ثابت چرخانده می شود نسبتاً کوچک است مولد خود تحریک ساده تر و ارزان تر از مولد تحریک مستقل است به علت اینکه برای تحریک میدانش نیاز به منبع خارجی ندارد وقتی که همراه با تنظیم کننده های خودکار ولتاژ برای تنظیم جریان میدان کار می کند می توان ولتاژ پایانه را برای بارهای متغیر در یک محدوده خیلی باریک نگه داشت حتی اگر سرعت چرخاننده دارای تغییرات قابل ملاحظه ای باشد برای دست یافتن به مقادیر قابل قبول و رضایت بخش راندمان، تنظیم و افزایش درجه حرارت باید افت ولتاژ در مدار آرمیچر مقایسه با ولتاژ نامی پایانه کوچک باشد به همان دلایل جریان میدان در مولد شنت خود تحریک باید نسبت به جریان نامی آرمیچر کوچک باشد در نتیجه بایستی مقاومت مدار آرمیچر کوچک بوده و مقاومت سیم پیچ میدان شنت بزرگ باشد .

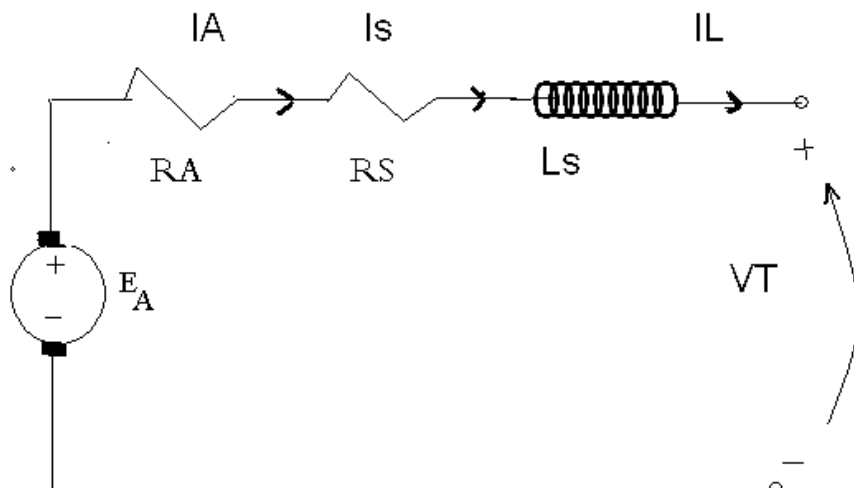
کنترل ولتاژ ژنراتور DC موازی

برای کنترل ولتاژ ژنراتور dc موازی نیز مانند ژنراتور تحریک مجزا دو روش وجود دارد :

1- تغییر سرعت محور ژنراتور $2\omega_m$ - تغییر مقاومت میدان ژنراتور و در نتیجه تغییر جریان میدان

تغییر مقاومت میدان روش اسی کنترل ولتاژ ژنراتورهای موازی واقعی است اگر مقاومت میدان R_F کم شود جریان میدان $I_F = V_T / R_{F\downarrow}$ زیاد می شود با افزایش I_F شار ماشین ϕ زیاد شده باعث می شود ولتاژ داخلی E_A نیز زیاد شود افزایش E_A باعث افزایش ولتاژ پایانه ای ژنراتور می شود.

مولد سری:



در این مولد آرمیچر با سیم پیچ تحریک بصورت سری قرار می گیرد چون جریان آرمیچر تماما از مدار تحریک عبور می کند و مقدار آن زیاد است لذا بایستی سطح مقطع هادی های سیم پیچ تحریک زیاد باشد و چون جریان تحریک این مولد زیاد است پس برای ایجاد آمپر دور مورد

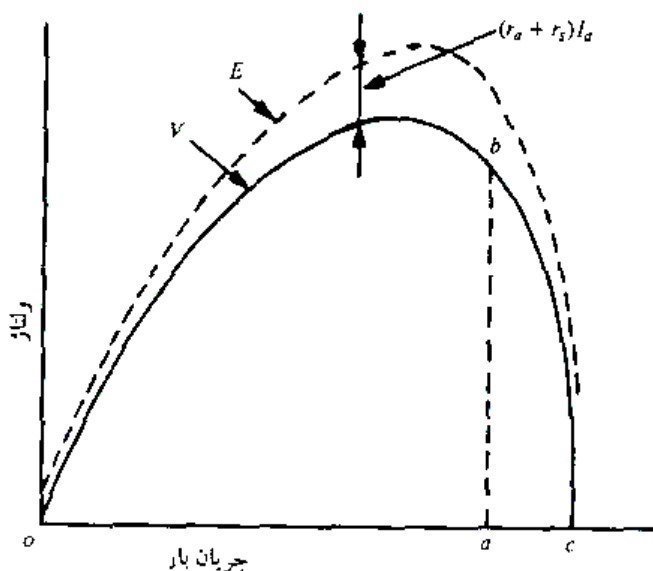
نیاز احتیاج به تعداد دور زیاد برای سیم پیچ تحریک نیست بنابراین مقاومت سیم پیچ تحریک سری کم بوده و افت ولتاژ در این سیم پیچی ناچیز است.

با توجه به شکل مدار:

I_S - جریان مدار تحریک سری

$\mathcal{E}$ - عکس العمل مغناطیسی آرمیچر

R_S - مقاومت سیم پیچ تحریک سری



همانطور که در مدار معادل سری مشاهده می شود مدار میدان یک مولد سری با مدار آرمیچر سری می باشد ولتاژ بی باری کاملا کوچک بوده و به شار پس ماند بستگی دارد از آنجایی که جریان بار همان جریان

میدان است با افزودن بار شار افزایش می یابد و در نتیجه مشخصه زیر حاصل می شود .

ولتاژ پایانه مولد سری به اندازه افت ولتاژ در سیم پیچ میدان سری از ولتاژ پایانه آرمیچر کوچک تر است .

برای داشتن راندمان خوب و افت ولتاژ کم بایستی مقاومت سیم پیچ میدان سری کوچک باشد .

کاربرد مولد سری محدود است و در سیستم هایی با جریان ثابت مورد استفاده قرار می گیرد و در محدوده ای کار می کند که با افزایش جریان ولتاژ پایانه به سرعت کاهش می یابد .

ژنراتورهای سری تنها در چند کاربرد خاص به کار می روند در این کاربردها از مشخصه ولتاژ تند آنها استفاده می شود یکی از این کاربردها جوش کاری قوس الکتریکی است .

ژنراتورهای سری به کار رفته در جوشکاری قوس الکتریکی عمداً طوری طرح می شوند که واکنش آرمیچر شان بزرگ

باشد توجه کنید که وقتی الکترودهای

جوشکاری قبل از شروع جوشکاری با

هم تماس پیدا می کنند جریان بسیار

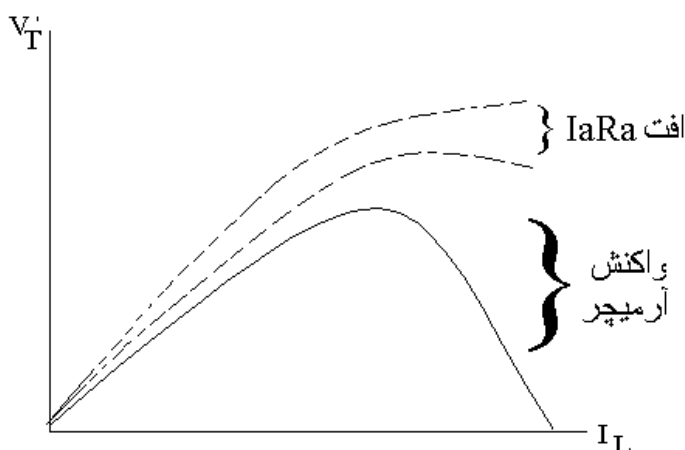
بزرگی عبور می کند وقتی جوشکار

الکترودها را جدا می کند ولتاژ ژنراتور

به شدت زیاد می شود و در عین حال

جریان بالا می ماند این ولتاژ تضمین

می کند که قوس الکتریکی در هوای



بین الکترودها باقی بماند و بتواند برای جوشکاری به کار رود .

مشخصه پایانه ی ژنراتور سری دارای واکنش آرمیچر بزرگ که برای جوشکاری الکتریکی مناسب است.

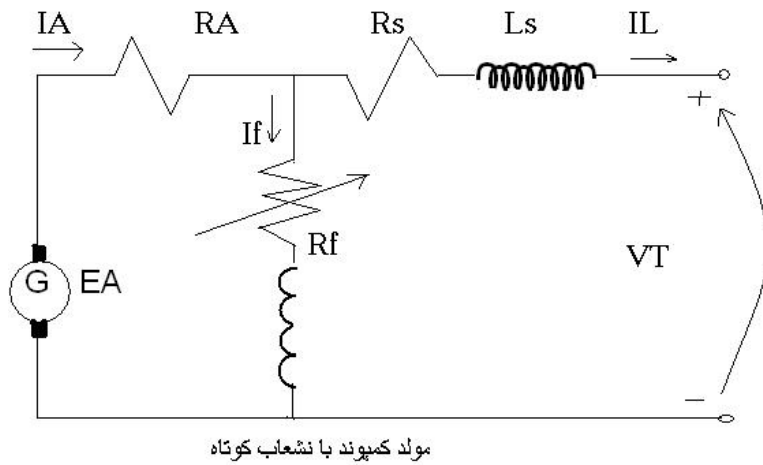
مولد مختلط یا کمپوند : مدار تحریک این مولد از دو سیم پیچی تشکیل شده است که یکی بطور سری و دیگری

بطور موازی با آرمیچر قرار می گیرند بنابراین خواص دو مولد موازی و سری را با هم دارد .

مولد کمپوند خود به دو دسته تقسیم می شود در دسته اول

مولد کمپوند نقصانی خوانده می شود . که فوران

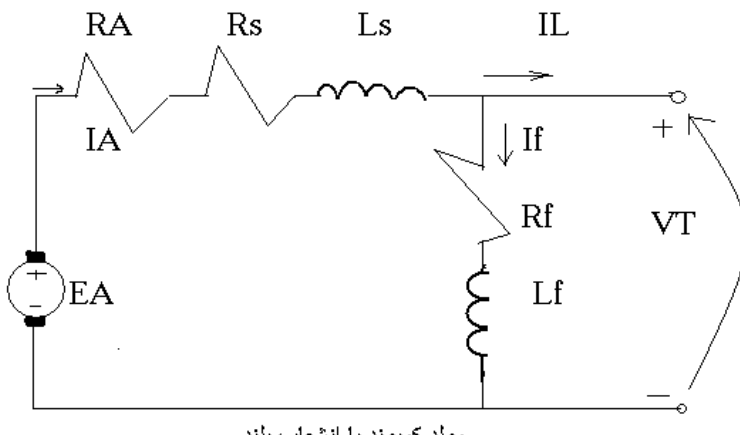
که سیم پیچ سری با سیم پیچ میدان
شنت مخالفت می کند .



مولد کمپوند با نشعاب کوتاه

در دسته دوم که به آن کمپوند اضافی
گفته می شود در این نوع مولد
کمپوند میدان سیم پیچی های میدان
شنت و سری به یکدیگر کمک می
کنند...

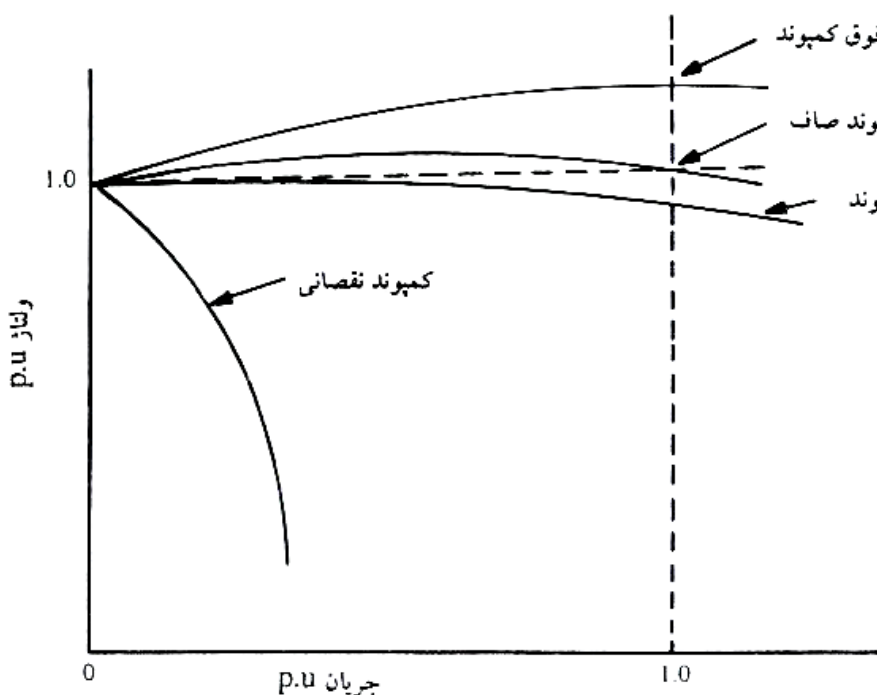
فرق شنت بلند با کوتاه : در شنت بلند جریان آرمیچر از میدان سری می گذرد در شنت کوتاه جریان بار از میدان سری
می گذرد.



مولد کمپوند با نشعاب بلند

مولد کمپوند اضافی ممکن است فوق
کمپوند-صاف و زیر کمپوند باشند در
مولد فوق کمپوند به علت تعداد
دوره های سری خیلی زیاد میدان سری
به اندازه ای قوی است که موجب

بالا رفتن مشخصه ولتاژ در محدوده
بار نامی در سرعت ثابت شده و در
نتیجه خنثی کردن اثر کاهش
سرعت چرخاننده با افزایش بار
امکان پذیر است موقعی که بار در
فاصله قابل ملاحظه ای از مولد
قرار دارد می توان از فوق کمپوند



مشخصه های ولتاژ - جریان مولد های کمپوند در سرعت ثابت

برای خنثی کردن افت ولتاژ استفاده کرد در مولد کمپوند صاف ولتاژ بار کامل و ولتاژ بی باری در سرعت ثابت عملاً با هم برابرند در مولد کمپوند صاف تعداد دورهای سیم پیچ سری نسبت به حالت فوق کمپوند کمتر اما زیادتر نسبت به حالت زیر کمپوند می باشد در ابتدا افزایش شار غالب خواهد بود و با افزایش بار ولتاژ پایانه ای زیاد می شود ولی با افزایش بیشتر بار اشباع مغناطیسی رخ داده افت مقاومتی قویتر از اثر افزایش شار می شود در چنین ماشین با افزایش بار افزایش ولتاژ پایانه ای ابتدا زیاد می شود و سپس افت می کند. در مولد زیر کمپوند به علت تعداد دورهای سری کم میدان سری نسبتاً ضعیف بوده و در سرعت ثابت ولتاژ پایانه بار کامل از ولتاژ باری مقداری کمتر است این کاهش ولتاژ کمتر حالتی است که میدان سری وجود ندارد (مولد شنت)

اختلاف مشخصه های بین عملکرد شنت بلند یا شنت کوتاه یک ماشین مشخص کوچک است زیرا جریان میدان سری شنت بلند بیشتر از جریان میدان سری شنت کوتاه است و جریان میدان شنت آن از مقدار متناظر در شنت کوتاه کمتر است و در نتیجه میدان منتجه میدان منتجه در هر دو حالت برای بار معین تقریباً یکسان است .

همانند مولد شنت در مولد کمپوند نیز باید سیم پیچ میدان شنت در مقایسه با مدار آرمیچر دارای مقاومت زیادی باشد تا جریان میدان شنت نسبت به جریان بار نامی کوچک نگه داشته شود بنابراین تعداد حلقه های سیم پیچ میدان شنت نسبتاً بزرگ بوده و سطح مقطع سیم آن کوچک است همانند مولد سری نیز سیم پیچ میدان سری باید دارای مقاومت کم باشد زیرا حامل تمامی جریان بار یا قسمتی از آن است بنابراین تعداد دورهای سیم پیچ سری کم بوده و سطح مقطع هادی آن نسبتاً بزرگ می باشد سیم پیچی میدان شنت و سیم پیچ میدان سری روند قطب های میدان اصلی قرار می گیرند .

مولد کمپوند نقصانی در جاهائی که تغییر زیاد ولتاژ بار را می توان پذیرفت و همچنین در مواردی که مولد می تواند بارهایی با شرایط نزدیک به اتصال کوتاه را تحمل کند مورد استفاده قرار می گیرد بیل الکتریکی یک مثال خوب از این بارها است زیرا موتوری که بوسیله مولدی تغذیه می شود در معرض باری است که به کرات متوقف می شود .

رابطه نیروی محرکه القایی در ماشین DC واقعی

ولتاژ تولیدی در هر ماشین به سه عامل بستگی دارد .

1- فوران مغناطیسی ماشین یعنی Φ

2- سرعت زاویه ای روتور ماشین یا ω

3- ضریب ثابت که با ساختمان ماشین بستگی دارد و با k نشان داده می شود ولتاژ خروجی آرمیچر ماشین واقعی با حاصل ضرب تعداد هادی های هر مسیر جریانی و ولتاژ هر هادی برابر است ولتاژ هر هادی واقع در زیر قطب ها از رابطه زیر بدست می آید .

تئوری چگونگی تولید ولتاژ در مولدهای جریان مستقیم :

ماشین های DC دارای قسمت ساکن شامل قطب های اصلی و کمکی که فوران ϕ اصلی را ایجاد می کنند و قسمت دوار که شامل آرمیچر بوده که دارای سیم پیچی از نوع حلقوی یا موجی می باشد اگر فرض کنیم ماشین دارای تعداد p قطب باشد و هر قطب در فاصله هوایی فورانی معادل $2\pi/p$ در هر دو چرخش قسمت دوار هر هادی آرمیچر $p\phi$ و بر شار را قطع خواهد کرد هر گاه سرعت n دور در دقیقه باشد میزان شار قطع شده توسط یک هادی آرمیچر برابر $p\phi n$ و یا $p\phi \frac{n}{60}$ در ثانیه خواهد بود . در نتیجه ولتاژ تولید شده در هر هادی آرمیچر برابر $\frac{p\phi n}{60}$ یا $\frac{wb}{Sec}$ و یا V است اگر تعداد هادی های آرمیچر معادل Z و راههای جریان معادل a باشد نیروی محرکه تولید شده در آرمیچر برابر است با :

$$E_a = \frac{Z}{a} \cdot p \cdot \phi \cdot \frac{n}{60} [V]$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{و از آنجا که :}$$

آنگاه :

$$E_a = \frac{Z}{2\pi a} \cdot p \cdot \phi \cdot \omega$$

$$k_a = \frac{p \cdot Z}{2\pi a}$$

$$E_a = k_a \cdot \phi \cdot \omega$$

در کاربردهای صنعتی امروزی معمول است .

به جای سرعت زاویه ای تعداد دور محور ماشین (n) بر حسب دور در دقیقه بیان شود .

$$E_A = K \phi \omega$$

$$E_A = K' \phi \omega$$

$$K' = \frac{P \cdot Z}{60 \cdot a}$$

$$k = \frac{P \cdot Z}{2\pi a}$$

P : زوج قطب

z: هادی های ماشین

a: زوج راه جریان

ω : سرعت زاویه ای رادیان بر ثانیه

n: سرعت بر حسب دور در دقیقه

ϕ : فوران هر قطب بر حسب چگالی فوران مغناطیسی و سطح مقطع قطب

$$\phi = B.A_p$$

گشتاور تولید شده در آرمیچر ماشین های جریان مستقیم واقعی گشتاور تولید شده در ماشین های جریان مستقیم به

سه عامل بستگی دارد:

1- فوران مغناطیسی ماشین ϕ

2- جریان آرمیچر ماشین I_A

3- یک ضریب ثابت که به ساختمان ماشین بستگی دارد K

گشتاور وارد بر Z هادی که در میدان مغناطیسی می گردند طبق رابطه زیر بدست می آید .

$$T = z.I.L.B.r.\sin \alpha$$

اگر Z هادی که هر کدام حامل جریان I می باشند میدان مغناطیسی را بطور عمود قطع کنند آنگاه :

$$T = z.I.L.B.r \quad (N.m)$$

اگر جریان آرمیچر I_A و تعداد راه های جریان $2a$ باشد جریان هر هادی برابر است با :

$$I = \frac{I_A}{2a} \quad A$$

$$T = z.\frac{I_A}{2a}.L.B.l \quad \text{آنگاه :}$$

از طرفی چگالی فورانی مساوی است با :

$$B = \frac{2P\phi}{2\pi rL}$$

$$B = \frac{\phi}{A_p} \quad \text{اثبات :}$$

AP - سطح مقطع قطب - ϕ - فوران مغناطیسی . A - سطح جانبی آرمیچر .

$$A = 2.\pi.r.L \quad m^2$$

از آنجا که سطح جانبی آرمیچر از رابطه

$$A_p = \frac{8}{2P} = \frac{2\pi r.l}{2P}$$

و آرمیچر 2P قطب دارد لذا سطح زیر هر قطب برابر است با

$$B = \frac{ZP\phi}{2\pi r.l} \quad T$$

آنگاه :

$$T = \frac{ZP}{2\pi a}\phi I_A \quad N.M$$

$$T = K\phi I_A \quad N.M$$

در رابطه آخر :

I_A : جریان آرمیچر بر حسب آمپر

φ : فوران بر حسب وبر (ولت ثانیه)

P : زوج قطب

α : زوج راه جریان

T : گشتاور تولید شده بر حسب نیوتن متر

معادلات ولتاژ داخلی و گشتاور القایی به دست آمده در بالا هر دو تقریبی هستند چون در تمام لحظات همه هادی های

ماشین زیر قطب ها نیستند و رخ هر قطب کاملاً $\frac{1}{P}$ رتور را نمی پوشاند برای بدست آوردن دقت بیشتر می توان به

جای کل تعداد هادی های رتور تعداد هادی های زیر قطب ها را در نظر گرفت .

تلفات توان در ماشین های DC

هنگام تبدیل انرژی مقداری انرژی ورودی در ماشین های الکتریکی تبدیل به حرارت می شود این انرژی قابل استفاده

نیست و مقدار آن در واحد زمان تلفات ماشین تبدیل می شود تلفات ماشین های الکتریکی صنعتی حدود 2 تا 10 درصد

قدرت ورودی آنهاست اما با توجه به مقدار عظیم انرژی الکتریکی که در حال حاضر بوسیله ماشین های

الکتریکی تبدیل می گردد تلفات آنها حائز اهمیت است از سوی دیگر چون انرژی تلف شده در ماشین های الکتریکی

تبدیل به حرارت می شود لذا قسمت های مختلف آن را گرم می کند تجربه نشان داده است که ماشین های الکتریکی

در صورتی می توانند در مدت 16 تا 20 سال عمرشان بطور اطمینان بخش کار کنند که حرارت هیچ یک از قسمت آنان

از حد معینی تجاوز ننماید پس شرایط تهویه ماشین باید بصورت باشد بتواند از افزایش درجه حرارت آن جلوگیری بعمل

آورد .

ژنراتورهای dc توان مکانیکی می گیرند و توان الکتریکی تولید می کنند ولی موتورهای dc توان الکتریکی می گیرند

و توان مکانیکی فراهم می کنند در هیچ یک از این دو حالت تمام توان ورودی ماشین بصورت توان مفید در خروجی

ظاهر نمی شود در این فرآیند همیشه مقداری تلف وجود دارد .

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{in}} = \%100 \text{ بازده ماشین dc از رابطه}$$

بدست می آید .

تفاوت بین توان ورودی و توان خروجی ماشین همان توانی است که درون ماشین تلف می شود بنابراین

تلفات در ماشین های dc را می توان به پنج دسته اصلی تقسیم کرد :

- 1- تلفات الکتریکی یا مسی ($I^2 R$)
- 2- تلفات جاروبک
- 3- تلفات هسته
- 4- تلفات مکانیکی
- 5- تلفات سرگردان بار

به تلفات هسته و تلفات مکانیکی تلفات چرخش بی باری گفته می شود .

تلفات الکتریکی یا مس : این تلفات دو دسته اند : 1- تلفات مس آرمیچر تلفاتی هستند که در سیم پیچی های آرمیچر و

سیم پیچ قطب کمی و سیم پیچ جبران کننده می باشد و از رابطه

$$P_A = I_A^2 R_A \text{ بدست می آید .}$$

2- تلفات اهمی میدان $P_F = I_F^2 R_F$ که شامل تلفات رئوستای میدان نیز می باشد . در ماشین های سری تلفات اهمی

میدان یک قسمت از تلفات مدار آرمیچر را می سازد ..

تلفات جاروبک ها : تلف جاروبک توانی است که در اثر افت ولتاژ روی جاروبک ماشین ایجاد می شود و مقدار آن از

معادله زیر بدست می آید .

$$P_{BD} - \text{تلف افت ولتاژ جاروبک}$$

$$P_{BD} = V_{BD} \cdot I_A$$

$$V_{BD} - \text{افت ولتاژ جاروبک}$$

$$I_A - \text{جریان آرمیچر}$$

علت اینکه تلفات جاروبک را به روش بالا محاسبه می کنند این است که افت مجموعه جاروبک ها در گستره وسیعی

از جریان های آرمیچر ثابت است اگر مقدار دیگری مشخص نشده باشد افت جاروبک ها را معمولاً 2 ولت فرض می

کنند .

تلفات هسته: تلفات هسته ، تلفات هیستریزیس و تلفات جریان های گردابی هستند که در آهن ماشین روی می دهند

این تلفات با مربع چگالی شار B^2 تغییر می کند و در روتور با توان $1/5$ سرعت چرخش $n^{1/5}$ نیز رابطه دارند .

تلفات مکانیکی : در ماشین dc تلفات مکانیکی تلفات همراه با اثرات مکانیکی است دو نوع تلف مکانیکی اصلی وجود

دارد اصطکاک و بادخوری تلفات اصطکاک تلفات ناشی از اصطکاک یاتاقانهای ماشین است و تلفات بادخوری در اثر

اصطکاک قسمت های متحرک ماشین و هوای درون ماشین بوجود می آید این تلفات با مکعب سرعت چرخش ماشین

تغییر می کنند .

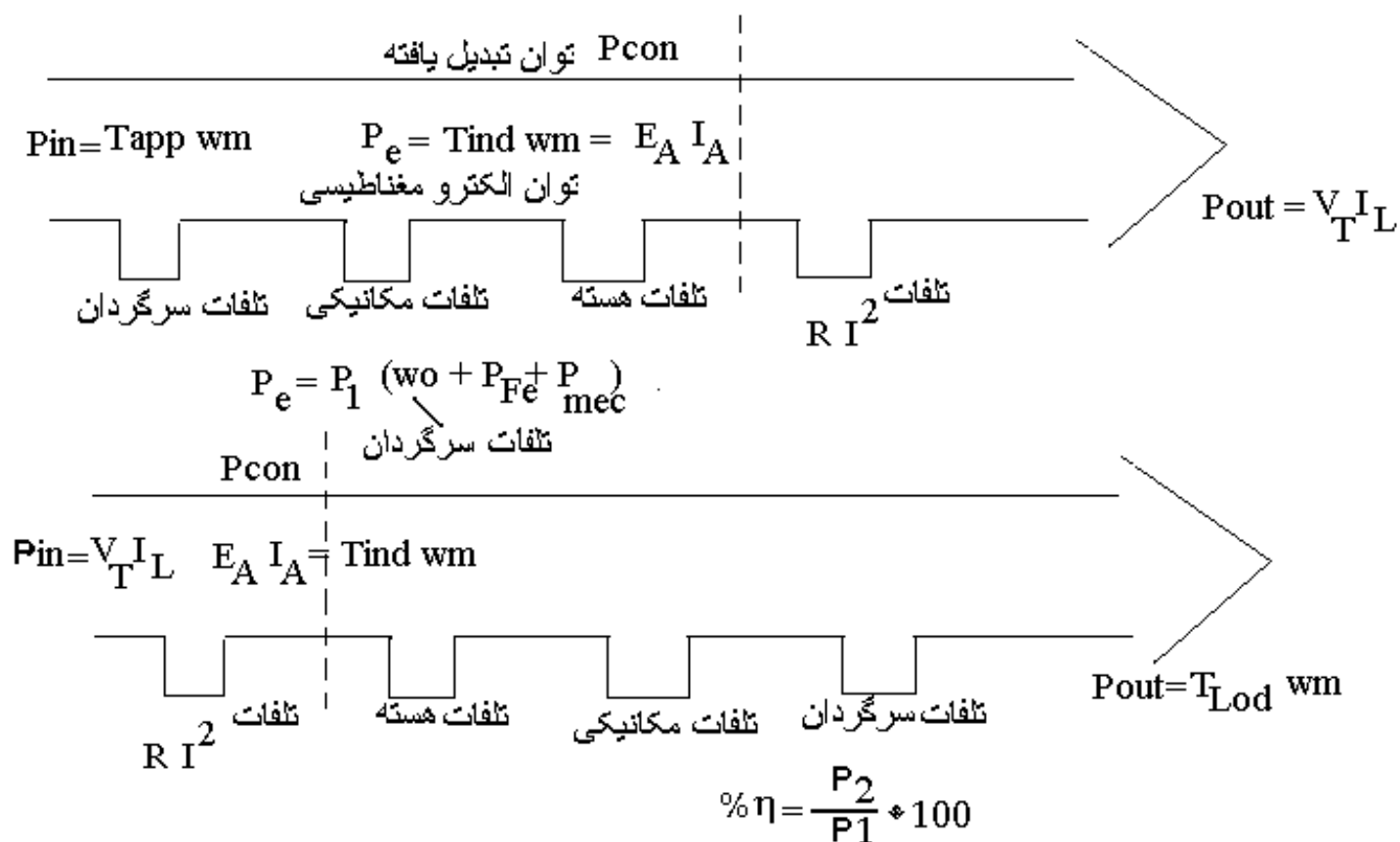
تلفات سرگردان (تلفات متفرقه): تلفات سرگردان تلفاتی هستند که نمی توان آن ها را در یکی از دسته های قبلی جای داد تلفات را هر چند هم دقیق حساب کنیم باز تلفاتی وجود دارند که در هیچ یک از دسته ها نمی گنجند این تلفات را تحت عنوان سرگردان معرفی می کنند. اثراتی که در تلفات بار سرگردان سهیم می باشند عبارتند از: الف- اعواج شار فاصله هوایی بر اثر عکس العمل آرمیچر ب- جریان های فوکوی تولید شده در پیچک های تحت کموتاسیون در اثر معکوس شدن شار ناشی از جریان بار پ- جریان های گردش بین پیچک های آرمیچر بوسیله جاروبک ها که در حالت عادی چندین تیغه کموتاتور را می پوشانند و غیره مطابق استاندارد ANSI شماره C50.4 فرض می شود که تلف بار سرگردان یک درصد توان خروجی باشد.

در جدول زیر محدوده تلفات ماشین های dc معمولی با مقادیر نامی 1kw تا 100kw بصورت یکائی (p.u) نشان داده شده است.

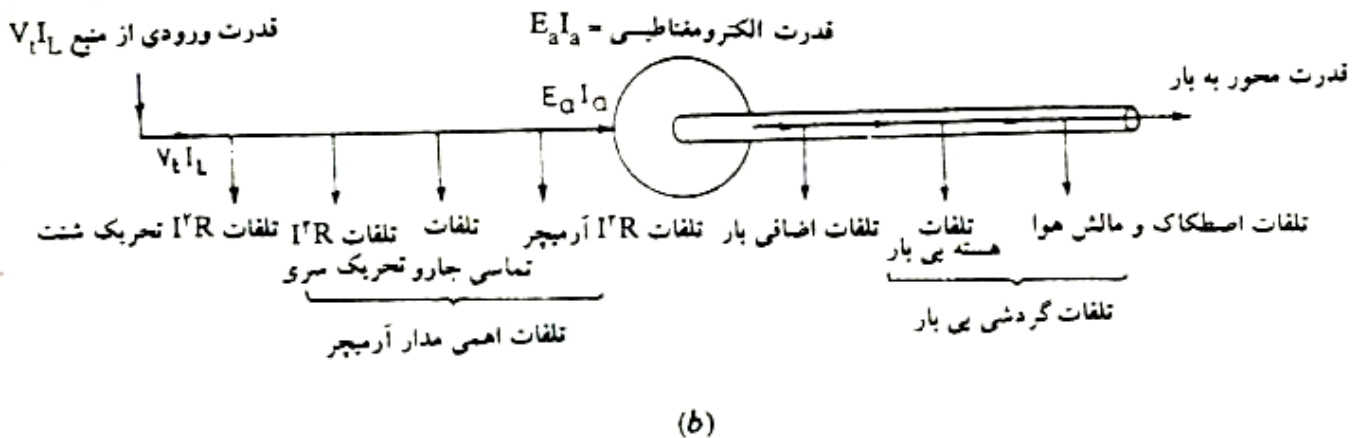
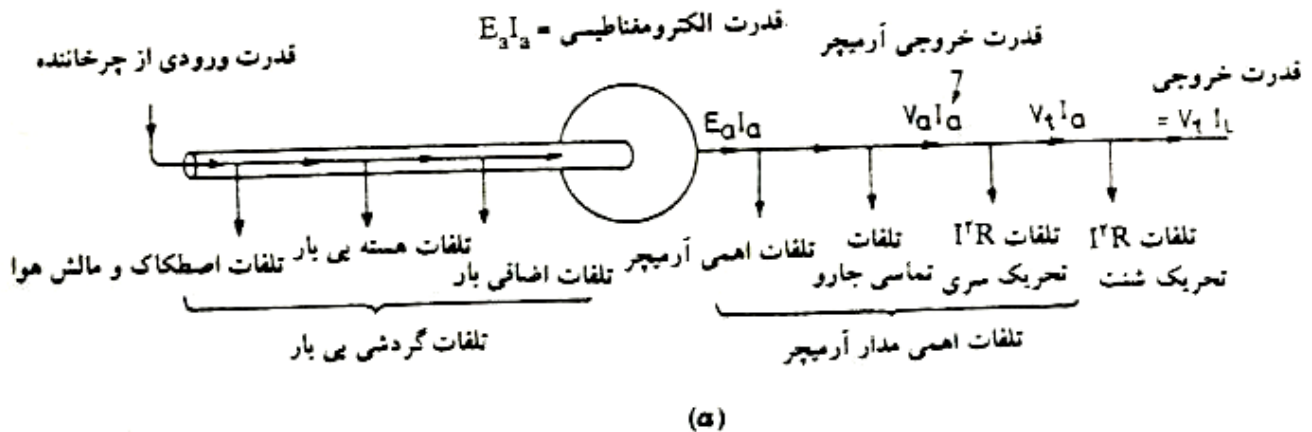
مقادیر کمتر تلفات مربوط به ماشین های بزرگتر (یعنی نزدیک به 100kw) می باشند.

نوع تلفات	حدود با p.u
تلفات بی بار گردش	0/2-0/14
تلفات مس آرمیچر شامل تلفات تحریک	0/03-0/06
تلفات مس تحریک شنت	0/01-0/05
تلفات بار سرگردان	0/01

نمودارهای گذر توان در ماشین dc /تلاف چرخش + توان الکترومغناطیسی = توان ورودی مکانیکی



نوعی دیگر نمودار توازن قدرت



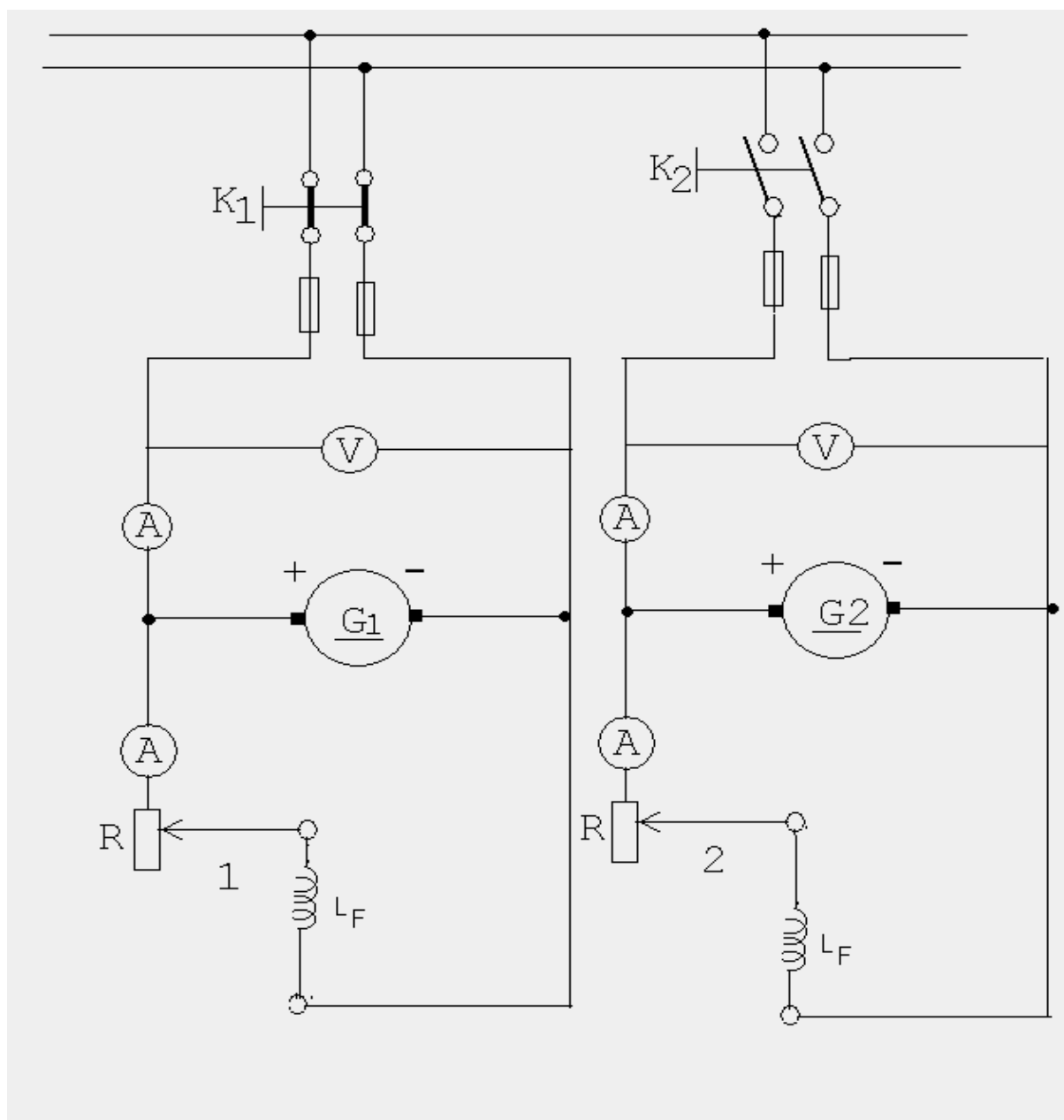
نمودارهای پخش قدرت برای (a) مولد کمپوند DC و (b) موتور کمپوند DC با شنت بلند

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{مولد} \\ \text{موتور} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{اتلاف چرخشی} + \text{توان الکترومغناطیسی} = \text{توان ورودی مکانیکی} \\ \text{اتلاف مس} - \text{توان الکترومغناطیسی} = \text{توان خروجی الکتریکی} \end{array} \right.$$

شرایط موازی وصل کردن ژنراتورهای جریان مستقیم :

1-مولدها با اتصال سری ماشین های با اتصال سری را نمی توان به شبکه برق موازی وصل کرد زیرا ولتاژ این مولدها نسبت به بار ژنراتور تغییر کرده و قابل تنظیم نمی باشد .

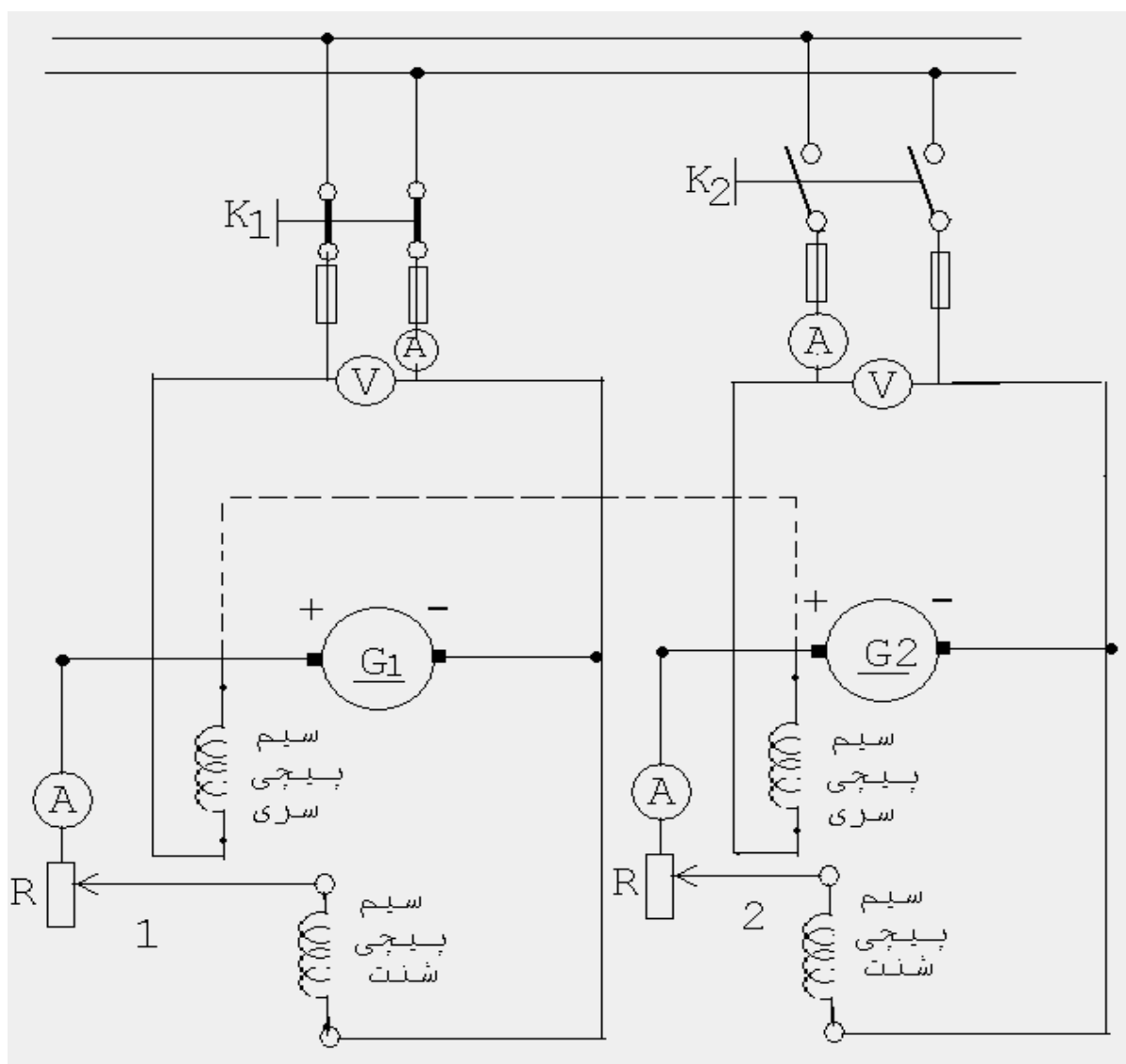
2-مولدها با اتصال موازی (شنت) و مولدها با تحریک جداگانه -مطابق شکل زیر برای موازی کردن ماشین های جریان دائم با اتصال موازی باید اولاً فشار الکتریکی دو ماشین با هم مساوی باشند ثانیاً قطب های هم جنس آنها باید به یکدیگر وصل شوند یعنی قطب های مثبت به خط P و قطب های منفی به خط N وصل شود مثلاً اگر فرض کنیم



که مطابق شکل ماشین شماره 1 مشغول به کار می باشد بخواهیم ماشین شماره 2 را با آن موازی وصل کنیم باید ابتدا به وسیله مقاومت متغیر مدار تحریک ولتاژ و یا فشار الکتریکی این ماشین را مساوی ماشین شماره 1 نمود و بعدا کلید را وصل کرد هر گاه در ضمن کار دو ماشین فشار الکتریکی یکی از آنها مثلا به علت کم شدن سرعت گردش موتور محرک آن تیزل کند سهم آن ماشین در داخل جریان به شبکه کم تر خواهد بود و در صورتی که فشار الکتریکی آن بیشتر تیزیل کند ممکن است از ماشین دوم که فشار الکتریکی آن زیادتر است جریانی هم بگیرد (جریان عکس) ولی چون در این حالت جهت جریان در سیم پیچی موازی مدار تحریک مثل حالت عادی است و تغییر نمی کند قطب های ماشین تغییر نمی کند و اشکالی در شبکه پیش نمی آید . موازی بستن ماشین های جریان دائم با تحریک جداگانه نیز به همین نحو انجام می گیرد .

3- موازی بستن مولدها با اتصال مختلط : در مورد مولدهای مختلط بطوری که در شکل زیر ملاحظه می شود

در صورتی که ولتاژ یکی از ژنراتورها پایین بیاید یعنی در حالت جریان عکس جهت جریان در سیم پیچی قسمت سری



ماشین که فشار الکتریکی آن کمتر است عکس حالت عادی است به این ترتیب جهت میدان مغناطیسی آن ضعیف تر می شود . فشار الکتریکی آن بیشتر تنزل می کند و مولد جریان عکس بیشتری می گیرد. بالاخره نوع قطب ماشین عوض می شود. برای این که بتوان دو مولد مختلط را موازی وصل کرد باید از سیم متعادل کننده استفاده نمود این سیم بین اندوپی سیم پیچی سری قطب های هر مولد وصل می شود. (سیم خط چین در شکل) به وسیله این سیم آرمیچر تمام ماشین های مختلط به موازی هم وصل می شود و در صورتی که اختلاف فشار الکتریکی به وجود آید دو ماشین به وسیله این هم متعادل می شوند و چون به وسیله این سیم تمام سیم پیچ های سری قطب های ماشین ها هم با یکدیگر موازی می شوند جهت جریان در آنها تغییر نمی کند .

معرفی موتورهای dc

اولین سیستم های قدرت در ایالات متحده سیستم های dc بودند ولی در دهه 1890 سیستم های قدرت dc پیروزی آشکاری بر سیستم های dc کسب کردند و آنها را کنار گذاشتند ولی به رغم این حقیقت هنوز موتورهای dc کسر بزرگی از دستگاه هایی را که در این کشور خرید و فروش می شود تشکیل می دهند (این کسری سی سال گذشته رو به کاهش داشته است) چرا موتورهای dc/اینقدر رایج اند حال آنکه سیستم های قدرت dc خیلی نادرند؟ رواج موتورهای dc چند دلیل دارد یکی اینکه هنوز سیستم های توان dc در اتومبیل ها-کامیون ها و هواپیماها به کار می روند وقتی یک وسیله نقلیه منبع توان dc دارد واضح است که باید از موتور dc استفاده کند یکی دیگر از کاربردهای موتورهای dc در مواردی است که بخواهیم سرعت در گستره بزرگی تغییر کند تا قبل از کسترش کاربرد یکسو ساز و ارونسازهای الکترونیکی در کاربردهای کنترل سرعت موتورهای dc پیشتر بودند حتی وقتی منبع توان DC موجود نباشد می توان از یکسو سازهای حالت جامد و مدارهای برشگر برای تولید توان dc لازم استفاده کرد و موتورهای dc را برای کاربردهای کنترل سرعت به کار برد غالباً برای مقایسه موتورهای dc نیز از تنظیم سرعت استفاده می کنیم.

تنظیم سرعت (SR) یک موتور به این صورت تعریف می شود .

$$S_R = \frac{w_{nl} - w_{FL}}{w_{FL}} \quad \text{تنظیم سرعت معیاری از شکل مشخصه سرعت-گشتاور موتورست تنظیم سرعت مثبت به}$$

$$S_R = \frac{n_{nl} - n_{FL}}{n_{FL}} \quad \text{معنی این است که سرعت موتور با افزایش بار افت می کند و تنظیم سرعت منفی به معنی این است که سرعت موتور با افزایش بار زیاد می شود .}$$

$$\vec{T} = \vec{F} \cdot \vec{r} \quad \text{مفهوم گشتاور در یک سیستم دوار :}$$

در فیزیک حاصلضرب خارجی بردارهای نیرو و فاصله به عنوان گشتاور تعریف می شود.

$$\vec{T} - \text{بردار گشتاور برحسب نیوتن متر} \quad \vec{F} : \text{بردار نیرو برحسب نیوتن}$$

$$\vec{r} : \text{بردار فاصله برحسب متر}$$

اگر امتداد فاصله و نیرو بر هم عمود باشند رابطه بالا ساده شده بصورت اسکالر در می آید .

$$T = F \cdot r \cdot \sin \alpha$$

در یک سیستم دوار گشتاور بصورت زیر مطرح می شود .

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (\text{N.m})$$

رابطه گشتاور با توان و سرعت زاویه ای

p- قدرت مکانیکی محور دوار بر حسب وات ω - سرعت زاویه ای محور دوار بر حسب رادیان بر ثانیه T - گشتاور

محور بر حسب نیوتن متر

$$\omega = 2\pi n' \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

رابطه سرعت زاویه ای با دور چرخش است :

n' : سرعت دوران بر حسب دور بر ثانیه (R.P.S)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (\text{R.P.M})$$

معمولا دور موتورها بر حسب دور بر دقیقه داده می شود .

n : سرعت دوران بر حسب دور بر دقیقه (R.P.M)

تلفات در قسمت های مختلف ماشین باعث می شود که قدرت های ماشین در قسمت های مختلف (ورودی-خروجی-

فاصله هوایی) متفاوت باشند بر این اساس در موتورهای DC دو نوع گشتاور قابل محاسبه است نسبت قدرت تبدیل

یافته (قدرت الکترومغناطیسی) به سرعت زاویه ای محور را گشتاور الکترومغناطیسی می نامیم و آن را با T نمایش می

$$T = \frac{P_e}{\omega}$$

دهیم . T نسبت قدرت خروجی (قدرت مفید) به سرعت زاویه ای محور گشتاور مفید نامیده شود و با TU

مشخص می گردد .

به دلیل وجود تلفات قدرت الکترومغناطیسی بیشتر از قدرت مفید و در نتیجه گشتاور الکترومغناطیسی هم بیشتر از

$$T_U = \frac{P_2}{\omega}$$

گشتاور مفید خواهد بود .

پنج نوع موتور مختلف برای استفاده در سیستم D C رایج است:

$$T = \frac{E_a \cdot I_A}{\omega}$$

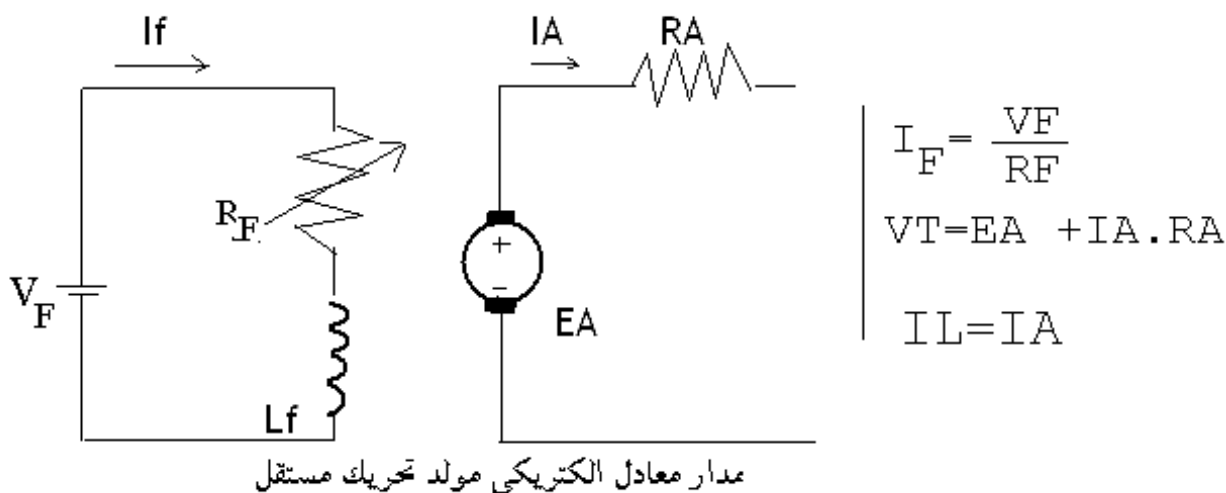
1-موتور dc تحریک مجزا 2-موتور dc موازی

3-موتور dc با آهنربای دائم 4-موتور dc سری

5-موتور dc کمپوند

موتورهای dc با تحریک مستقل و موتور شنت

موتور dc تحریک مجزا موتوری است که مدار میدان تحریک و سیم پیچی آرمیچر هر کدام آن از یک منبع توان ولتاژ مجزا تغذیه می شوند ولی موتور موازی موتوری است که مدار میدان آن مستقیماً به موازات مدار آرمیچر قرار گرفته است اگر ولتاژ تغذیه موتور را ثابت فرض کنیم هیچ تفاوتی بین رفتار این دو ماشین وجود نخواهد داشت در هر یک از دو ماشین برای کنترل جریان تحریک یک مقاومت متغیر در مدار تحریک قرار می گیرد اتصال آرمیچر به شبکه نیز از طریق مقاومت متغیر پر قدرتند به نام مقاومت راه انداز می باشد.



چون موتورهای تحریک مستقل و موازی (شنت) از نظر مشخصه های موتوری تفاوت کمی داشته و در این جا تنها به

چگونگی کارکرد موتور شنت

بسنده می کنیم.

در یک موتور شنت با قطب

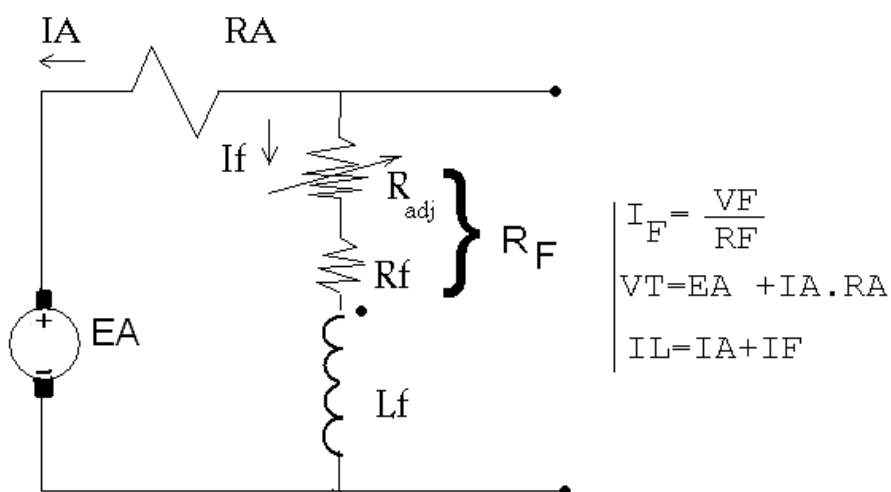
های کمکی و سیم پیچ

جبرانگر شار هر قطب عملاً

تحت تاثیر جریان آرمیچر

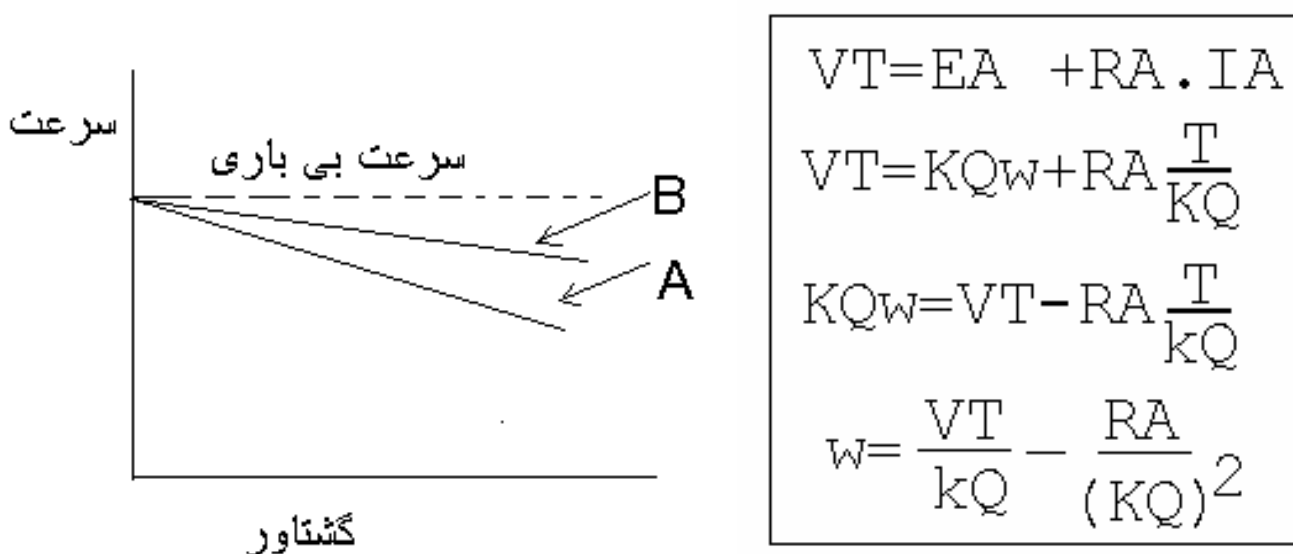
نبوده و بنابراین برای جریان

میدان معین ثابت است در



نتیجه بر اساس رابطه $T = h\phi I_a$ جریان آرمیچر و گشتاور با یکدیگر متناسبند بنابراین اگر موتور در سرعت معین کار کند و گشتاور مورد تقاضای بار افزایش یابد سرعت تا حدی کاهش می یابد که جریان آرمیچر تا مقدار لازم برای گشتاور افزایش یافته زیاد شود مشخصه گشتاور سرعت در حالت خطی به صورت منحنی A در شکل زیر می باشد .

در غیاب قطب های کمکی و سیم پیچ جبرانگر مقداری تضعیف در میدان در اثر عکس العمل آرمیچر وجود دارد و



برای یک مقدار معین مقاومت در مدار آرمیچر سرعت تقریباً ثابت بوده و بصورت منحنی B می باشد.

در حالتی که عکس العمل آرمیچر قابل ملاحظه است ممکن است بعد از اینکه گشتاور از مقدار معینی تجاوز کرد سرعت افزایش یافته و باعث ناپایداری موتور شود. موتور شنت را می توان طوری ساخت که با تغییر دادن جریان

$$\omega_m = \frac{v_T - r_a I_a}{k\phi}$$

میدان در محدوده زیادی از سرعت کار کند
از آنجائی که شار تابعی از جریان میدان است که بوسیله منحنی مغناطیسی شونددگی بیان می شود گاهی جریان میدان باعث می شود که سرعت افزایش یابد و برعکس. ولی محدوده های سرعت بیشتر از 6 به 1 معمول نبوده و ملاحظات اقتصادی سرعت موتورهای خیلی بزرگ را به محدوده ای در حدود 1.2 محدود می کند .

همانطور که اشاره شد هنگام افزایش بار مکانیکی محور موتور به دلیل افزایش گشتاور مقام باید مطابق رابطه یکی از کمیت $T = K\phi I_A$ های جریان آرمیچر (I_A) یا جریان تحریک I_F و یا هر دو بگونه ای افزایش یابند که گشتاور محرک موتور برابر گشتاور مقاوم بازگردد تغییرات جریان تحریک I_F مستلزم تغییر در رئوستای مدار تحریک است که بطور دستی توسط شخص بهره بردار از موتور و یا با یک مدار کنترل اتوماتیک انجام شود اما تغییرات جریان

آرمیچر همان طور که ذکر شد مستقیماً با کاهش سرعت موتور و بدون نیاز به اعمال کنترل از بیرون موتور میسر گردد که به این عمل خاصیت خودتنظیمی موتور شنت گفته می شود چرا که با کاهش دور محور مقدار نیروی محرکه القایی E_a مطابق رابطه $E_a = K\phi\omega$ کم شده . مطابق رابطه $V_T = E_a + R_A I_a$ جریان آرمیچر افزایش می یابد . اگر تغییری در جریان تحریک موتور نداشته باشیم می توان در بارهای مختلف مقدار فوران ϕ را ثابت فرض نمود و مطابق رابطه $E_a = K\phi\omega$ نسبت ولتاژ القایی آرمیچر و سرعت را بطور کلی بدست آورد یعنی اگر موتور در نقطه کار اول (ω_1, E_{A1}) در حال انجام کار باشد و با تغییر بار به نقطه کار جدید (ω_2, E_{A2}) برسد چنانچه رئوستای مدار تحریک تغییر نکرده باشد .

$$\frac{E_{A1}}{E_{A2}} = \frac{K\phi\omega_1}{K\phi\omega_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \frac{\frac{2\pi n_1}{60}}{\frac{2\pi n_2}{60}} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{E_{A1}}{E_{A2}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

موتورهای DC با آهنربای دائم (PMDC)

موتورهای DC با آهنربای دائم یک موتور DC است که

قطب هایش از آهنربای دائم ساخته شده است در بعضی کاربردها موتورهای DC با آهنربای دائم نسبت به موتورهای موازی برتری هایی دارند چون این موتورها مدار میدان خارجی نمی خواهند تلفات مس مدار میدان موجود در موتورهای dc موازی را ندارند و چون سیم پیچی میدان لازم نیست می توانند از موتورهای dc موازی متناظر کوچکتر باشند موتورهای PMDC مخصوصاً در موتورهای کسر اسب بخار و کوچکتر از آن هزینه و فضای مدار میدان توجیه پذیر نیست رایج اند ولی موتورهای PMDC معایبی نیز دارند آهنربای دائم نمی تواند شاری به اندازه آنچه یک مدار میدان موازی می تواند تولید کند بوجود آورد بنابراین از دو موتور هم اندازه و با ساختمان یکسان که یکی موازی و دیگری PMDC باشد موتور موازی به ازای یک جریان آرمیچر معین گشتاور بیشتری تولید می کند به علاوه موتورهای PMDC خطر وامغانطیدگی هم دارند جریان آرمیچر I_A ماشین DC یک میدان مغناطیسی ایجاد می کند mmf آرمیچر در بعضی بخش های رخ قطب از mmf قطب کم و در بعضی بخش های آن با mmf قطب جمع می شود .

به این ترتیب شار خالص ماشین کم می شود این اثر واکنش آرمیچر نام دارد در ماشین PMDC شار قطب در واقع شار پس ماند آهنربای دائم است اگر واکنش آرمیچر شدید باشد احتمال اینکه mmf آن قطب ها را وامغانطیده کند و

باعث کاهش دائمی و تغییر جهت شار پس ماند شود وجود دارد و امغانطیس می تواند از گرمای زیادی که ممکن است در وضعیت های اضافه بار طولانی ناشی نیز رخ دهد .

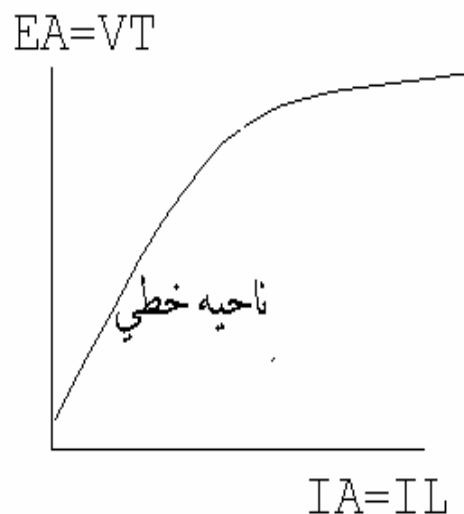
مواد فرومغانطیسی بکار برده در روتور استاتور ماشین های معمولی باید طوری باشد که دارای شار باقیمانده کمی باشند تا تلفات هستریزیس در آن کم باشد ولی برای موتورهای PMDC ماده ای خواب است که تا حد امکان شار باقیمانده بزرگی داشته باشد .

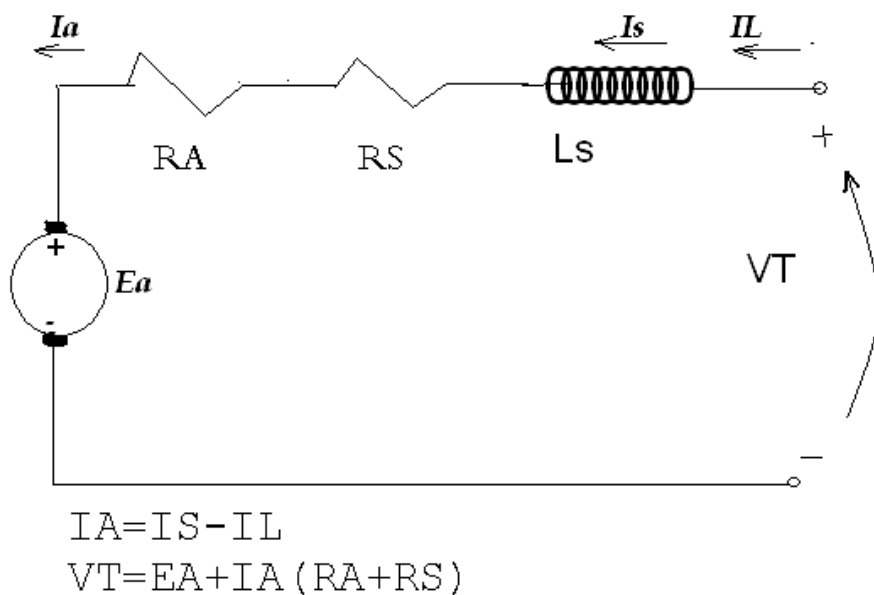
طی چهل سال گذشته چند ماده مغناطیسی جدید ساخته شده که مشخصات لازم برای ایجاد یک آهنربای دائم خوب را دارند عمده این مواد فریت ها و مواد مغناطیسی خاک کمیاب هستند مواد مغناطیسی خاک-کمیاب خوب می توانند شار پس ماندی برای آلیا=های فرومغانطیسی خوب ایجاد کنند ولی در عین حال تا حد زیادی نسبت به وامغانطش حاصل از واکنش آرمیچر مصون باشد .

موتور DC با آهنربای دائم در اساس همان موتور dc موازی است با این تفاوت که شار موتور PMDC ثابت است بنابراین نمی توان سرعت موتور PMDC را با تغییر جریان یا شار میدان کنترل کرد تنها روشی که برای کنترل سرعت موتورهای PMDC می ماند کنترل ولتاژ آرمیچر و سری کردن مقاومت با آرمیچر است .

موتور سری

در موتورهای سری سیم پیچی تحریک با آرمیچر سری می شود و دارای تعداد دور نسبتا اندکی دارد جریان آرمیچر تحریک میدان را ایجاد می کند در نتیجه هنگامی که جریان آرمیچر افزایش می یابد شار نیز زیاد می شود در ناحیه خطی منحنی مغناطیسی شار تقریبا با جریان آرمیچر متناسب بوده و بنابراین گشتاور به طور تقریبی با مجذور جریان متناسب است .



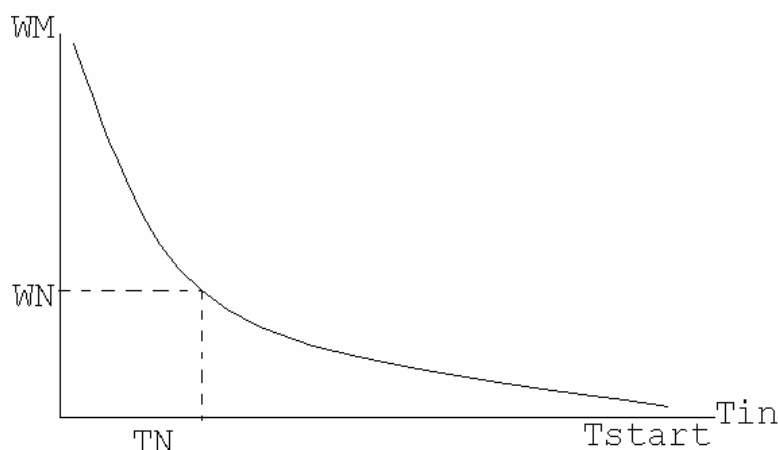


اما وقتی که آهن اشباع می شود با افزایش جریان تنها افزایش تدریجی در شار وجود دارد و گشتاور با تناسب کمتر از مجذور جریان ولی قدری بیشتر از توان اول جریان افزایش می یابد وقتی که گشتاور تقاضا شده بوسیله بار کوچک باشد مطابق با آن مقدار شار لازم نیز کوچک بوده و مطابق رابطه

$$\omega_m = \frac{V_T - R_A I_A}{\phi K}$$

بوده و ممکن است در بارهای سبک به مقادیر مخرب و زیان آور برسد در بارهای سنگین مقدار شار زیاد بوده و مطابق با آن سرعت کوچک است بنابراین سرعت موتور سری مطابق شکل به بار حساس بوده و از آنجایی که جریان راه اندازی سنگین شار زیادی نیز تولید می کند گشتاور راه اندازی آن بالاست .

باید توجه داشته باشید که برای یک موتور سری اشباع نشده سرعت موتور باعکس جذر گشتاور متناسب است این



رابطه کاملاً غیرعادی است وقتی گشتاور به صفر میل می کند سرعت به سمت بی نهایت می رود در عمل گشتاور نمی تواند به صفر برسد زیرا تلفات مکانیکی هسته و پراکنده همواره وجود دارند ولی اگر بار دیگری به موتور متصل نباشد سرعت می تواند آنقدر زیاد شود که موتور آسیب ببیند هرگز موتور سری را بی بار نگذارید و هرگز آن را با یک تسمه

یا مکانیسم دیگری که امکان جدا شدن دارد به بار وصل نکنید اگر چنین کنید و هنگامی که موتور مشغول کار است بار آن قطع شود در این صورت دور آن بسیار زیاد شده قسمت های گردنده ماشین آسیب خواهند دید در نتیجه بسیار مخرب خواهد بود .

موتوری سری برای اتوبوس ها و قطارهای برقی-آسانسورها - جرثقیل ها و سایر کاربردهایی که به گشتاور راه اندازی خیلی بالا نیاز دارند مناسب بوده و در جایی که تغییرات سرعت قابل قبول بوده و موتور در شرایط عملکرد طبیعی همواره بار قابل ملاحظه ای را می چرخاند مورد استفاده قرار می گیرد .

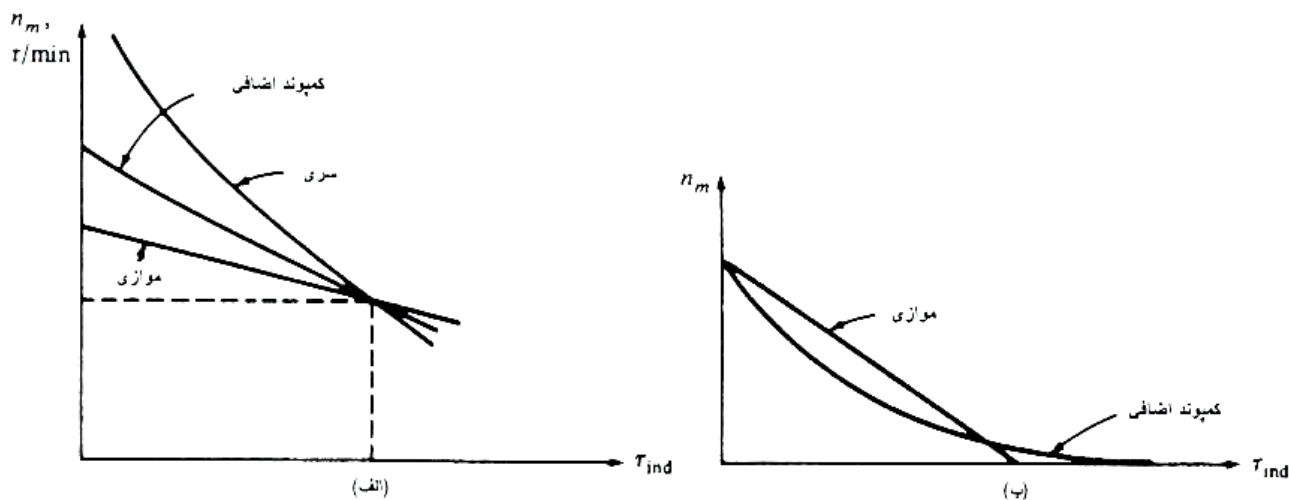
موتور مختلط

موتور سری نسبت به موتور شنت مشابه خود دارای گشتاور راه اندازی بزرگتری است اما در مقابل موتور شنت تحمل بی باری را داشته و تغییرات دور آن محدودتر است امکانات کنترل دور و ترمز موتور شنت نیز وسیعتر است با توجه به این ویژگی ها می توان در یک موتور DC همزمان از سیم پیچی های تحریک سری و شنت بطور مختلط (کمپوند) استفاده نمود که منجر به ویژگی های بینابین ویژگی های موتور سری و شنت می گردد.

در صورتیکه موتور کمپوند باید در مقایسه با موتور شنت معادل دارای گشتاور راه اندازی بیشتری بوده و نسبت به موتور سری از گشتاور کمتری برخوردار باشد بایستی سیم پیچ میدان شنت غالب بوده و سیم پیچ میدان سری از آن کوچک تر باشد .

موتور کمپوند اضافی

در موتور dc کمپوند اضافی یک مولفه شار ثابت وجود دارد و یک مولفه که با جریان آرمیچر در نتیجه بار متناسب است پس موتور کمپوند اضافی نسبت به موتور موازی که شارش ثابت است گشتاور راه اندازی بزرگتری دارد ولی گشتاور راه اندازی آن از یک موتور سری که کل شار آن با جریان آرمیچر متناسب است کوچکتر است از یک دید در موتور dc کمپوند اضافی جنبه های مطلوب موتورهای موازی و سری جمع شده است همانند موتور سری گشتاور راه اندازی بزرگ است و همانند موتور موازی در بی باری سرعت آن از حد مجاز نمی گذرد به ازای بارهای کوچک میدان



(الف) مشخصه گشتاور - سرعت یک موتور dc کمپوند اضافی در مقایسه با موتورهای سری و موازی دارای بار کامل یکسان .

(ب) مقایسه گشتاور - سرعت یک موتور dc کمپوند اضافی و یک موتور موازی دارای سرعت بی باری یکسان.

سری اثر بسیار کمی دارد بنابراین موتور تقریباً مانند یک موتور DC موازی رفتار می کند با بزرگتر شدن بار شار سری کاملاً مهم می شود و منحنی گشتاور - سرعت شبیه منحنی مشخصه یک موتور سری می شود .

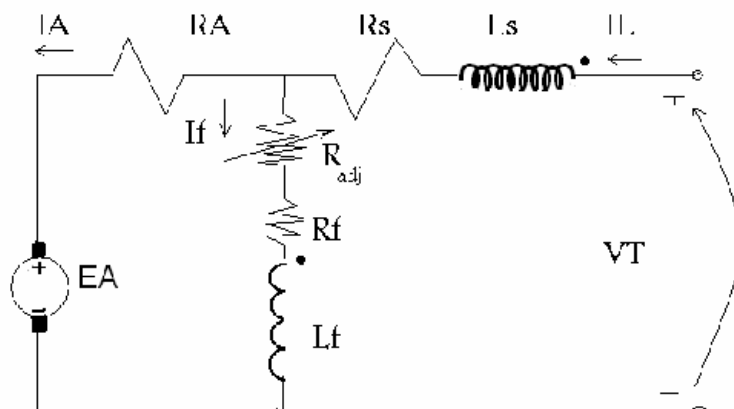
نکته : موتورهای کمپوند اضافی یا نقصانی یا مولدهای کمپوند اضافی یا نقصانی بصورت انشعاب بلند یا کوتاه می توانند باشند .

موتور کمپوند نقصانی :

در موتور dc کمپوند نقصانی نیروی محرکه مغناطیسی موازی و نیروی محرکه مغناطیسی سری از هم کم می شوند معنی این مطلب این است که با افزایش بار I_A موتور زیاد می شود و شار موتور کاهش پیدا می کند ولی با کاهش شار سرعت موتور افزایش می یابد این افزایش سرعت بار را افزایش می دهد و باز هم I_A زیادتر می شود شار بیشتر کاهش می یابد و سرعت باز هم بیشتر می شود حاصل اینکه موتور کمپوند نقصانی ناپایدار است و می تواند فرار داشته

باشد این ناپایداری از ناپایداری موتور موازی دارای واکنش آرمیچر بسیار بدتر است این ناپایداری آنقدر بد است که موتور کمپوند نقصانی را برای تقریباً هر کاربردی نامناسب می کند .

بدتر از اینکه راه اندازی چنین موتوری ناممکن است در شرایط راه اندازی جریان آرمیچر و جریان میدان سری بسیار بزرگند چون شار سری از شار موازی کم می شود میدان سری می تواند عملاً قطبش مغناطیسی قطب های ماشین را عکس کند موتور یا ساکن می ماند و یا به کندی در جهت معکوس می چرخد و این در حالی است که شروع به سوختن می کند علت این امر جریان اضافی آرمیچر است برای راه اندازی چنین موتوری باید میدان سری اتصال کوتاه شود تا در هنگام راه اندازی یک موتور موازی معمولی داشته باشیم به خاطر مشکل پایداری موتور dc کمپوند نقصانی معمولاً هیچ گاه از آن به طور آگاهانه استفاده نمی شود ولی با معکوس شدن جهت اتصال توان یک ژنراتور dc کمپوند اضافی یک موتور dc کمپوند نقصانی حاصل می شود بنابراین اگر برای تامین توان یک سیستم از ژنراتور dc کمپوند اضافی استفاده شده باشد باید یک رله قطعه توان معکوس برای آنها در نظر گرفته شود تا در صورت معکوس شدن جهت اتصال توان آنها را از خط خارج کند هیچ مجموعه موتور ژنراتوری که انتظار عبور توان در هر دو جهت از آن داشته باشیم نمی تواند شامل موتور کمپوند نقصانی باشد بنابراین نباید در آن از ژنراتور کمپوند اضافی استفاده شود .



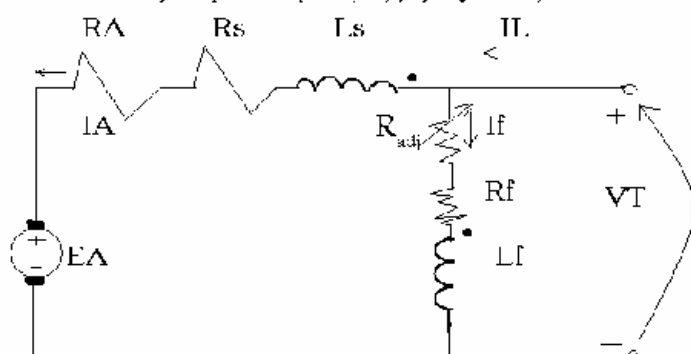
مدار معادل موتور کمپوند با انشعاب کوتاه

کمپوند اضافی

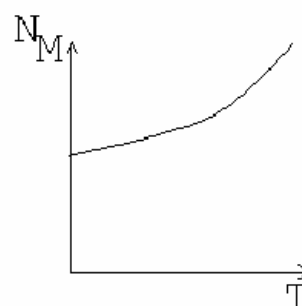
$$I_F^* = I_F + \frac{N_{SE}}{N_F} \cdot I_A$$

کمپوند نقصانی

$$I_F^* = I_F - \frac{N_{SE}}{N_F} \cdot I_A$$



مدار معادل موتور مختلط با انشعاب بلند



N_{SF} = تعداد دور میدان سری N_F = تعداد دور میدان موازی

I_F = جریان میدان موازی I_{IF} = جریان موثر میدان

علامت + در کمپوند اضافی بخاطر این است که شارهای میدان سری و موازی با هم جمع می شوند .

علامت - در کمپوند نقصانی بخاطر این است که شارهای میدان سری و موازی از هم کم می شوند در محاسبات

معمولا از نوشتن و محاسبات موثر خودداری می کنند .

اصطلاحات موتور DC

سرعت پایه :

این سرعت ، سرعت گردش موتور در دو ولتاژ و جریان نامی آرمیچر می باشد ، سرعت پایه در برابر سرعت نامی یا سرعت نوشته شده روی پلاک موتور می باشد .

تنظیم سرعت :

تغییرات سرعت از بی باری تا بار کامل را با کمیتی به نام درصد تنظیم سرعت بیان می کند و آن را با SR نمایش می

$$SR5 = \frac{n_0 - n}{n} \times 100 \quad \text{دهند .}$$

$$n = \text{سرعت موتور در بی باری} \quad n = \text{سرعت موتور در بار مورد نظر}$$

$$T = f(I_A) \quad \text{گشتاور الکترومغناطیسی : } T = \kappa \phi I_A$$

از این مشخصه می توان نتیجه گرفت که برای تامین گشتاور های مختلف بویسله الکتروموتور چه مقدار جریان توسط آرمیچر آن از شبکه دریافت می شود نوع تحریک موتور مشخص می کند که با تغییر جریان آرمیچر مقدار فوران ϕ چگونه تغییر خواهد کرد .

$$n = f(I_A)$$

مشخصه الکترومکانیکی :

این مشخصه نشان می دهد که در بارهای مختلف دور موتور چگونه تغییر می کند **مشخصه گشتاور دور :**

$$n = f(T)$$

رنج سرعت :

رنج سرعت بصورت نسبت ماکزیمم سرعت مجاز به می نیمم سرعت مجاز موتور تعریف می شود ، هنگامی که رنج سرعت یک موتور مشخص شد باید ذکر گردد که آیا این رنج سرعت در بی باری - بار کامل یا کسری از بار کامل است .

درایو با قدرت ثابت :

اگر قدرت محور موتور (گشتاور محور X سرعت) در رنج سرعت معین ثابت بماند سیستم را درایو قدرت ثابت می نامند توجه داشته باشید که در درایو قدرت ثابت در سرعت هلی کم مقدار گشتاور بالاتر است و در سرعت های زیاد گشتاور پایین است و اندازه موتور همیشه بالاترین گشتاور مورد نیاز در پایین ترین سرعت تعیین می گردد .

درایو با گشتاور ثابت :

اگر گشتاور محور موتور در رنج سرعت معین ثابت بماند سیستم را درایو ثابت می نامند توجه داشته باشید که در درایو گشتاور ثابت قدرت محور با تغییرات سرعت تغییر می کند .

کنترل سرعت موتور های DC

عبارت کنترل سرعت برابر تغییر عمده سرعت که بطور دستی یا اتوماتیک انجام می شود بکار می رود تغییرات طبیعی سرعت ناشی از تغییرات بار مشمول عبارت کنترل سرعت نمی باشد . موتور های DC برای رنج وسیع کنترل سرعت بسیار مناسب می باشند و بنابراین برای بسیاری از محرک های قابل تنظیم ضروری می باشد .

$$E_a = \kappa_a \phi \omega_m \quad \omega_m = \frac{E_a}{\kappa_a \phi}$$

$$V_T = E_a + R_a I_a \quad E_a = V_T - R_a I_a$$

$$\omega_m = \frac{V_T - R_a I_a}{\kappa_a \phi}$$

$$\frac{2\pi n}{60} = \frac{V_T - R_a I_a}{\kappa_a \phi}$$

$$n = \frac{60}{2\pi} \times \frac{V_T - R_a I_a}{\kappa_a \phi}$$

با توجه به روابط نوشته شده و همچنین رابطه آخر نتیجه می گیریم که سه کمیت R_a و ϕ و V_T عواملی هستند که برای تنظیم سرعت موتور های DC بکار گرفته می شود .

برای یک موتور DC سه روش کنترل سرعت وجود دارد که عبارتند از :

1- تغییر مقاومت در مدار آرمیچر 2- تغییر شار میدان (از طریق تحریک و ولتاژ آرمیچر ثابت) 3- تغییر

ولتاژ ترمینال (آرمیچر و جریات تحریک ثابت)

کنترل سرعت با تغییرات مقاومت مدار آرمیچر :

این روش را نیز کنترل مقاومت آرمیچر می نامند با این روش می توان موتور DC را در سرعت های زیر سرعت پایه کنترل نمود .

موتور شنت : در شکل صفحه بعد مدار موتور سنت آمده که رئوستای R_g که کنترل کننده نامبرده می شود بطور سری با مدار آرمیچر قرار دارد راه انداز با کنترل کننده تفاوت دارد .
راه انداز : برای حمل جریان فقط برای یک مدت کوتاه می باشد .

کنترل کننده : جریان را برای زمان نامعین بدون رسیدن به حرارت بیش از اندازه حمل می کند هنگامی که R_g موجود نیست جریان آرمیچر I_{a1} برابر است با

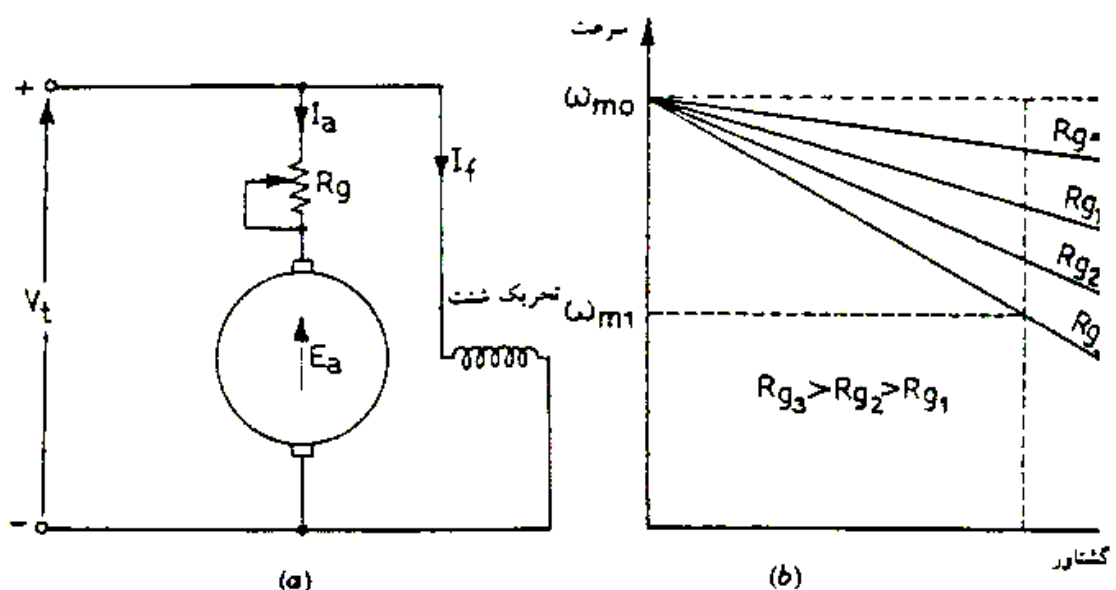
$$I_{a1} = \frac{V_1 - \kappa_a \phi \omega_{m1}}{r_a}$$

هنگامی که R_g در مدار آرمیچر قرار می گیرد اگر فرض شود که هیچ تغییر سرعتی در طی زمان این عمل رخ ندهد داریم :

$$I'_{a1} = \frac{V_t - \kappa_a \phi \omega_{m1}}{r_a + r_g} = I_{a1} \frac{r_a}{r_a + r_g}$$

سدر یک موتور سنت شار میدان ϕ بدون تغییر باقی ماند بنابراین با کاهش جریان آرمیچر به I'_{a1} گشتاور الکترومغناطیسی ($T_e = \kappa_a \cdot \phi \cdot I_a$) از $\kappa_a \phi I_{a1}$ به $\kappa_a \phi I'_{a1}$ کاهش می یابد .

از آنجا که T_e کمتر از گشتاور بار ثابت می شود ، سرعت کاهش می یابد و در نتیجه نیروی ضد محرکه الکتریکی



کنترل موتور شنت با تغییر مقاومت مدار آرمیچر

(a) نمودار مداری (b) مشخصه های گشتاور - سرعت

کاهش می یابد .

در نتیجه جریان آرمیچر $I_A = \frac{V_T - \text{بیرونی ضد محرکه الکتریکی}}{r_a}$ افزایش می یابد تا اینکه برابر مقدار اولیه I_{a1} گردد ، بطوری که گشتاور

الکترومغناطیسی اولیه دوباره ایجاد گردد .

$$\omega_{m1} = \frac{V_T - I_{a1} r_a}{k_a \phi} = \frac{E_{a1}}{k_a \phi}$$

هنگامی که به شرط پایدار جدیدی با R_g در مدار آرمیچر می رسمیم داریم :

$$\omega_{m2} = \frac{V_t - I_{a1} (r_a + r_g)}{k_a \phi} = \frac{E_{a2}}{k_a \phi}$$

$$\frac{\omega_{m2}}{\omega_{m1}} = \frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{V_t - I_{a1} (r_a + r_g)}{V_t - I_{a1} r_a}$$

در این روش جریان آرمیچر کشیده شده از منبع تغذیه ثابت باقی می ماند ، همچنین قدرت تحویلی از منبع تغذیه اصلی به موتور تغییر نمی کند و در مقدار $P_1 = V_t - I_{a1}$ ثابت باقی می ماند خواه R_g در مدار آرمیچر باشد و خواه

نباشد ، قدرت تحویلی به بار برابر است با $P_2 = E_a - I_a = [V_t - I_a (r_a + r_g)] I_{a1}$

بازده یا راندمان این روش کنترل سرعت برابر است با

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{[V_t - I_{a1} (r_a + r_g)] I_{a1}}{V_t I_{a1}} = [1 - \frac{r_a + r_g I_{a1}}{V_t}]$$

معایب این روش عبارتند از : 1) بازده کم و هزینه بالا در کاهش سرعت که در بالا ثابت شد . 2) تنظیم سرعت

ضعیف با مقاومت کنترل شده R_g ثابت در مدار آرمیچر

مزیت اصلی این روش این است که امکان رسیدن به سرعت های زیر سرعت پایه حتی تا سرعت های خزشی در

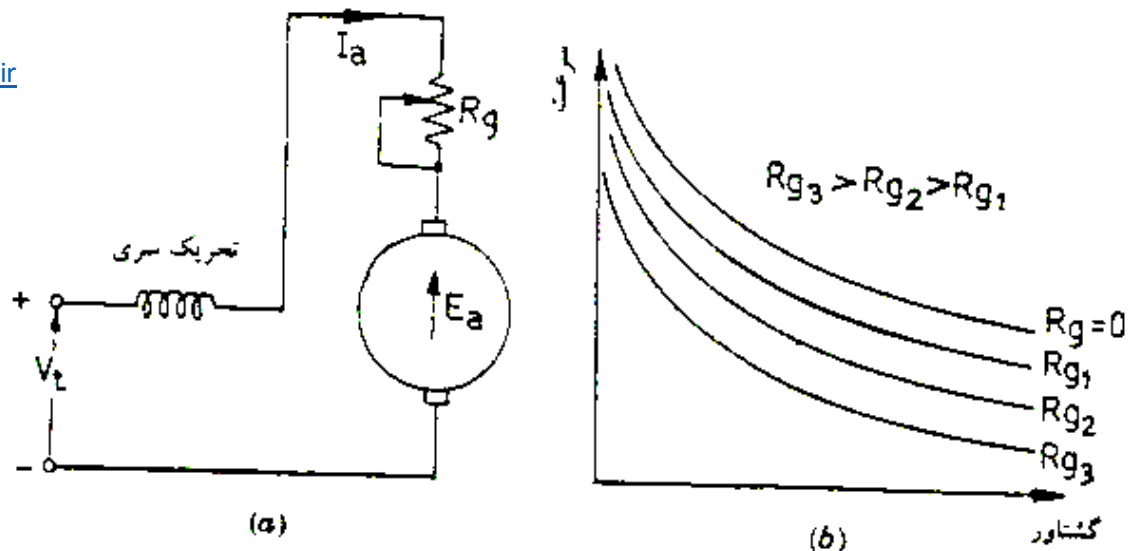
حدود چند $r.p.m$ نیز امکان پذیر است بعلا تلفات قابل توجه انرژی در سرعت کم این روش تنها وقتی به کار می رود

که کار موتور با سرعت کم کوتاه مدت یا نوبه ای باشد .

موتور سری :

اگر رنج وسیع کنترل سرعت مورد نیاز باشد معمولاً از موتور های DC سری استفاده می شود

با افزایش R_g سرعت موتور کاهش می یابد .



کنترل سرعت موتور سری با تغییرات مقاومت مدار آرمیچر

(a) نمودار مداری (b) مشخصه های سرعت - گشتاور

تنظیم ضعیف سرعت در حالت موتور های سری چندان مهم نیست ، این روش کنترل سرعت در حالت موتور های سری چندان مهم نیست این روش کنترل سرعت برای محرک هایی نظیر جرثقیل - بالابر ها ، قطارها ، غیره کاربردهای مهمی دارند .

به منظور استفاده از ظرفیت کامل موتور در همه سرعت ها جریان آرمیچر برابر جریانی مجاز آرمیچر یعنی مقدار نامی نگه داشته می شود ، واضح است که برای موتور سنت شار میدان ثابت است در حالیکه در موتور سری شار میدان نیز ثابت است زیرا توسط جریان آرمیچر که برابر مقدار نامی است تولید می شود ، از آنجاییکه شار میدان در هر دو نوع موتور ثابت باقی می ماند روش کنترل مقاومت آرمیچر به روش گشتاور ثابت [شار میدان ثابت - جریان نامی آرمیچر] نامیده می شود .

کنترل سرعت توسط تغییر شار میدان :

این روش کنترل سرعت را که به آن روش تضعیف میدان نیز می نامند فقط سرعت های بالاتر از سرعت پایه را ایجاد می کند .

شار میدان و از این رو سرعت موتور سنت می تواند با تغییر مقاومت تنظیم میدان به راحتی کنترل شود این یکی از ساده ترین و اقتصادی ترین روش ها می باشد و بنابراین بطور گسترده در محرک های الکتریکی مدرن استفاده می شود و بنابراین بطور گسترده در محرک های الکتریکی مدرن استفاده می شود . در موتور های تحریک مستقل شنت و کمپوند تغییر فوران توسط مقاومت متغیر مدار R_g به سادگی امکان پذیر است .

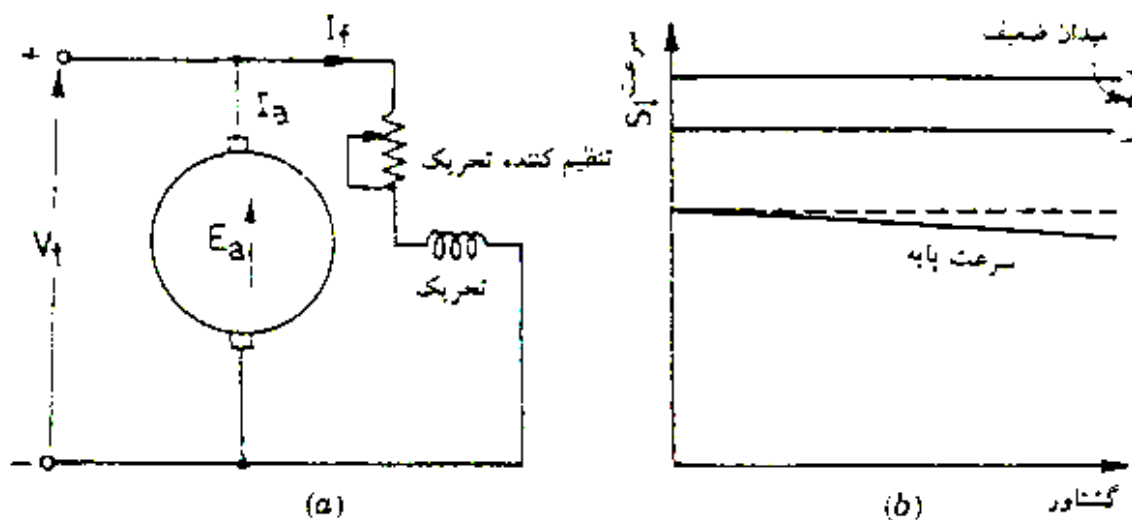
با توجه به اینکه جریان تحریک معمولا بسیار کوچکتر از جریان آرمیچر است مقاومت متغییر مدار تحریک نسبتا کوچک و ظرفیت و کنترل دور از این روش به سادگی و با دقت زیاد امکان پذیر است.

اما در موتور سری که مدار مستقلى برای سیم پیچی تحریک وجود ندارد و نیز رابطه با سیم پیچ سری موتور های کمپوند برای تغییر فوران عملا یک مقاومت متغییر نسبتا پر قدرت با سیم پیچ تحریک موازی می گردد .

علت وجود رابطه عکس بین فوران و سرعت را می توان چنین بیان نمود : با کاهش فوران مطابق رابطه $E_A = \kappa \phi \omega$ مقدار ولتاژ القایی E_A کاهش می یابد و از آنجاییکه مطابق روابط

$$\begin{aligned} V_T &= E_A + I_A(R_A + R_S) \\ &= E_A + R_A I_A \end{aligned}$$

به دلیل کوچکی نسبی مدار آرمیچر در هنگام کار عادی موتور E_A باید در حدود ولتاژ ترمینال V_T و کمی کمتر از آن باشد تا جریان آرمیچر بیش از حد بزرگ نشود پس باید کاهش فوران را افزایش دور و بالعکس افزایش فوران را کاهش دور جبران کند تا E_A تقریبا ثابت بماند، به عبارت دیگر با کاهش فوران باید آرمیچر سریعتر بچرخد تا با این فوران کاهش یافته ولتاژی حوالی ولتاژ V_T در آن القاء گردد .



کنترل سرعت موتور شنت با تغییر شار تحریک

(a) نمودار مداری (b) مشخصه های سرعت - گشتاور

تحت شرایط کار دائمی اگر مقاومت مدار میدانی افزایش یابد میدان I_F و شار ϕ میدان کاهش می یابد از آنجاییکه به واسطه لختی روتور سرعت نمی تواند ناگهان تغییر کند کاهش در شار میدان بیشتری در آرمیچر جاری می شود .

$$I_A = \frac{V_T - \text{بیرونی ضد محرکه الکتریکی}}{r_a}$$

درصد افزایش I_a خیلی بیشتر از درصد کاهش شار میدان می باشد .

بدیت ترتیب گشتاور الکترومغناطیسی افزایش می یابد و بیش از گشتاور بار می گردد و موتور شتاب می گیرد . سپس نیروی ضد محرکه الکتریکی افزایش می یابد و شروع به کاهش پیدا می کند تا گشتاور الکترومغناطیسی برابر گشتاور

$$I_{a1} = \frac{T_e}{\kappa_a \phi}$$

$$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{\kappa_a \phi}$$

بار ثابت گردد .

زیان های این روش عبارتند از :

1- سرعت بالا با میدان خیلی ضعیفی فراهم می شود ، این میدان ضعیف در ماکزیمم سرعت باعث می شود که جریان آرمیچر برای ایجاد گشتاور بار مشخص افزایش یابد در هنگامی که سرعت بالا با شار میدان خیلی ضعیف ایجاد می شود کموتاسیون خیلی بد (از نظر ایجاد جرقه های شدید جاروبک ها در سرعت های زیاد بخصوص در ماشین های بدون قطب کمکی و نیز محدودیت های مکانیکی (از نظر محور - یاتاقان ها و سیم بندی) با بکارگیری روش کنترل دور از طریق فوران در موتور های (تحریک مستقل سنت و کمبوند فقط می توان به دور های بالاتر از حالتی که رئوستا در مدار تحریک قرار ندارد دست یافت و نمی توان دور موتور را از این حد کمتر نمود . آرمیچر ممکن است ددر اثر این سرعت بالا گرمای بیش از حد پیدا کند زیرا افزایش جریان آرمیچر باعث افزایش تلفات اهمی می گردد در حالیکه خنک کردن با تهویه متناسباً بهبودی نخواهد داشت .

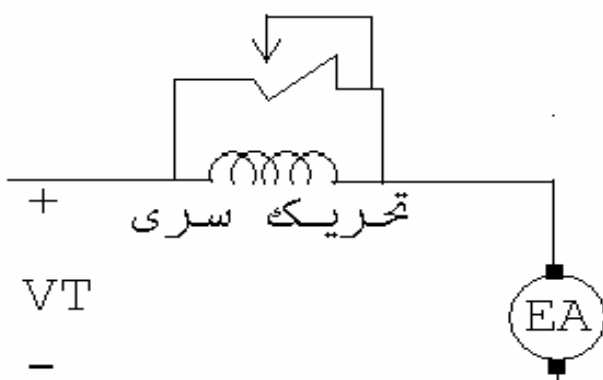
موتور سری :

شار میدان و بنابراین سرعت موتور سری می تواند توسط عوامل زیر تغییر کند :

کنترل تحریک با مقاومت مستقیم:

الف) با انشعاب گرفتن سیم پیچ میدان سری

ب) با انشعاب گرفتن سیم پیچ میدان سری



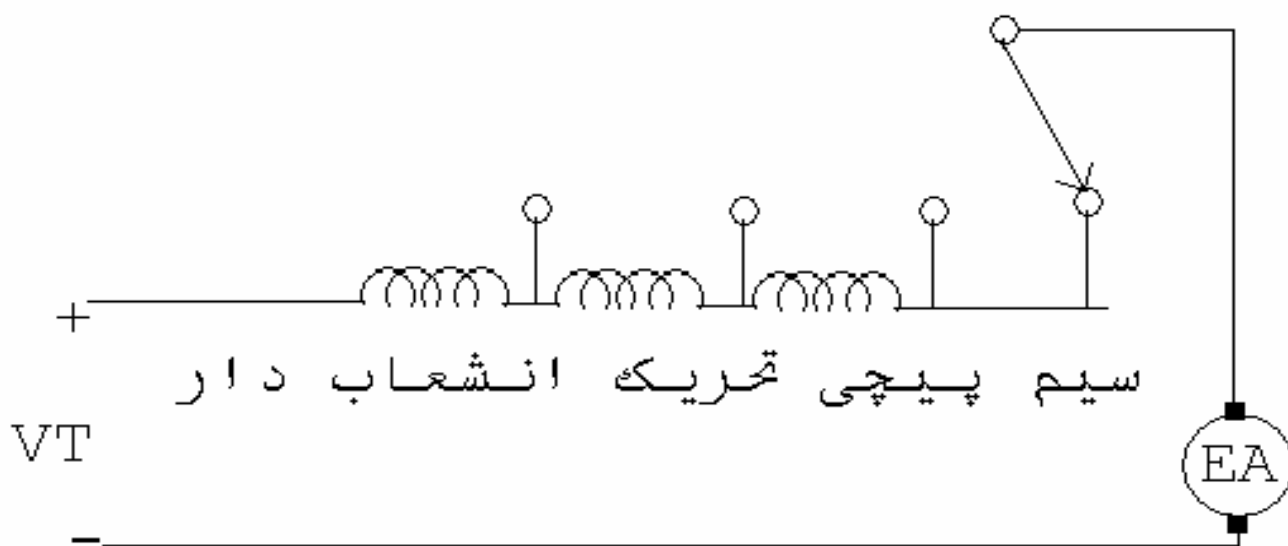
ج) با تغییر اتصال سیم پیچ میدان از سری به موازی

الف: کنترل تحریک توسط مقاومت مقسم

هنگامی که مقاومت مقسم تغییر می کند جریان در سیم پیچ میدان سری تغییر می کند متناسب آن شار میدان و سرعت میدان نیز تغییر می کند.

ب) کنترل میدان انشعاب دار:

هنگامی که سیم پیچ میدان انشعاب دار شود تعداد دورهای سیم پیچ تغییر می کند و بنابراین نیروی محرکه مغناطیسی میدان سری و سرعت تغییر می کند.



تشریح ساده تر سیستم وارد لئونارد :

طبق شکل زیر مجموعه موتور - مولد تشکیل شده است از یک مولد با تحریک مستقل و یک موتور با تحریک جداگانه که این مجموعه خروجی مولد با ورودی موتور متصل است و مولد با سرعت ثابت شروع به حرکت می کند و همچنین موتور به بار ثابتی متصل است .
شکل وارد لئونارد در ادامه توضیحات آمده است.

$$E_a = \kappa_a \cdot \phi \cdot \omega_m \quad \text{طبق معادله}$$

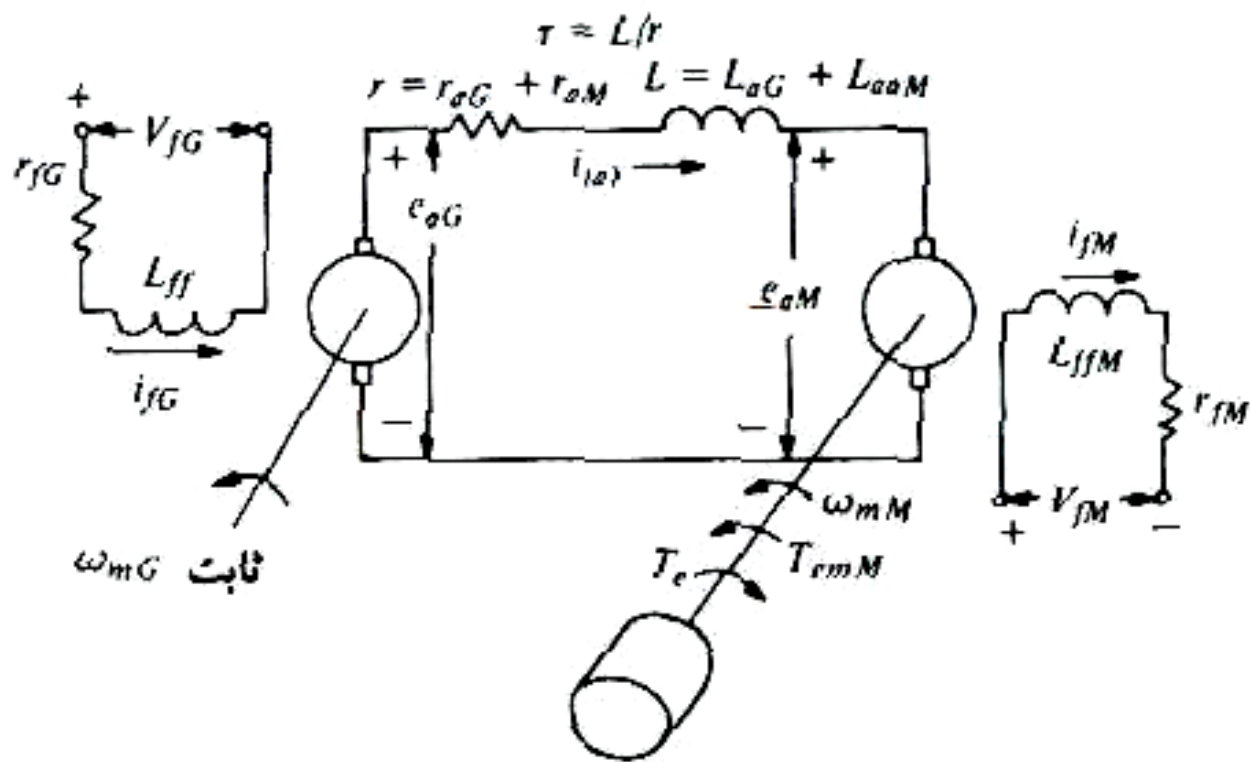
هر گاه ولتاژ E_{am} را تغییر دهیم با توجه به اینکه جریان تحریک I_{fm} ثابت است شار ثابت بوده و κ_a نیز مقدار ثابتی است و به طراحی ماشین بستگی دارد که با تغییر E_{am} ، ω_m نیز تغییر می کند حال با تغییر ولتاژ میدان مولد یعنی V_{FG} جریان I_{FG} تغییر کرده در نتیجه شار میدان مولد تغییر کرد، چون سرعت چرخش مولد ω_{mG} ثابت است در نتیجه E_{ac} متناسب با ϕ تغییر می کند ولتاژ خروجی مولد E_{ac} تغییر کرده ، در نتیجه ولتاژ ورودی E_{am} تغییر می کند با تغییر E_{am} و ثابت بودن ϕ ، σ_m تغییر خواهد کرد .

-سیستم وار - لئونارد:

نمودار این سیستم در شکل نشان داده شده است . در این شکل M موتور DC تحریک جداگانه است که سرعت آن کنترل می گردد و G ژنراتور تحریک جداگانه است که توسط یک موتور سه فاز (معمولا یک موتور القایی) به چرخش در می آید . ترکیب موتور محرک DC و ژنراتور DC را مجموعه موتور-ژنراتور می نامند و این تبدیل کننده AC به DC می باشد که موتور اصلی M را تغذیه می کند . اگر منبع تغذیه ای در دسترس نباشد موتور سه فاز را می توان با چرخاننده دیگری جایگزین کرد .

برای راه اندازی موتور M ، ابتدا مدار میدان تغذیه می شود و سپس ولتاژ خروجی ژنراتور برای یک مقدار کم با کاهش تحریک میدانش تنظیم می شود. این کار به منظور محدود کردن جریان راه اندازی به مقدار مناسب انجام می شود. ضمناً باید دقت کرد که گشتاور راه اندازی کافی برای شتاب گرفتن موتور و بار ایجاد شود. بدین ترتیب هیچ رئوستای راه اندازی مورد نیاز نیست و بنابراین مقدار قابل توجهی از انرژی در زمان راه اندازی ذخیره می شود. تغییر در جریان میدان شنت ژنراتور، ولتاژ بکار رفته برای تغذیه آرمیچر موتور را تغییر می دهد در نتیجه سرعت موتور تغییر می کند. بنابراین کنترل سرعت موتور فقط توسط تغییر جریان میدان ژنراتور انجام می شود.

به منظور ایجاد رنج وسیع کنترل سرعت، کنترل سرعت زیر سرعت پایه توسط کنترل ولتاژ ایجاد می شوند و سرعتهای



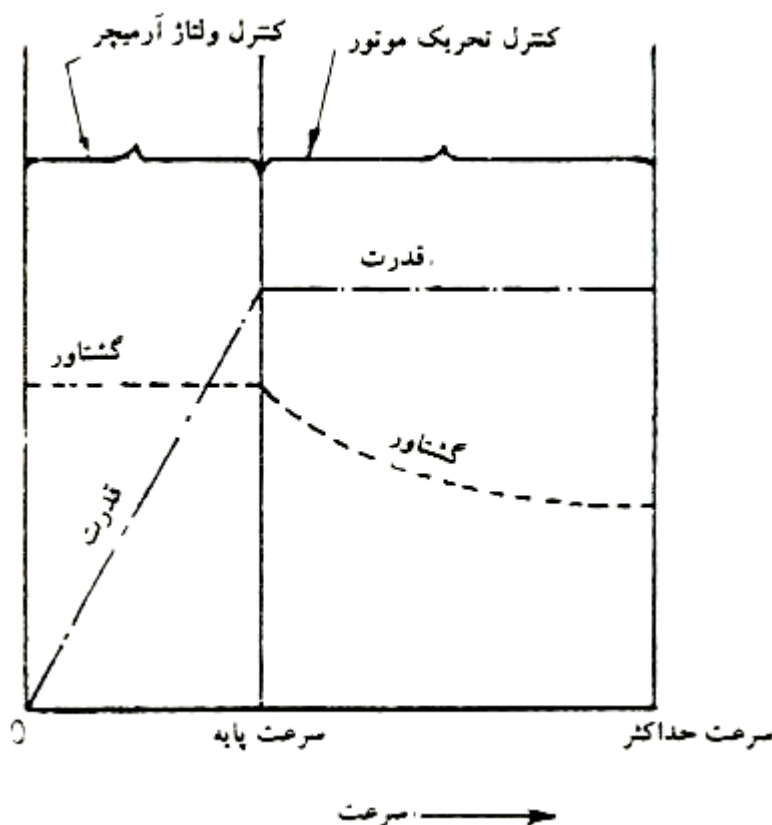
بیش از سرعت پایه توسط کنترل شار میدان انجام می شود. برای استفاده بهتر از موتور M جریان آن I_a در زمان کنترل سرعت برابر جریان نامی نگه داشته می شود.

سرعتها از پائین ترین سرعت ممکن تا سرعت پایه توسط افزایش ولتاژ خروجی ژنراتور بدست می آید در حالیکه شار میدان موتور ثابت می باشد. از آنجائیکه کنترل سرعت با جریان نامی I_a و شار میدان ثابت موتور ϕ انجام می گردد گشتاور ثابتی $(k\phi I_a)$ تا سرعت پایه ایجاد می شود. قدرت $(\text{گشتاور} \times \text{سرعت})$ متناسب با سرعت افزایش می

یابد. بنابراین گشتاور ثابت و قدرت متغیر تا سرعت پایه توسط روش کنترل ولتاژ ترمینال آرمیچر بدست می آید که در شکل نشان داده شده است.

سرعت‌های بیش از سرعت پایه توسط کاهش شار میدان موتور با ثابت نگه داشتن ولتاژ ژنراتور ایجاد می شود. همانند قبل جریان آرمیچر I_a برابر مقدار نامی آن نگه داشته می شود. تحت این شرایط $E_a I_a$ یا $V_t I_a$ ثابت باقی می ماند و گشتاور الکترومغناطیسی متناسب با ϕI_a چنانچه شار میدان کم شود کاهش می یابد. بنابراین تضعیف شار میدان موتور سبب تولید قدرت ثابت و گشتاور متغیر در بالای سرعت پایه می گردد که در شکل نشان داده شده اند.

رنج سرعت که توسط کنترل ولتاژ آرمیچر بدست می آید انحصاراً $1:10$ می باشد، پائین ترین سرعت اصولاً توسط



مغناطیس پس ماند ژنراتور محدود

می شود. رنج سرعت تنها توسط

کنترل میدان موتور از $1:3$ تا $1:4$

می باشد بالاترین سرعت توسط

کموتاسیون ضعیف، گرم شدن

آرمیچر و کار ناپایدار محدود می

گردد. هنگامی که هر دو نوع کنترل

سرعت بکار می روند رنج کنترل

سرعت برابر $1:40$ می باشد. رنج

سرعت را می توان با $1:200$ با

استفاده از تقویت کننده های

مغناطیسی دوار (آمپلیدین) که به

سیستم حلقه بسته ملحق شده است افزایش داد.

توقف (ترمز) موتور M را می توان توسط کاهش تحریک ژنراتور انجام داد. بطوری که emf آن کمتر از نیروی ضد

محركه موتور M گردد تحت این شرایط M آنرا به صورت ژنراتور شروع به کار می کند. G به صورت موتور و ماشین

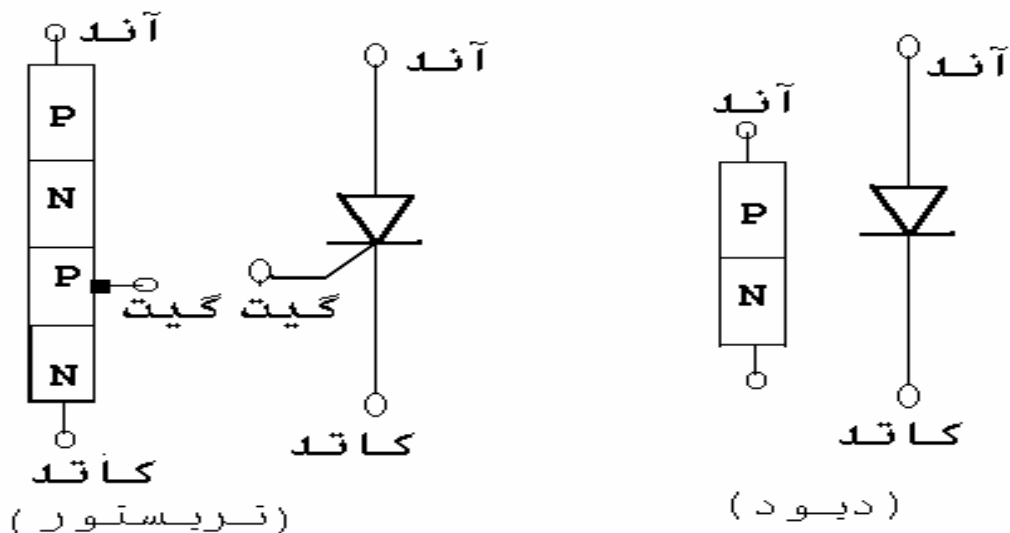
محرك AC به صورت ژنراتور شروع بکار می کند. در نتیجه انرژی جنبشی M و بار آن به منبع تغذیه برمی گردد و

عمل ترمز روی موتور اصلی M اتفاق می افتد.

- مزایای سیستم کنترل سرعت وار لئونارد در زیر آمده است.
- (1) مزیت اصلی این سیستم سادگی آن و حوزه وسیع کنترل سرعت آن می باشد. در نتیجه سیستم وار لئونارد در شکل اصلی یا اصلاح شده خودش کاربرد زیادی در حرکت غلطکها و پیچنده ها در معادن ذغال سنگ و غیره دارد.
 - (2) با صرف نظر از عکس العمل آرمیچر، کاهش سرعت از بی باری تا بار نامی کاملاً در اثر افت ولتاژ مقاومت در آرمیچرهای ژنراتور و موتور می باشد. بنابراین تنظیم سرعت کاملاً مناسب است.
 - (3) جهت چرخش موتور اصلی را می توان صرفاً توسط معکوس کردن جریان میدان ژنراتور تغییر داد.
 - (4) کنترل سرعت توسط مدارهای میدان موتور و ژنراتور انجام می شود. از آنجائیکه مدارهای میدان، مدارهای قدرت پائین می باشند دستگاه کنترل گران نمی باشد.
 - (5) راندمان در سرعتهای پائین بیشتر از دیگر روش های کنترل سرعت می باشد.
- تنها عیب این روش هزینه اولیه بالای آن می باشد زیرا سه ماشین با قدرت نامی یکسان معادل قدرت خروجی بار کامل مورد نیاز می باشد.

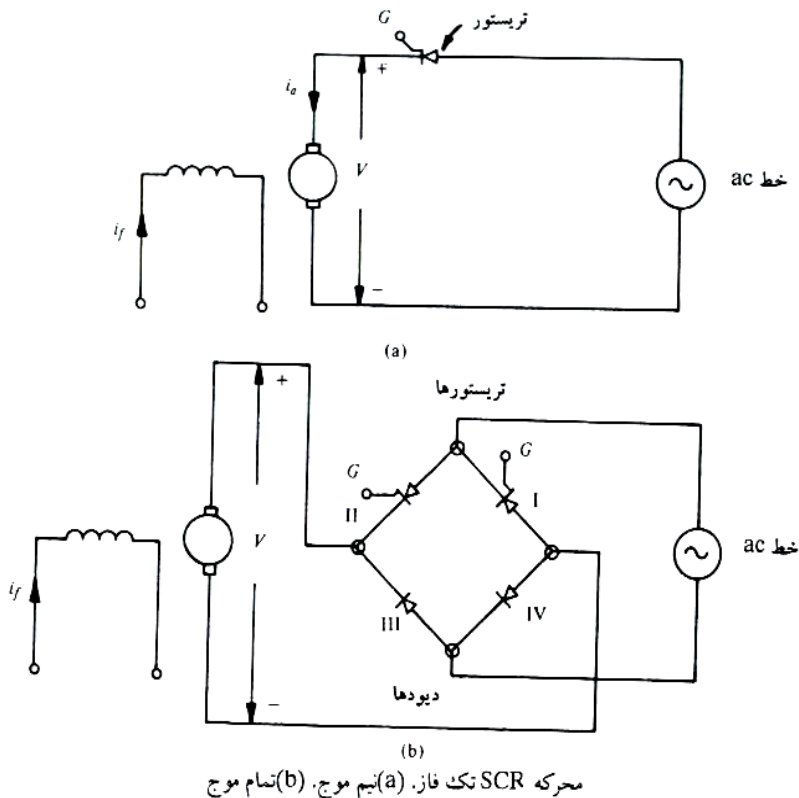
-کنترل کننده های نیمه هادی برای ماشینهای D C

امروزه استفاده از یکسو کننده های کنترل شده سیلیکونی (SCR) در کنترل موتورهای dc با قدرت نامی $\frac{1}{60}$ تا 10000 اسب بخار به طور وسیعی توسعه یافته است. در بیشتر محرکها (درایوها) به جای مجموعه موتور ac مولد یز از مداری استفاده می شود که از SCR استفاده کرده و ولتاژ ثابت منبع ac را یکسو کرده و جریان آرمیچر موتور dc را کنترل می کند. موتورهای کوچک و با قدرت کسر اسب بخار معمولاً از منابع تک فاز تغذیه می شوند، در حالی که موتورهای بزرگتر از منابع سه فاز انرژی می گیرند.



بزرگ ترین استفاده ترانزیستورهای قدرت درایوهای موتور در صنایع چندصد میلیون دلاری است . موتورهای dc با قدرت کسر اسب بخار در کاربردهای خانگی ،ابزارهای قابل حمل و نقل ، و سایر کاربردهای کم هزینه مورد استفاده قرار می گیرند و از نظر تعداد و حجم دلاری قسمت اعظم بازار را تشکیل می دهند . افزایش استفاده این محرکها عمدتا به علت کاربرد وسایل نیمه هادی به علت هزینه پایین و اندازه کوچکشان می باشد .

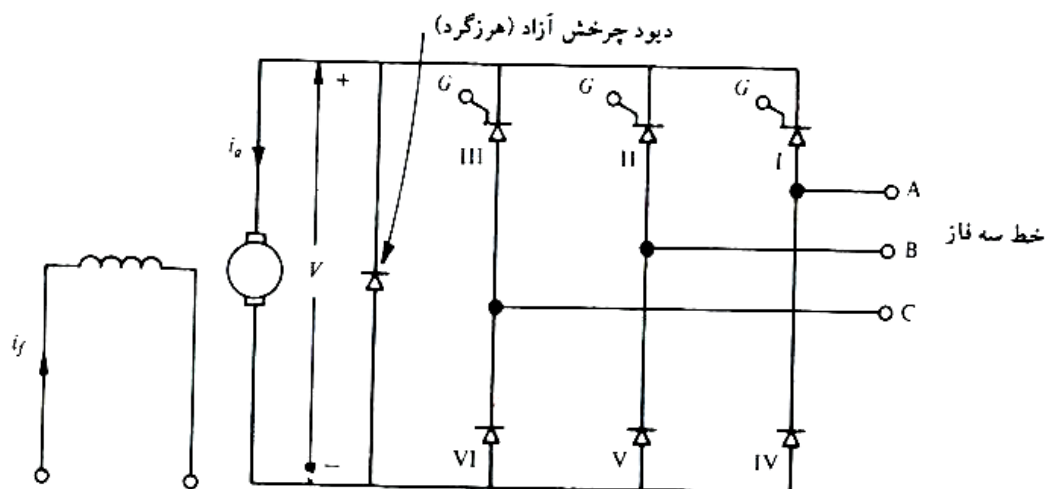
یک دیود نیمه هادی و یک تریستور یا SCR به طور شماتیک در شکل بالا نشان داده شده اند . مقاومت نامی در حدود 1^V است و بنابراین می توان در این کاربردها از آن چشم پوشی کرد . از طرف دیگر برای قطب بندی معکوس مقاومت خیلی زیاد است و می توان بینهایت در نظر گرفت . ولی تریستور در حالت ایده آل دارای مقاومت بینهایت برای هر دو جهت است مگر اینکه بایاس صحیح به پایانه گیت اعمال شود ، که باعث هدایت تریستور در جهت مستقیم می شود حتی اگر بعد از هادی شدن تریستور بایاس برداشته شود . با معکوس کردن قطب بندی ولتاژ هدایت تریستور متوقف می شود .



استفاده ساختارهای تکفاز ساده مدارهای نیم موج و تمام موج در شکل توضیح داده شده است. مدار میدان را می توان بوسیله یک یکسو کننده نیم موج یا تمام موج تغذیه کرد. مدار ساده تر شکل زیرتها یک تریستور لازم دارد، ولی البته جریان را فقط می تواند در نیم سیکل هدایت کند. قسمتی از نیم سیکل (در حدود 0^0 تا 180^0) که تریستور هدایت می کند با تنظیم زاویه آتش توسط اعمال مقدار مناسب ولتاژ به پایانه گیت G

از طریق یک مدار کمکی کنترل می شود که در شکل نشان داده نشده است. از آنجا که تریستور در هر سیکل تنها یک ضربه جریان عبور می دهد که دارای زمان 180^0 یا کمتر می باشد، فرورفتگی های عمیقی در جریان آرمیچر وجود دارد که ضریب اقبل ملاحظه ای را که نامطلوب است ایجاد خواهد کرد. ضریب کم از ساختار تمام موج شکل بالاتیجه می شود که در آن مدار پل مرکب از تریستورهای I, II و دیودهای III, IV عمل یکسوسازی را در هر دو نیم سیکل انجام می دهند. زاویه تریستورها تعیین کننده مقدار جریان مستقیم اعمال شده به آرمیچر موتور می باشد همچنین دیودها به طور موثره دوسر آرمیچر متصل می شوند به طوری که علاوه بر عمل یکسوسازی، مسیری برای جریان آرمیچر فراهم می کند که بوسیله انرژی ذخیره شده در اندوکتانس آرمیچر در فاصله زمانی که در ضریب ولتاژ فرورفتگی دارد ایجاد می شود.

شکل زیر یک نوع از محرکهای (درایوها) سه فاز را نشان می دهد . زاویه آتش ترستورهای I,II,III جریان آرمیچر موتور را کنترل می کنند دیود ها IV,V,VI مسیر برگشتی جریانهای سه فاز را ایجاد می کنند . در فاصله زمانی که



محرک سه فاز SCR

ولتاژ فرورفتگی دارد ، دیود

هرز ، گرد متصل شده به

دو سر آرمیچر مسیری

خط سه فاز

برای جریان تولید شده به

وسیله انرژی ذخیره شده

در اندوکتانس آرمیچر به

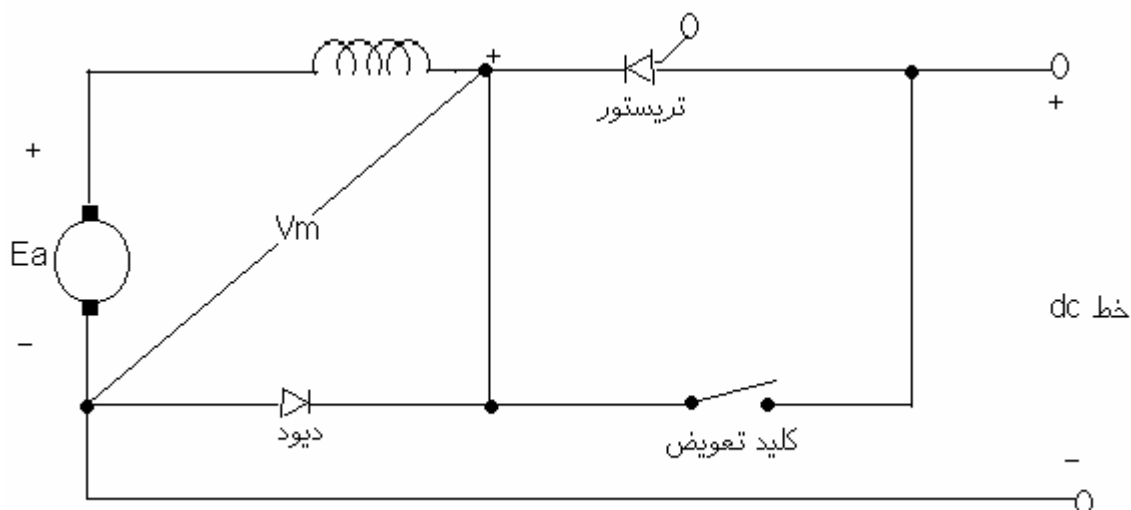
وجود می آورد . با اینکه

سه فاز از تک فاز پیچیده

تر است ، ولی از آنجائی که سه فاز در هر سیکل شش ضربه در مقایسه با یک یا حداکثر دو ضربه در هر سیکل عبور می دهد ضربان آن خیلی کمتر است . ضربان جریان غیر قابل قبول است زیرا باعث افزایش حرارت آرمیچر شده و کموتاسیون را مشکل تر می کند ، به خصوص در بارهای سبک و سرعتهای بالا موقعی که ضربه های جریان کوتاه تر هستند .

SCR ها همچنین برای کنترل موتورهای dc تغذیه شده از منابع dc مورد استفاده قرار می گیرند . در جاهائی که منابع dc موجود هستند مزیت استفاده از SCR این است که توان مصرفی SCR ها از توان مصرفی مقاومت هائی که در حالت معمولی مستقیماً برای کنترل سرعت موتور محرکهای dc مستقیم مورد استفاده قرار می گیرند کم تر است .

یک روش برای موتور dc سری تغذیه شده از منبع dc در شکل زیر نشان داده شده است . در ساختار منبع dc وسیله



ای برای خاموش کردن تریتور بعد از حصول فاصله زمانی مطلوب ضربه جریان لازم است. این کار بوسیله یک مدار کموتاسیون انجام می شود که شامل یک خازن و یک تریتور کمکی است. مدار کموتاسیون در شکل بالا بوسیله کلید کموتاسیون نشان داده شده است. چنین ساختاری در مدار ac لازم نیست زیرا تریتور با معکوس شدن پلاریته ولتاژ منبع ac خاموش می شود.

مشکلات مربوط به کموتاتور و جاروبکها باعث تحمیل محدودیتهایی روی اندازه ماشینهای dc معمولی می شود. یک مشکل جدی تغییر شکل یافتن کموتاتور در اثر نیروهای گریز از مرکز و حرارت موضعی ناشی از اتصال نادرست جاروبک می باشد. همچنین در ارتفاع های بالا جاروبک زود سائیده می شود. عیب دیگر لزوم نگهداری از جاروبکها و کموتاتور می باشد. وسایل نیمه هادی استفاده از مولدهای ac را به جای مولدهای dc بزرگ با یکسو کردن خروجی آنها توسط این وسایل امکان پذیر می سازد.

میدان مولدهای ac مربوط به سالهای گذشته و همچنین بیشتر مولدها در حال حاضر بوسیله مولدهای dc تحریک می شوند. ولی مولدهای ac بزرگ امروزی نیازمند توان dc بالائی هستند که ایجاب می کند کموتاتور مولدهای dc خیلی بزرگ باشند، در نتیجه از تحریک کننده های ac با یکسو کننده های نیمه هادی بیشتر استفاده می شود. برای مثال آلترنالتر 500^{MVA} از یک تحریک کننده شامل 16 پل تمام موج سه فاز موازی با هم استفاده می کند که توان 2000^{KW} تحویل می دهد.

در سیستم دیگر تحریک کننده (مولد) ac مستقیماً به محور مولد ac اصلی وصل می شود. تحریک کننده ac دارای میدان dc ساکن و آرمیچر سه فاز چرخانند است که این آرمیچر از طریق دیوهای سیلیکونی چرخان با محور به میدان مولد ac اصلی وصل شده است و در نتیجه جاروبکها حذف شده اند.

لوکوموتیوهای دیزل-برقی معمولی از یک مولد dc با چرخاننده محرک دیزل برای تغذیه موتورهای حمل و نقل (معمولاً چهار موتور با یک مولد) استفاده می کند. با افزایش سرعت و قدرت نامی موتورهای دیزلی محدودیتهای عملی برای کموتاتور به وجود می آیند. در نتیجه مولدهای ac با محرک دیزلی با استفاده از دیوهای سیلیکونی برای تغذیه موتورهای حمل و نقل dc مورد استفاده قرار می گیرند.

در درایوهای (محرکه های الکتریکی) dc با سرعت قابل تنظیم که در آن یک موتور ac یا یک موتور-مولد می شوند. در نتیجه هزینه کلی کاهش یافته و راندمان بالاتر، قابلیت اطمینان بیشتر، و نگهداری کمتر حاصل می شود.

–مسابتهای اساسی ماشینهای القایی، ماشینهای سنکرون، و ماشینهای DC

موتور القایی با رتور سیم پیچی شده را می توان به عنوان ماشین سنکرون مورد استفاده قرار داد در صورتی که جریان مستقیم به رتور آن اعمال شود. ولی توان خروجی آن برای بهره برداری عملی، به علت کوچک بودن فاصله هوایی و در نتیجه بزرگ بودن مقدار راکتانس سنکرون محدود خواهد شد. در ماشین dc بدون سیم پیچ جبرانگر و قطب کمکی می توان جابجائی زاویه ای بین mmf آرمیچر و mmf میدان را با جابجا کردن جاروبکها تنظیم کرد. جریان یک موتور القایی نسبت به ولتاژ آن پس فاز است، در صورتی که جریان موتور سنکرون ممکن است بوسیله فوق تحریک یا زیر تحریک کردن میدان نسبت به ولتاژ موتور پیش فاز یا پس فاز باشد. قرار دادن جاروبکهای موتور dc روی محور خنثای هندسی مشابه وضعیتی از موتور سنکرون است که جریان با ولتاژ تولید شده هم فاز است. اگر جاروبکها از محور خنثای هندسی در خلاف جهت چرخش جابجا شوند، اثر آن مشابه جریان پیش فاز موتور سنکرون یا برخلاف عملکرد عادی یک موتور القایی چند فاز می باشد.

با اینکه روابط القایی تک فاز قدری پیچیده تر از روابط موتور القایی چند فاز می باشد اثر میدانهای چرخان راستگرد و چپگرد با میدان چرخان موتور چند فاز قابل مقایسه هستند در واقع نظریه میدان دوار دوگانه بر این اساس استوار است. شاید مهم ترین اختلاف بین ساختمان ماشین القایی و ماشین سنکرون طول فاصله هوایی است. در ماشین القایی برای داشتن راکتانس مغناطیس کننده بالا بایستی فاصله هوای کوچک باشد، در صورتی که در ماشین سنکرون بایستی طول فاصله هوایی به اندازه ای بزرگ باشد که راکتانس سنکرون خیلی زیاد نشود.

تشابه قابل توجه دیگر این است که می توان با اتصال انشعابهای با اختلاف زاویه 120° درجه الکتریکی به سیم پیچ آرمیچر ماشین dc و وصل کردن آنها به حلقه های لغزان روی محور، ماشین dc به صورت ماشین سنکرون در آورد، سپس جاروبکهای روی حلقه های لغزان می توانند توان سه فاز به خط تحویل دهند. ولی این ساختار در مقایسه با ماشینهای سنکرون معمولی نامناسب است، زیرا چرخاندن سیم پیچ میدان کوچکتر، از چرخاندن سیم پیچ آرمیچر ولتاژ بالای پیچیده تر و سنگین تر، در ماشین های dc ساده تر می باشد.

– ماشینهای الکترومکانیکی و مقادیر نامی

چنانکه انتظار می رود تمام ماشینها و وسائل محدودیتهای فیزیکی دارند که محدوده کار آنها را تعیین می کند. مثال چنین محدودیتهایی سرعت، قدرت، چگالی شار، ولتاژ جریان و درجه حرارت است. این حدود در فرآیند طراحی قرارداد

طراحی قرار داده می شود مقادیر نامی به زیر محدودیتهای ماشین تنظیم می شود تا مانع عملکرد خطرناک ماشین یا مانع صدمه دیدن وسیله شود آنها همچنین در حدودی قرار داده می شوند که حداکثر قابلیت را بتوان به ازاء قیمت وسیله بدست آورد.

مقادیر نامی راهنمایی است برای استفاده کنند که او را در خرید و کاربرد وسائل الکترومکانیکی یاری می کند . چنین مقادیر نامی ممکن است دلایل قانونی مبنی بر تضمین ضریح یا ضمنی داشته باشند . به کاربردن دستگاه با مقادیری بیشتر از مقادیر نامی ، ضمانتهای آن وسیله را باطل خواهد کرد. چون بیشتر تاسیسات الکتریکی ممکن است تحت بار زیاد کوتاه مدت قرار گیرد ، اغلب حدود مطمئن اضافه بار را از سازنده به عنوان بخشی از مقادیر نامی می توان بدست آورد.

کدها و استانداردهای بسیاری در مورد مقادیر نامی ماشینها دلالت دارد . یکی از مهمترین آنها انجمن ملی سازندگان برق (NEMA) است . مشخصات کامل ماشینهای توصیه شده توسط NEMA در استاندارد MG² داده شده است . در این استاندارد اندازه ماشین با اندازه بدنه اش مشخص شده است ، استاندارد NEMA نیز ابعاد نصب ، ارتفاع محور و قطر را مشخص می کند .

رده بندیهای دیگر بوسیله کلاس موتور داده شده است که پاره کلی و مشخصه گشتاور راه اندازی موتورهای AC را مشخص می نماید . اطلاعات پلاک مشخصات معمولاً به شرح زیر است :

ولتاژ: مقدار نامی سیم پیچی به ولت داده می شود در ماشین های چند فاز ولتاژ خط - خط داده مس شود
جریان: جریان حالت دائمی ماشین در قدرت خروجی نامی وثرعت نامی به آمپر که به مقدار موثر برای ماشین های AC متوسط برای ماشین های DC بیان می شود. در ماشین های چند فاز معادل جریان خط است در ماشین های DC یا کموتاتوری مقدار جریان تحریک داده می شود که جریان تحریک لازم برای گشتاور حداکثر در سرعت نامی است.

سرعت: سرعت معمولاً برحسب دور بر دقیقه (r.p.m) بیان می شود . سرعت داده شده بستگی به نوع ماشین دارد:

ماشین سنکرون : سرعت سنکرون .

ماشین القائی: سرعت در قدرت نامی = سرعت سنکرون $\times$ (قدرت نامی 1-2)

ماشین کموناتوری dc: سرعت مبنا یا حداکثر سرعت در گشتاور نامی تولیدی .

اونیورسال: سرعت بی باری یا سرعت بار کم

ماشین کنترل dc: سرعت بی باری

فرکانس: فرکانس ولتاژ بر حسب هرتز است.

قدرت: قدرت برای موتور بر حسب اسب بخار و برای مولدها بر حسب وات بیان می شود. این قدرت مربوط به قدرت خروجی مداومی است که ماشین قادر به تحویل آن است. این قدرت نامی تابعی از ظرفیت حرارتی ماشین است که بستگی به اندازه بدنه و کلاس عایقی دارد.

افزایش درجه حرارت: حداکثر افزایش مطمئن درجه حرارت به درجه سلسیوس در نقطه گرم ماشین، نقطه گرم معمولاً در سیم پیچی آرمیچر قرار دارد. اساساً دو نوع پوشش برای ماشین بسته به محیط و تاسیسات خنک کنندگی خارج تعیین می شود که عبارتند از:

پوشش باز (ضد چکه - ضد پاشش - تهویه خارجی و غیره).

پوشش کاملاً بسته (غیر قابل نفوذ، بدون تهویه، ضد گرد و خاک، باد بزن دار و غیره).

ولت آمپر: برای موتورهای AC این مقدار از ولتاژ جریان نامی بدست می آید. برای قدرت نامی یک فاز.

$$V_a = (V \times I) \text{ و برای سه فاز } VA = (V \times I) \times \sqrt{3}$$

برای مولدهای ac مقدار VA نامی به جای جریان نامی روی پلاک مشخصات نوشته می شود. ضریب توان نامی نیز برای تحریک نامی در بار کامل داده می شود. جریان و ولت آمپر نامی ماشینها با مشخصه حرارتی سیم پیچی تعیین می شوند.

ضریب کارکرد: عددی است برای نشان دادن اینکه چقدر بالاتر از قدرت نامی می توان به طور مطمئن با کار مداوم و بدون گرم شدن زیاد در ولتاژ فرکانس نامی کار کرد. این عده در حدود 10 تا 15 درصد اضافه بار برای اغلب ماشین هاست و ضریب کار 1/1 تا 1/5 است. اضافه بار کوتاه مدت را معمولاً می توان از سازنده خواست.

شاخص بازده: این شاخص به پلاک ماشینهای پر بازده اضافه می شود. چندین نوع شاخص موجود است و باید توجه کرد که این بازده حداقل یا بازده نامی است. مراجع خوب IEEE 112 روش آزمایش MG-1-12.53a NEMS B, است.

مقادیر نامی دیگر: در ماشینهای مخصوص مقادیر نامی دیگری داده می شود. مثلاً در موتورهای کنترل ممکن است گشتاور به اونس اینچ و لختی روی پلاک مشخصات بیاید .

- کاربردهای ماشین DC

کاربردهای ماشین DC شامل بررسی مشخصه کاری آنها همراه با ارزیابی اقتصادی و فنی در مقایسه با دیگر وسایل تبدیل انرژی می باشد . از زمیایا برجسته ماشینهای DC آنست که آنها دارای مشخصه های کاری هستند که به سادگی قابل کنترل می باشند . عیب اصلی آنها سرمایه گذاری اولیه زیاد آنها است . با وجود این هنوز ماشینهای DC بعلت ویژگیهای جذابی که دارند در کاربردهای صنعتی در رقابت با سایر محرکه ها در موقعیت مستحکمی قرار دارند . در این قسمت کاربرد ماشینهای DC به اختصار شرح داده می شوند .

- کاربردهای ژنراتور

با ورود انواع مختلف یکسو کننده های کنترل شده به بازار مصرف، از اهمیت ژنراتورهای DC کاسته شده است. هرگاه انرژی الکتریکی به شکل DC موتور نیاز باشد مشخص شده است که تبدیل AC به DC توسط وسایل یکسو کننده ترانسفورمتری در مقایسه با مجموعه AC به DC موتور-ژنراتور خیلی ارزاتر می باشد. معایب وسایل یکسو کننده ترانسفورماتوری عبارتند از ضریب قدرت پائین، تولید هارمونیک و نیز مشکل در معکوس کردن و ترمز تولید مجدد می باشد. مزایای آن قیمت پائین و فضای اشغال شده کم و سر و صدای کم و نیز کمترین تعمیرات و نگهداری است که در سالهای اخیر بر معایب آن ارجحیت دارد. این به این مفهوم نیست که امروزه دیگر ژنراتورهای DC تولید نمی شوند. بعضی از کاربردهای ژنراتور DC مانند دینامو موتورها (برای اندازه گیری گشتاور و غیره)، ژنراتورهای جوشکاری DC، ژنراتورهای DC نوع کنترل (ژنراتورهای میدان عرضی) برای سیستم های حلقه بسته، ژنراتورهای DC آهنربای دائم (ناکوژنراتور) و نظائر آن غیر قابل جایگزین می باشند. از بین ژنراتورهای DC ژنراتورهای تحریک جداگانه برای کنترل ولتاژ خروجی در حدود وسیع و از ژنراتورهای خود تحریک کمپوند اضافی بای ثابت نگه داشتن ولتاژ ترمینال عموماً مورد استفاده قرار می گیرند. امروزه کاربرد اصلی ژنراتورهای DC تحریک جداگانه عبارتند از: 1) بعنوان منبع ولتاژ تحریک کننده آلترناتورهای بزرگ در نیروگاه ها بعنوان ژنراتور کنترل در سیستم کنترل سرعت وار لئونارد 3) بعنوان منبع تغذیه کمکی و اضطراری.

قدرت لازم برای آبکاری الکتریکی را می توان از منبع جریان متناوب توسط یکسو کننده ها و یا از مولدهای جریان مستقیم بدست آورد. صنعت آبکاری تجهیزات گران قیمت نظیر هواپیما، بمب افکن و غیره ولتاژ DC ثابت و بدون قطع نیاز دارد. این منبع در عمل معمولاً از چند مولد DC که به طور موازی کار می کنند تامین می شود. آن به علت این واقعیت است که منبع ac وصل به یکسو کننده ها مورد استفاده برای آبکاری الکتریکی ممکن است دچار فروافتادگی سهوی ولتاژ و در نتیجه آب دادن معیوب شود. در نتیجه تجهیزات گران قیمت زیر عمل را باید دور ریخت که تلفات زیادی به همراه دارد. بنابراین به کارگیری مولدهای dc موازی برای آب دادن الکتریکی تجهیزات گران قیمت امری اساسی است.

- کاربردهای موتور

موتورهای DC دارای مشخصه گشتاور-سرعت خیلی خوب و دارای حوزه وسیع کنترل سرعت می باشند. علیرغم تلاشهایی که برای حصول کنترل سرعت در حوزه وسیع با موتورهای AC انجام شده ولیکن هنوز فراگیری کاربرد و قابلیت انعطاف موتورهای DC نمی تواند با موتورهای AC رقابت کند. بدین منظور نیازمندی به موتورهای DC حتی در آینده کاهش نمی یابد. بررسی اجمالی از کاربرد موتور DC در زیر آمده است.

موتورهای شنت

1) به ازاء جریان میدان تحریک معین در موتور شنت، کاهش سرعت از بی باری تا بار کامل همراه کمتر از 6 تا 8٪ است. از اینرو موتور شنت را موتور سرعت ثابت می نامند. بنابراین برای محرک های با سرعت ثابت در صنعت از موتورهای شنت DC می توان استفاده کرد. اما این موتورها نمی توانند با موتورهای القایی قفس سنجابی سرعت ثابت رقابت کنند زیرا موتور قفسی ارزاتر و قویتر بوده و نیاز به نگهداری و تعمیرات کمتری دارد.

2) هرگاه محرک سرعت ثابت در سرعت های پائین مورد نیاز باشد، معمولاً مقایسه بین موتورهای سنکرون و موتورهای DC شنت صورت می گیرد. زیرا ساختمان موتور القایی چند فاز با عملکرد خوب با تعداد زیاد قطب مشکل است. برای مورد استعمال با سرعت قابل تنظیم در سرعت های انتخاب موتور شنت DC ترجیح دارد.

3) هنگامی که بار به رنج وسیعی از کنترل سرعت (پائین و بالای سرعت پایه) احتیاج داشته باشد موتور شنت DC بکار رود مانند ماشین تراش و غیره.

4) در یک موتور شنت اگر سیم پیچ میدان از آرمیچر جدا و متصل به یک منبع ولتاژ خارجی شود تبدیل به یک موتور تحریک جداگانه می شود. این موتور کنترل مستقل آرمیچر و میدان تحریک را عرضه می دارد. از آنجائیکه موتورهای DC تحریک جداگانه به راحتی با رنج وسیع کنترل سرعت و گشتاور تطبیق پیدا می کنند در کاربردهای قدرت بالا این موتورها بطور وسیع در غلطک های نورد آلومینیوم و فولاد و سیستم های کنترل سرعت وارد-لئونارد مورد استفاده قرار می گیرند. در کاربردهای قدرت کم، موتور DC تحریک جداگانه بطور وسیع بعنوان موتور کنترل مورد استفاده قرار می گیرد.

موتور کنترل موتور کم قدرتی (کمتر از چند صد وات) با تحریک میدان ثابت و گشتاور T_e مناسب با جریان آرمیچر I_a می باشد.

موتورهای سری

خصوصیت برجسته موتورهای سری این است که به مجرد اینکه گشتاور بار لازم باشد سرعت بطور اتوماتیک کاهش می یابد. کاهش سرعت همراه با افزایش گشتاور بار یا عکس آن فقط تاثیر کمی روی میزان قدرت الکتریکی گرفته شده توسط موتور سری دارد.

(1) از آنجائیکه موتور سری در راه اندازی بارهای سنگین از خود استقامت خوبی نشان می دهد و از طرفی می تواند گشتاورهای راه اندازی بالایی تولید کند لذا بهترین محرک برای حرکت بالا برها، قطارها، خاک بردارها، جرثقیل ها و غیره است. موتورهای القایی روتور سیم پیچی شده با موتورهای سری رقابت می کند اما انتخاب از نظر اقتصادی مطرح است. در هر حال رای استفاده در حمل و نقل فقط موتور سری انتخاب می شود. بنابراین موتورهای سری استفاده زیادی در همه انواع وسائط نقلیه الکتریکی از قبیل قطارهای برقی، تراموای شهری، وسائط تغذیه شده از باتری قابل حمل و نقل، موتورهای راه انداز خود رو و غیره دارند.

(2) موتورهای سری برای به حرکت درآوردن بارهای با اتصال دائم مانند بادبزین مورد استفاده قرار می گیرند زیرا گشتاور بار آنها متناسب با مجذور سرعت تغییر می کند.

(3) برای اجتناب از آلودگی هوا در شهرهای بزرگ اکنون اتومبیلهایی که با باتری کار می کنند در مقیاس وسیع معمول شده است. برای چنین اتومبیلهایی موتورهای سری که با برشگر کنترل می شوند بسیار مناسب است.

موتورهای کمپوند

(1) موتور کمپوند با میدان سری قوی مشخصه ای نزدیک به موتور سری دارد. بنابراین این نوع موتورهای کمپوند برای بارهای با گشتاورهای راه اندازی بالا که احتمالاً به صرف کاهش می یابند مورد استفاده قرار می گیرند. در موتور سری معمولی، سرعت بی بار بطور خطرناکی بالا می رود اما در موتور کمپوند سرعت بی باری توسط میدان شنت ضعیف محدود می گردد.

(2) موتور کمپوند با میدان سری ضعیف مشخصاتی نزدیک به موتور شنت دارد. میدان سری ضعیف سبب می شود مشخصه گشتاور - سرعت نسبت به موتور شنت معمولی افت زیادی داشته باشد. چنین موتورهای کمپوند با مشخصه پر شیب هنگامی استفاده می شوند که بار با کار نوبه ای در محدوده وسیعی نوسان داشته باشد.

چرخهای طیار به محور چنین موتورهای کمپوند متصل می شوند که نقش متعادل کننده بار را دارند . در زمان بار کم، چرخهای طیار مقدار از انرژی جنبشی را ذخیره می کنند اما در بار پیک ، سرعت موتور کاهش می یابد تا چرخ طیار مقدار از انرژی ذخیره شده را به بار تحویل دهد . این امر باعث کم شدن انرژی دریافتی از منبع تغذیه می گردد . محرکهایی که در آنها از چنین موتورهای کمپوندی استفاده می شود عبارتند از غلطکهای نورد ، منگنه پرس ، ماشین طراحی یا ماشین فرز و غیره .

3) هنگامی که ولتاژ تغذیه دو سر ترمینالهای موتور تغییرات محسوسی داشته باشد مانند موتورهای حمل و نقل در آنصورت استفاده از موتورهای کمپوند ترجیح داده می شود . میدان سری به کاهش تغییرات جریان آرمیچر کشیده شده از منبع کمک می کند که این به علت اندوکتانس سیم پیچ تحریک و نیز اثر نیروی محرکه مغناطیسی میدان سری روی شار اصلی و بنابراین بر روی نیروی ضد محرکه الکتریکی موتور می باشد .

4) موتور کمپوند نقصانی هرگز به کار نمی رود . در این موتور میدانهای شنت و سری با یکدیگر مخالفت می کنند و ممکن است که در بعضی حالات کاری مقدار شار مغناطیسی در فاصله هوایی صفر شود . هنگامی که این اتفاق می افتد سرعت موتور $(n\alpha \frac{1}{\phi})$ بطور خطرناکی بالا رفته و جریان آرمیچر به مقدار زیادی افزایش می یابد . سرعت بالا و افزایش جریان آرمیچر باعث تحمیل شرایط سخت را اهندازی به موتور می شود و در نتیجه ممکن است موتور کمپوند نقصانی آسیب ببیند .

در هنگام راه اندازی موتور کمپوند نقصانی میدان سری به میدان شنت غلبه دارد . در نتیجه موتور در اثر تولید گشتاور در یک جهت مثلا جهت خلاف ساعت می چرخد . اندکی بعد میدان شنت به میدان سری غلبه کرد به طوری که میدان معکوس می شود و بنابراین گشتاور موتور نیز معکوس می شود . حال گشتاور در جهت ساعت است . در نتیجه سرعت موتور از جهت خلاف ساعت افت می کند به صفر می رسد . و سرانجام موتور شروع به گردش در جهت ساعت می کند . وقتی موتور از سرعت صفر می گذرد جریان آرمیچر $I_n = \frac{V_t}{r_a}$ به طور خطرناکی بالا رفته و کموتاتور و سیم پیچی

آرمیچر ممکن است آسیب ببیند . بنابراین موتور کمپوند نقصانی هرگز در عمل به کار نمی رود .

در انتها بایستی تاکید کرد که انتخاب موتور DC برای استفاده در محرکههای قابل تنظیم در سرعت نباید فقط براساس محاسن یا معایب آن باشد . در حقیقت باید تمام جایگزین های مختلف از نقطه نظرهای فنی و اقتصادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند . مشخصه های کاری موتور و بار باید با یکدیگر سازگار باشد . در عین حال مطالعات مقایسه ای باید

بر اساس ترکیب موتور و تجهیزات کنترلی متعلقه نیز انجام گیرد. از آنجائیکه ماشینهای DC به راحتی با شرایط کنترل تطبیق پیدا می کنند بنابراین وسایل تبدیل انرژی فراگیر (متنوع) به حساب می آیند و از اینرو نیاز به آنها بطور مداوم رو به افزایش است.

چند نمونه حل مثال از مولدها و موتورهای DC

مثال: یک موتور سری جریان مستقیم در سرعت R.P.m750 کار می کند و از شبکه 230V, 80A جریان می گیرد مقاومت مدار آرمیچر 0.14 و مقاومت مدار میدان 0.11Ω است. اگر شار مربوط به جریان 540, 20A شار مربوط به جریان 80A باشد سرعت موتور به ازای جریان 20A و ولتاژ 230V را بیابید.

$$n_1 = 750 \text{ R.P.m} \quad V_t = 230 \text{ V} \quad I_L = I_s = I_a = 80 \text{ A}$$

$$R_a = 0.14 \Omega \quad R_s = 0.11 \Omega \quad I = 20 \text{ A} \quad n = ?$$

$$E_{a_1} = V_t + I_a (R_a + R_s) = 230 + 80(0.14 + 0.11) = 210 \text{ V}$$

$$E_{a_2} = 230 + 20(0.14 + 0.11) = 225 \text{ V}$$

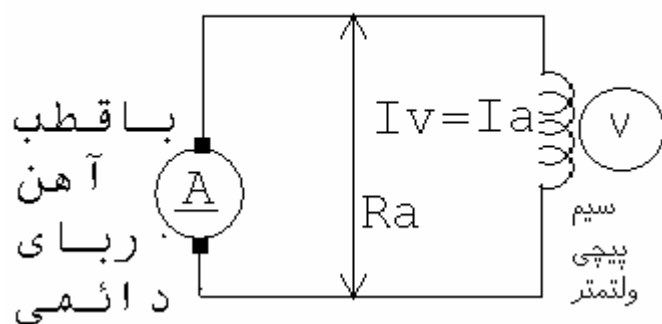
$$\phi_2 = 0.4 \phi_1$$

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{\kappa_{a_1} \times \phi_1 \times \omega_1}{\kappa_{a_2} \times \phi_2 \times \omega_2} \Rightarrow \frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{\phi_1 \times \frac{2\pi n_1}{60}}{0.4 \phi_1 \times \frac{2\pi n_2}{60}} \Rightarrow \frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{n_1}{0.4 n_2}$$

$$\Rightarrow \frac{210}{225} = \frac{750}{0.4 n_2} \Rightarrow n_2 = 2009 \text{ R.P.m}$$

نتیجه مثال بالا: وقتی بار موتور سری کاهش یابد سرعت زیاد و تقریباً به بی نهایت می رسد پس در نتیجه می خواهد که از جای خود کنده شود پس موتورهای سری باید توسط کوپلینگ با بار درگیر شود و نه توسط تسمه.

مثال: سرعت سنجی از یک مولد DC دو قطب با قطب هایی از آهن ربای دائم ساخته شده و ولت سنجی به دو سر آن بسته شده است مولد آرمیچری با 1000 دور سیم در دو انشعاب دارد و مقاومت میان جاروبک هایش 1000Ω است. شار شکاف هوایی 36000 خط بر قطب است مقاومت ولت سنج DC که مستقیماً به دو سر جاروبک ها وصل



شده 2000Ω است اگر ولت سنج 5V را نشان دهد سرعت بر حسب دور در دقیقه چقدر است؟

$$P=2 \qquad Z=1000 \qquad a=2 \qquad R_a=1000 \Omega$$

$$R_v=2000 \Omega$$

$$\phi = 36000 \frac{\text{خط}}{\text{قطب}} \qquad V_t = 5V \qquad n = ? \text{ R.P.m}$$

$$I_v = \frac{V_t}{R_v} = \frac{5}{2000} = 2.5 \times 10^{-3} A = 2.5 \text{ mA}$$

$$V_t = E_a - R_a I_a \Rightarrow E_a = V_t + R_a I_a \Rightarrow$$

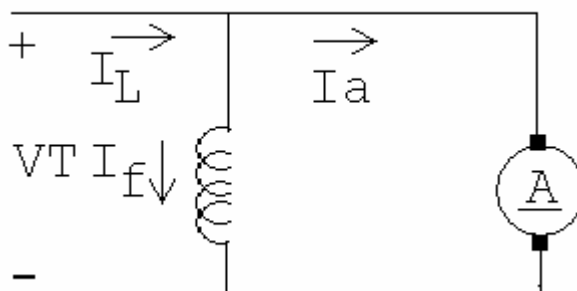
$$E_a = 5 + (1000 \times 2.5 \times 10^{-3}) = 7.5V$$

$$E_a = \frac{Z}{a} \times P \times \phi \times \frac{n}{60} \Rightarrow n = \frac{E_a \times a \times 60}{Z P \phi} = \frac{7.5 \times 2 \times 60}{1000 \times 2 \times 36000 \times 10^{-8}} = 1250 \text{ R.P.m}$$

$$10^{-8} \text{ wb} / \text{خط} = \text{بر قطب} / \text{ماکسول} \quad 1$$

مثال: مقاومت مدار آرمیچر یک موتور شنت جریان مستقیم 230 ولتی، 0.1Ω است آرمیچر این موتور از خط اصلی
جریانی برابر 100A می کشد هرگاه مقاومت خارجی 1Ω متوالی با آرمیچر بسته شود و گشتاور الکترومغناطیسی و
وضعیت رئوستای میدان تغییر نکند:

الف) جریان کلی که موتور از شبکه می گیرد چند درصد تغییر می کند..



$$\begin{aligned}
 V_t &= 230V & R_a &= 0.1\Omega & I_a &= 1\Omega \text{ سری} \\
 I_{L_1} &= I_{f_1} + I_{a_1} & I_{L_2} &= I_{f_2} + I_{a_2} & T_{m_1} &= k_{a_1} \phi_1 I_{a_1} \\
 T_{m_2} &= k_{a_2} \phi_2 I_{a_2} & T_{m_1} &= T_{m_2} \Rightarrow k_{a_1} \phi_1 I_{a_1} & &= k_{a_2} \phi_2 I_{a_2}
 \end{aligned}$$

چون وضعیت رئوستای تحریک ثابت است در نتیجه جریان تحریک ثابت و همچنین شارهای $k_{a_1} = k_{a_2}$
مغناطیسی $\phi_1 = \phi_2$ و تغییر نمی کند پس $I_{a_1} = I_{a_2}$ و در نتیجه $I_{L_1} = I_{L_2}$ می شود پس در نتیجه جریان تغییر نمی
کند.

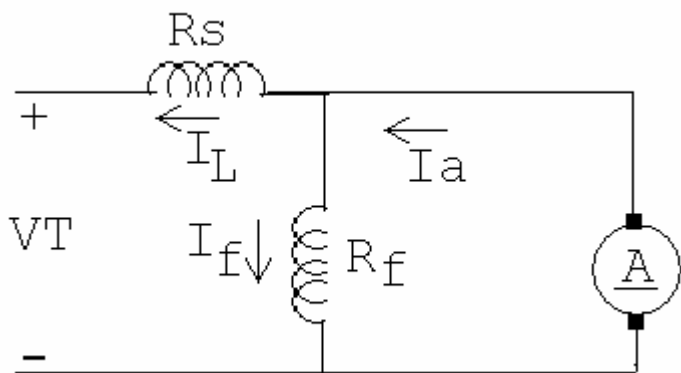
مثال: مولوکمپیوند با شفت کوتاه در سرعت 1000 R.P.m تحت ولتاژ $44 \text{ kw}, 220\text{V}$ را تغذیه می کند مقاومت

های آرمیچر، میدان شفت و میدان سری به ترتیب $0.05, 120, 0.04$ اهم هستند ضریب در بار کامل 90% می

باشد مطلوبست تعیین:

(1) تلفات مسی (2) تلفات آهنی و اصطکاکی (3) گشتاور ایجاد شده توسط حرکات اولیه

(1)



$$\rho_{cu} = \rho_m - \rho_2$$

$$I_L = \frac{\rho_2}{V_t} = \frac{44000}{220} = 200 \text{ A}$$

$$I_F \Rightarrow V_F = 220 + (200 \times 0.05) 230\text{V}$$

$$I_F = \frac{V_F}{R_F} = \frac{230}{120} = 1.91 \text{ A}$$

$$I_F = 200 + 1.01 = 201.91 \text{ A}$$

$$E_a = V_t + (R_a + R_s) I_a = 220 + (0.04 + 0.05) 201.91 = 238.17 \text{ V}$$

$$\rho_m = E_a I_a = 238.17 \times 201.91 = 48.08 \text{ kVA}$$

$$\rho_{cu} = 48.08 - 44 = 4.08$$

$$\rho_{fe} = \rho_1 - \rho_m = 48.8 - 48.08 = 0.72 \text{ kw}$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2}{\eta} = \frac{44}{0.9} = 48.8 \text{ kw} \quad (2)$$

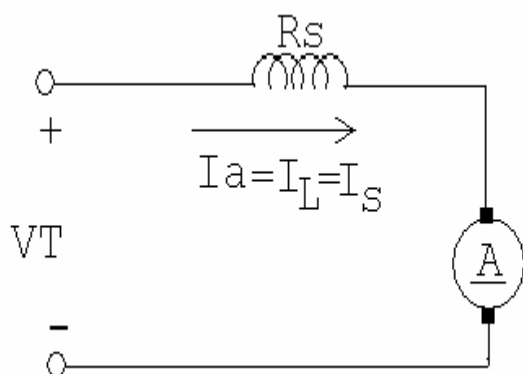
$$\tau_1 = \frac{\rho_1}{\omega} = \frac{\rho_1}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{60 \rho_1}{2\pi n} = \frac{60 \times 68800}{2\pi \times 1000} = 666 \text{ N.m} \quad (3)$$

مثال: سیم بندی آرمیچر یک موتور سری 200V ، 4 قطب، $a=4$ حلقوی می باشد این آرمیچر دارای 280 شیار

بوده که در هر شیار 4 هادی قرار گرفته است جریان 45A بوده و فوران به ازای هر قطب 18mwb می باشد

مقاومت میدان سری 0.3Ω است. مقاومت میدان آرمیچر 0.5Ω بوده و تلفات کل آهنی و اصطکاک $800w$ است.

قطر چرخ محرک $0.60m$ است مطلوبست محاسبه کشش وارد بر حاشیه چرخ محرک بر حسب $k9$



$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.406}{2} = 0.203m$$

$$V_t = 200V \quad \rho = 4 \quad a = 4$$

$$I = 45A \quad \text{هادی در شیار} = 280 \quad \text{شیار ها}$$

$$\phi = 18mwb \quad R_s = 0.3\Omega$$

$$R_A = 0.5\Omega \quad \rho_{fe} = 800w$$

$$\tau = F.r \Rightarrow F = \frac{\tau}{r} \quad z = 280 \times 4 = 1120$$

$$E_a = V_t - (R_a + R_s)I = 200 - (0.5 + 0.3)45 = 164V$$

$$E_a = \frac{z}{a} \cdot \rho \cdot \phi \cdot \frac{n}{60} \Rightarrow n = \frac{E_a \cdot a \cdot 60}{z \cdot \rho \cdot \phi} = \frac{164 \times 4 \times 60}{1120 \times 2 \times 18 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow n = 976 R.P.m$$

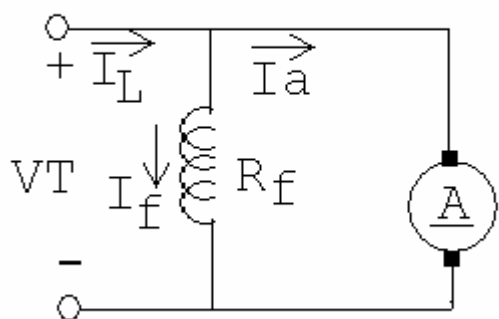
$$\rho_{in} = V_t \times I = 200 \times 45 = 9000w = 9kw$$

$$Loss_{cu} = \rho_{cu} + \rho_{fe} = 1620 + 800 = 6580w$$

$$\rho_{out} = \rho_{in} - Loss_{cu} = 9000 - 2420 = 64.8N.m$$

$$F = \frac{\tau}{r} = \frac{64.8}{0.203} = 319 / 21 \Rightarrow F = \frac{319 / 21}{9.81} = 32 / 53$$

مثال: یک موتور شنت جریان مستقیم $230V$ با سرعت $1000R.P.m$ می چرخد و $5A$ جریان می کشد مقاومت



آرمیچر موتور 0.025Ω است و مقاومت میدان شنت 230Ω است مطلوبست محاسبه افت سرعت وقتی که موتور باردار شده و $41A$ می کشد از عکس العمل آرمیچر صرف نظر کنید .

$$V_t = 230V$$

$$n_1 = 1000 \text{ R.P.m}$$

$$I_{L_1} = 5A$$

$$R_a = 0.025\Omega$$

$$R_F = 230\Omega$$

$$I_{L_2} = 41A$$

$$\Delta n = ?$$

$$I_F = \frac{V_F}{R_F} = \frac{230}{230} = 1A$$

$$I_{a_1} = I_{L_1} - I_F = 5 - 1 = 4A$$

$$E_{a_1} = V_t - R_a I_{a_1} = 230 - (0.025)(4) = 229.9V$$

$$I_{a_2} = I_{L_2} - I_F = 41 - 1 = 40A$$

$$E_{a_2} = 230 - (0.025)(40) = 229V$$

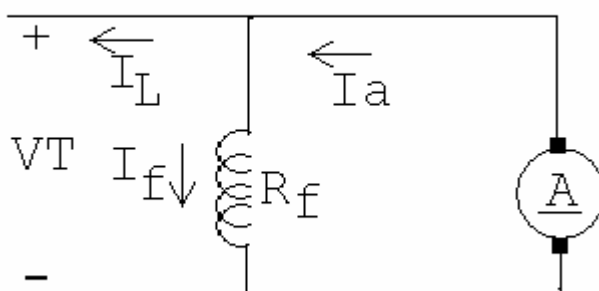
$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{229.9}{229} = \frac{1000}{n_2} = 996 \text{ R.P.m}$$

$$\Delta n = n_1 - n_2 = 1000 - 996 = 4 \text{ R.P.m}$$

4 دور سرعت کم می شود .

مثال : ژنراتور تنشی $50kw$ تحت ولتاژ $250V$ و سرعت 600 R.P.m تحویل بار می دهد مقاومت میدان و

آرمیچر به ترتیب $0.02\Omega, 50\Omega$ است سرعت ماشین را در حالتی که به صورت یک موتور شنت کار می کند $50kw$ و



تحت ولتاژ 250V ورودی دارد حساب کنید. 1V برای هر جاروبک افت در نظر بگیرید.

$$\begin{aligned} \rho_2 &= 50 \text{kw} & V_t &= 250 \text{V} \\ n_G &= 600 \text{Rpm} & R_F &= 50 \Omega \\ R_a &= 0.02 \Omega & n_m &= ? \\ E_{aG} &= (V_t + R_a I_a) + 2 = \\ I_a &= I_L + I_F & I_F &= \frac{250}{50} = 5 \text{A} \\ I_L &= \frac{50000}{250} = 200 \text{A} & I_a &= 200 + 5 = 205 \text{A} \\ E_{aG} &= (V_t + R_a I_a) + 2 = (250 - (0.02 \times 205)) + 2 = 256.1 \text{V} \\ I_a &= I_L + I_F = 200 - 5 = 195 \text{A} \\ \frac{E_{aG}}{E_{am}} &= \frac{nG}{nm} \Rightarrow \frac{256.1}{244.1} = \frac{400}{nm} \Rightarrow nm = 381 \text{R.p.m} \end{aligned}$$

تعیین کنید جریان القایذیر و سرعت یک موتور شنت جریان دائم در هر یک از حالات زیر چگونه تغییر می کند اگر:

1- فشار القایذیر نصف شود - جریان تحریک و گشتاور بار ثابت بماند .

2- فشار القایذیر نصف شود p_2, I_F ثابت بماند .

3- شار تحریک 2 برابر گردد فشار القایذیر و گشتاور بار ثابت بماند .

4- شار تحریک و فشار القایذیر نصف گردد توان خروجی ثابت بماند.

5- فشار القایذیر نصف شود شار تحریک ثابت بماند و گشتاور بار با توان دوم سرعت تغییر کند ؟

$$E_a = k \phi \omega_m \approx V \quad T = k_a \phi I_a \quad p = VI_a \approx E_a I_a$$

I_a جریان آرمیچر	ω_m سرعت	T ϕ V_a
--------------------	-----------------	------------------

I_a ثابت	$\frac{1}{2} \omega_m$	$\tau \quad \phi \quad \frac{1}{2} V_a \quad (1)$
$2I_a$	$\frac{1}{2} \omega_m$	$P_{=Con} \quad \phi \quad \frac{1}{2} V_a \quad (2)$
$\frac{I_a}{2}$	$\frac{1}{2} \omega_m$	$T \quad \tau \quad \phi \quad V_a \quad (3)$
$2I_a$	ω_m	$P \quad \phi/2 \quad \frac{V_\phi}{2} \quad (4)$
$\frac{1}{4} I_A^2$	$\frac{\omega_m}{2}$ نصف	$T = K \phi \omega^2 \quad \frac{V_a}{2}$

یک مولد شنت جریان مستقیم 20kw در قدرت خروجی نامی خود در سرعت 1000 دور در دقیقه دارای ولتاژ خروجی 500 ولت است مقاومت آرمیچر و میدان به ترتیب 10/1 اهم و 500 اهم بوده و افت ولتاژ هر جاروبک 9 ولت می باشد سرعت ماشین را وقتی که با سرعت موتور شنت کار می کند و ورودی 20kw از یک منبع DC را دارد را حساب کنید؟

$$P_2 = 20kw$$

$$n = 1000 \text{ r.p.m}$$

$$E_{a1} = V_T + (R_a I_a + V_{Rb}) = 500 + [(0.1 \times 41) + 2]$$

$$V_T = 500V$$

$$E_{a1} = 506.1V$$

$$R_a = 0.1 \Omega$$

$$I_L = \frac{20kw}{500} = 40A$$

$$R_F =$$

$$I_F = \frac{500}{500} = 1$$

$$I_A = I_F + I_L = 41A$$

$$E_{a2} = V_T + (R_a I_a + V_{Rb}) =$$

$$E_{a2} = 500 - [(0.1 \times 41) + 2] = 500 - 6.1 = 493.9$$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{n_1}{n_2} \quad n_2 = \frac{1000 \times 493.9}{506.1} =$$

موتوری

$$975.9 \text{ r.p.m}$$

فصل سوم:

چند نمونه ماشین خاص

موتورهای کموتاتوری

موتورهای کموتاتوری ac آرمیچری دارند که مشابه آرمیچر ماشین های dc است مدار مغناطیسی تحریک آن موقر است تا جریان فوکو را کاهش دهد معمولی ترین ماشین کموتاتوری ac موتور سری یکفاز است گرچه بعضی موتورهای سری سه فاز و موازی سه فاز هم وجود دارد .

موتورهای کموتاتوری ac بر موتورهای القایی دو مزیت دارند محدوده وسیع سرعت و گشتاور راه اندازی زیاد بعلاوه موتورهای سری را می توان در چندین برابر سرعت سنکرون موتور القایی به کار برد. موتورهای تکفاز کموتاتوری به دو دسته تقسیم می شوند :

1- یونیورسال (اینورسال) جامع - سری

2- دفعی ریپولسیون

موتور سری ac یکفاز

موتور سری dc با مدار مغناطیسی تحریک موقر را می توان برای کار با ac ساخت در حقیقت موتورهای سری کوچک تا قدرت نامی HP 1/4 که به نام موتور یونیورسال مشهورند طراحی شده اند که با dc , ac کار کنند . سیم پیچ جبرانگر در موتور ac سری مشابه ماشین های dc است که برای جبران mmf (نیروی محرکه مغناطیسی) آرمیچر بکار می رود .

در ادامه مفصلا به شرح جزئیات پرداخته می شود .

پدیده کموتاسیون در ماشین های کموتاتوری

وظیفه اصلی کموتاتور این است که با تغییر تماس جاروبک از یک تیغه کموتاتور به تیغه دیگر از تغییر جهت جریان در مدار خارجی جلوگیری کند این عمل کموتاسیون نام دارد و مدت زمانی که طول می کشد تا اتصال از یک تیغه به تیغه دیگر تغییر کند زمان کموتاسیون نامیده می شود هر چه جاروبک پهن تر و سرعت ماشین کمتر باشد مدت زمان کموتاسیون طولانی تر است . در طی این زمان جهت جریان در کلافی که دو سر آن به دو تیغه مجاور وصل است عوض می شود به همین دلیل لازم است در زمانی که دو سر یک کلاف اتصال کوتاه می شود نیروی محرکه ای در

آن القا نشود برای انجام این امر لازم است که کلاف اتصال کوتاه شده در این لحظه فوراً مغناطیسی را قطع نکند به عبارتی طی زمان کموتاسیون باید کلاف اتصال کوتاه شده در صفحه خنثی قرار گرفته باشد .

میدان مغناطیسی که به نام میدان اصلی نیز معروف است توسط سیم پیچ قطب های اصلی ساخته می شود در اثر عبور جریان از آرمیچر یک میدان مغناطیسی بوجود می آید این میدان را میدان عرضی آرمیچر می گویند تاثیر میدان آرمیچر بر میدان اصلی قطب ها را عکس العمل آرمیچر می گویند عکس العمل آرمیچر سبب تضعیف میدان اصلی می شود.

همانطور که گفته شد پهنای زغال بزرگتر از پهنای عایق بین دو تیغه کلکتور است در لحظاتی دو تیغه مجاور توسط جاروبک ها بهم متصل می شوند به همین دلیل مثلاً در سیم پیچی حلقوی سر و ته یک کلاف که به دو تیغه کنار هم وصل است اتصال کوتاه می شود برای اینکه انرژی تلف نشود بایستی کلاف اتصال کوتاه شده فاقد ولتاژ باشد در طراحی ماشین ها محل قرار گرفتن جاروبک ها را به نحوی تعیین می کنند تا بازوهای کلاف اتصال کوتاه شده در ناحیه خنثی یا بعبارت دیگر در منطقه بین دو قطب قرار داشته باشد و ولتاژی در آن القا نشود از آنجائیکه عکس العمل آرمیچر سبب انحراف محور خنثی می شود لذا کلافی که اتصال کوتاه می شود دیگر در ناحیه خنثی نبوده و در آن ولتاژ القا می شود پس انرژی موجود در آن به هنگام اتصال کوتاه با ایجاد یک جریان ناخواسته در کلاف تلف می شود و هم چنین جرقه شدیدی در زیر جاروبک ها ظاهر می شود .

برای از بین بردن و یا کم کردن اثر عکس العمل آرمیچر در ماشین های DC می توان از سیم پیچ جبرانگر یا کمپانزه یا خنثی کننده استفاده نمود تا میدان عرضی آرمیچر را در ناحیه قطب ها خنثی کنند این سیم پیچ ها در پیشانی قطب های اصلی تعبیه می شود .

در شرایط کار حالت دائمی ضرایب خودالقا مدارهای تحریک و آرمیچر وقتی موتور با جریان مستقیم کار می کند خیر اما راکتانس القایی تحریک و آرمیچر وقتی موتور با جریان متناوب کار می کند نقش تعیین کننده ای دارند سیم پیچ جبرانگر در موتور سری جبران کننده ضریب توان را نه تنها در راه اندازی بلکه در حالت کار نیز بهبود می بخشد .

مزیت دیگری نیز وجود دارد و آن افزایش جریان راه اندازی به علت راکتانس القایی کمتر موتور جبرانی است .

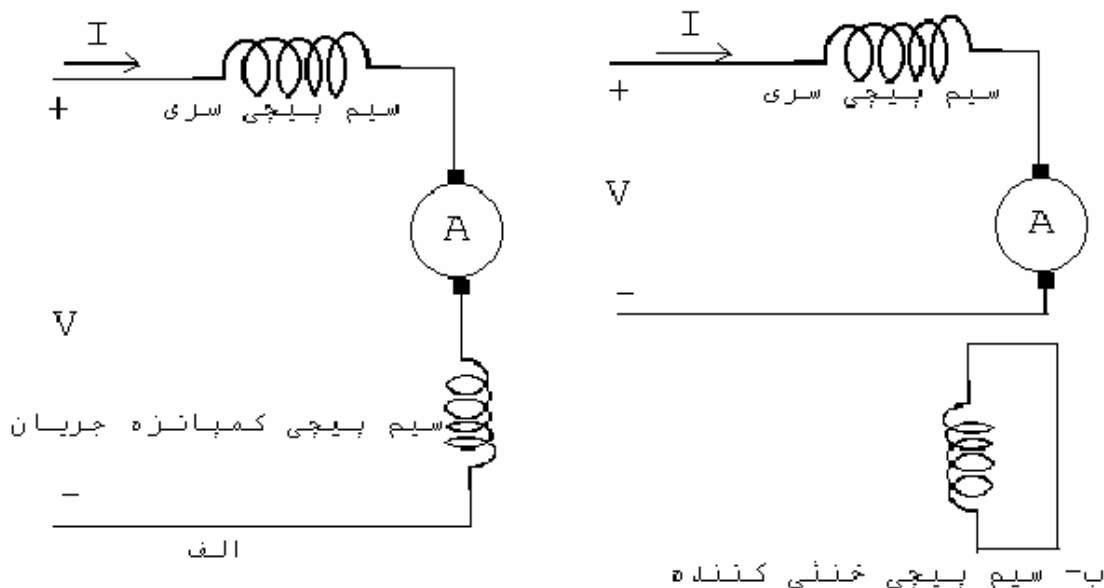
دو روش جبران سازی وجود دارد یکی مشابه ماشین های DC است . یعنی جبران هدایتی که در آن سیم پیچ جبرانگر با آرمیچر سری می شود . در روش دیگر سیم پیچ جبرانگر اتصال کوتاه شده و جریان آن به علت عمل ترانسفورماتوری ناشی از تزویج مغناطیسی با آرمیچر به آن وابسته است اگر یک موتور سری جریان متناوب به یک

شبکه تغذیه کننده جریان متناوب وصل شود موتور گردش کرده و گشتاوری با جهت واحد اعمال می کند زیرا جریان عبور کننده از آرمیچر و میدان هر دو در یک زمان عکس می شود اما نحوه کار یک چنین موتوری به دلایل زیر رضایت بخش نیست .

1- فوران متناوب با وجود آمدن تلفات جریان گردابی (فوکو) زیادی در یوغ (هسته) میدان شده و در نتیجه به طرز نامطلوب گرم می شود .

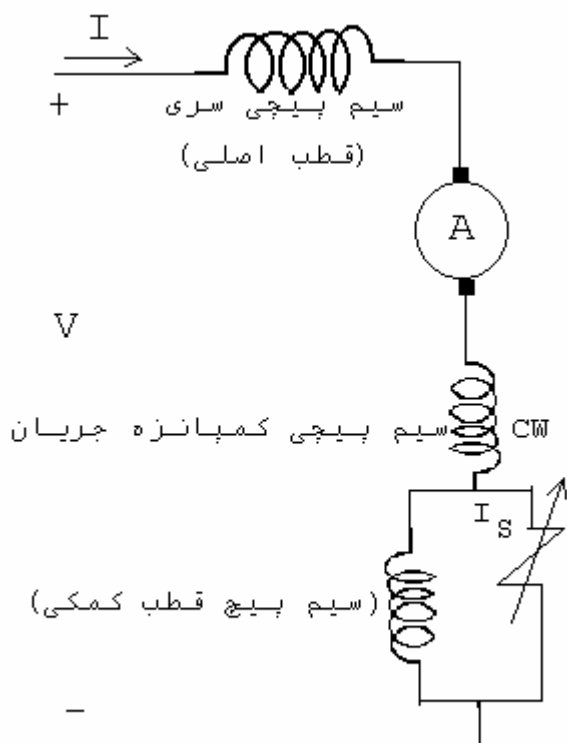
2- در جاروبک ها به دلیل ولتاژ و جریان القا شده زیاد در سیم پیچی های آرمیچر اتصال کوتاه شده در طول پریودهایش جرقه های بسیار نامطلوبی پدید خواهد آمد .

3- ضریب قدرت به دلیل اندوکتانس زیاد میدان و مدارهای آرمیچر کم است لذا با اصلاح کامل طرح وسایل تصفیه ها موتور تکفاز رضایت بخش تولید شده است تلفات جریان گردابی بوسیله ورق ورق کردن تمام اسکلت آهنی هسته های میدان و یوغ کاهش یافته است ازدیاد ضریب قدرت فقط با تقلیل دادن مقادیر راکتانس های سیم پیچی میدان و آرمیچر امکان پذیر است راکتانس میدان بوسیله کاهش دادن تعداد دورهای سیم بندی میدان تقلیل می یابد برای یک جریان مفروض این عمل نیروی محرکه مغناطیسی را تقلیل خواهد داد که به دنبال آن فوران فاصله هوایی کاهش خواهد یافت این پدیده تمایل به افزایش دادن سرعت ولی کاهش دادن گشتاور موتور خواهد داشت برای بدست آوردن همان گشتاور حالا لازم خواهد بود تعداد دورهای آرمیچر به تناسب افزایش یابد این عمل باعث ازدیاد راکتانس القایی آرمیچر خواهد شد بنابراین راکتانس کلی موتور بطور قابل تشخیصی کاهش نخواهد یافت نیروی محرکه مغناطیسی افزایش یافته آرمیچر را می توان بطور موثری بوسیله بکار بردن یک سیم بندی کمپانزه کننده (خنثی کننده) خنثی کرد در موتورهایی که بوسیله هدایت کمپانزه شده اند سیم بندی کمپانزه کننده با آرمیچر سری بسته شده طبق شکل (الف) و در صورتی که در موتورهای کمپانزه شده بطور القایی سیم بنی کمپانزه شده بصورت اتصال کوتاه می شود و هیچ اتصالی با مدار موتور ندارد (شکل ب)



جبران هدایتی (شکل الف) مزیت کار با هر دو ac , dc هر دو را دارد و مقدار کمی از فوق جبران را برای اصلاح کموتاسیون اجازه می دهد سیم بندی کمپانزه کننده بصورت ثانویه اتصال کوتاه شده یک ترانسفورماتور و سیم بندی آرمیچر بصورت اولیه آن عمل می کند جریان در سیم بندی کمپانزه کننده با جریان آرمیچر متناسب بوده و 180^0 با آن مزیت اختلاف فاز دارد جبران القایی این است که سیم پیچ جبرانگر به منبع وصل نیست و می تواند با ولتاژ خیلی کم ساخته شود و لذا به عایق کمتر نیاز داشته و در نتیجه استفاده بهتر از موادهای با فضای مناسب را اجازه می دهد اما جبران القایی را نمی توان در موتورهایی به کار برد که با dc هم کار می کنند و نمی توان فوق جبران بدست آورد در موتور ac در پیچک های اتصال کوتاه شده آرمیچر که تحت کموتاسیونند به علت تزویج ترانسفورماتوری با سیم پیچ تحریک جریان القا می شود این جریان های اتصال کوتاه شده سهمی در گشتاور ندارند ولی در حقیقت مزاحم بوده و ممکن است گرم شدن جدی بخصوص در راه اندازی به همراه داشته باشد وقتی آرمیچر شروع به چرخش کرد پیچک های اتصال کوتاه با ترک کردن جاروها باز شده و جای خود را به پیچک های دیگری می دهند که به طور لحظه ای اتصال کوتاه و باز می شوند نتیجه قطع این جریان جرقه جاروها و تجمع حرارت در چند تیغه زیر جاروهاست . اما وقتی موتور سرعت قابل ملاحظه ای بدست آورد حرارت روی تمام تیغه ها توزیع می شود که در امتداد کاهش جریان این شرایط تعدیل می شود این جبران فاصله هوایی کمتری را ممکن می سازد که نتیجه اش تعداد دور کمتر سیم پیچ تحریک با راکتانس القایی خیلی کمتر تحریک است به علت مشکلات کموتاسیون کار موتورهای سری ac بزرگ به فرکانس ها کم $16 \frac{3}{2}$ و 25 هرتز محدود است و این موتورها اساسا برای حمل و نقل به کار برده می شود .

همان طور که گفتیم عکس العمل آرمیچر سبب تضعیف میدان مغناطیسی اصلی و انحراف محور خنثی می شود در نتیجه نیروی محرکه القا شده در سیم پیچ کم شده تلفات انرژی در ماشین و جرقه در زیر جاروبک ها بوجود می آید و سیم پیچ جبرانگر که در پیشانی قطب های اصلی قرار دارد اثر میدان عرض آرمیچر را در زیر قطب های اصلی از بین می برد .

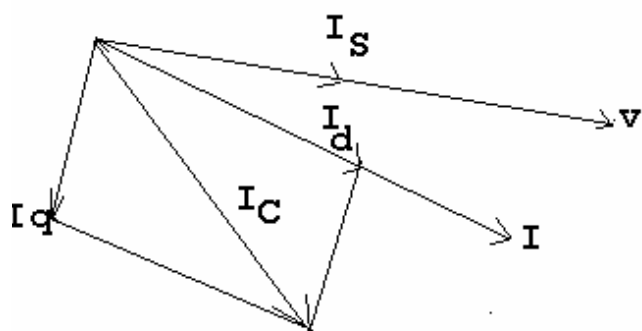


برای از بین بردن و یا کم کردن اثر عکس العمل آرمیچر می توان از قطب های کمکی استفاده نمود قطب های کمکی در تمام ماشین های کموتاتوری سری جریان مستقیم و متناوب بکار گرفته می شود .

قطب های کمکی میدانی در خلاف جهت میدان آرمیچر ایجاد می کنند که اثر میدان عرضی را از بین می برد در ماشین هایی که از قطب کمکی استفاده می کنند در اثر افزایش و یا تغییر بار منطقه خنثی تغییر نمی کند قطب های کمکی این امکان را نیز بوجود می آورند که جرقه جاروبک ها خیلی ضعیف شود در ماشین های بزرگتر از قطب های کمکی و سیم پیچ جبرانگر با هم ضعیف شود در

ماشین های بزرگتر از قطب های کمکی و سیم پیچ جبرانگر با هم استفاده می شود در این نوع موتورها همچنین برای از بین بردن جرقه های زیر زغال ها از روش شنت کردن سیم بندی هر یک از قطب های کموتاته کننده با یک مقاومت غیرالقایی می باشد مانند شکل بالا

شکل زیر دیاگرام برداری یک قطب کموتاتور شنت شده را نشان می دهد جریان I_C قطب کمکی (که از جریان کل موتور عقب می افتد) را می توان به دو مولفه عمود بر هم I_q ، I_d تجزیه کرد I_d فورانی ایجاد می کند که با جریان کل



موتور I هم فاز می باشد در صورتی که فوران ایجاد شده توسط I_q به اندازه 90^0 درجه از I عقب تر است از این رو با تنظیم کامل مقاومت شنت ولتاژ ایجاد گردیده در بوبین اتصال کوتاه شده بوسیله قطع مولفه پس فاز 90^0 فوران قطب کمکی را ممکن است وادار به خنثی کردن ولتاژ القا شده توسط عمل ترانسفورماتوری می شود

عمل ترانسفورماتوری: سیم بندی میدان اصلی همواره با سیم پیچی آرمیچر واقع شده تحت عمل کموتاسیون بصورت اولیه عمل کرده و سیم پیچ آرمیچر در طول پریود کموتاسیونش بصورت ثانویه اتصال کوتاه شده عمل می کند . و فوران متناوب تولید شده در اثر عبور جریان متناوب از سیم پیچ اصلی ولتاژی را در سیم پیچ اتصال کوتاه شده آرمیچر که توسط پهنای جاروبک اتصال کوتاه شده ولتاژی القا می کند این عمل به نام ترانسفورماتوری نامیده می شود چون سیم پیچ اتصال کوتاه شده جریان زیادی دارد ولتاژ آن تولید می شود

موتور اینورسال (جامع)

یک موتور اینورسال به عنوان موتوری تعریف می شود که ممکن است یا با جریان مستقیم و یا با جریان متناوب یکفاز تغذیه شود سرعت و خروجی یکسان را داشته باشد در حقیقت این موتور کسر کوچکتري ($\frac{1}{200}$ تا $\frac{1}{3}$ اسب بخار) از موتور سری جریان متناوب است با بودن بصورت یک موتور سری دارای گشتاور راه اندازی زیاد و یک مشخصه سرعت متغیر می باشد .

مشخصه گشتاور - سرعت موتورهای اینورسال همانند موتور سری DC می باشد وقتی که این موتور با منبع ac کار می کند کموتاسیون آن بسیار ضعیف تر از حالتی است که با منبع dc کار می کند به علت عمل ترانسفورماتوری که در پیچک های در حال کموتاسیون ولتاژ القا می کند در جاروبک ها جرقه های اضافی ایجاد می شود این جرقه ها به میزان زیادی عمر جاروبک ها را کم می کند و می تواند در محیط های خاصی منبع پارازیت رادیویی باشد .

اصولا این موتور بخاطر سرعت زیاد خود به ازاء هر کیلوگرم وزن قدرتی بیشتر از سایر موتورهای جریان متناوب دارد و مشخصه های آن هم در جریان متناوب و هم جریان مستقیم مانند موتور سری است سرعت بی باری آن زیاد و در حدود 20000 دور در دقیقه است سرعت این موتورها در بار کامل بین 4000 تا 16000 دور در دقیقه و در کمتر از

بار نامی تا 20000 دور در دقیقه است . همانطور که اشاره شد این موتور در بی باری با سرعت بسیار زیاد و خطرناکی حرکت می کند و به همین دلیل است که سرعت این چنین موتورهای معمولاً به وسیله چرخ دنده در داخل دستگاهی که باید جاسازی شوند محدود گردیده شده است .

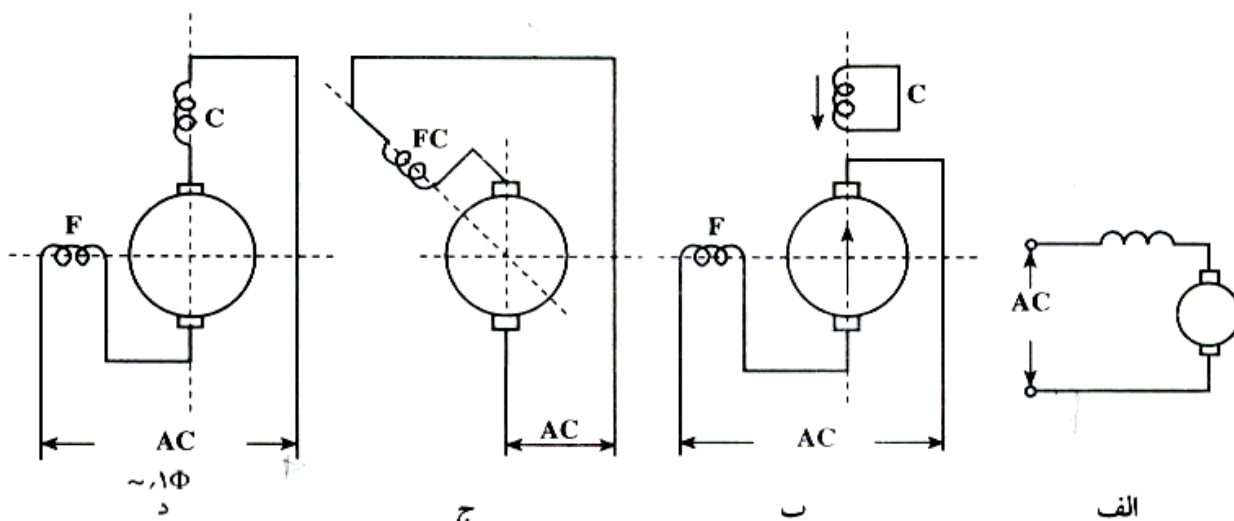
معمولاً موتورهای یونیورسال در دو نوع تولید می شوند .

1- نوع قطب متمرکز کمپانزه شده (قوه اسب کم)

2- نوع میدان گسترده ، کمپانزه شده (قوه اسب نامی زیاد)

نوع قطب متمرکز: موتور قطب متمرکز دارای دو قطب برجسته بوده و عیناً شبیه موتور سری جریان مستقیم دو قطبی است هسته آن ورق ورق شده و صفحات ورق ها 0/25 تا 0/5 میلیمتر است استاتور ورق ورق شده الزامی است زیرا فوران هنگام تغذیه از شبکه جریان متناوب ایجاد تفای-هستریزین در استاتور می کند که با ورق ورق کردن قطب ها این تلفات را به حداقل می رسانیم آرمیچر از نوع سیم پیچی شده از نوع حلقوی ساده مشابه آرمیچر موتور کوچک جریان مستقیم است این روتور الزاماً شامل یک هسته ورق شده با شیارهای موربی و یا مستقیم و یک کموتاتور است که سرهای سیم بندی آرمیچر به آن متصل می گردد .

نوع میدان گسترده : موتور از نوع میدان گسترده کمپانزه شده دارای یک هسته استاتور مشابه با هسته استاتور یک موتور با فاز جداگانه موقتی و یک آرمیچر سیم بندی شده و مشابه آرمیچر یک موتور جریان مستقیم کوچک می باشد سیم بندی جبران کننده جهت کاهش و یا تضعیف ولتاژ القایی ترانسفورماتوری ایجاد شده توسط جریان متناوب بکار می رود این ولتاژ راکتانس از فوران متناوب ناشی از عمل ترانسفورماتوری است همچنین استفاده از زغال های پر اهم کمک موثری در کاهش راکتانس داشته و کموتاسیون را بهبود می بخشد .



موتورهای یونیورسال با سیم بندی متمرکز و سیم بندی کمپانزه شده

شکل الف وج : موتور اینورسال با سیم بندی متمرکز شکل ب و د-موتور با سیم بندی کمپانزه کننده

طرز کار :

در موتور سری جهت گشتاور توسط دو عامل یعنی جهت جریان سیم پیچ تحریک و جهت جریان آرمیچر تعیین می شود پس یک موتور dc سری اگر به منبع جریان متناوب وصل شود در یک جهت به چرخش درآمده بکار خود ادامه می دهد.

چون یک جریانه از سیم پیچی میدان تحریک و سیم پیچی آرمیچر می گذرد و از این رو تغییرات جریان متناوب از مثبت به منفی و برعکس همزمان روی پلاریته میدان و جهت جریان در سیم پیچی آرمیچر اثر خواهد گذاشت .

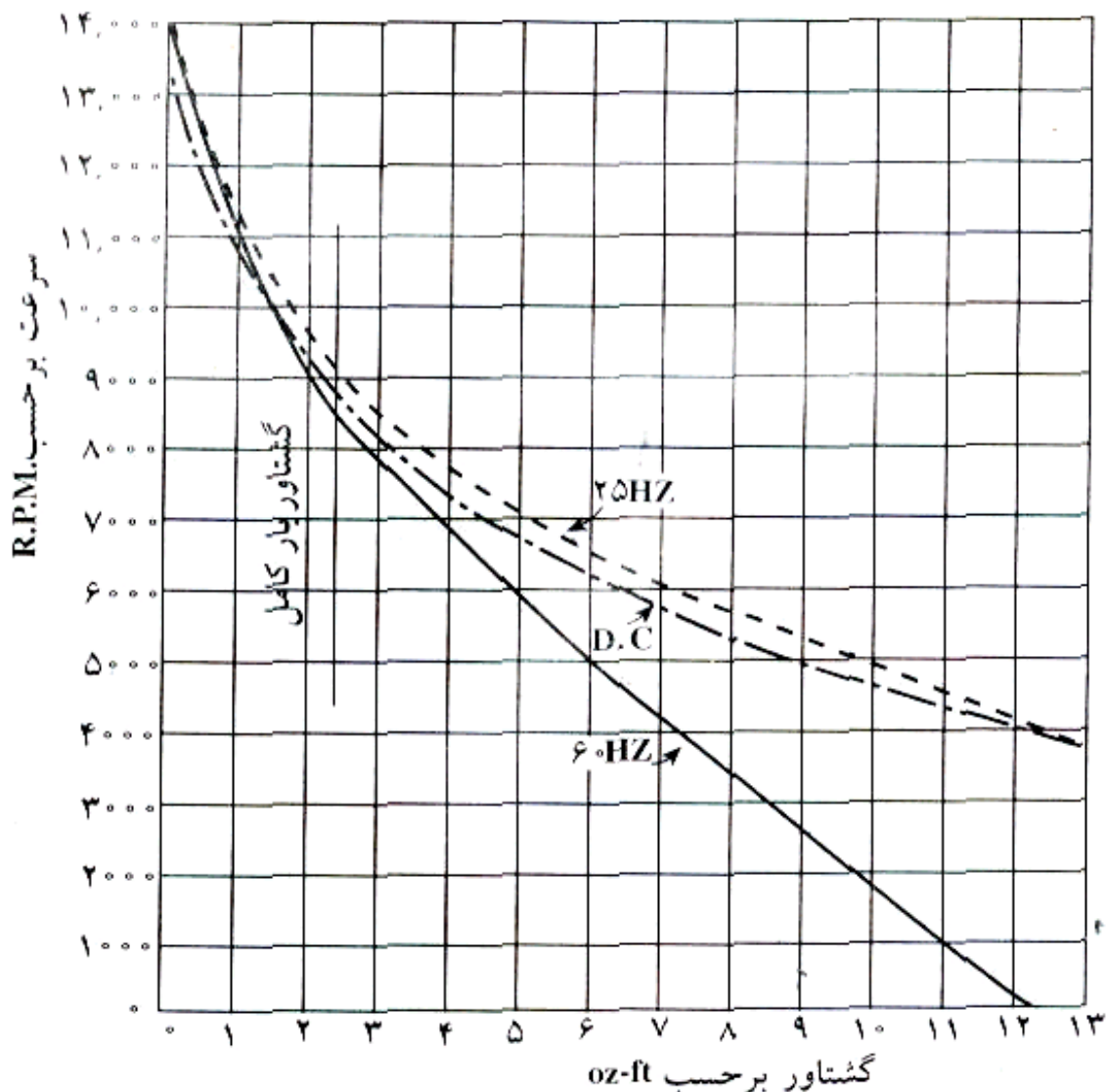
مشخصه سرعت گشتاور :

با توجه به آزمایش هایی که روی موتورهای اینورسال انجام شد مشخصه سرعت گشتاور موتورهای اینورسال با جریان DC و جریان شز روی هم قرار نمی گیرد در بعضی از موتورها سرعت در جریان شز همیشه بیشتر از سرعت با جریان DC می باشد در صورتی که در برخی دیگر از این موتورها سرعت با جریان AC کمتر از سرعت با جریان DC بوده و همچنین دو منحنی سرعت گشتاور با جریان ac و dc بین بار کامل و بی باری یکدیگر را قطع می کنند البته عواملی که سبب ایجاد این مشخصه ها می شود در موتور اینورسال با جریان DC عبارتند از :

1-افت مقاومت میدان تحریک و آرمیچر که با افزایش بار سرعت را کم می کند .

2-عکس العمل آرمیچر که با افزایش بار تمایل به افزایش سرعت دارد .

موقعی که از جریان متناوب استفاده می شود افت ولتاژ راکتانس نیز وجود دارد که با افزایش بار سرعت را کاهش می دهد در این حالت ولتاژ موثر موتور کاهش یافته و به تبع سرعت آن نیز کاهش می یابد .



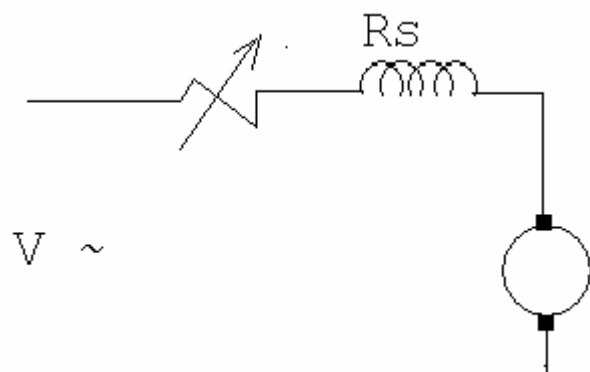
مشخصه سرعت گشتاور موتور اونیورسال با جریان ac و dc

تغییر دادن جهت چرخش :

موتورهای اونیورسال از نوع قطب متمرکز با قطب برجسته را می توان با معکوس کردن جهت عبور جریان از هر یک از سیم پیچ های آرمیچر یا میدان تحریک معکوس نمود روش معمولی تغییر دادن سرهای سیم های واقع روی نگهدارنده جاروبک های دو سر آرمیچر می باشد .

در موتورهای با قطب گسترده جبران شده می توان با تغییر دادن در هر یک از سر سیم های سیم پیچی های آرمیچر یا میدان و یا جابه جا کردن جاروبک ها برخلاف جهتی که موتور در آن جهت خواهد چرخید جهت چرخش را عوض کرد معکوس کردن مقدار جابه جایی جاروبک ها برای تغییر دادن جهت چرخش در حد چند تیغه کلکتور است .

کنترل سرعت موتور اونیورسال :



1-روش مقاومت : یک مقاومت متغیر بطور سری با

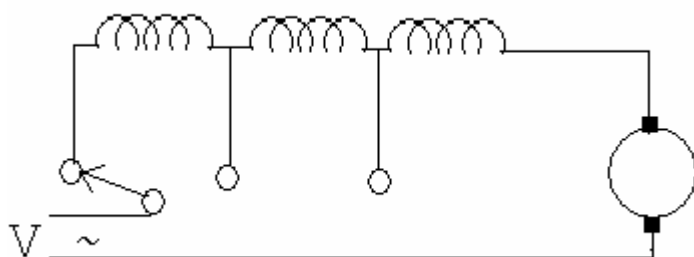
موتور قرار گرفته و کنترل می شود مانند موتور چرخ خیاطی که با پدال پایی مقدار مقاومت و در نتیجه سرعت کنترل می شود .

2-روش میدان منشعب : این روش به دو گونه انجام

می شود :

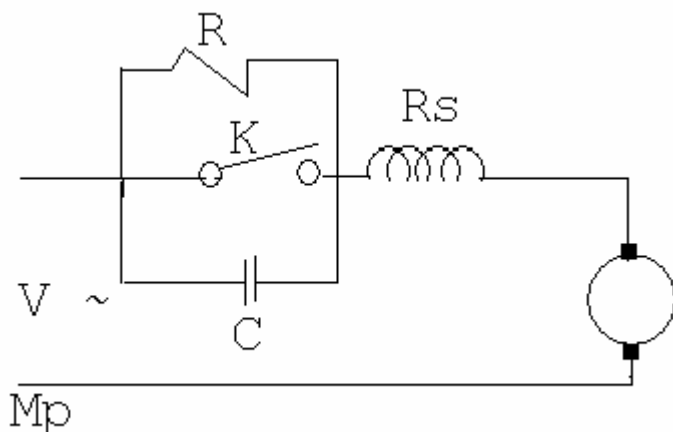
الف=یک قطب میدان در نقاط مختلف منشعب شده و انشعابات از هر قسمت بیرون آورده شود.

ب=مقاومت از نوع سیم فولاد کرم-نیکل به انشعابات قطب میدان منشعب شده متصل گردد.



3-مکانیزم گریز از مرکز :

موتورهای یونیورسال به خصوص آن هایی که برای مخلوط کننده های مایعات و غذاهای خانگی بکار می رود دارای تعدادی سرعت می باشند انتخاب سرعت به وسیله یک کلید گریز از مرکز واقع شده در داخل موتور متصل شده مطابق

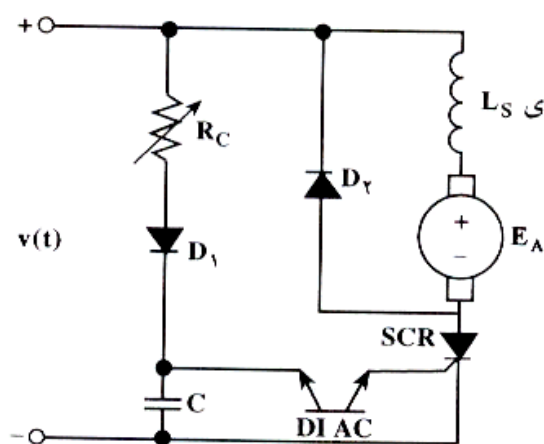


شکل زیر به عمل می آید کلید بوسیله یک اهرم خارجی تنظیم می شود اگر سرعت موتور بیش از حدی بشود که اهرم در آن حد قرار داده شده است . مکانیزم گریز از مرکز پلاتین خود را که با مدار سیم پیچ میدان و آرمیچر سری شده است باز کرده و مقاومت R را در مدار قرار می دهد و

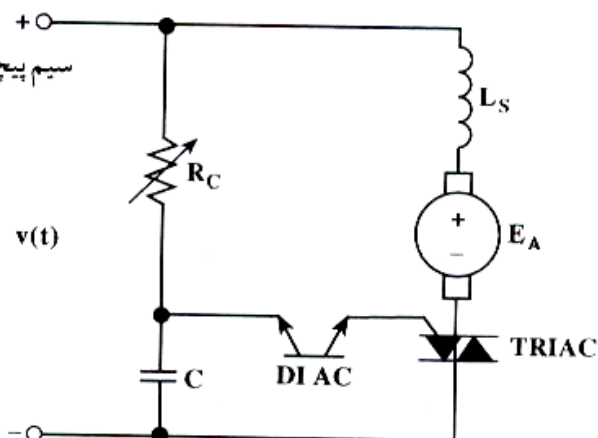
باعث می شود سرعت موتور کاهش یابد هنگامی که سرعت موتور پایین می باشد پلاتین مکانیزم گریز از مرکز بسته

بوده و مقاومت را اتصال کوتاه می کند بنابراین سرعت موتور افزایش می یابد این عمل آن قدر سریع انجام می گیرد که تغییر در سرعت قابل توجه نیست مقاومت R به دو سر پلاتین مکانیزم گریز از مرکز متصل می شود یک خازن مانند C نیز به دو سر مقاومت موازی متصل می شود تا از بوجود آمدن جرقه ناشی از باز و بسته شدن پلاتین جلوگیری کند به علاوه این خازن از خال زدن پلاتین (خراب شدن و سوختن پلاتین) جلوگیری می کند .

4- استفاده از مدار الکترونیکی نیم موج و کنترل کننده سرعت تمام موج



کنترل کننده موتور اونیورسال نیم موج



کنترل کننده سرعت موتور اونیورسال تمام موج

بهترین راه کنترل سرعت موتور یونیورسال تغییر مقدار موثر ولتاژ ورودی آن است هر چه مقدار R.m.s ولتاژ ورودی بیشتر باشد سرعت موتور بیشتر است .

در عمل ولتاژ متوسط اعمال شده به چنین موتوری را با یکی از مدارهای شامل SCR یا TRIAC معرفی شده در بالا تغییر می دهند .

فصل چهارم:

چند نمونه از ماشین های خاص

موتور های ریپولسیونی :

موتور ریپولسیون در حقیقت موتوری سری است که استاتور و روتور آن به جای اینکه سری باشند به طور القایی تزویج شده اند ، جریان های القایی در روتور توسط عمل ترانسفورماتوری روی شار استاتور واکنش نشان می دهند و اگر جاروبک ها به وضعیت صحیحشان جابجا شوند گشتاور تولید می شود .

کموتاسیون موتور ریپولسیون تا سرعت سنکرون نسبت به موتور سری بهتر است و در سرعت های بالاتر ، بدتر است ، زیرا جریان های اتصال کوتاه در پیچک های تحت کموتاسیون بزرگتر است ، این جریان ها اتصال کوتاه بصورت باری عمل می کنند که تمایل دارد سرعت بی بار را محدود کند ، یکی از مزایای موتور ریپولسیون نسبت به موتور سری این است که آرمیچر به منبع وصل نیست و می تواند برای ولتاژ کم و مناسبی طرح شود و لذا عایق کمتری لازم بوده و کموتاسیون آن بهتر خواهد بود .

موتور ریپولسیون مشخصه گشتاور سرعتی مشابه موتور سری دارد ولی مزیت اصلی آن تنظیم سرعت جابجایی جارو هاست قبل از استفاده گسترده از موتور القایی با خازن زاه انداز موتور هیای القایی با راه اندازی ریپولسیون در مواردی که به گشتاور راه اندازی بالا و سرعت عملا نیاز داشتند به کار می رفت .

موتور های از نوع دفعی :

این نوع موتور ها را به چهار طبقه مجزا می توان تقسیم بندی نمود :

1-موتور دفعی

2-موتور دفعی کمپانزه شده

3-موتور با کاراندوکسیونی و راه اندازی بر اساس نیروی دافعه

4-موتور اندوکسیونی ریپولیسونی

1-موتور دفعی : این موتور مشتمل است بر الف- یک سیم بندی استاتور ب) یک رتور که مانند یک آرمیچر DC

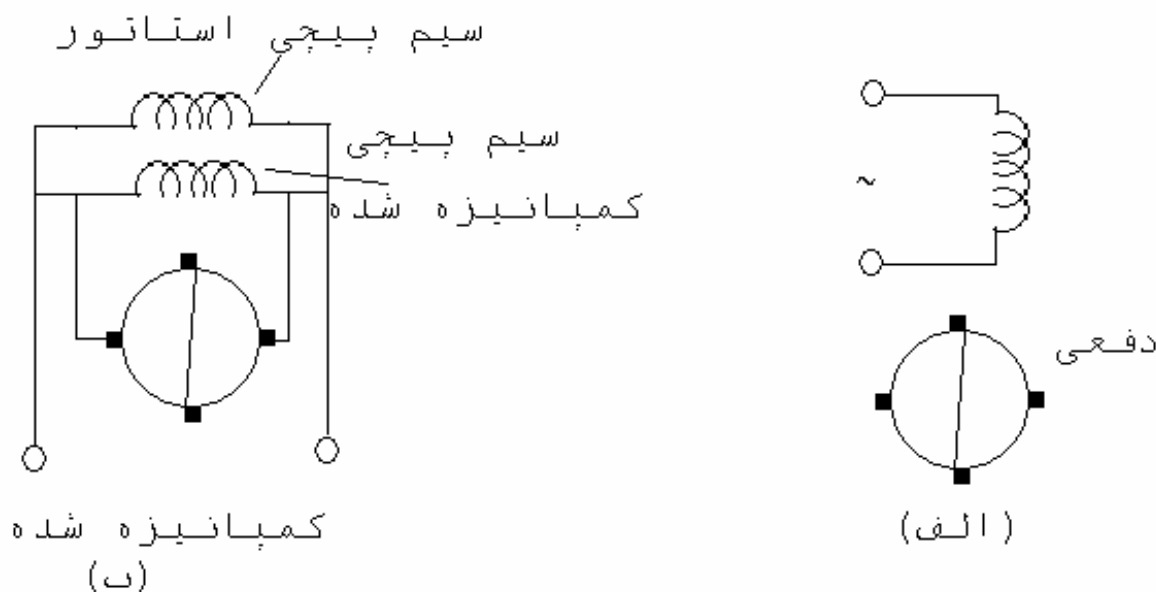
سیم پیچی شده ج) کموتاتور د) یک سری جاروبک که اتصال کوتاه شده اند و در تمام اوقات با کموتاتور در تماس هستند این موتور به طور مداوم بر پایه اصل نیروی دافعه کار می کند هیچ مکانیزم اتصال کوتاه کننده ای برای این نوع موتور مورد نیاز نیست.

2-موتور دفعی کمپانزه شده : این موتور در تمام موارد با موتور دفعی مشابه است به استثنای اینکه الف) حامل

یک سیم بندی استاتور اضافی می باشد که سیم بندی جبران کند(کمپانزه کننده) نامیده می شود .

ب) مجموعه دیگری از دو جاروبک وجود دارد که در وسط مسیر این مجموعه اضافه شده به طور

سری به همدیگر متصل می شوند .



3-موتور با کاراندوکسیون و راه اندازی بر اساس نیروی دافعه :

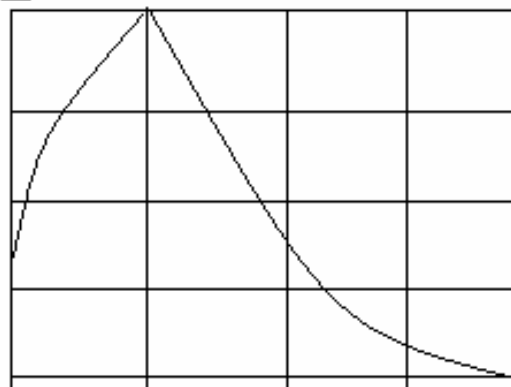
این موتور به صورت یک موتور دفعی راه می افتد اما معمولاً به صورت یک موتور اندوکسیونی با مشخصه های سرعت

ثابت کار می کند این موتور شامل است بر الف) یک سیم بندی استاتور ب) یک رتور که مشابه با سیم بندی آرمیچر

جریان مستقیم است .ج) یک کموتاتور د) یک مکانیزم گریز از مرکز که میله های کموتاتور واقع در مسیر خودش را

اتصال کوتاه می کند (یک حلقه اتصال کوتاه کننده) هنگامی که موتور تقریباً به 75٪ سرعت کاملش رسیده باشد.

گشتاور



سرعت

منحنی گشتاور سرعت موتور دفعی

4-موتور اندوکسیونی ریپولسیونی :

این موتور بر پایه اصل حرکت از القا و دفع کار می کند این موتور مشتمل است بر الف) سیم بندی استاتور ب) دو سیم بندی روتور یکی قفسه ای و دیگری معمولاً سیم بندی جریان مستقیم متصل شده به کموتاتور ج) یک مجموعه اتصال کوتاه شده از دو جاروبک

موتور دفعی ریپولسیونی :

از نظر ساختمان شامل می شود بر 1) سیم بندی استاتور قطب نوع غیر برجسته گسترده واقع در شیارهای یک استاتور تخت و صاف (عیناً مانند موتورهای با فاز جداگانه موقتی) استاتور به طور کلی برای چهار و شش و هشت قطب پیچیده می شود رتوری از نوع هسته شیار دار حامل یک سیم بندی گسترده (موجی-حلقوی) که به کموتاتور متصل می شود رتور از نظر ساختمان به آرمیچر جریان مستقیم شبیه است 3) کموتاتوری که ممکن است از یکی از این دو نوع باشد 1) کموتاتور محوری یا میله های موازی با محور یک یک کموتاتور شعاعی یا قائم متشکل از میله های شعاعی که روی آنها جاروبکها به طور افقی پرس می شوند 4) جاروبکهای کربنی نصب شده در نگهدارنده های جاروبک که روی کموتاتور سوار شده و برای هدایت کردن جریان از طریق سیم بندی آرمیچر (روتور) به کار می رود . 1) سرعت با تغییر دادن بار تغییر می کند . و در بی باری به طور خطرناکی زیاد می شود . 2-ضریب قدرت کم به جز در سرعتهای زیاد 3) تمایل به جرقه زدن جاروبکها.

موتور دفعی کمپانزه شده :

این یک طرح اصلاح شده از موتور دفعی مستقیم بحث شده در بالا است این موتور دارای یک سیم بندی استاتور اضافی است که سیم بندی خنثی کننده یا کمپانزه کننده خوانده می شود که کارش (1) بالا بردن ضریب قدرت (2) تامین تنظیم یا رگولاسیون سرعت بهتر می باشد این سیم پیچی با سیم بندی خیلی کوچکتر از سیم بندی استاتور بوده و معمولاً در شیارهای داخلی هر یک از قطبهای اصلی پیچیده می شود و بار آمیچر از طریق یک مجموعه اضافی از جاروبکهای واقع شده در میان راه بین جاروبکهای اتصال کوتاه شده معمولاً به طور سری متصل می گردد مطابق شکل ب

موتور با کاراندوکسیون و راه اندازی بر اساس نیروی دافعه:

همانطور که قبلاً ذکر گردید این موتور به صورت یک موتور دفعی راه می افتد اما بعد از اینکه به حدود 75٪ سرعت بار کاملش رسید یک وسیله اتصال کوتاه کننده از نوع گریز از مرکز کموتاتورش را اتصال کوتاه می کند بعد از اینکه وصل شد این موتور با یک موتور اندوکسیونی با یک رتور قفسی اتصال کوتاه شده کار می کند بعد از اینکه کموتاتور اتصال کوتاه می شود جاروبکها هیچ جریانی حمل نمی کنند از این رو ممکن است آنها از روی کموتاتور بلند شوند تا از به وجود آمدن غیر ضروری سائیدگی و تلفات اصطکاک اجتناب شود موتورهای با راه اندازی رپوسیونی دارای دو طرح مختلفی هستند :

1- نوع با جاروبک بلند شوند که در آن جاروبکها هنگام اتصال کوتاه شدن به طور اتوماتیک از روی کموتاتور بلند می شوند این موتورها به طور کلی کموتاتور به صورت شعاعی را به خدس می گیرند و در هر دو اندازه بزرگ و کوچک ساخته می شوند .

2- نوع جاروبک سوار شونده که در آن جاروبکها برای همیشه روی کموتاتور سوار هستند این موتور کموتاتور از نوع محوری را به خدمت می گیرند و همواره در اندازه های کوچک ساخته می شوند . گشتاور راه اندازی یک چنین موتورهایی بیش از 350٪ با جریان راه اندازی متوسط می باشد این موتور به خصوص در جاهایی مفید است که پریود یا دوره راه اندازی به دلیل بارهای اینرسی قوی و سنگین نسبتاً طولانی می باشد کاربردهای چنین موتورهایی در ماشین های افزا سرکننده تجاری کمپرسورها-پمپها - بالا برها - پوشش دهنده های کف و وسایل برش و آسیاب بکار می رود .

موتورهای سنکرون یک فاز بدون تحریک :

1- این موتورها از شبکه جریان متناوب یک فاز تغذیه می کنند 2- با یک سرعت ثابت حرکت می کند 3- هیچ تحریک جریان مستقیمی برای روتورهایشان احتیاج نیست . 4- دارای تحریک خودی هستند . این نوع موتورها دو نوع می باشند الف) موتور رلوکتانسی (مقاومت مغناطیسی) ب) موتور هیستریزیسی

الف) موتور رلوکتانسی: این موتور یا دارای استاتور با فاز جداگانه کمکی مناسب کلید گریز از مرکز برای خارج یا قطع کردن سیم بندی کمکی بوه و یا دارای استاتور یک موتور با کار توسط خازن و فاز جداگانه دائمی می باشد استاتور مزبور میدان گردان را ایجاد می کند رتور قفسه ای دارای یک ساختمان مغناطیسی نامتقارن است این نوع ساختمان نامتقارن را می توان با خارج کردن یا برداشتن تعدادی از دنده های یک موتور قفسه ای متقارن به دست آورد در این طریق رتور رلوکتانس مغناطیسی قابل تغییری به فوران استاتور ارائه می کند به طوری که رلوکتانس با موقعیت و وضعیت رتور تغییر می کند .

طرز کار : برای فهمیدن طرز کار یک چنین موتوری یک حقیقت اساسی باید به خاطر سپرده شود و آن این است که وقتی یک تکه ماده مغناطیسی در یک میدان مغناطیسی قرار داده شود نیروی روی ماده عمل می کند به طوری که میل دارد آن را به غلیظ ترین قسمت میدان (پرچگالی ترین) بیاورد . این نیرو تمایل دارد اجزاء ماده آن چنان مسیری صف بندی کنند که رلوکتانس مسیر مغناطیسی که از میان ماده عبور می کند حداقل شود وقتی سیم بندی استاتور انرژی دار می شود میدان مغناطیسی گردان گشتاور رلوکتانسی گردان در یک ردیف قرار دهد زیرا در این وضعیت رلوکتانس مسیر مغناطیسی حداقل خواهد بود . اگر گشتاور رلوکتانسی روتور را به حد میدان گردان می کشد بنابراین موتور حالا بصورت یک موتور سنکرون شروع بکار می کند شاید تذکرش لازم باشد که مقدار باری که یک موتور رلوکتانسی می تواند تحت سرعت ثابتش حمل کند فقط کسری از باری خواهد بود که موتور می توانست هنگام وظیفه بودن یک موتور اندوکسیونی بطور عادی حمل کند اگر بارش از مقداری افزایش داده شود که تحت آن گشتاور رلوکتانسی می تواند سرعت به مقداری افت می کند که در آن لغزش جهت ایجاد گشتاور لازم برای به حرکت در آوردن بار به وسیله عمل موتور اندوکسیونی کافی است مشخصه سرعت ثابت یک موتور رلوکتانسی را برای کاربردهایی از قبیل وسایل علامت دهنده دستگاههای نتیجه دهنده - انواع زیادی از زمان سنج ها و دوربین عکاسی و غیره مناسبند .

موتورهای هیستریزیس :

در این موتور از پدیده هیستریزیس برای تولید گشتاور مکانیکی استفاده می شود طرز کار این موتور بستگی به حضور یک فوران مغناطیسی گردان دائمی است از این رو استاتور موتور می تواند تکفاز و یا سه فاز باشد . در نوع تکفاز دو ایده وجود دارد .

1- استاتور دارای دو سیم پیچ اصلی و کمکی بوده سیم پیچی کمکی با یک فاز دائمی سری شده تا حتی المقدور میدان مغناطیسی یکنواخت تولید نموده تلفات موتور کم شود.

2- در موتور هیستریزیس می توان از ساختمان قطب-سایه دار استفاده کرد تا یک موتور سنکرون کم توان به دست آید .

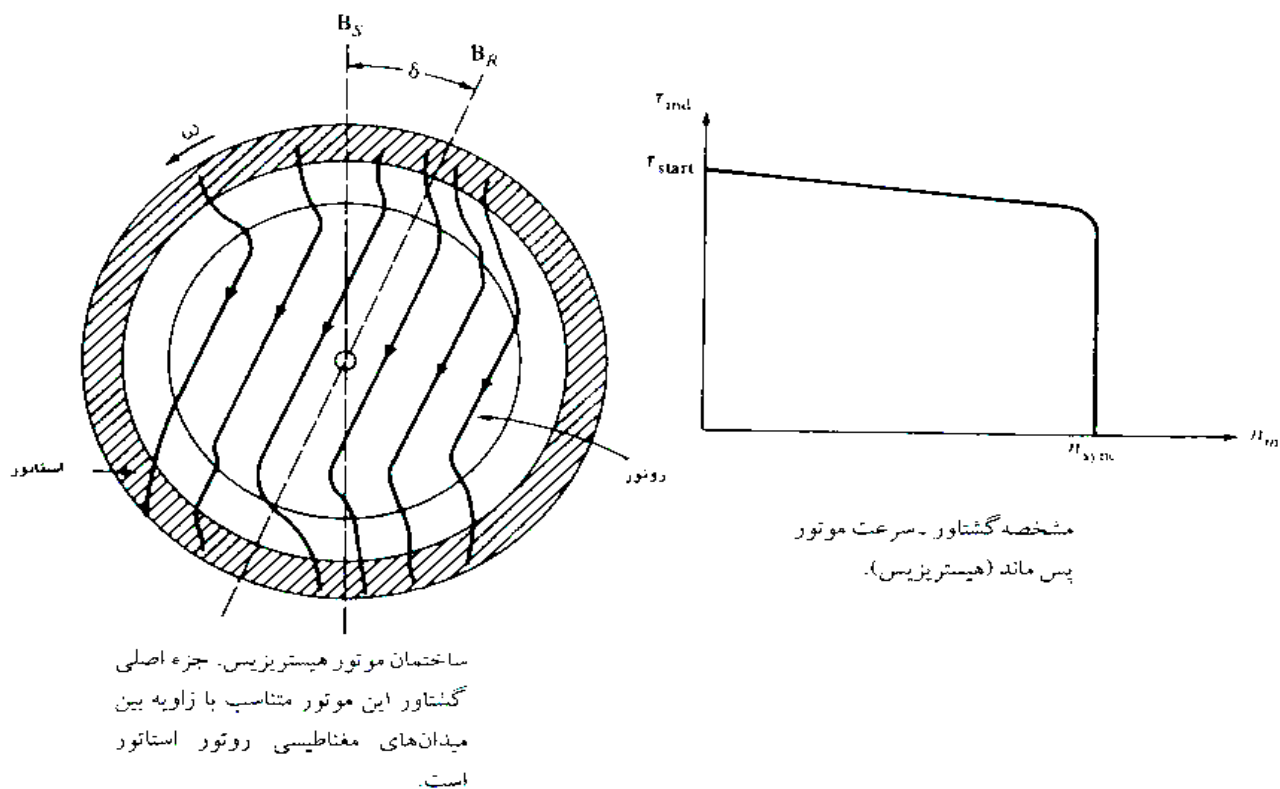
وقتی موتور با سرعت کمتر از سرعت سنکرون می چرخد درون موتور دو نوع گشتاور ایجاد می شود. بیشتر گشتاور در اثر همیستریزیس تولید می شود روتور استوانه ای از جنس فولاد کرم همواره با قابلیت نگهداری و حفظ مغناطیسی بوده به همین دلیل تلف هیستریزیس در آن زیاد می باشد این روتور دارای هیچ گونه سیم بندی نیست به دلیل قابلیت حفظ و نگهداری زیاد خواص مغناطیسی این روتور و تلف هیستریزیس زیاد این موتور مشکل است قطب های مغناطیسی را که یک بار بوسیله فوران گردان در روتور القا شده اند تغییر داد .

وقتی میدان مغناطیسی استاتور به روتور القا می شود روتور نیز میدان مغناطیسی ایجاد می کند . قطب های روتور به طور مغناطیسی با قطب های گردان استاتور با پلاریته مخالف درگیر می شود چون میدان های مغناطیسی روتور و استاتور در زوایای متفاوتی قرار دارند در موتور یک گشتاور غیر صفر تولید می شود .

علاوه بر آن میدان مغناطیسی استاتور در روتور جریان های گردابی تولید می کند و این جریان های گردابی نیز میدان مغناطیسی خودشان را ایجاد می کنند و گشتاور روتور بیشتر می شود هر چه حرکت نسبی بین روتور و میدان مغناطیسی استاتور بیشتر باشد جریان های گردابی و گشتاور ناشی از آن بزرگند .

وقتی موتور به سرعت سنکرون می رسد شار استاتور روتور دیگر نسبت به هم حرکت نمی کنند و روتور مثل یک مغناطیس دائم عمل می کند در این هنگام گشتاور تولید شده در موتور با زاویه بین میدان های روتور و استاتور متناسب بوده بشرطی که این زاویه ماکزیمم تعیین شده توسط پسماند روتور کوچکتر باشد .

چون گشتاور روتور هیستریزیس در تمام سرعت های کمتر از سنکرون از ماکزیمم گشتاور سنکرونش بیشتر است این

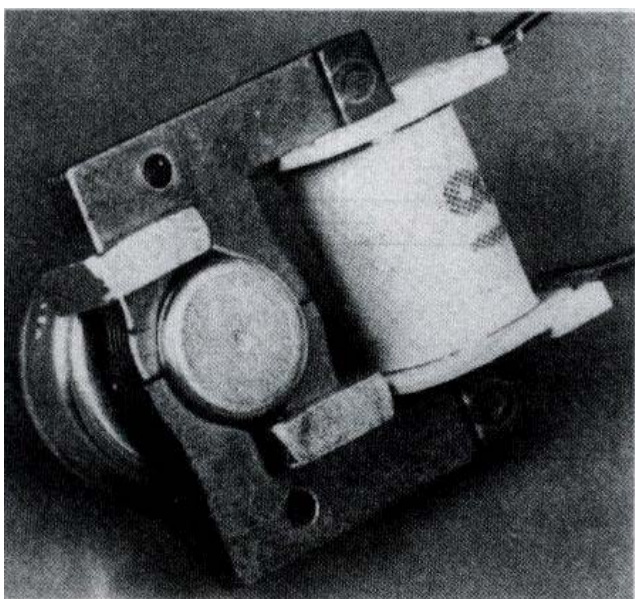


موتور می تواند هر باری را که در کار عادی قادر به گرداندن آن است راه اندازی کند .

این حقیقت که روتور هیچگونه سیم بندی یا دنده ای از هر نوع ندارد باعث می شود موتور فوق العاده آرام در عمل و کار و آزاد از هر گونه نوسان مغناطیسی و مکانیکی باشد . این موضوع موتور را بخصوص برای وسایل و دستگاه های صوتی مفید می کند .

این موتور را معمولا به عنوان مکانیزم گرداننده ساعتهای الکتریکی بکار می رود برای مناسب ساختن یک چنین موتوری برای به حرکت درآوردن یک ساعت الکتریکی یا سایر وسایل نشان دهنده یک چرخنده به محور روتور متصل می شود تا سرعت کار را کاهش دهد . این موتور به هنگام تغذیه به سرعت شتاب می گیرند بطوری که یکباره از حالت سکون به حالت سرعت سنکرون می رسد .

موتورهای پله ای :



گام هایی که در زمینه کنترل اتوماتیک برداشته شده نیاز به تعدادی از ماشین های الکتریکی دورانی در رده موتورهای کوچک و بسیار کوچک را ایجاب کرده است بطوری کلی ممکن است چنین ماشین های موارد استعمال مختلفی از یک نوع آشنا تغییرات یا انطباقاتی با نوع آشنایی داشته باشد و یا نوع جدیدی که کم و بیش تا به حال ناآشنا بوده و نو ظهور است باشد موتورهای پله ای به سادگی از عهده کنترل وضعیت اجسام از راه دور بر

می آید و از این رو کاربرد گسترده ای یافته است از آن جایی که برای این موتورها استاندارد صنعتی وجود ندارد لذا چند نوع خاص از آن ها در این فصل مورد بحث قرار می گیرد .

تعریف موتور پله ای : موتور پله ای را می توان بصورت زیر تعریف کرد :

موتور پله ای یک دستگاه الکترومغناطیس است که برای تبدیل یک سری پالس ها می توان ورودی به ممان های (گشتاورهای) زاویه ای مجزا از هم (یکی به ازای هر پالس توان) طراحی می گردد بسته به طراحی موتور موارد استفاده آن پالس های توان ممکن است شکل پالس های جریان متوالی (هو قطب) با پالس های متناوب غیر هم قطب باشند . امکان دارد تمام پالس های متوالی به یک سیم پیچی موتور یا متوالیا به کلاف های مختلف موتور تحویل شود و الزامی نیست که دادن پالس ها با سرعت ثابتی صورت گیرد . این ماشین قادر به دوران پیوسته می باشد .

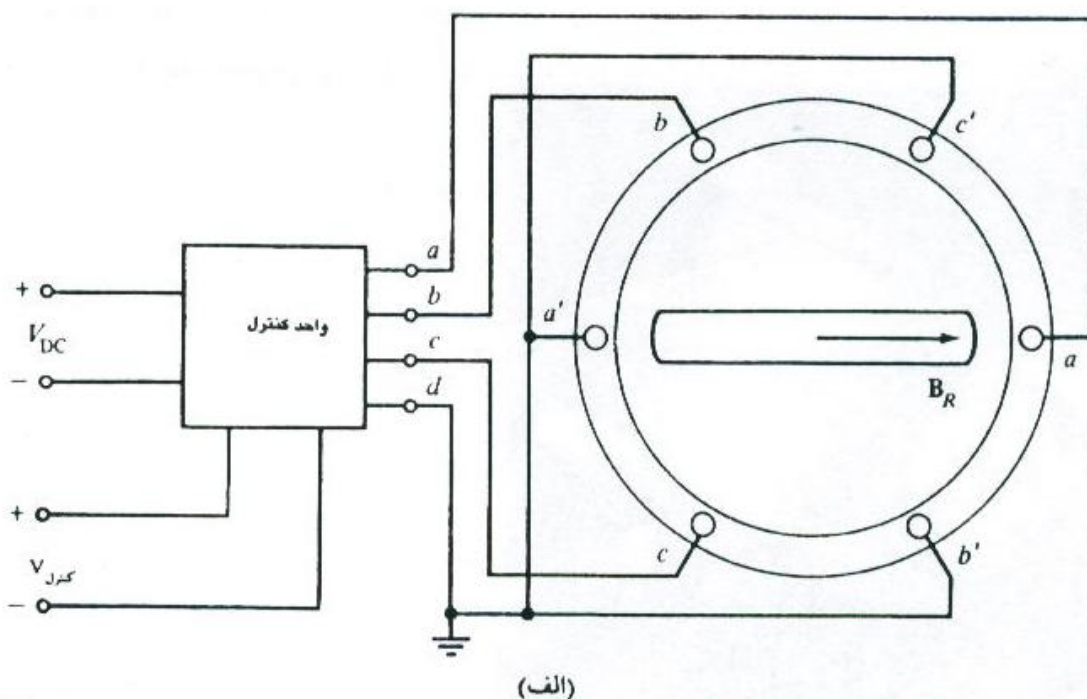
انواع موتور پله ای :

موتور پله ای معمولا از دو نوع متفاوت می باشد 1-نوع مغناطیسی دائم 2- نوع رلوکتانسی . موتورهای پله ای نوع مغناطیسی دائم همانند موتور القا کننده سنکرون ساخته می شود در رتور چنین موتورهایی از یک آهنربای دائم استفاده می شود . در استاتور چنین موتورهایی ممکن است کلاف سایبان با جهت دوران ثابت یا دو کلاف متقابل با زاویه 90 درجه از هم بار رود .

در نوع رلوکتانسی از اصل مقاومت مغناطیسی متغیر استفاده شده است این موتورها تحت نام تجاری cyclonome عرضه می شوند.

روتور از نوع فرومغناطیسی می باشد که آهنربای دائم نیست سیم پیچی استاتور موتورهای پله ای نوع رلوکتانسی را غالبا به جای سه فاز 4 فاز می سازند .

سیم پیچی چهار فاز استاتور گام های بین پالس ها را از 60 درجه الکتریکی به 45 درجه الکتریکی کاهش می دهد یک موتور پله ای نوع رلوکتانسی معین دارای سیم پیچ استاتور چهار فاز می تواند گشتاور بیشتری نسبت به موتور دارای سیم پیچی استاتور سه فاز تولید کند .



(الف) یک موتور پله ای ساده سه - فاز و مدار کنترل مربوطه اش. ورودیهای واحد کنترل از یک منبع تغذیه dc و یک سیگنال کنترلی مشتمل بر یک قطار پالس تشکیل می شود.

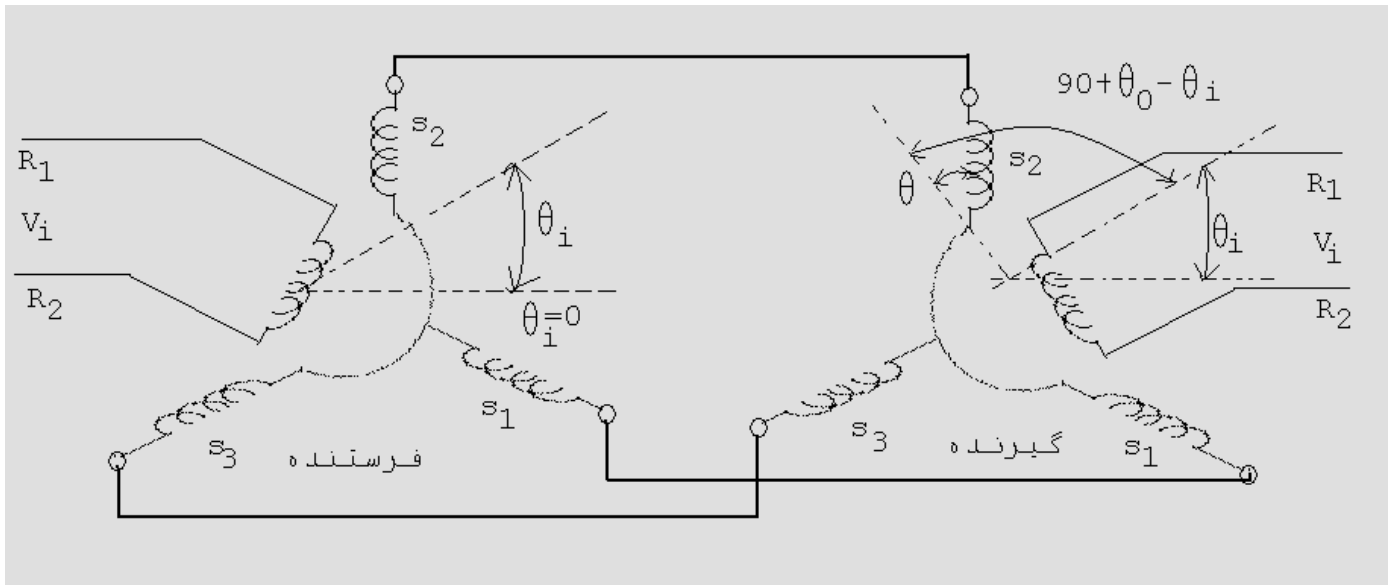
پاره ای از انواع موتورهای پله ای ساخته شده و موجود در صنعت عبارتند از :

- 1-موتور پله ای قطب چاک دار 2-موتور پله ای با آهنربای دائم و سیم پیچی دو فاز 3-موتور پله ای Slow-syn
 - 4-موتورهای پله ای منطقی 5-موتورهای پله ای با آهنربای دائم 6-موتورهای پله ای با مقاومت مغناطیسی متغیر
- ماشین سینکرو :**

سینکرو نام گروه دستگاهها و ماشینهایی است که به نامهای تجارتي گوناگون مانند سلزین ، اتوسین ، ماک سلیپ و غیره ساخته می شوند. این دستگاهها در ظاهر مانند موتورهای الکتریکی کوچک می مانند که اندازه تقریباً آنها از یک نمونه موتور خازنی یک اسب تا عناصر کوچک مدار فرمان به قطر 10 میلیمتر یا کمتر متغیر است در حالی که ماشین های سینکرو بخصوص برای مواد ویژه در دسترس است اما بیشتر آنها گونه هایی از یک نوع اصلی اند که در روتور یک سیم پیچی دارند و داخل استاتوری با سیم پیچی سه فاز که محورهای آنها 120° الکتریکی از هم فاصله دارند واقع شده اند. سینکرو ها را می توان بصورت عناصر انتقال دهنده اطلاعات مدارهای فرمان خودکار یا بصورت عناصر انتقال دهنده گشتاور جهت نشان دادن وضعیت از راه دور و یا انتقال قدرت کم بکار گرفت .

الف-انتقال اطلاعات :

ساده ترین دستگاه انتقال اطلاعات شامل دو ماشین سینکروست که طبق شکل زیر به هم متصل شده اند وقتی سرهای ورودی R_1, R_2 ماشین سینکرو فرستنده به منبع جریان متناوب وصل می شود شار متناوب حاصله سیم پیچ



استاتور را در برگرفته و در آن نیروی محرکه الکتریکی القا می کند که مقدار فاز آن بصورت یگانه وضعیت زاویه ای روتور نسبت به استاتور تعیین کرد این وضعیت را می توان نسبت به مبنای دلخواهی سنجید که زاویه طبق شکل زیر بدست می دهد وقتی سیم پیچی استاتور ماشین سینکروی گیرنده با پتانسیل سرهای فرستنده تغذیه می شود شار متناوبی مشابه فرستنده در گیرنده ایجاد می شود این شار متناوب نیروی محرکه الکتریکی در سیم پیچی روتور گیرنده القا می کند که مساوی و مخالف پتانسیل القا شده است در اینجا در اثر جریان تحریک و مقاومت ظاهری پراکندگی ماشین سینکرو صرف نظر شده است ولی چون این اقلام کوچکند شار متناوب القایی در گیرنده وضعیت روتور فرستنده را با دقت خوب تعیین می کنند شار در زاویه در شکل فوق با زاویه فرستنده مساوی خواهد بود بشرط اینکه دو ماشین سینکرو مساوی شود شار متناوب در گیرنده نیروی محرکه الکتریکی در سیم پیچی رتور القا می کند که وقتی محور سیم پیچی در زاویه 90° الکتریکی نسبت به محور شار القایی قرار داشته باشد صفر خواهد بود مبنای انتخابی گیرنده را می توان $90^\circ +$ از مبنای فرستنده در نظر گرفت و وضعیت واقعی رتور گیرنده خواهد بود که از این مبنا سنجیده می شود .

سیستمهای سلزین :

در عمل مواردی وجود دارد که لازم است یک محور به تبعیت از محور دیگری انحراف داده شوند در حالی که دو محور دور از هم قرار داشته و ارتباط مکانیکی بین آنها برقرار نیست یا اینکه لازم است دو محور جدا از هم همواره دارای سرعتهای برابر باشند سیستمهایی که برای این کار مناسب است بنام های سلزین - سنکرون اتوسین و سلف سنکرون نامیده می شود به سه دسته کلی تقسیم می شوند .

الف- سلزین قدرت - از نوع سه فاز می باشد و برای اتصال کوپلهای زیاد .

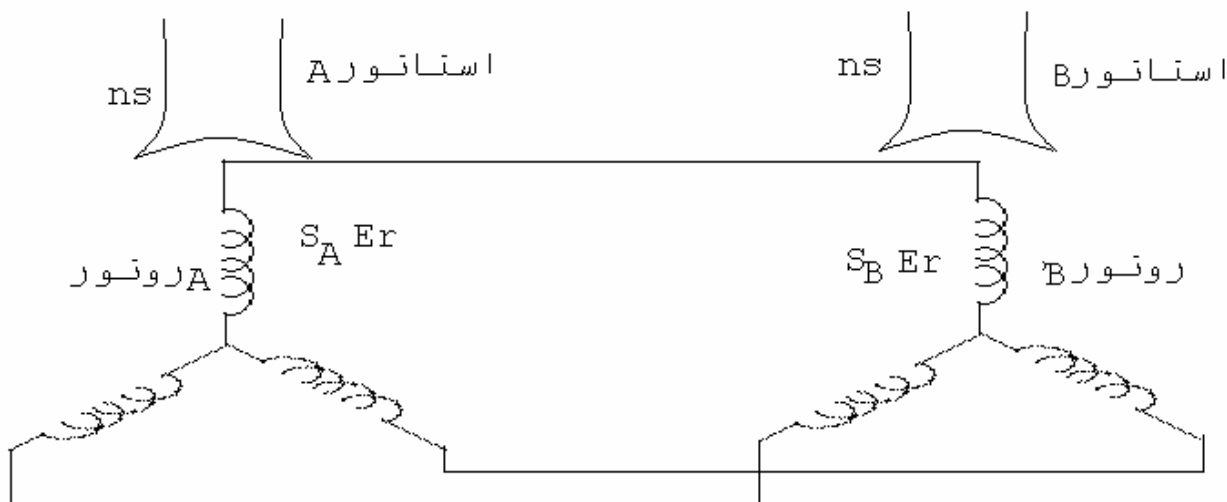
ب- سلزین یکفاز برای انتقال کوپلهای کم

ج- سلزین ترانسفورماتور

الف- سلزین قدرت - اساس کار در شکل مقابل دو موتور اندوکسیونی رسم شده که استاتور های آنها از یک شبکه تغذیه شده اند رتورهای آنها به هم متصل شده اند می توان نشان داد که الف) اگر رتور A به اندازه α درجه انحراف داده شود رتور B نیز به اندازه درجه منحرف می گردد .

ب) اگر رتور A با سرعت n گرداننده شود رتور B نیز با سرعت n می گردد .

تئوری با تغذیه استاتوری ها توسط فرکانس f_1 میدان دوار با سرعت $n_s = 120f_1/p$ در دو ماشین ایجاد می گردد می

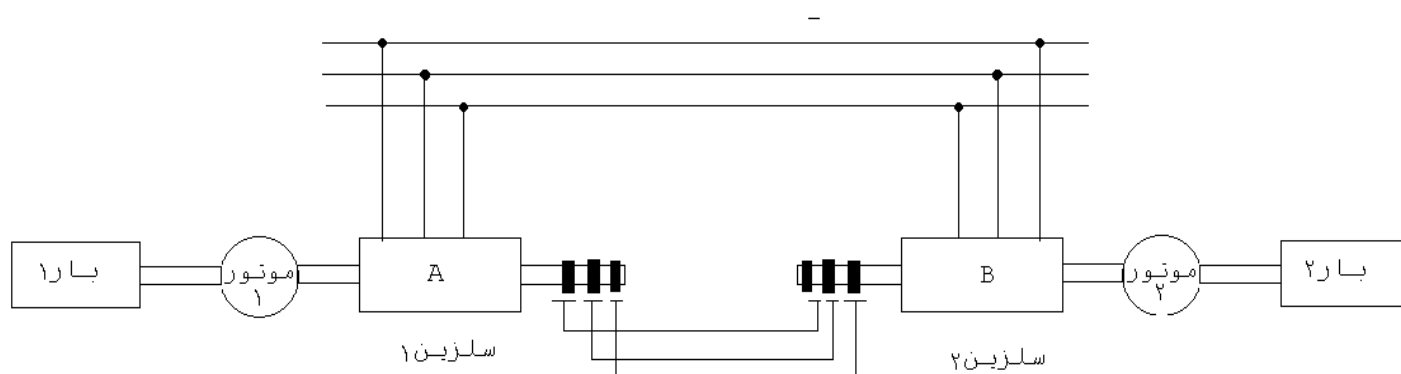


دانیم که ولتاژ مدار باز یک رتور برابر E_r و همچنین ولتاژ در حالت دوران رتور برابر SE_r می باشد .

تا زمانی که سرعت‌های دو ماشین برابر است و جریان رتور برابر صفر کوپل گشتاور دو سرعت را برابر سازد تا موقعی رتورها نسبت به هم موقعیت متشابه داشته باشند هم فاز هستند در صورتی که نسبت به هم موفقیت نداشته باشد یک اختلاف فاز دارند .

کاربرد سیستم سلزین قدرت :

در عمل بعضی جاهاست که باید محورهای مکانیکی آنها به هم متصل باشند در صورتی که در خیلی جاها مثل کارخانه کاغذ سازی که می خواهیم از کوپلی که برابر باشد ایجاد کنیم در دو محل مختلف که از یک محور استفاده



نمی شود و ولی می خواهیم با هم بگردند و کوپل مساوی داشته باشند و ارتباط مکانیکی نداشته باشند. استاتورهای سلزین از یک شبکه تغذیه می شود و رتورها را به هم متصل می کنیم (الکتریکی) سلزین وسیله ای است که کوپلهای دو ماشین را با هم برابر می کند . در صورتی که کوپل موتور دو زیاد شود سلزین دو باعث می شود که کوپل زیادی را به سلزین یک منتقل و سپس موتور یک کوپل زیاد می شود و معمولاً کوپس و سرعت ماشینها کم شونده هستند بر اثر افزایش کار و دور با یک ، بار دو برابر می شود .

دو موتور یک و دو بارهای یک و دو را می گردانند می خواهیم این دو محور همواره دارای سرعت‌های برابر باشند طبق شکل بایستی دو ماشین سلزین (ماشینهای اندوکسیونی سه فاز) به دو محور این کار صورت می گیرد . نحوه ثابت ماندن سرعت‌های دور محور به ترتیب زیر است فرض کنید بار محور 1 کاهش یابد نتیجه اینکه افزایش سرعت محور یک در این صورت سلزین 1 بصورت ژنراتور عمل نموده و مقداری قدرت از محور یک را به سلزین دو منتقل می کند

. سلزین 2 به صورت موتور عمل کرده و این قدرت را بصورت مکانیکی به محور 2 اضافه می کند نتیجتاً محور 2

افزایش سرعت نشان می دهد و سرعت آن برابر سرعت محور یک می گردد .

موارد استفاده در محور پلهای متحرک - کارخانه کاغذ سازی - پرس کارخانه ها - کار چایی در پرس کارخانه فولاد-

قدرت ماشینهای سلزین حدود 10 الی 15 درصد قدرت موتورهای می باشد .

سلزین یک فاز :

در این سیستمها معمولاً دوران وجود ندارد و فقط انحراف محور وجود دارد . استاتور از نوع سه فاز است که به یکدیگر

متصل می شود (استاتور تغذیه نمی شود) رتور از نوع تکفاز است (قطب برجسته و قطب صاف) و هر دو توسط یک

منبع تغذیه یکفاز تغذیه می شود میدان ایجاد شده توسط رتورها از نوع نوسانی است نتیجتاً مقدار ولتاژ القایی در سه

فاز یک استاتور برابر نبوده و یک سیستم ولتاژ سه فاز نامتعادل در هر یک از استاتورها القا می شود اگر ولتاژ فازهای

هم نام دو استاتور برابر می گردد جریان

دکوپل مساوی صفر فقط در حالت جریان و

کوپل می گیرد .

کاربرد:

در هواپیما - نشان دادن قطعات

در سدها برای نشان دادن موقعیت یک

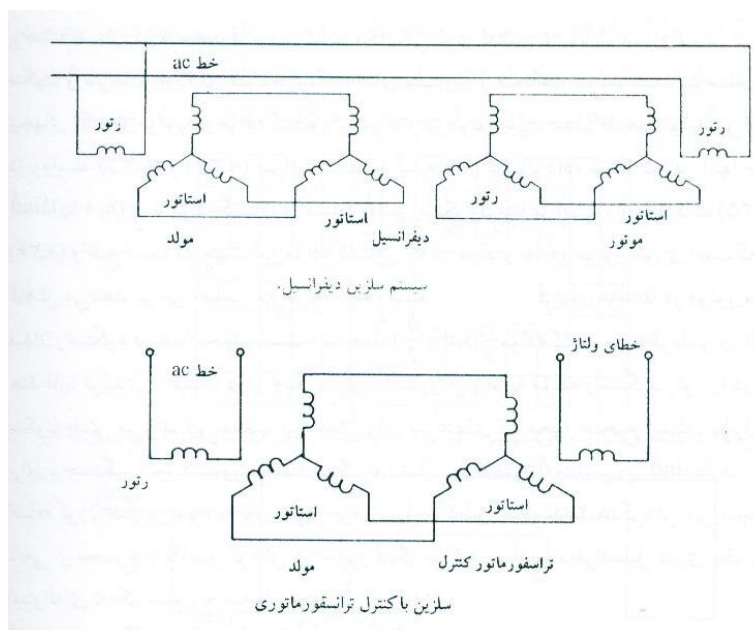
دریچه در اتاق فرمان .

سلزین ترانسفورماتور

سلزین های کوچک را می توان برای تولید

ولتاژ خطای ولتاژ به کار برد که از جابه جایی زاویه ای بین دو محور اعمالی به عنصر تصحیح کننده حاصل می شوند

مانند موتور دو فاز که ظرفیت گشتاور زیادتری نسبت به سلزین دارد .



موتورهای شراک ریشتر:

$$P = T \omega$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n}$$

برای گشتاور زیاد باید دور را پائین آورد

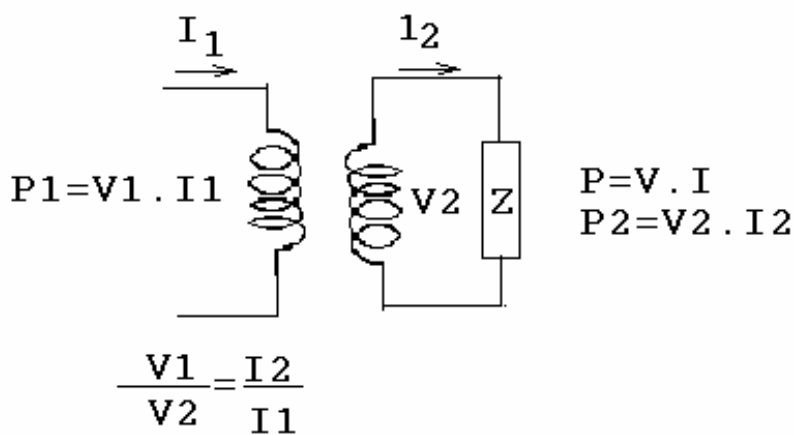
$$P = \omega_1 \cdot T_1$$

$$P = \omega_2 \cdot T_2$$

یک روش برای کنترل دور موتورهای و بدست آوردن گشتاور مورد نیاز استفاده از جعبه دنده (گیربکس) می باشد که هزینه و جای زیاد و به تعمیرات نیاز می باشد .

گیربکس شبیه ترانسفورماتور است . یعنی می توان قدرت را به ورودی دارد و بنابه نیاز از خروجی تا حد مجازی قدرت دریافت کرد .

برای ایجاد گشتاور متغیر نیاز به گیربکس متغیر است که هزینه آن نیز خیلی سنگین می باشد .



برای اینکه دور متغیر و گشتاور راه

اندازی خوبی داشته باشیم طبق فرمول

باید به نوعی دور را با تغییر فرکانس

تغییر دهیم که به کمک دستگاهی به نام

اسیلاتور این کار برای ما امکان پذیر

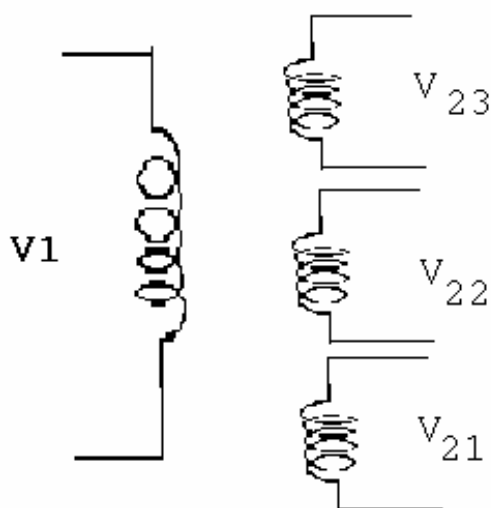
است در موتورهای شراکی ریشتر از این

دستگاه استفاده نمی شود بلکه موتور

طوری طراحی شده که بتوان دور آن را

کنترل کرد .

قسمت اول : موتور اصلی



« ساختمان و طرز کار موتور شرآک ریشتر» کلیات : موتورهای کموتاتوری سه فاز با سرعت متغیر از نظر

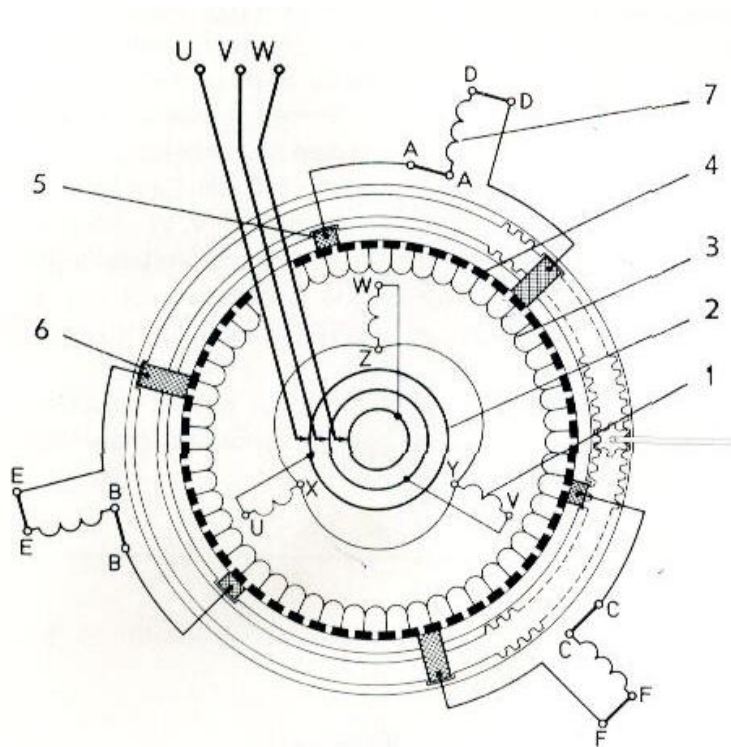
سرعت و کارایی و سادگی دسته بندی می شوند .

تاریخچه ساخت و طراحی این موتور بیش از سی سال می‌رسد . علت تولید و ویژگی این موتور نسبت به موتورهای دیگر این است که در دورهای مختلف ایجاد گشتاوری ثابت میکند . مورد مصرف اینگونه موتورها در چاپ (کاغذ و پارچه) و موکت بافی و کشش سیم و ... است .

در این کاتالوگ مطالب طوری عنوان شده است که غیر متخصصین نیز میتوانند از کارکرد و نقش و ساختمان و کمیسون و تعمیرات و نگهداری و تعمیرات لازم این ماشین بهره مند شوند . همچنین درباره نقشه ها و نمودارهای عیب یابی نیز بحث شده است .

تئوری موتور (اصول نظری):

تئوری مربوط به موتورهای کموتاتوری سه فاز با سرعت متغیر در (fig1) با شکل نشان داده شده است . پیکان (1) نمایانگر سیم پیچ اصلی موتور است که در مدار رتور واقع شده است و به شبکه سه فاز و حلقه اصطکاکی (2) اتصال



داده شده است . پیکان (3) مربوط به سیم

پیچ برای تنظیم کردن سرعت است و در

مدار رتور در قسمت بالای سیم پیچ اصلی

واقع شده است و به کموتاتور (4) اتصال

داده شده است . در هنگام تغییر مکان

جاروبکها اگر تعداد سیم پیچ کمی در بین

جاروبکها باشد موتور در وضعیت $\min$ است

و وقتی تعداد سیم پیچها بیشتر باشند موتور

در وضعیت $\max$ است .

دو سیستم جاروبک متحرک (5), (6) که

روی کموتاتور جاری می شوند تولید ولتاژ توسط جاروبکها با وضعیت جاروبکها بستگی دارد . این ولتاژ با سیم پیچ

کمکی (1) و راستاتور تغذیه میشود . بردارهای ضمیمه دیگر این ولتاژ مربوط به ولتاژ القایی در سیم پیچ استاتور است

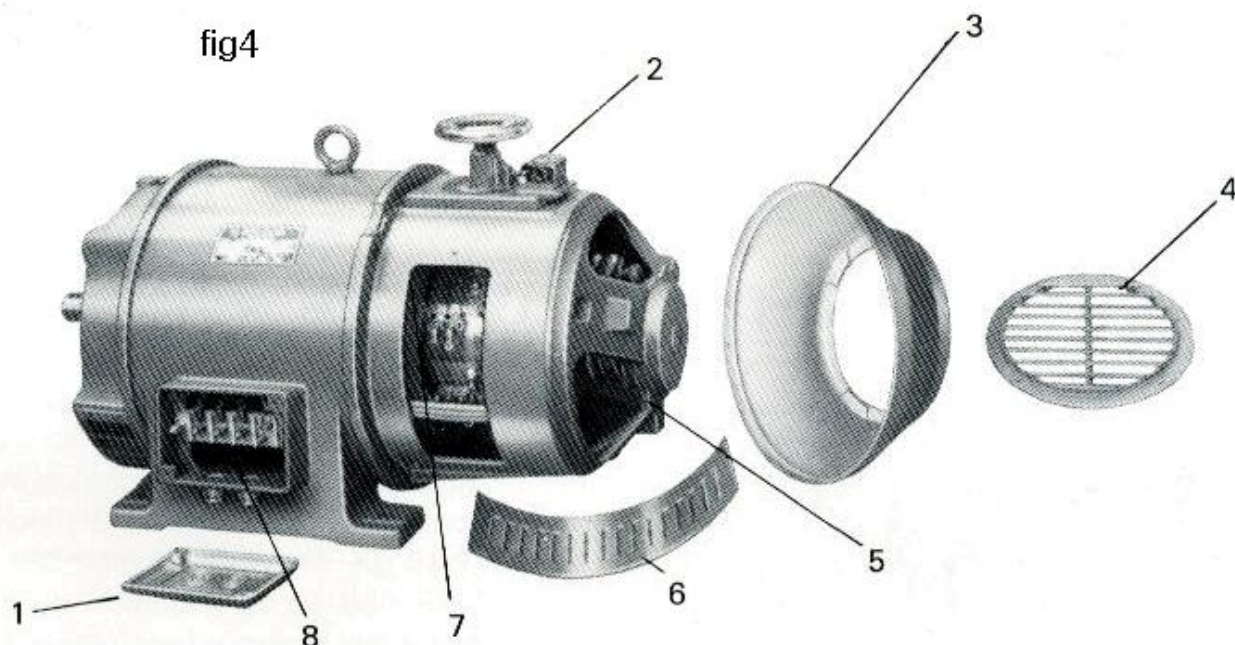
که برای داشتن ولتاژ قابل تنظیم مطابق با سرعت مشخصی تدارک و تهیه شده اند . و این سرعت به مقدار بار تحمیلی به ماشین بستگی دارد . در سرعتهای سنکرون جاروبکهای هرفاز وضعیت خاصی دارند و در روی بعضی از قسمتهای کموتاتور قرار گرفته شده اند . مقاومتها یا رله ها (قطع کننده بار اضافی) میتوانند بین سیم پیچ تنظیم و سیم پیچ ثانویه قرار داده شوند و از اتصال کوتاه و همچنین از عبور بار اضافی جلوگیری و محافظت میکنند . (محافظ بار اضافی در fig15 را ببینید).

ساختمان و طرز کار موتور شرآک ریشتر»

ساختمان مکانیکی موتور در شکلهای (figs 33,32,31) ناخن داده شده است . و درباره هر قسمت در صفحات بعدی توضیحاتی داده شده است . بطوریکه ترتیب و لیست لوازم یدکی ، شماره سریال و شماره قسمتها ذکر شده است . موتورها بطور الکتریکی اندازه گیری شده اند و مطابق با استاندارد WED 0530 فرانسه برای ماشینهای الکتریکی مشخص شده اند .

جابجایی موتور :

موتورها دارای پیچ قلابداری هستند که میتوان بوسیله این پیچ آنها را جابجا کرد . این پیچ هیچگونه ارتباطی به فلکه دستی و واحد کنترل و پنکه ندارد . این موتور برای انتقال نیروهای بزرگ طراحی نشده اند و می بایست در برابر تنشها و تکانهای مکانیکی محافظت شوند . (قرقره ها ، فلکه ها ، طوقه ها) یا اتصالات می بایست قبل از جازدن و سوار کردن در برابر لغزشهای و اصطکاک ، تنظیم و آب بندی شون . و این آب بندی توسط تراشیدن و گشاد کردن آنها انجام میگردد ، با اینکار عملا فشار و گرمای آنها روی محور گرمای آنها روی محور گریسکاری شده کمتر میشود . و نباید هیچگونه ضربه و فشاری وارد شود زیرا این فشاها و ضربه ها یا تاقانها را خراب میکنند . (قرقره ها ، فلکه ها ،

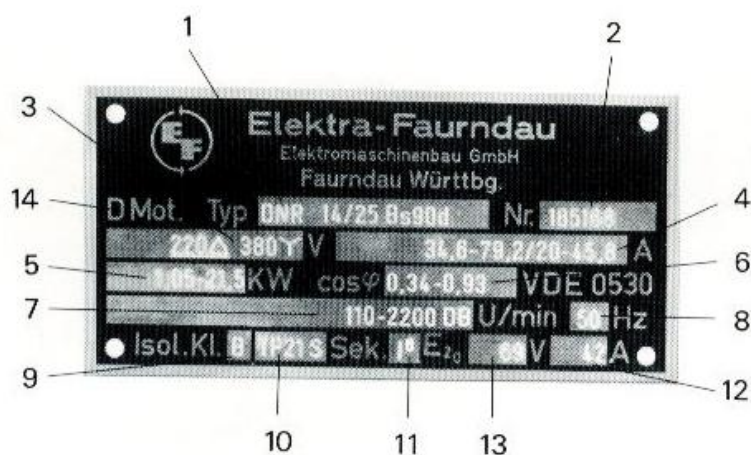


طوقه ها) ی متحرک می بایست بطور صحیح متعادل شوند و باید از نوسانات و لرزشهای آنها جلوگیری شود تا به کموتاتور آسیب برسد. برای نگهداری و حفاظت و داشتن تسمه ای خوب در برابر کششها و انبساطهای در حال حرکت و چرخش می بایست از تسمه های دوزنقه ای یا تسمه های پهن و سخت استفاده شود. (کشش و انبساط و تنش بیش از حد تسمه ممکن است باعث خرابی یاتاقانها شوند. موتورهایی که در فضاهای خاک آلود یا مرطوب و یا در فضاهای خورنده کار گذاشته میشوند از یک لوله با قطر کافی برای تهویه سوارخهای ورودی هوا (کنار کموتاتور) استفاده می شود. بطوریکه انتهای دیگر لوله به یک محیط با هوای خشک و بدون گرد و غبار ختم می شود. دریچه های تنظیم (6) (fig 4) بوسیله درپوشهای بدون سوراخ در روی کموتاتور جای داده می شوند و بوسیله یک لاستیک مصنوعی آب بندی می شوند.

پلاک موتور:

« ساختمان و طرز کار موتور شرآک ریشتر »

اطلاعات اولیه، هر موتوری در پلاک آن موتور مشخص شده است. یک نمونه از این پلاکها در (fig2) نمایش داده شده است.



1-نمونه طراحی شده

2-شماره موتور

3-ولتاژ و روش اتصال به حلقه اصطکاک

4-جریان شبکه در پایینترین و بالاترین

بار اندازه گیری شده

5-قدرت اندازه گیری قبل از حرکت در

روی پایین ترین ولتاژ و بعد از حرکت روی بالاترین ولتاژ، اندازه گیری شده است.

6-ضریب قدرت برای قدرتهای بالا و پایین

7-سرعت (min .max)

8-فرکانس نامی

9-کلاس عایقها برای عایق کردن سیم پیچها

10- حفظ و نگهداری در برابر محیط

11- مقدار فازهای ثانویه

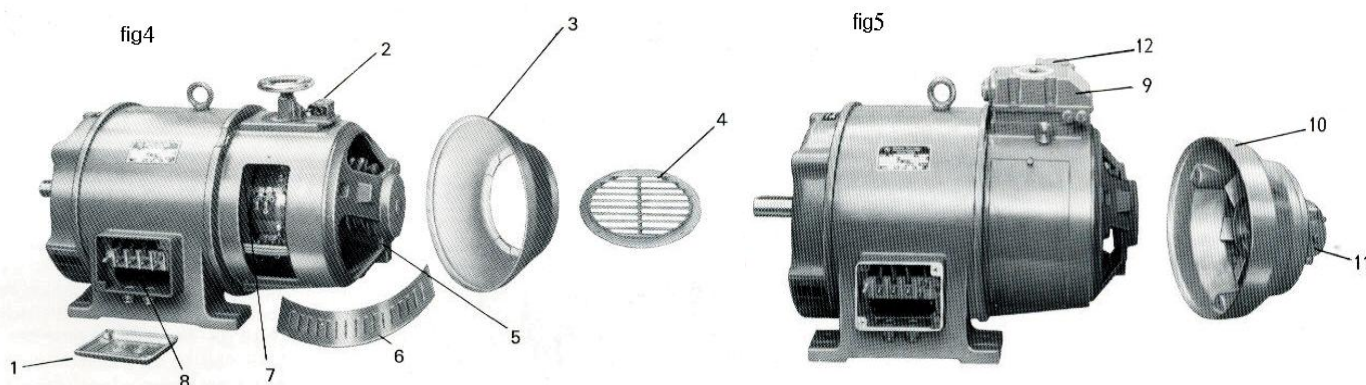
12- جریان ثانویه در بار اندازه گیری شده

13- ولتاژ سیم پیچی استاتور در هنگام قطع مدار

14- نوع جریان سه فاز (DC ^ AC)

اتصالات

قبل از انجام اتصالات می بایست اتصالات موتور اصلی را میتوان بوسیله حلقه اصطکاکی (5) تغییر داد و با برداشتن درپوش مجرای ورودی هوا (4)، (3) و یا پنکه که ممکن است سوار شده باشد به این قسمت دسترسی پیدا کرد. (شکلهای (4)، (5) figs).

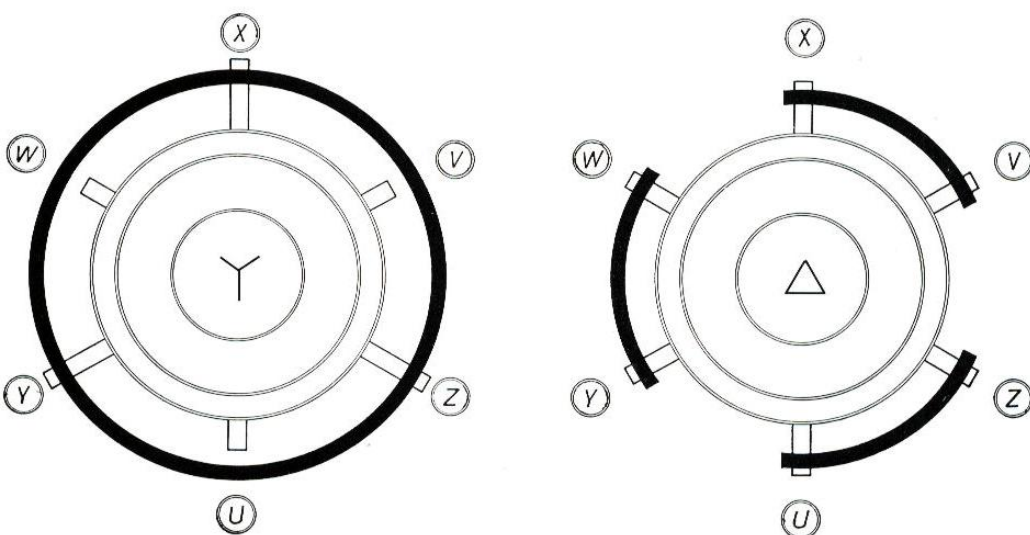


ساختمان موتور در شکلهای (figs 33,32,6) نشان داده شده است. با باز کردن درپوش و کلاهک محور انتهای

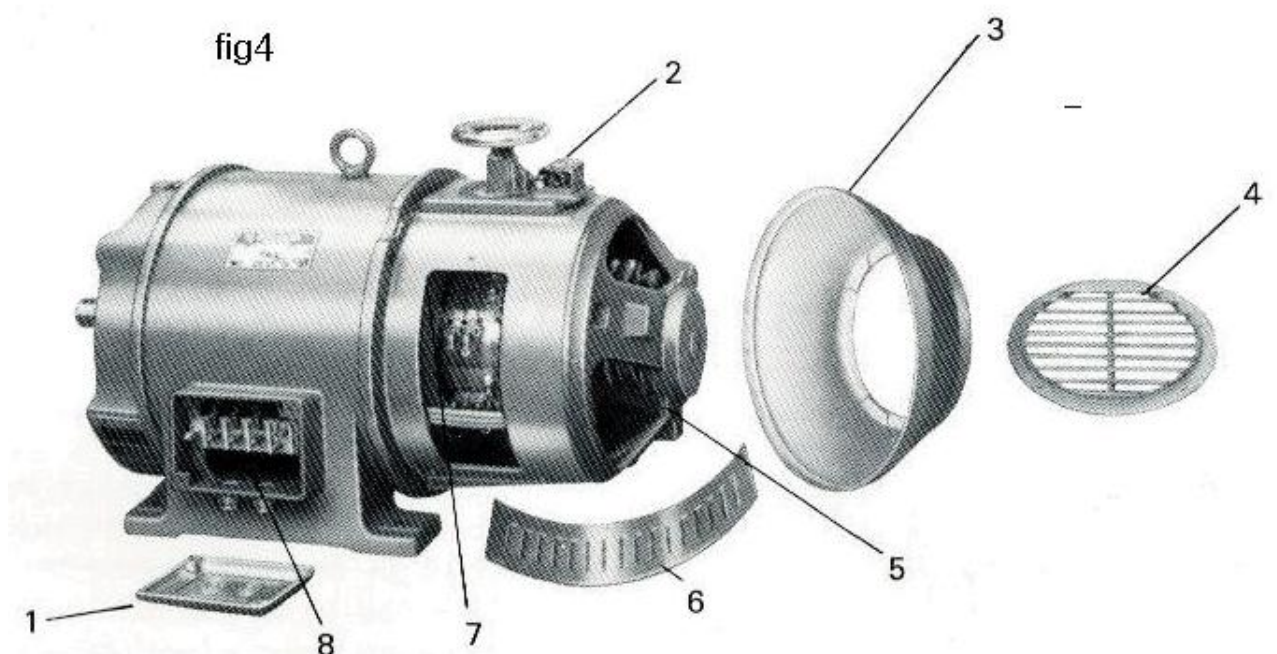
گردان میتوان به این قسمت یعنی حلقه های اصطکاکی دسترسی پیدا کرد.

اتصالات ستاره و مثل در (fig3) نشان داده شده است.

بر طبق نیازمان خطوط اتصال را به موتور تحویل میدهم. در اتصال ستاره الزاماترمینال های خطوط اتصال یعنی



Z, Y, X به همدیگر وصل میشوند و (U, V, W) اتصالات اصلی هستند. همه ترمینالها می بایستی بخوبی محکم شوند. قبل از اینکه خواستید موتور را اتصال دهید ابتدا دیاگرام اتصالات را بدقت مطالعه فرمایید. زیرا اتصالات غلط ممکن است منجر به خراب شدن موتور و فرمان دهنده یعنی واحد کنترل شود. به ترمینالهای (U, V, W) ولتاژ اصلی منبع متصل میشود. که این اتصال در روی صفحه ترمینالهای اولیه انجام می گردد (fig 8) را ببینید. و همچنین ترمینالهایی نیز برای محافظت کننده گرمایی قرار داده شده که این محافظت کننده هنگامیکه گرمای سیم پیچها در اثر عبور بار زیاد میخواهد باعث داغ کردن موتور شود بطور خودکار مدارش را قطع میکند. (fig 14) را ببینید. در موتورهایی که برای تنظیم و کنترل سرعت از فلکه دستی استفاده می شود می بایست مدار فلکه با کلید مسدود کننده (2) اتصال داده شود. (fig 4) را ببینید. و این کلید در روی فلکه دستی واقع شده است.

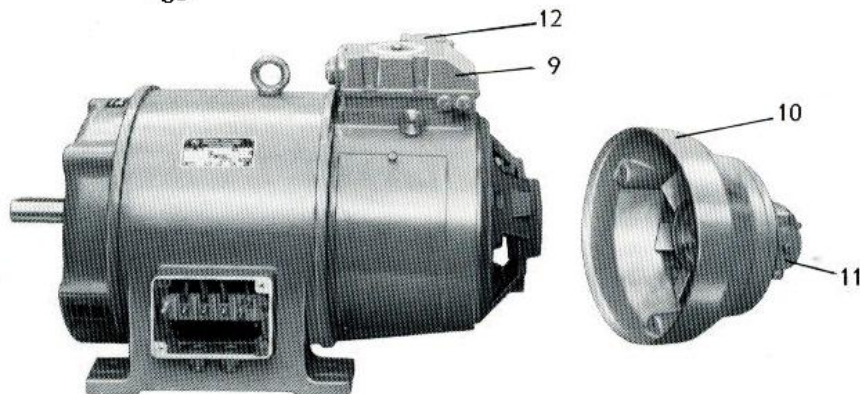


- 5- حلقه های اصطکاکی
- 6- حایل افقی جاروبک
- 7- جاروبکها
- 8- ترمینال اصلی

- 1- در پوش جعبه ترمینال
- 2- کلید مسدود کننده در روی فلکه دستی
- 3- مجرای ورودی هوا
- 4- در پوش مجرای ورودی هوا



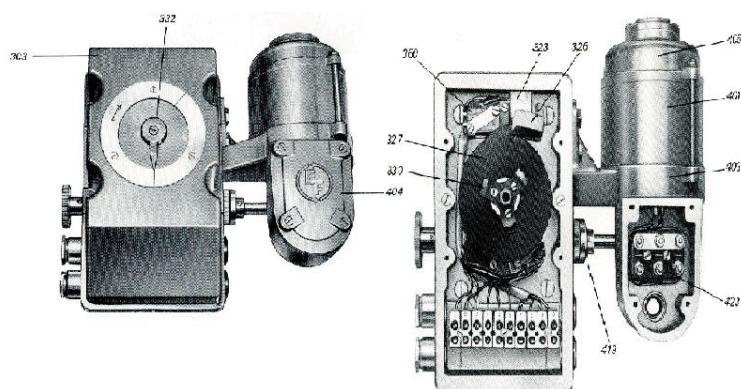
fig5



باز کردن این پیچ درپوش واحد کنترل می تواند خارج شود. موتور فرمان در قسمت انتهایی (12)

اتصال داده می شود. (ببینید fig 5 را).

واحد کنترل بدون اتصال به موتور تغذیه می شود. و علامت دهنده اطلاعاتی سرعت دارای نقاط min , max است که در حالت خاموش، موتور روی min است. البته لازم بذکر است که واحد کنترل همان فلکه دستی است که در موتورهای شراک ریشتر از این وسایل استفاده می شود. در نوعی از این موتورها فلکه دستی ها و تغییر جاروبکها برای تغییر سرعت را انجام میدهد و در نوعی دیگر واحد کنترل اینکار را انجام میدهد. و این واحد کنترل یک موتور سه فاز است که بصورت چپ گرد و راست است.



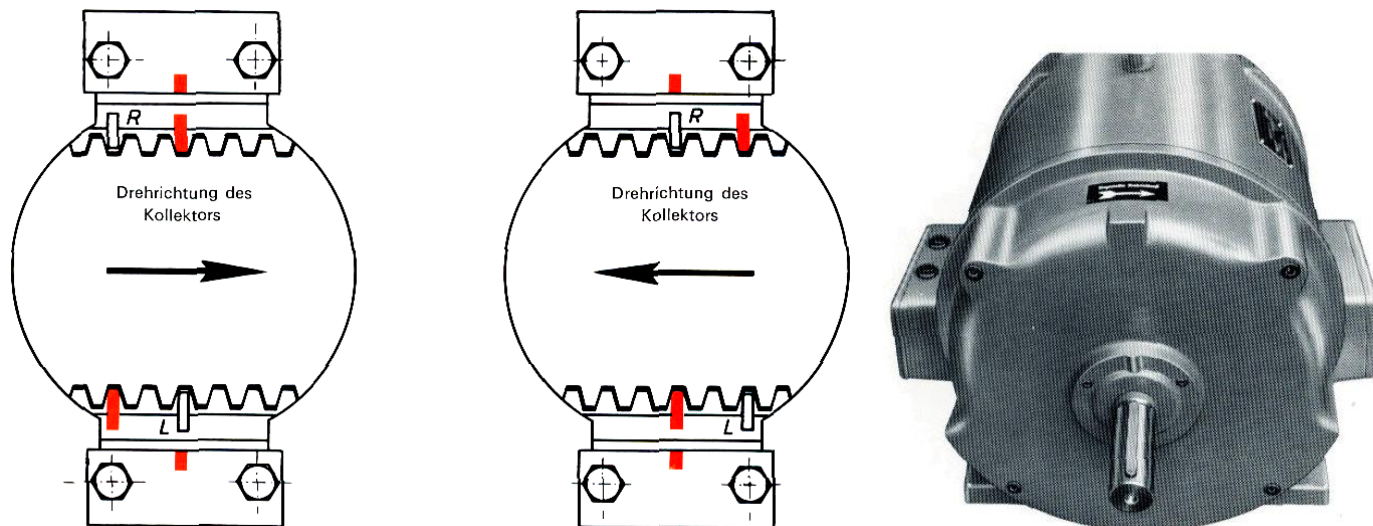
بعد از اینکه مدار را کنترل کردیم و کلید اصلی بسته شود، کلید فشاری که روی “sfeel up” است باید تنزل یابد و جهت دوران و چرخش موتور فرمان کنترل شود. موتور فرمان باید در جهت مشخصی دوران کند که این جهت با

پیکان “S” مشخص شده است. (این علامت روی درپوش واحد کنترل است. (fig 9 را ببینید). و در صورت لزوم می بایست دو سیم منبع در ترمینالهای موتور فرمان تغییر داده شود و جهت چرخش موتور دوباره کنترل شود.

بعد از اتصال موتور فرمان به واحد کنترل، دکمه فشاری که روی “sfeel up” است باعث می شود که علامت دهنده اطلاعاتی سرعت به طرف وضعیت سرعت max حرکت کند و بطور اتوماتیکی بعد از رسیدن به سرعت max و یا بعد از آزاد کردن دکمه فشاری، موتور به وضعیت سرعت min برگردد. موتور فرمان تا قبل از اینکه طرز اتصالات و ساختمانش کنترل نشده نباید راه اندازی شود.

تغییر دادن جهت چرخش:

جهت چرخش موتور را میتوان با تغییر دو فاز در صفحه ترمینالها تغییر داد. قدرتهای موتور در مقادارهای مختلفی ارزیابی شده اند. از مقادارهای بالا تا 11 کیلو وات (15 اسب بخار). که عموماً برای دوران در هر دو جهت چرخش (چپ و راست) تغذیه می شوند. موتورهای با



قدرت بالا برای چرخش در یک جهت مشخصی تنظیم شده اند. که این جهت بوسیله یک پیکان (فلش) که روی پوشش انتهایی است، مشخص شده است (fig11)

حایل‌های افقی جاروبکها پس از تنظیم شدن در جای خود مطابق با شرح زیر قرار میگیرند با جهت چرخش دلخواه؛ چرخش در جهت عقربه های ساعت را میتوان از انتهای محور مشاهده کرد؛ در شکل 10 علامت سفید رنگ مربوط به حایل‌های افقی جاروبکها با حرف "R" ثبت شده است و حایل‌های دیگری نیز با حرف L و با رنگ قرمز مشخص شده اند. (شکل 10 fig). موتورهایی که در روی پوشش انتهایی آنها هیچگونه علامتی نیست در هر دو جهت می توانند دوران کنند.

حفاظتهای موتور:

برای محافظت در برابر جریان اتصال کوتاه باید از فیوزهای محافظ جریان استفاده شود. این فیوزها باید مطابق با جریان نامی max موتور انتخاب شود. (پلاک موتور را ببینید). همچنین تاکید می شود که از فیوزهای تاخیر زمانی استفاده شود. به علت اینکه این فیوزها قطع کننده بار اضافی هستند تحت اتصالات راه اندازی سخت یا حداکثر بار لحظه ای و زودگذر نمی سوزند. در لای سیم پیچ هر فاز یک over Load نصب می شود و با افزایش دمای سیمها بخاطر مصور بار اضافی این دما به over فرمان قطع را میدهد. بنابراین محافظت کردن موتور در برابر بار اضافی در

سرعت‌های بالا انجام میگیرد. ولی دو روش مفید برای محافظت در برابر بار اضافی و تجمع گرمای زیاد سیم پیچ‌های

موتورهای کموتاتوری سه فاز وجود دارد :

1: جا دادن دکمه ترموستات در سیم پیچ هر فاز تا خط کنترل

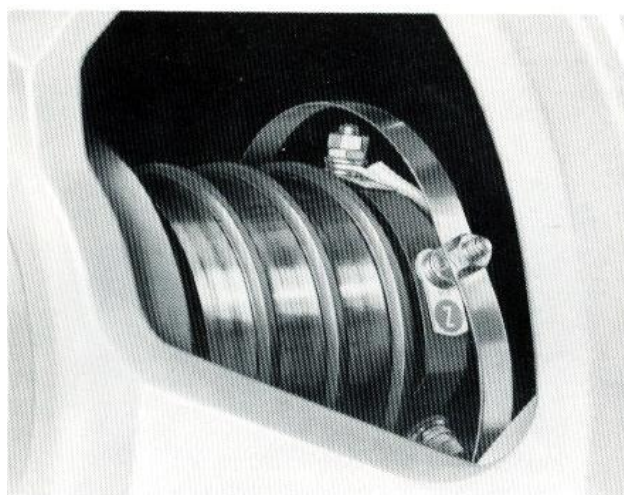
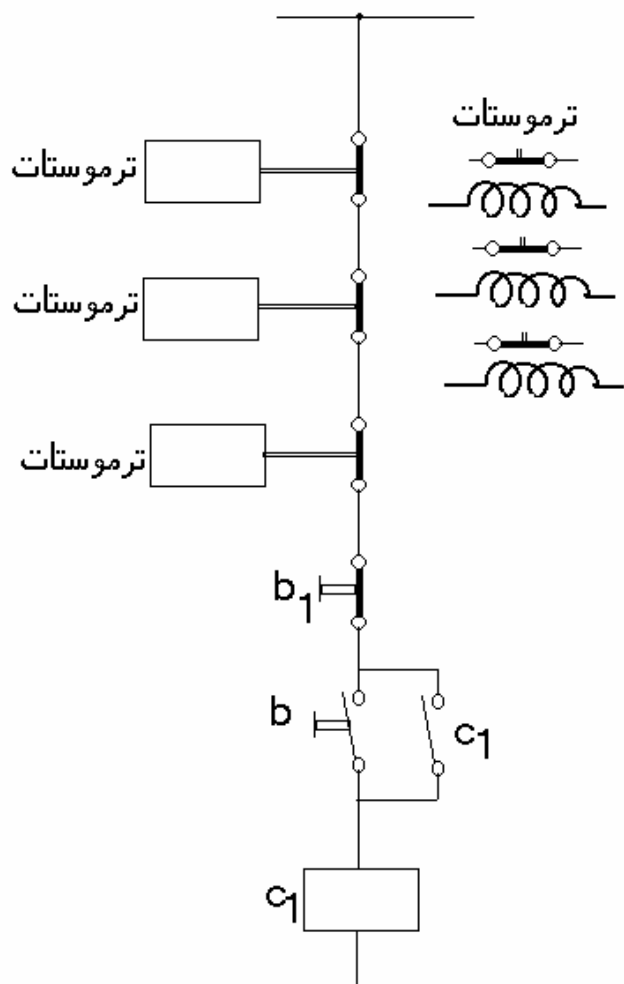
محافظ موتور را هنگامیکه درجه حرارت مجاز max سیم پیچ‌ها

زیاد می شود را قطع کند. و سپس موتور خاموش شود و یک علامت خطری ارسال کند .

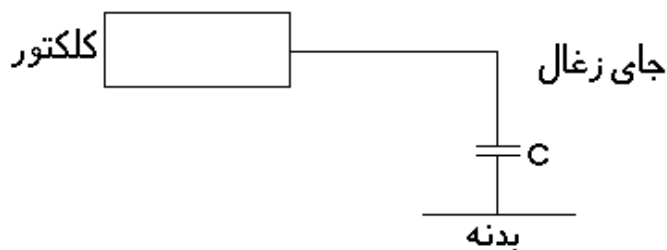
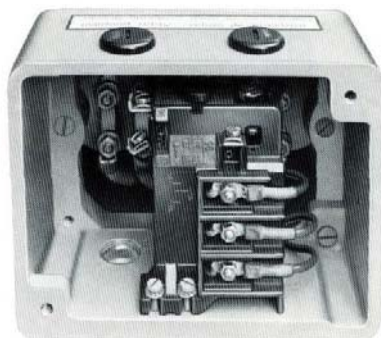
ترمینالهای دکمه ترموستات در روی صفحه ترمینالهای اولیه واقع

شده است . (ببینید fig 14,8) را . اتصال برای سرعت max

تعیین شده است . 220V, 3A متناوب .



طریقه 2: در fig 15 همانطوریکه مشاهده میکنید از یک رله یا قطع کننده بار اضافی در مدار ثانویه که روی پلاک



مشخص شده است . این رله به قسمت انتهایی ثانویه اتصال داده می شود

که عموماً در چپ واقع شده است و قتیکه به محور انتهایی نگاه میکنید .

در کلیه موتورهای کموتاتوری ، در جای ذغالها یک خازن را سری می کنند و سر دیگر این خازن را به بدنه متصل می کنند . از این خازن بدلیل رفع پارازیت هایی که توسط کموتاتورها بوجود می آید (جرقه) نصب می شود و مقدار این خازن $0.2\mu f$ است .

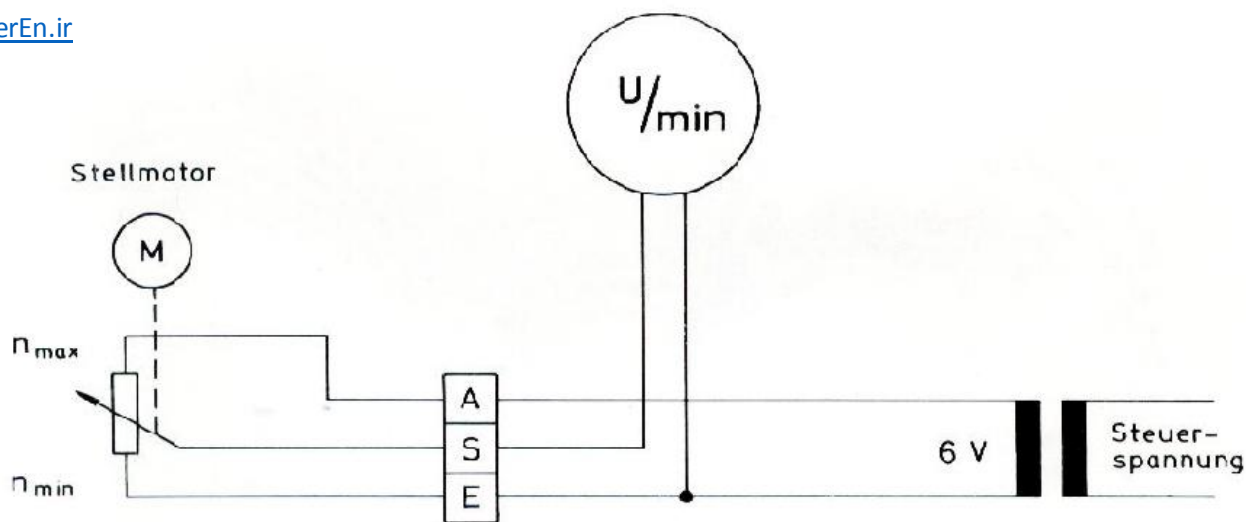
علامت دهنده دور سرعت :

اجزاء: یک ژنراتور AC با پوشش بسته که روی قسمت کناری موتور و به محور رتور اتصال داده می شود ، دستگاه اندازه گیری علامت دهنده که بصورت اختیاری میزان می شود (معمولاً در R . P.M)

ملاحظات : قبل از برداشتن پنکه می بایست قطعات زیر کنترل شوند . حلقه اصطکاکی جاروبکهای موتور اصلی ، نشان دهنده سرعت ژنراتور ، همچنین قطعه مرکزی خم شده (2) و فنر (6) می بایست ابتدا برداشته شود . بعد از بازرسی و کنترل ، پنکه در وضعیت اصلی خود مونتاژ می شود . محور (4) بوسیله اتصال (3) با اتصال (4) دوران میکند و با میله جفت می شود و محور (4) می تواند بطرف جلو فشرده شود تا به محور موتور اصلی تماس پیدا کند . پس از آن نشان دهنده سرعت ژنراتور و قطعه مرکزی خم شده (2) و فنر (6) میتوانند مونتاژ شوند . محور (4) بطور محوری بوسیله فشار فنر (6) محکم و ثابت می شود .

مشخص کردن وضعیت داخل جاروبکها :

اجزاء : یک ترانسفورماتور کوچک با توان 0.5V.A و ولتاژ ثانویه 6V (با ساختمان و اتصال مجزا) ، پتانسیومتر با درپوش (که روی واحد کنترل مونتاژ شده است و به محور کنترل اتصال داده شده است) ، مقاومت 500 اهمی و 2 ولت توان . (fig 22)



ولتметр دارای اجزاء زیر است :

سیستم بوبین متحرک ، یکسوکننده ها و صفحه ای با مقیاس عددی که تقسیمات آن مقدار n_{min} تا n_{max} دارد . و کار این ترانس کم کردن ولتاژی است که به دو سر پتانسیومتر میرسد .

پنکه :

در روی موتورهای با سایز $DNR(0,1,2)$ میتوان یک پنکه نصب کرد . FIG 23 نشان دهنده این موضوع است این پنکه هیچگونه وابستگی به موتور اصلی ندارد .

مشخصات فنی :

ولتاژ کار : 220V , 50HZ جریان کار : 0.21 A سرعت : P.R.M 2100

جهت چرخش با توجه به ساختمان موتور تکفاز طراحی شده است . (با محافظ قطب موتور) و با تعویض هادیهای منع نمی توان جهت آنرا تغییر داد .

2-پنکه برای خنک کردن و تهویه هوای موتور با سایز 2.5d است و طبق استاندارد موتورهای القایی سه فاز و دو قطب است . (شکل FIG 24) . جهت دوران پنکه با یک پیکان مشخص می شود . در هر 4000 ساعت کار بهتر است موتور جهت آب بندی و چرب کاری ، گریسکاری شود . موتور پنکه را با برداشتن پیچهای آن در محفظه انتهایی اش و دور ریختن گریسهای سوخته و تمییز کردن بلبرینگهای توان آنرا پیاده کرد .

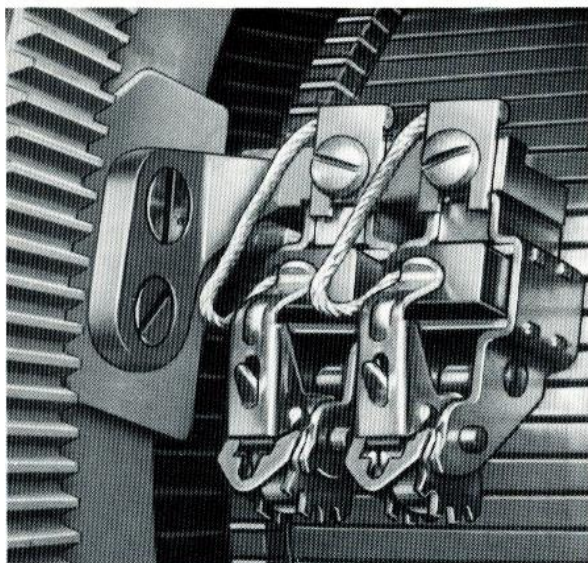
تعمیرات اساسی و پیاده کردن قطعات :

تعویض جاروبکهای کموتاتور : به هنگام تعویض جاروبکهای کموتاتور می بایست کل سیستم تعویض گردد . یعنی هر دو زغال سنگ عوض شوند . پایه ای از زغال منشا تولید جرقه هستند . بنابراین پایه ها طوری قرار بگیرند که

از جرقه زدن جلوگیری کنند که این نشان دهنده سایش بیش از حد زغال روی کموتاتور است . هنگامیکه خواستید جاروبکهای یدکی را سفارش دهید شماره و نوع موتور را ذکر کنید .

مراحل عملکرد :

درپوش را از هر دو ضلع انتهایی کموتاتور خارج کنید . پیچ های ترمینال را جهت دستیابی به کابل جاروبکها ، شل کنید . بازوی فشاری را بالا بیاورید تا بوسیله ضامن نگه داشته شود جاروبکهای سوخته را بیرون آورید . جاروبکهای جدید را اندازه کنید و جاگذاری نمایید .



سیم قابل خمش را در روی ضلع صیقلی شده حایلهای افقی قرار دهید . مطابق با نظم و ترتیب نمونه اصلی اش . (fig 28 را ببینید) .

ضامن ترمینال کابل جاروبک را محکم کنید . جاروبکها را جهت داشتن حرکتی راحت در داخل جعبه اشان کنترل کنید . بازوی فشاری را به وضعیت عمل برگردانید و این بازو با فشاری جانبی حایل افقی میتواند آزاد شود .

بهرحال کل جاروبکهایی که احتیاج به تعویض دارند باید کنترل شود همچنین کل بازده های فشاری روی جاروبکها کنترل شوند از یک سمباده نرم جهت صیقل کردن سطح زیر زغال جاروبکها استفاده کنید تا جاروبکها بوسیله کار موتور جاری شوند برای چندین ساعت در سرعت متوسط و بار کم . درپوشها را با سوراخهای کموتاتور اندازه کنید و جا بزنید .

تعویض کردن جاروبکهای حلقه اصطکاکی : مرحله کار :

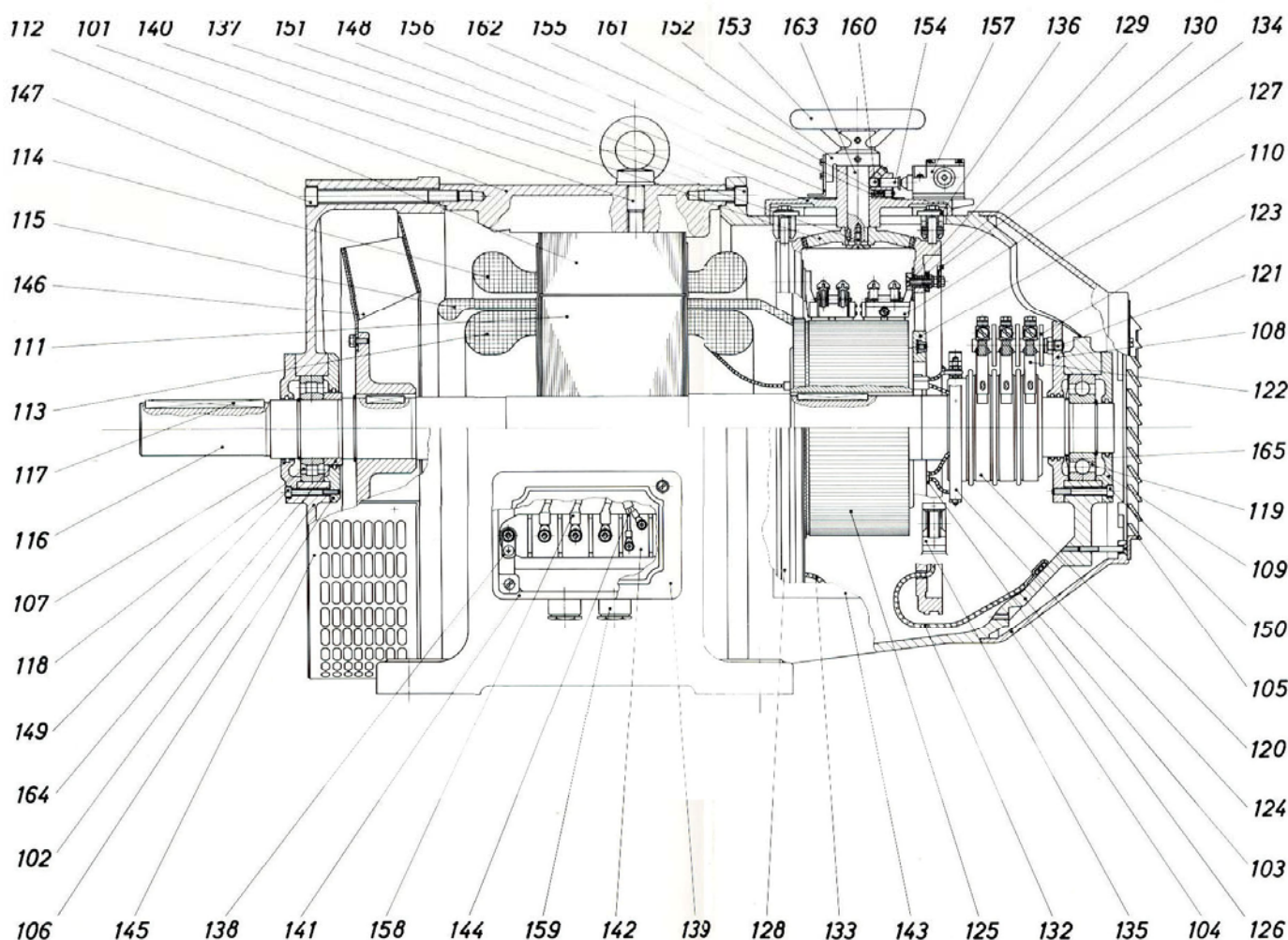
احتیاط ! کلید ولتاژ اصلی خاموش باشد .

در موتور های ساخته شده مطابق با شکل 31 ، خارج کنید درپوش مجرای ورودی هوا (105) ، (104) یا پنکه را . در موتورهای طراحی شده مطابق با شکل 32 یا 33 ، درپوش های محور انتهایی گردان را خارج کنید و پیچ ترمینال جاروبک را باز کنید . جاروبکهای فرسوده را بردارید و جاروبکهای جدید را جاسازی کنید . پیچهای ترمینال را محکم کنید .

یاتاقانهای غلطکی را تمیز کنید و گریسکاری نمایید . خطوط اتصال و چوک محرک را به وسیله میخ کش یا کشنده مناسب خارج کنید . از نیروی بخار یا فشار استفاده نکنید . کلید (111) را خارج نمایید .

پیچ مونتاژ (149) را باز کنید . یک پیچ بی سر بلند را در یکی از سوراخهای وارد کنید تا از جابجا شدن یاتاقانها در محفظه اشان جلوگیری شود . درپوش یاتاقانها را خارج کنید . گریس های کهنه و سوخته را بیرون بریزید . رتور را به آرامی بچرخانید و در حین چرخش بوسیله بنزین یا گازوئیل یا هر حال دیگر یاتاقانها را تمیز کنید سپس یاتاقانها را خشک کنید .

در هنگام گریسکاری کردن از پیستوله گریس برای اینکار استفاده شود . و فقط نیمی از فضا را گریسکاری نمایید . زیرا گریس بیش از حد باعث زیاد گرم شدن یاتاقانها می شود . درپوش یاتاقانها را در جای خود ببندید و محکم کنید . درپوش یاتاقانها (107) را جایگزین کنید و محکم کنید .



در شکل 33 ساختمان کامل موتور یا پنکه نشان داده شده است بایست قطعات آن (fig33).

خطوط ترمینالهای موتور اصلی در جعبه ترمینالها (2) واقع شده است و خطوط ترمینالهای پنکه نیز در این جعبه و یا محافظ مخصوصی واقع شده است. (4). (fig 26)

پنکه جهت کار ستاره یا مثلث اتصال داده می شود بوسیله تغییر دادن اتصالات در ترمینالها . برای تعمیرات و نگهداری می بایست تسمه درپوش (1) و درپوش (3) برداشته شود . هنگامیکه درپوش را بر میدارید یا مونتاژ می کنید از واشر لاستیکی درپوش محافظت کنید .

با برداشتن درپوش (3) پیچهای پائینی که داخل سوراخهای درپوش هستند ابتدا باید باز شوند و سپس پیچهای بالایی باز شوند . کاسه نمد یاتاقانهای گلوله ای در هر 4000 ساعت کار باید گریسکاری شود . وقتی روی پارچه ای مثلا میخوابند از 8 رنگ استفاده کنند باید موتور با دور آهسته کار کند ولی آکرموتور با دور کم کار کند داغ میکند بخاطر همین علت از این پنکه استفاده می کنند و پروانه این پنکه روی محور نصب نشده بلکه مجزا از موتور است . و با واحد کنترل ، کنترل می شود . و هر گاه موتور پنکه خاموش می شود موتور اصلی نیز از کار می افتد . و اصول کار با تغییر فرکانسی است که دور تغییر می کند .



پیاده کردن پنکه :

- 1- اولین قدم جهت پیاده سازی پنکه ، برداشتن درپوش (4) پنکه است .
 - 2- برداشتن واشر (7) و بیرون آوردن توپی (8) پنکه و همچنین پنکه (6) .
 - 3- برداشتن درپوشهای یاتاقانها برای گریسکاری یاتاقانها .
- هنگامیکه یاتاقانهای گلوله ای تعویض می شوند :

4- اتصالات سیم هادی سیم پیچهای استاتور در صفحه ترمینالها قطع شوند .

5- مهره شش گوش که روی محفظه انتهایی دورا (10) است آزاد شود و محفظ برداشته شود .

6- استاتور بدقت پایین آورده شود .

7- رتور در جهت محور انتهایی به بیرون فشار دهید . برای دوباره مونتاژ کردن استاتور و سپس رتور مونتاژ می شود .

تعمیرات و نگهداری وسایل :

در هر 500 ساعت کار باید موتور جهت نگهداری ، سرویس می شود . (وابسته به وضعیت، شرایط کار ، اثرات جوی و ... است) . گردگیرها را بردارید و سطح موتور را تمیز کنید . درپوشهای کموتاتور و حلقه های اصطکاکی را بردارید و در صورت لزوم پنکه را نیز بیرون آورید . موتور را گردگیری کنید . مخصوصا جاروبک نگهدارهای کموتاتور و حلقه های اصطکاکی و دندانه های چرخ دنده مخروطی را تمیز کنید . در صورت لزوم جاروبک نگهدارها تمیز شوند . و سطح کموتاتور با سمباده نرمی در طول عملکردش می بایست صیقل داده شود و از مواد چرب کننده در این سطح استفاده نکنید .

قسمت دوم : واحد کنترل (موتور فرمان) :

واحد کنترل برای دادن فرمان از راه دور برای تنظیم سرعت دستگاهها و دکمه های فشاری ، کنتاکتورها طراحی شده است . و با فلکه دستی مونتاژ می شود و روی کموتاتور کنار درپوش انتهایی نصب می شود .

نقش موتور فرمان :

1- در اثر برق رفتن یا stop شدن موتور ، زغالها برای استارت بعدی بطور اتوماتیک بحالت دور کند یعنی نقطه min می رساند .

2- میتوان سرعت مورد نظر را توسط مدار فرمان حافظه دار کرد و با زدن هر شستی به دور مورد نظر رسید . یعنی برای اینکه یک طرح کلی را روی پارچه ای طراحی کرد 1440 دور احتیاج است و برای طرحی دیگر 1500 دور احتیاج است . پس باید بتوان این دور را کنترل کرد .

ساختمان واحد کنترل :

ساختمان مکانیکی واحد کنترل با سلکتور سرعت در شکل 39 نشان داده شده است . و اجزاء تشکیل دهنده واحد کنترل و موتور فرمان در ورق لیست شده است. میکروسوییچ های واحد کنترل برای ارزیابی های زیر کار گذاشته می شوند :

نیروی کارکرد ماکزیمم جریان ارزیابی شده (ضریب قدرت یکسان)

200g تقریبا لیمیت سویچ برای سرعت مشابه

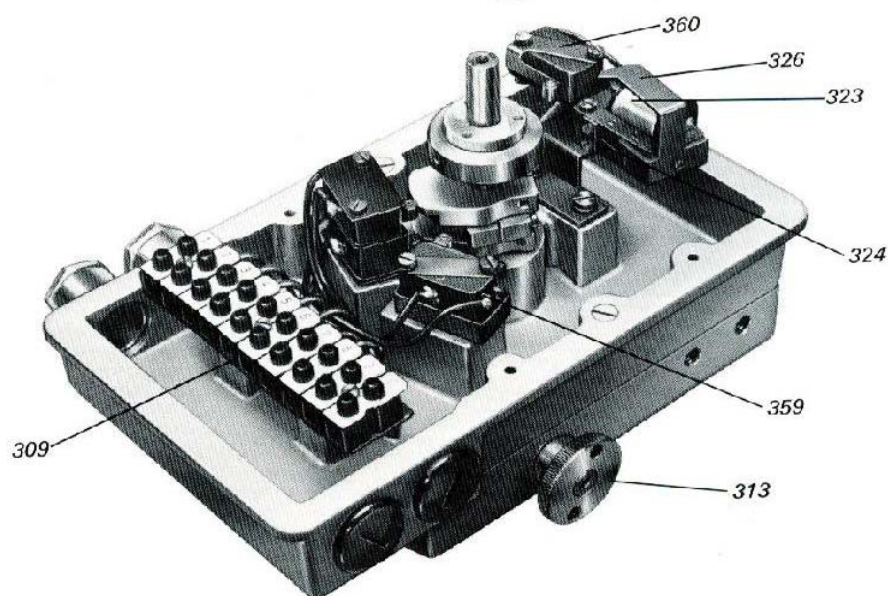
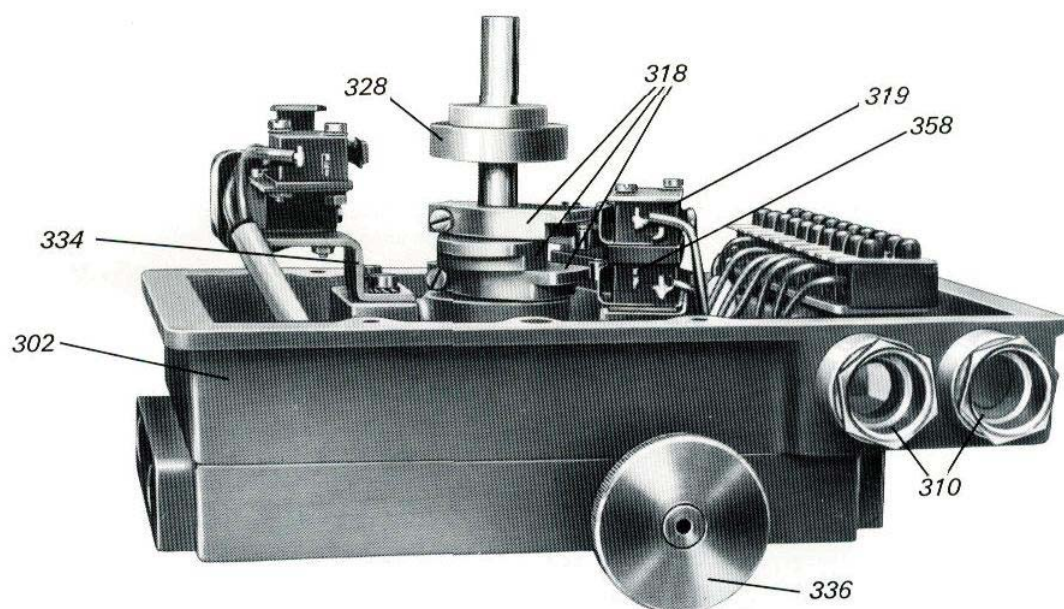
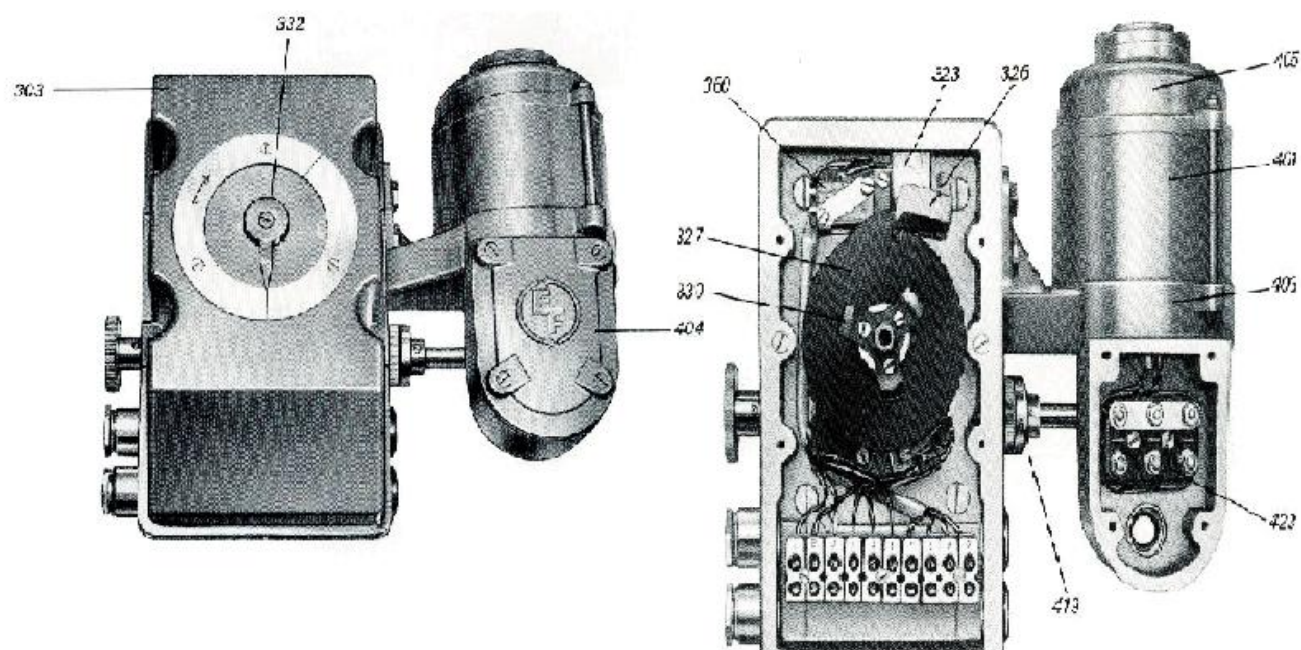
140g تقریبا لیمیت سویچ برای سلکتور سرعت

میکروسوییچها با یک اهرم قابل تنظیم داخلی و صفحه بادامکی تنظیم شده اند که با گیره ای روی محور کنترل گذاشته شده اند .

بوبین سلکتور سرعت : قدرت داخلی تنظیم شده 18VA (آرمیچر باز)

قدرت داخلی تقریبا 11VA (آرمیچر بسته)

زمان کارکرد نسبی : 40%



بعضی از عیوبی که ممکن است در موتور وارد شود با علت بوجود آمدن آن عیب و همچنین رفع آن عیب در ذیل آمده است :

عیب : موتور راه اندازی نمی شود . **علت :** مدار باز است ، یا ولتاژ شبکه پایین است و یا موتور برای ولتاژ بالاتری اتصال داده شده است . **رفع عیب :** اتصالات هر فاز را کنترل کنید و ولتاژ را اندازه گیری کنید . فیوزها و کنتاکتورها و اتصالات را کنترل کنید . اگر موتور اتصالات دیگری برای ولتاژی دیگر داشت آنرا کنترل کنید . خطوط اتصال و وضعیت صحیح روی حلقه های اصطکاکی را کنترل کنید و چهره ها را سفت نمایید .

علتی دیگر : مدار کنترل قطع شده است . **رفع این عیب :** فیوز مدار کنترل چک شود ، در مدار کنترل دکمه فشاری و کلید مسدود کننده فلکه دستی یا واحد کنترل در روی ON باشد.

عیب : پنکه موتور کار نمیکند . **علت :** کنتاکتور پنکه عمل نکرده است . **رفع عیب :** رله پنکه را کنترل کنید . **عیب :** موتور در هنگام لغزش دارد . **علت :** چرخ محرک ، اتصالات یا واحد کنترل در تعادل نیستند . چون در این موتور تغییر دور وجود دارد لذا وقتی موتور از دور آهسته به دور زیاد می رود در موتور ارزش هایی دارد .

رفع عیب : چرخ محرک و متعلقات دیگر برداشته شود و در روی متعادل کننده دینامیکی ماشین میزان شود . **عیب :** فلکه دستی تنظیم سرعت یا دیسک آچار در روی واحد کنترل به سختی گردش می کند . **علت :** چرخ دنده های جاروبکهای متحرک کثیف شده اند . **رفع عیب :** چرخ دنده های محرک را گردگیری کنید . فلکه دستی با لیستی عمداً به سختی گردش کند تا در هنگام لرزش ه فلکه آسیبی نرسد.

عیب : فلکه دستی ممرز شده است . **علت :** محور کنترل ترمزگیری و درگیری به اندازه کافی ندارد و احتمال دارد پیچ هایش شل شده باشد و در حین کار لغزش دارد .

عیب : یاتاقانها صدا دارند . (صدای یاتاقانها یک عیب عمومی است و در بیشتر این موتورها میتوان این عیب را مشاهده کرد) .

علت : شافت (محور) لاغر شده است . یا گریسکاری نشده است و یا بوسیله کششهای مکانیکی خراب می شوند . **رفع عیب :** یاتاقانها را تمیز کنید و از گریسها تازه استفاده کنید . و در صورت لزوم یاتاقانها را تعویض کنید . **عیب :** روی کموتاتور جرقه میزند . **علت :** موتور یا اضافه بار دارد یا ولتاژش پایین است . یا اینکه فنر پشت زغالها شل شده باشد . و یا گرد و غبار گرفته باشد . که در این صورت باید جاروبک تعویض گردد . و احتمال دارد خود کلکتور ناصاف

باشد که باید تراش داده شود و ممکن است از داخل چند کلاف به همدیگر اتصال داده شده باشند . و خرابی یاتاقانها نیز می توانند باعث جرقه شوند . و یا کموتاتور کثیف است یا رطوبت دارد . **رفع عیب :** سطح کموتاتور را بوسیله یک سمباده نرم صیقلی کنید و همه قسمتها را از گرد و غبار تمیز کنید .

عیب : فیوزها یا رله های با اضافی کمکی مدام از کار می افتند .

علت : ولتاژ کم است . **رفع عیب :** ولتاژ را کنترل کنید .

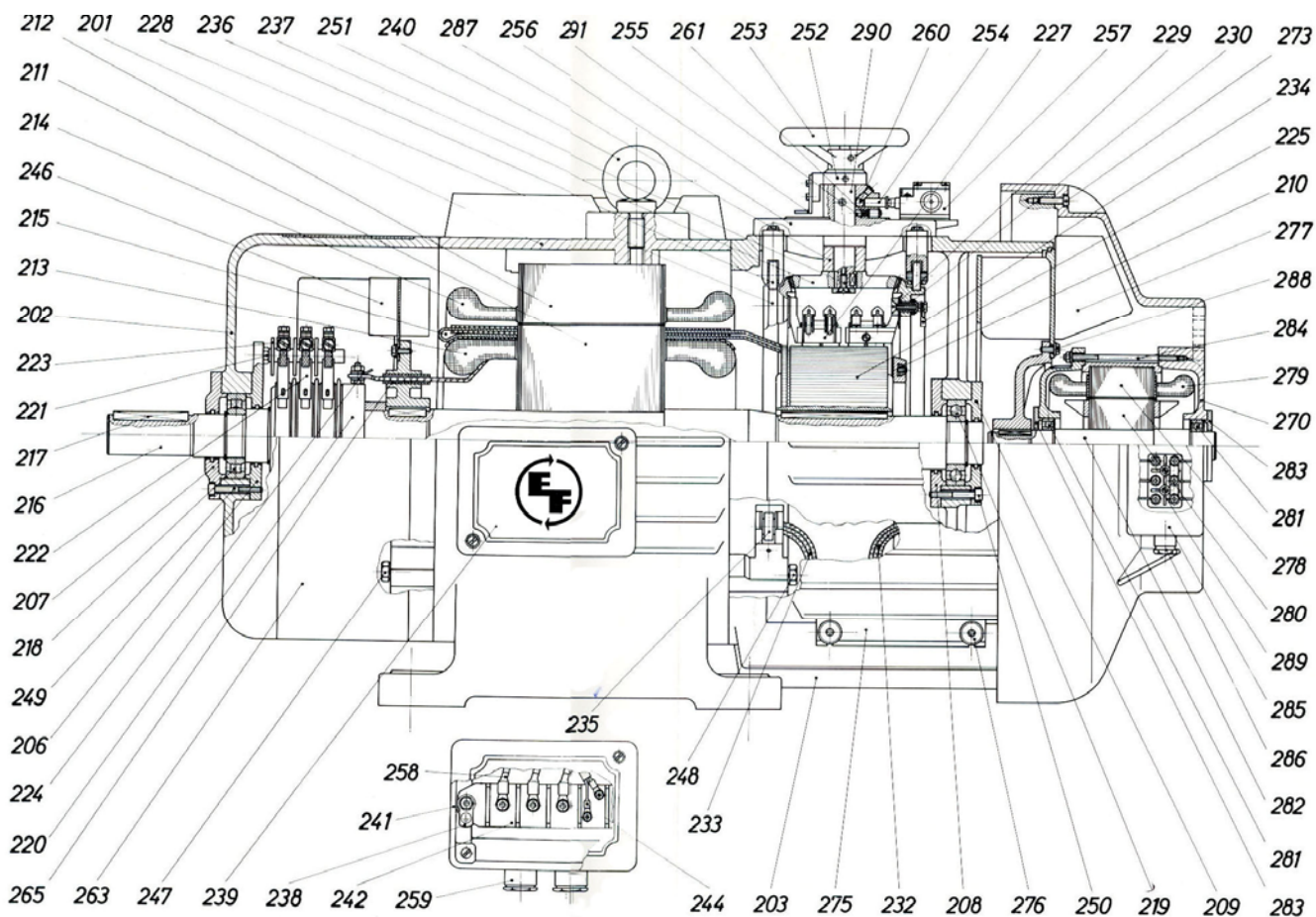
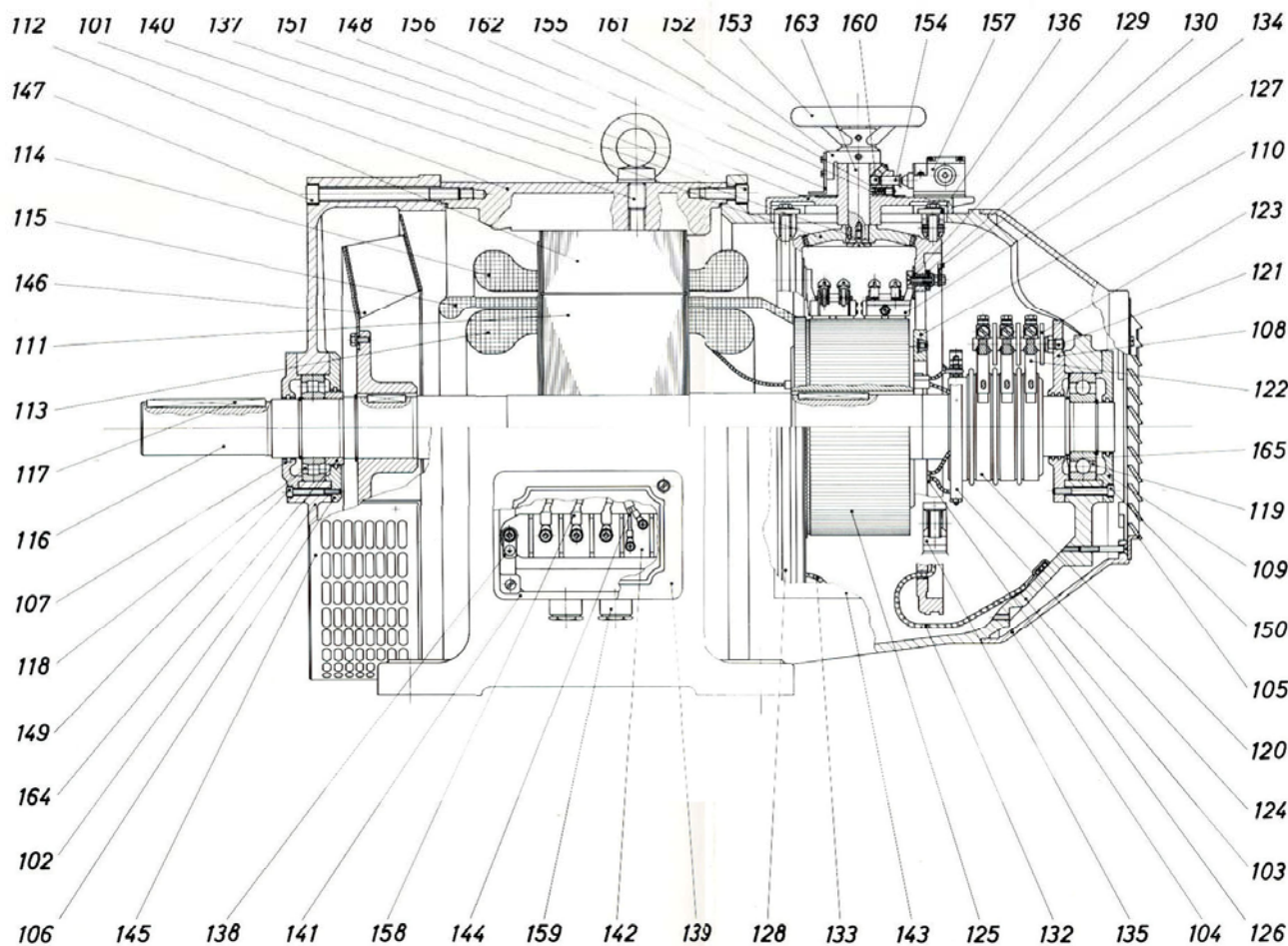
علتهای دیگری که برای جرقه زدن کموتاتور میتوان ذکر کرد این است که : فشار جاروبکها کم است یا جاروبکها فرسوده شده اند که باید سیستم جاروبکها تعویض شوند و یا موتور تکفاز فیوزها کنترل شوند همچنین کنتاکتورها و ترمینالهای اتصالات در قسمت اصلی کنترل شوند . و یا جریان بطور یکنواخت در مدار کمکی تقسیم نشده است که باید مقاومت کامل جاروبک را کنترل کرد . همه ترمینالها در مدار کمکی و رله مدار کمکی باید کنترل شوند . و یا کموتاتور فرسوده شده که باید کموتاتور رویه گیری شود .

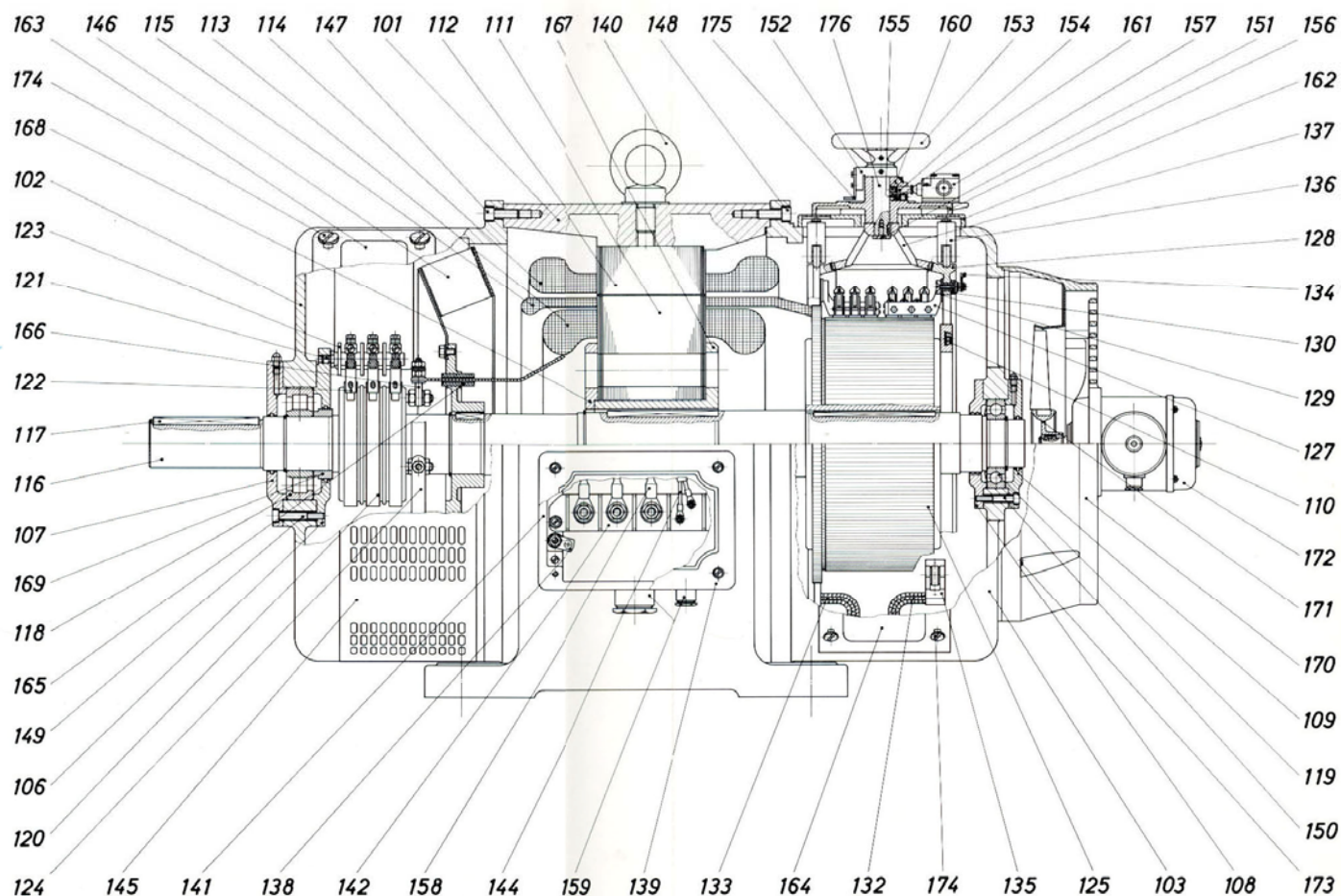
عیب : بعد از کم کردن دکمه فشاری (Slow down) و تغییر یافتن سرعت انتخاب شده قبلی موتور بعد از راه اندازی با همان سرعت قبلی کار میکند . **علت :** بوبین (232) انرژی دار نمی شود و صفحه کلید اتصال (327) در وضعیت اصلی می ماند . **رفع عیب :** بوبین آرمیچر را برای اینکه تحرکی راحت داشته باشد کنترل کنید . بوبین ولتاژ را کنترل کنید . سیم پیچ بوبین را کنترل کنید بوسیله کاهش دادن دکمه فشاری (Slow down) و یک عیب دیگر این اسن که زغال در اثر سایش فرسوده می شود . چون وقتی فنری که پشت زغال وجود دارد احتمال دارد این فنر در هنگام تعویض درست انتخاب نشده باشد یعنی فنر ضعیف انتخاب شود که باعث لقی جاروبکها می شود و زغال فرسوده می شود و یا قوی انتخاب شود .

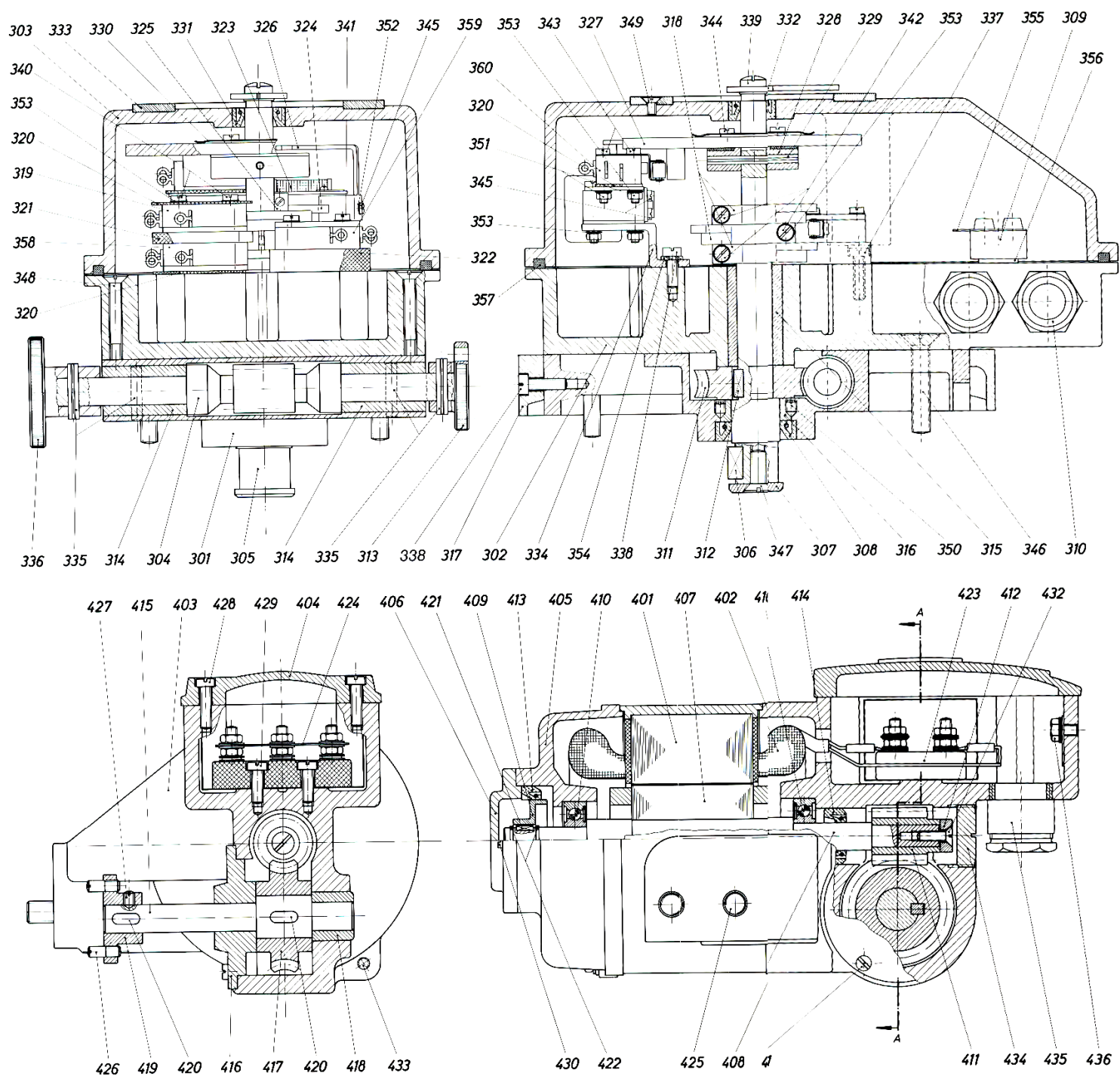
رئوس مطالب :

موتورهای کموتاتوری سه فاز با سرعتهای متغیر از دسته موتورهای آسنکرون هستند و سرعتشان می تواند تغییر کند . این کار بوسیله فلکه دستی یا واحد کنترل می تواند انجام شود . این تغییر دور بر اساس تغییر فرکانس انجام می شود . عمل فرمان دادن به این واحد کنترل توسط موتور فرمان که یک موتور سه فاز است انجام می شود . و در نوع فلکه دستی از دست برای فرمان دادن استفاده می شود .

رتور و استاتور بصورت هم قطب سیم بندی می شوند و طریقه محاسبه استاتور این موتورها مثل محاسبه موتورهای سه فاز است . و برای تغییر جهت در این موتور نیز از جابجایی دو فاز استفاده می شود و علت تولید این موتورها ، گشتاور ثابت در دورهای متغیر است . و معمولاً این موتورها (شراک ریشتر) به صورت سه فاز هستند . و ممکن است در یک جهت و یا در هر دو جهت دوران کنند .







اطلاع _____ ات عم _____ ومی تکن _____ سینها _____

فصل اول:

انرژی الکتریکی (تولید - انتقال - توزیع) و اندازه گیری کمیت های الکتریکی

تولید انرژی الکتریکی سه فاز

انرژی الکتریکی در نیروگاهها به وسیله الترناتورهای سه فاز تولید می شود. این آلترناتورها مطابق شکل از دو قسمت اصلی زیر تشکیل شده اند:

الف - استاتور

از یک هسته آهنی شیاردار به صورت ثابت ساخته می شود. داخل شیارها سه گروه کلاف به صورتی قرار می گیرند که با هم 120 درجه الکتریکی اختلاف فاز داشته باشند.

انرژی الکتریکی تولیدی به صورت سه فاز از طریق استاتور به مدارهای خارج منتقل می گردد.

ب - رتور

قسمت گردنده مولد از هسته آهنی شیاردار ساخته می شود و داخل این شیارها سیمهای مسی برای تولید فوران مغناطیسی قرار می گیرد این فوران به وسیله ولتاژ جریان مستقیم تولید می شود.

در آلترناتورهای بزرگ انرژی الکتریکی از قسمت ثابت استاتور دریافت می شود ولی در الترناتورهای کوچک می توان انرژی را از قسمت گردنده (رتور) دریافت کرد. به قسمتی که انرژی الکتریکی تولید می کند در اصطلاح ارمیچر گویند.

نیروی محرکه الکتریکی (ولتاژ) تولید شده در آلترناتورهای سه فاز مطابق شکل با شکل سینوسی و با اختلاف فاز 120 درجه الکتریکی می باشد.

از آن جا که مقدار ولتاژ تولید شده در آلترناتورها نمی تواند بیش از حد مجاز باشد و انتقال این ولتاژ با جریانهای بالا موجب افزایش اتلاف انرژی در سیمها و افت ولتاژ انتهای خط می شود بنابراین در ابتدای خط مقدار ولتاژ تولید شده توسط ترانسفورماتورها افزایش و در انتهای خط در چند مرحله جهت استفاده مصرف کنندگان صنعتی و خانگی در حد ولتاژ مجاز (380/220) کاهش می یابد. در شبکه های سراسری برق، انرژی الکتریکی همواره به صورت سه فاز تولید می شود زیرا:

- اقتصادی تر است ، به دلیل این که آلترناتورهای سه فاز حجم کمتری نسبت به آلترناتورهای تک فاز با توان مشابه دارد.

توان لحظه ای سه فاز در مصرف کننده هیچ گاه به صفر نمی رسد، بنابراین توان سه فاز میزان تغییرات کمتری نسبت به توان در شبکه تک فاز دارد.

0- در راه اندازی موتورهای سه فاز به سیم پیچ راه انداز نداریم و به همین دلیل حجم موتورها کاهش می یابد.

- رکتیفایرهای سه فاز ولتاژ DC شده را پیل کمتری دارد و ولتاژ خروجی جریان مستقیم در کتیفایرهای سه فاز نسبت به ولتاژ یک سو شده در رکتیفایرهای تک فاز صاف تر است.
برای اینکه انرژی تولید شده در نیروگاهها به شبکه سراسری منتقل شود و در اختیار مشترکان قرار گیرد باید مراحل زیر انجام گیرد.

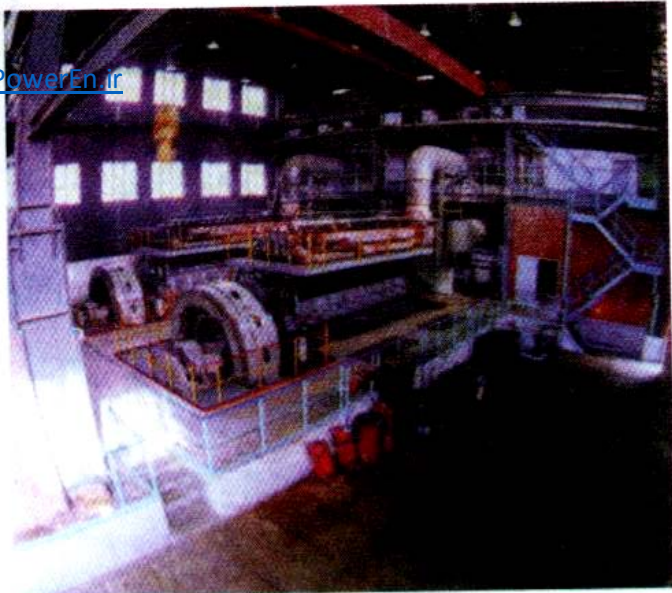
2- انتقال نیرو

انرژی تولید شده در نیروگاههای مختلف (آبی، دیزلی، گازی، چرخه ترکیبی، بخاری، اتمی و بادی) پس از افزایش به قمدار ولتاژهای (132، 220، 400 و 63) کیلو ولت به مناطق مصرف انتقال می یابد.
جابجایی با ولتاژهای 400 یا 230 کیلو ولتی را در اصطلاح انتقال نیرو می خوانند. و هدف آن داد و ستدهای انرژی و توان بین مناطق و نواحی اصلی است که معمولاً در فاصله های دور از هم قرار گرفته اند.
طول مدارهای 400 کیلو ولتی در ایران حدود 8000 کیلومتر و طول مدارهای 230 کیلو ولتی حدود 6000 کیلومتر می باشد.

3- شبکه های فوق توزیع

رساندن انرژی و توان به مراکز مصرف بیشتر با خط های 63 (یا 66) یا 132 کیلو ولتی صورت می گیرد که این بخش از فعالیت نیرو رسانی را در اصطلاح شبکه های فوق توزیع می نامند. شکل ب یک خط فوق توزیع با پایه تلسکوپی 63 کیلو ولتی را نشان می دهد.

4- توزیع نیرو



در صنعت برق توزیع انرژی برق اساساً در دو سطح فشار متوسط و فشار ضعیف صورت می‌گیرد.

4-1 خط‌های فشار متوسط

بیشتر شبکه‌های فشار متوسط در ایران از نوع 20 کیلو ولتی هستند اما ولتاژهای 33 و 11 کیلو ولتی نیز پهنه‌های محدودی از کاربرد را دارند در شکل زیر تصویری از یک شبکه توزیع فشار متوسط نمایش داده شده است.

4-2 خط‌های فشار ضعیف

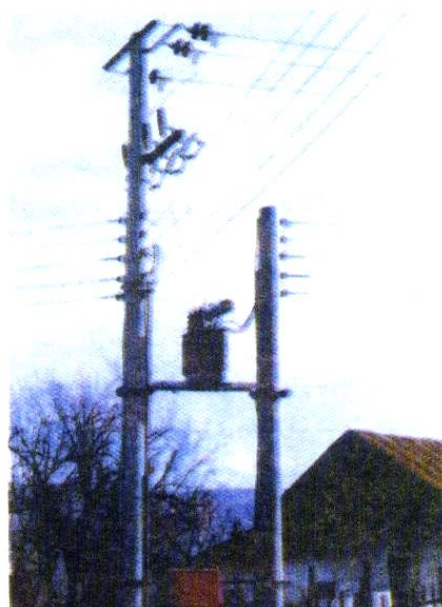
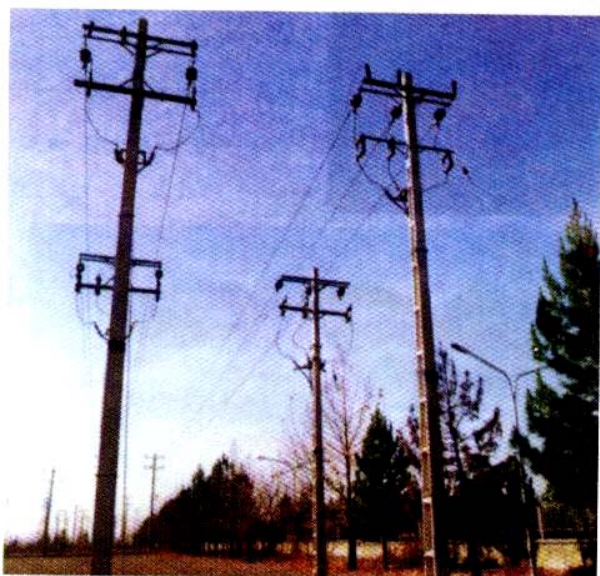
تامین برق مصرف کنندگان عادی با خط‌های فشار ضعیف انجام می‌گیرد این خط‌ها آخرین قسمت از شبکه عظیم و گسترده برق رسانی را پیش از تحویل انرژی به مصرف کننده تشکیل می‌دهند.

خط‌های فشار ضعیف رایج در سراسر کشور از رده 380/220 ولتی و معمولاً به صورت 5 سیمه هستند و در حال حاضر حدود

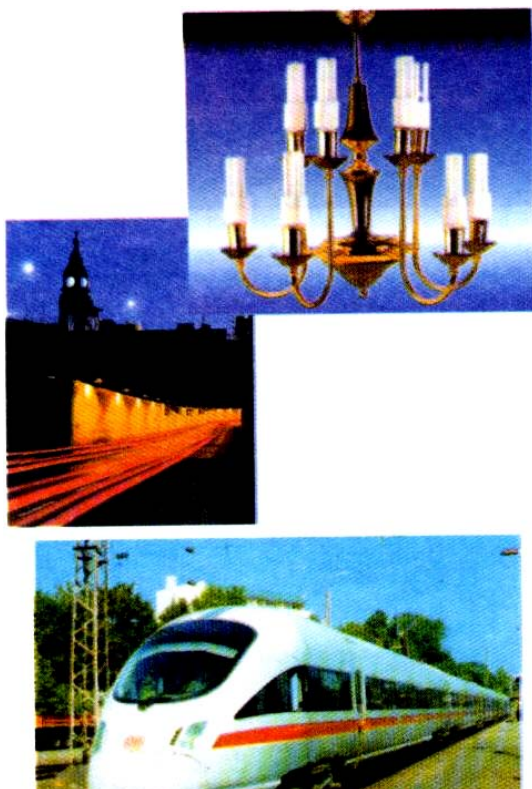


200000 کیلومتر خط فشار ضعیف در ایران وجود دارد.

در شکل بالا ترانسفورماتور تبدیل فشار متوسط به فشار ضعیف و در شکل زیر خط توزیع فشار ضعیف نمایش داده شده است. از پنج سیم، سیم بالایی مربوط به سیم نول N و سیم دوم از بالا مربوط به روشنایی خیابانها و معابر و سرسیم دیگر (پایینی) سیمهای سه فاز می باشند که با علائم $S.T.R$ یا L_1, L_2, L_3 و L_2 و L_3 نقشه ها نمایش داده می شوند.



5- مصرف کننده ها



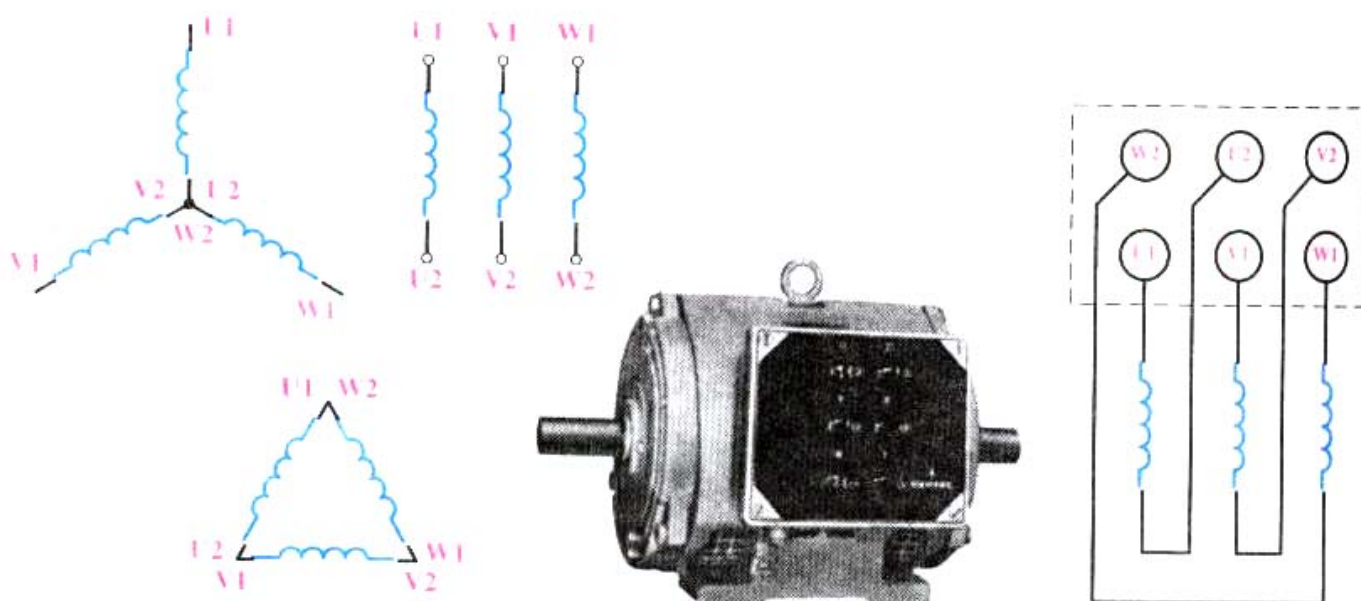
کلیه وسایلی که انرژی الکتریکی را به شکل های دیگر از انرژی تبدیل می کنند مصرف کننده نامیده می شوند. لامپ های روشنایی، گرم کننده های الکتریکی، انواع الکتروموتورهای سه فاز و تک فاز، وان های آبکاری و ... مصرف کننده های الکتریکی نمونه هایی از مصرف کننده های الکتریکی هستند. در شکل تعدادی از مصرف کننده های رایج در صنعت و مصارف خانگی نمایش داده شده اند. مصرف کننده های الکتریکی را از نظر الکتریکی می توان به دو گروه یک فاز و چند فاز تقسیم کرد. کاربرد مصرف کننده های یک فاز در منازل و مکان های عمومی

(روشنایی، لوازم خانگی، لوازم اداری و غیره) می‌باشد. ولتاژ کار این مصرف کننده‌ها در ایران و بسیاری از کشورهای جهان 220 ولت است و همه هنجاریان با آنها و طرز کارشان تقریباً آشنا هستند. در صنعت مصرف کننده‌های دیگری وجود دارند که با برق سه فاز کار می‌کنند علت استفاده از مصرف کننده‌های سه فاز که عمده آنها الکتروموتورها هستند رعایت مسایل فنی و اقتصادی است مصرف کننده‌های سه فاز مطابق شکل 1 از سه مصرف کننده یک فاز تشکیل شده‌اند که آنها را می‌توان مطابق شکل 1-14 به دو صورت به یکدیگر اتصال داد. برای جلوگیری از اشتباه و مشخص شدن هر فاز، ابتدا و انتهای هر مصرف کننده را در هر فاز به‌علاوه

$(U_1, V_1), (V_2, W_1), (W_2, U_1)$ نمایش می‌دهند.

به این ترتیب در یک مصرف کننده سه فاز 6 سیم وجود دارد که معمولاً در جعبه ترمینال دستگاه در اختیار مصرف کننده است.

اتصال انرژی الکتریکی به مصرف کننده‌ها با توجه به نوع کاری که انجام می‌دهند، توسط کلیدهای دستی،



مغناطیسی (کنتاکتور) و برنامه پذیر (PLC) انجام می‌گیرد. در فصل‌های بعدی درباره آنها به تفصیل بحث خواهد شد.

6- اندازه گیری کمیت های الکتریکی در مصرف کننده ها

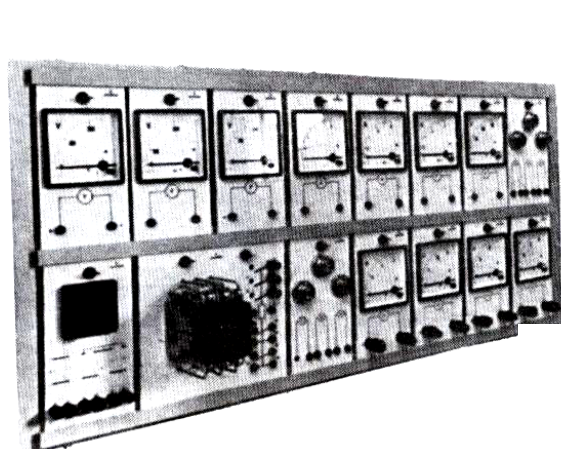
برای اندازه گیری مقدار جریان ولتاژ ، توان ، کار، فرکانس و اختلاف فاز، دستگاه های اندازه گیری مناسب مورد نیاز است..

7- اندازه گیری مقدار جریان و ولتاژ متناوب

آمپر متر و ولت متر دو دستگاه اندازه گیری هستند که به وسیله آنها مقدار جریان مصرف و ولتاژ مصرف کننده ها را می توان اندازه گرفت. این دستگاهها بر اساس اهداف مورد نیاز به صورت های مختلف ساخته می شوند.

1-7 دستگاه های اندازه گیری تابلویی

این دستگاهها معمولاً یک رنج دارند و از دقت کمی برخوردارند کاربرد آنها در روی تابلوها به منظور نشان دادن کمیت مورد نظر می باشد (نه آزمایش و اندازه گیری دقیق کمیت الکتریکی) در شکل دو نمونه از آنها نشان داده شده است.



2-7 دستگاه های اندازه

گیری پرتابل (قابل حمل)

دستگاه های اندازه گیری پرتابل کاربردی وسیع در صنعت برق دارند این دستگاهها به دو صورت آنالوگ و دیجیتال در کارخانجات ساخته می شوند. از آن جا که این دستگاهها کمیت های مختلف (جریان، ولتاژ، مقاومت



و ...) را اندازه گیری می کنند در اصطلاح با عناوین آوومتر ($A.V.\Omega$) و با مالتی متر در بازار به فروش

می‌رسند. کمیت‌های الکتریکی مورد سنجش در این دستگاهها در محدود بسیار وسیع و با دقت قابل قبولی اندازه گیری می‌شوند. مالتی مترهای دیجیتال دارای تنوع انعطاف و قیمت ارزان تری نسبت به مالتی مترهای آنالوگ هستند در شکل نمونه‌ای از این دستگاههای اندازه گیری نشان داده شده اند.

3-7 دستگاههای اندازه گیری آزمایشگاهی

به منظور انجام برخی از تحقیقات علمی در آزمایشگاه و کنترل دقیق فرایند تولید صنایع پیشرفته نظامی، اتمی و فضایی به دستگاههای اندازه گیری الکتریکی‌ای نیاز است که از دقت و کیفیت مرغوب‌تری نسبت به

دستگاههای اندازه گیری معمولی برخوردار باشند.

این دستگاهها برای کالیبره کردن دستگاههای

اندازه‌گیری در موسسات استاندارد نیز به کار می‌روند.

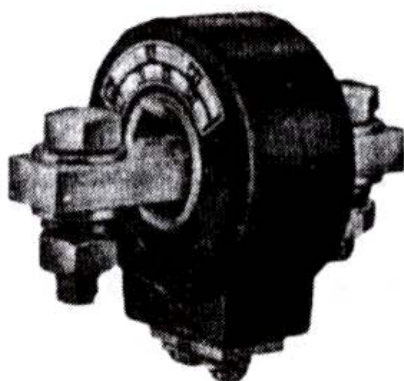
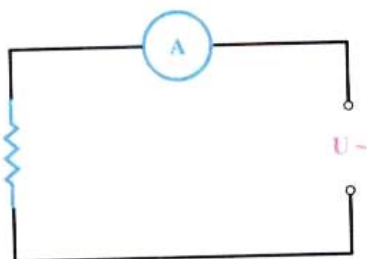
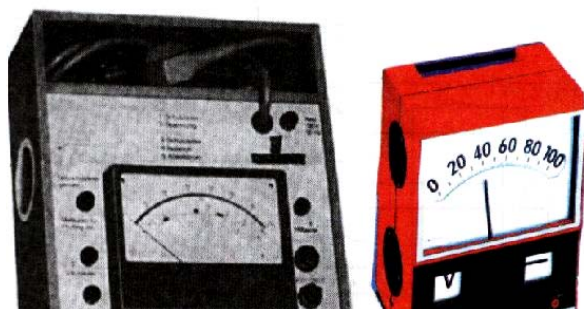
این وسایل اندازه‌گیری دارای ساختمانی پیچیده

هستند و نسبت به دستگاههای معمولی

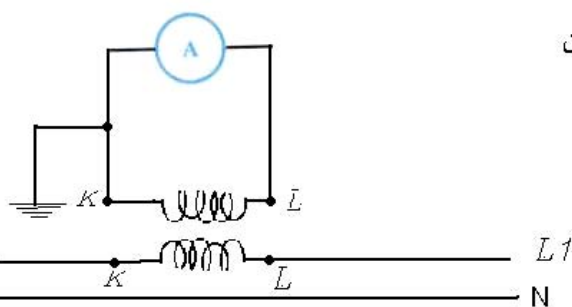
قیمت بالاتری دارند.

در شکل تعدادی از دستگاههای اندازه

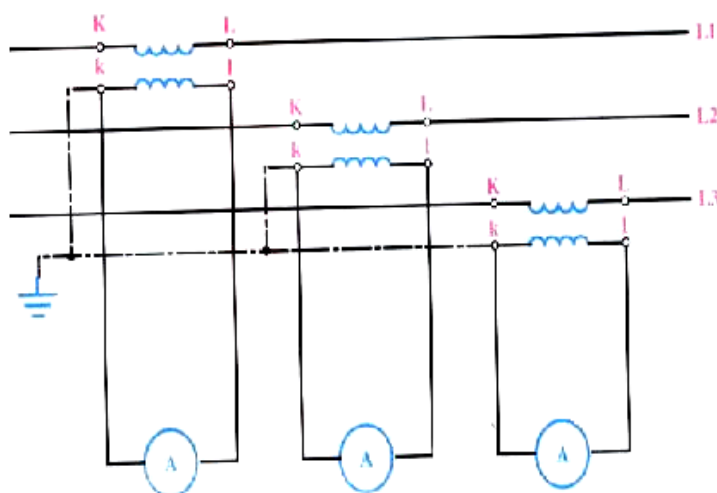
گیری آزمایشگاهی نشان داده شده‌اند.



ترانسفورماتور مبدل جریان



ب. اندازه گیری جریان زیاد در مدار تکفاز



اندازه گیری جریان زیاد در مدار سه فاز



8- اندازه گیری جریان متناوب

آمپر متر: مقدار جریان الکتریکی عبوری از یک مصرف کننده یک فاز یا سه فاز به وسیله آمپر متر اندازه گیری

می شود. این اندازه گیری به سه روش صورت می گیرد:

آمپر مترهایی که مطابق شکل به طور مستقیم در مسیر جریان قرار می گیرند و

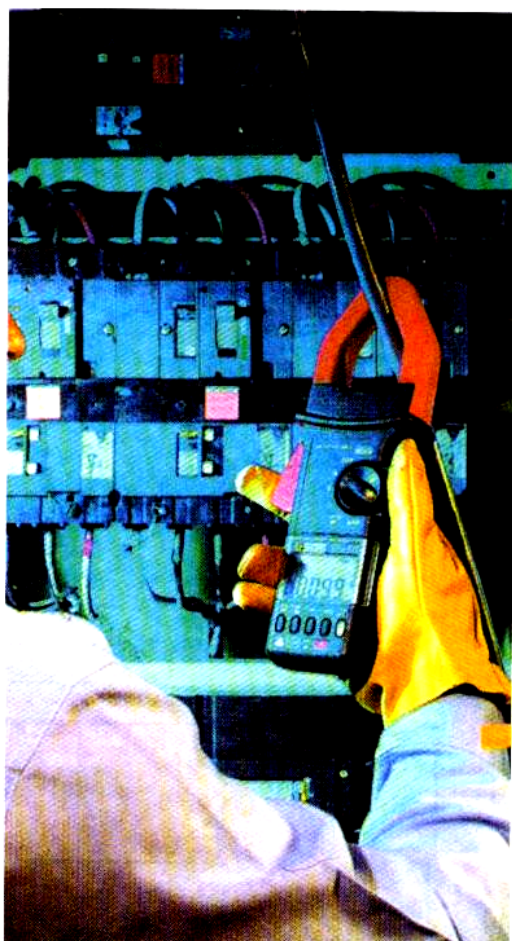
مقدار کمیت مورد سنجش را اندازه گیری کرده آن را نمایش می دهد. در اندازه گیری به روش مستقیم باید به نکات روبرو توجه شود:

- دستگاه قادر به اندازه گیری جریان متناوب باشد.

- جریان مورد سنجش از جریان مجاز آمپر متر بیشتر نباشد.

- در صورتی که از مالتی متر استفاده می شود در انتخاب رنج دقت شود.

آمپر مترهایی که مطابق شکل ب به صورت غیرمستقیم و به وسیله ترانسفورماتور (مبدل) مقدار جریان های بسیار زیاد عبور یاز هر سیم برق دار را اندازه گیری می کنند. از این ترانسفورماتورها

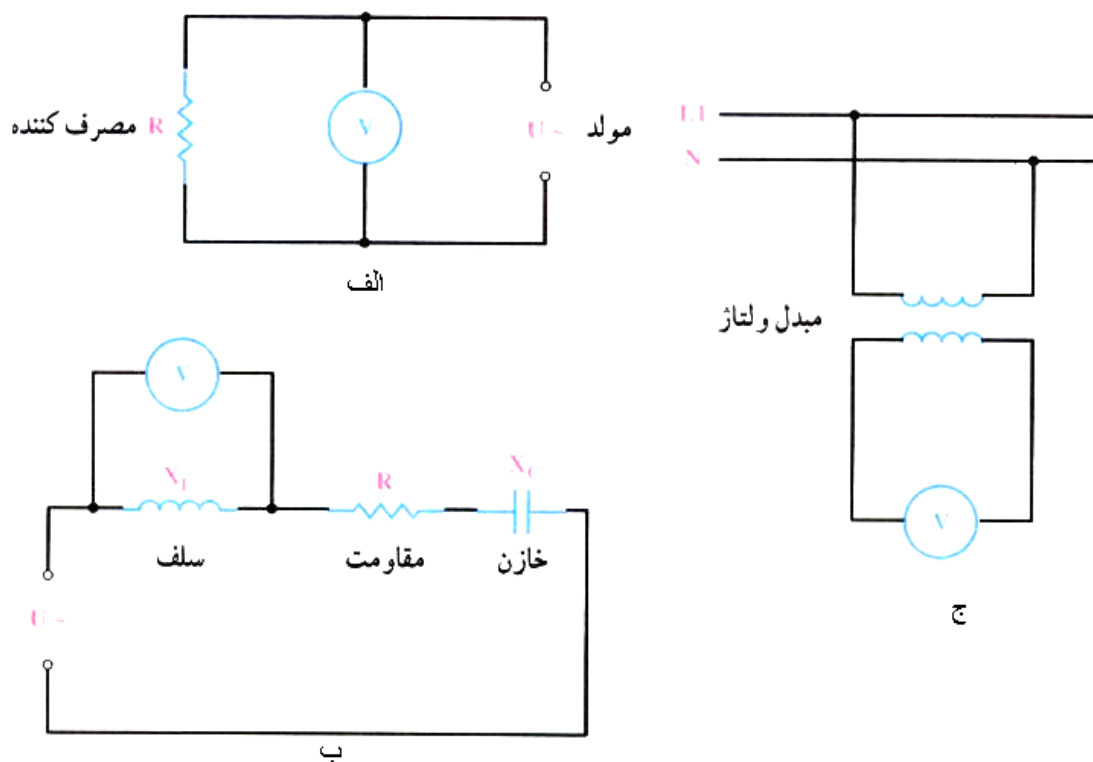


معمولا در تابلوهای توزیع انرژی جریان زیاد استفاده می‌شود.

آمپرترهای القایی (انبری) که مطابق شکل ساده‌ترین روش مقدار جریان عبوری از سیم را اندازه گیری می‌کنند. این آمپرها بر اساس القای الکترومغناطیس کار می‌کنند.

9- اندازه گیری اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ)

مقدار ولتاژ دو سر یک مولد یا مصرف کننده همواره به وسیله ولت متر اندازه گیری می‌شود. چون ولت متر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را اندازه گیری می‌کند، بنابراین باید با دو سر مصرف کننده یا مولد مطابق شکل الف به صورت موازی قرار گیرند ولت متر به دو روش مستقیم و غیرمستقیم اختلاف سطح الکتریکی را اندازه می‌گیرد.



در روش مستقیم ولت متر مطابق شکل ب به دو سر مصرف کننده متصل می‌شود و مقدار ولتاژ را اندازه‌گیر می‌کند.

در روش غیرمستقیم ولت متر به وسیله یک مبدل ولتاژ (مطابق شکل ج) به دو سر مصرف کننده یا مولد متصل می‌شود. این روش در مواردی به کار می‌رود که ولتاژ کار مصرف کننده‌ها یا شبکه بیش از حد مجاز دستگاه اندازه گیری باشد و یا این که از نظر حفاظتی نتوان ولتاژ مورد اندازه گیری را مورد سنجش قرار داد.

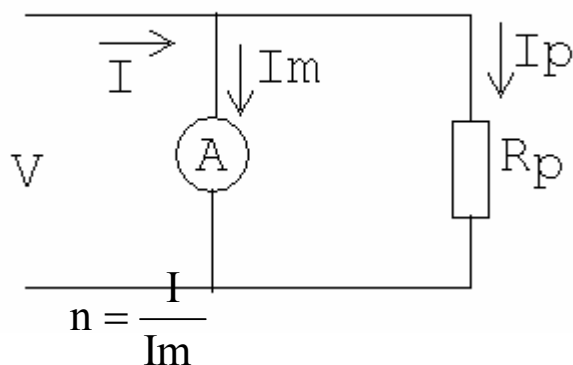
کلید ولت متر برای اندازه گیری مقدار ولتاژهای خطی و فازی در شبکه های سه فاز از طریق تنها یک ولت متر، از یک کلید ولت متر استفاده می کنند. این کلید در حالت های مختلف ولتاژهای بین خطوط (L_1, L_2) و $(L_1, L_3), (L_2, L_3)$ ، L_{1N} ، L_{2N} ، L_{3N} را اندازه گیری می کند.

10- گسترش دامنه آمپر متر و ولت متر عقربه ای (آنالوگ)

در بعضی از موارد به علت دسترسی نداشتن به تجهیزات و وسائل اندازه گیری مناسب به علت شرایط نامطلوب مکانی ویا مالی می توان دامنه آمپر متر ویا ولت متر را با ایجاد تغییرات افزایش داد

10-1- گسترش دامنه آمپر متر:

اگر بخواهیم آمپر متری را که برای 5 آمپر طراحی شده برا آمپراژ بالاتر مثلاً 50 آمپر آماده گردد باید مقاومت معدل را محاسبه ودر مدار قرار دهیم .



از آنجائی که $V_m = V_p$ و آمپر متر نیز یک مقاومت داخلی R_m دارد و R_p مقاومت موازی شده با آمپر متر باشد داریم:

$$I_m \cdot R_m =$$

$$I_p \cdot R_p \quad n = \frac{I}{I_m}$$

$$R_p = \frac{I \cdot R_m}{I_p}$$

$$I_p = I - I_m$$

$$R_p = \frac{I_m \cdot R_m}{I - I_m} = \frac{\frac{I_m \cdot R_m}{I - I_m}}{\frac{I_m}{I - I_m}} = \frac{R_m}{\frac{I}{I_m} - 1}$$

$$R_p = \frac{R_m}{n - 1}$$

و n نسبت جریان کل به جریان ماکزیمم آمپر متر باشد آنگاه:

مثال: آمپرمتری که جریان ماکزیمم آن 5 آمپر است و مقاومت داخلی آن 0.5... اهم است می خواهیم برای کار با 15 آمپری آماده گردد. چه مقاومتی باید انتخاب کرد.

$$I_M = 5 \text{ A} \quad n = \frac{I}{I_M} = 3$$

$$I = 15 \text{ A}$$

$$r_p = \frac{r_m}{n - 1} = \frac{0.005}{3 - 1} = 0.0025$$

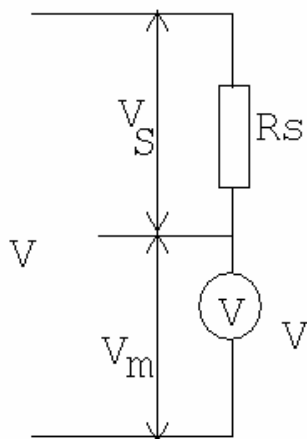
چون مقاومت داخل آمپر متر 0.5.../برای 5 آمپر می باشد پس مقاومت Rp برای 10 آمپر اضافه تر معادل 25.../ خواهد بود.

2-10- گسترش دامنه ولتمتر

نسبت ولتاژ کل به ولتاژ ماکزیمم ولت متر را n می نامیم .

$$n = \frac{V}{V_m}$$

اگر R_m مقاومت داخلی ولت متر و R_s مقاومت سری باشد با ولت متر



جهت گسترش دامنه ولت متر باشد آنگاه

$$V = V_s + V_m$$

$$\frac{V}{V_m} = \frac{V_s + V_m}{V_m}$$

$$V = I(R_s + R_m) \text{ داریم}$$

$$n = \frac{V_s}{V_m} + 1$$

$$V_s = V_m (n - 1)$$

$$I \times R_s \times R_m (n - 1)$$

$$R_s = R_m (n - 1)$$

$$V_s = I \times R_s \text{ و } V_m = I \times R_m$$

برای افزایش دامنه ولت متر باید مقاومت

R_s با ولت متر سری شود تا جریان عبوری از ولت متر

کاهش یافته و میزان انحراف عقربه کاهش می یابد .

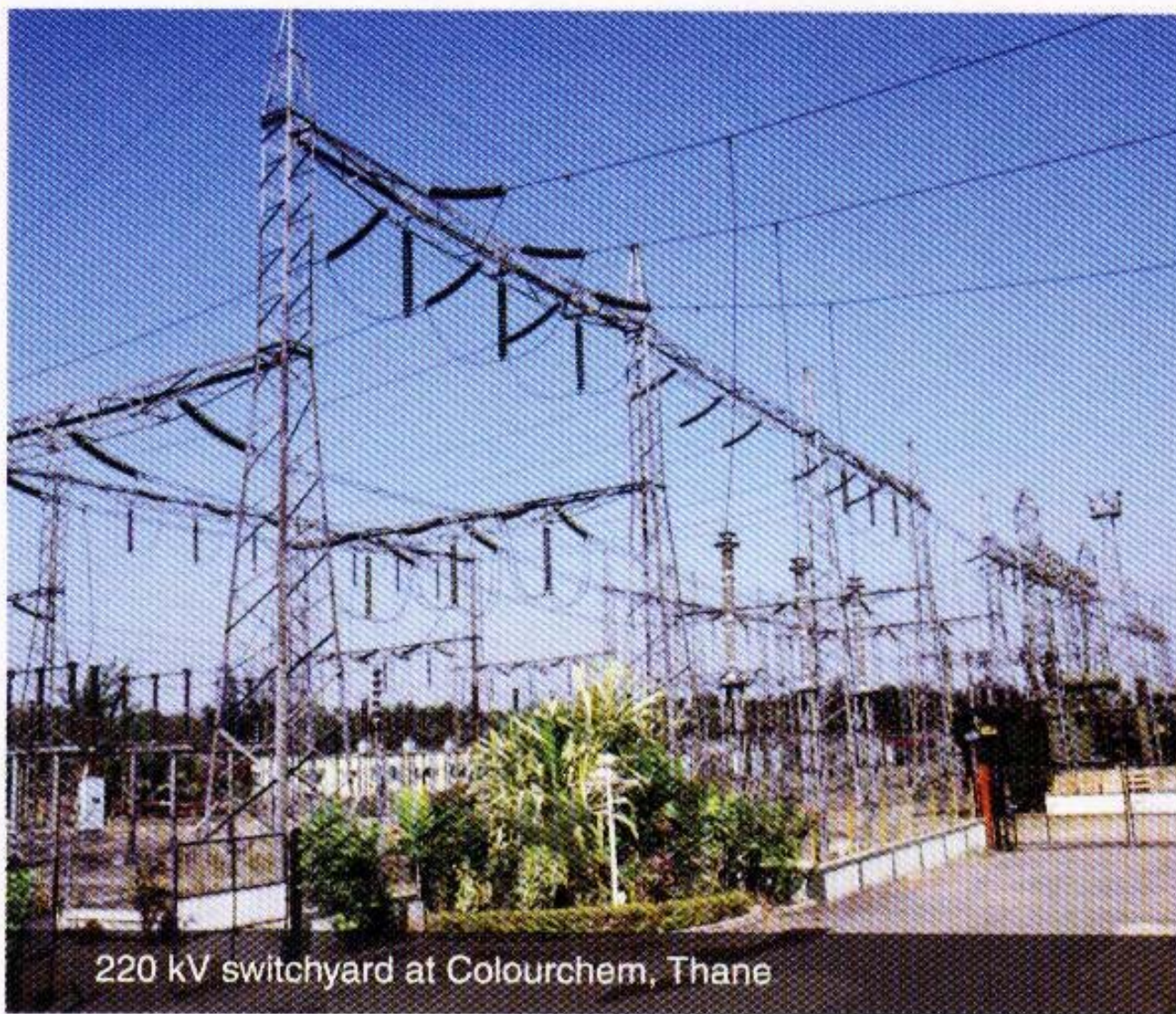
مقدار خوانده شده باید در ضریب n ضرب شود .

فصل دوم

انواع شبکه ها و طریقه انتخاب

مقدمه :

با نگاهی به رشد سریع صنعت و احداث کارخانجات جدید و توسعه روز افزون آنها و مصرف انرژی



الکتریکی در سطح شهرها و روستاها و با نگاهی به جداول افزایش تعداد مشترکین و افزایش ظرفیت تولیدی انرژی الکتریکی وزارت نیرو در می یابیم که اهمیت پخش و انتقال انرژی الکتریکی و شبکه های برق رسانی تا چه اندازه مهم می باشد .

از اینرو انواع شبکه ها و نحوه انتقال و توزیع را مورد بررسی قرار می دهیم . بطور کلی هر سیستم انرژی الکتریکی دارای سه قسمت اصلی میباشد .

مرکز تولید یا نیروگاه

خطوط انتقال نیرو

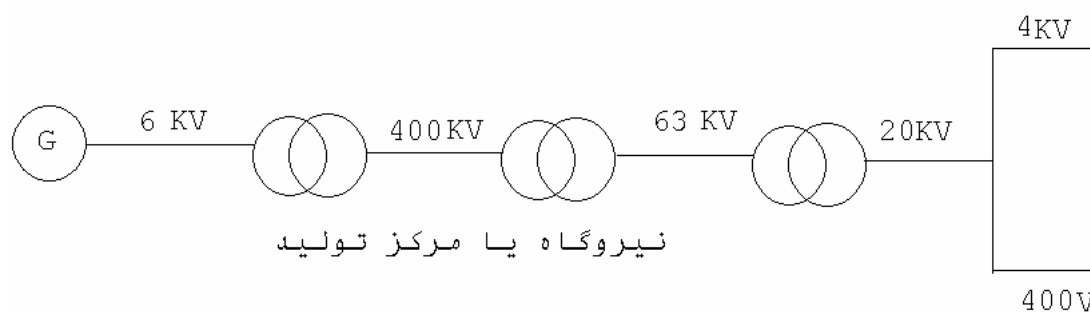
شبکه های توزیع نیرو

معمولا نیروگاهها با توجه به نوع آنها (آبی- بخاری -گازی) در مسافتی دور از مصرف کننده ها ساخته میشوند و وظیفه خطوط انتقال ، رساندن قدرت اینگونه نیروگاهها به شبکه های توزیع میباشد و میدانیم که اصولا عمل انتقال با ولتاژ پائین امکان پذیر نیست به همین خاطر با استفاده از ترانسفورماتورها قدرت ولتاژ خطوط را تا جائیکه بتوانیم بالا میبریم تا بتوان قدرت انتقال را بهتر منتقل کرد.

اصولا شبکه ها و خطوط انتقال نیرو را از طریق ولتاژهای استاندارد شده ای که وجود دارد تقسیم بندی و شناسائی میکنند که عموما به سه قسمت فشار ضعیف 400 ولت ، فشار متوسط 20 تا 63 کیلوولت ، فشار قوی 230 تا 400 کیلوولت تقسیم می شود .

در حال حاضر نیروی تولید شده در نیروگاهها با ترانسفورماتورهای نصب شده در محوطه آنها به ولتاژ 400 یا 230 کیلو ولت تبدیل شده که توسط خطوط انتقال به پستهای 63 کیلو ولتی رسیده و از آنجا پس از تبدیل به 20000 ولت وارد پستهای توزیع در داخل شهرها و روستاها میگردد که ترانسفورماتورهای توزیع ولتاژ 20 کیلو ولت را به 400 ولت سه فاز و 220 ولت یک فاز تبدیل نموده تا مورد تغذیه مصرف کننده ها قرار گیرد.

شمای تک خطی زیر نشان دهنده انتقال قدرت از نیروگاه تا مصرف کننده میباشد .



انواع مختلف شبکه های الکتریکی

برای انتخاب نوع شبکه بستگی با امکانات اقتصادی و محلی باید نکات زیر را در نظر گرفت .

1- **اطمینان از کار شبکه** : یعنی اطمینان از اینکه تک تک مشترکان و مصرف کنندگان حتی در مواقع

خرابی یک قسمت از شبکه دارای جریان باشد .

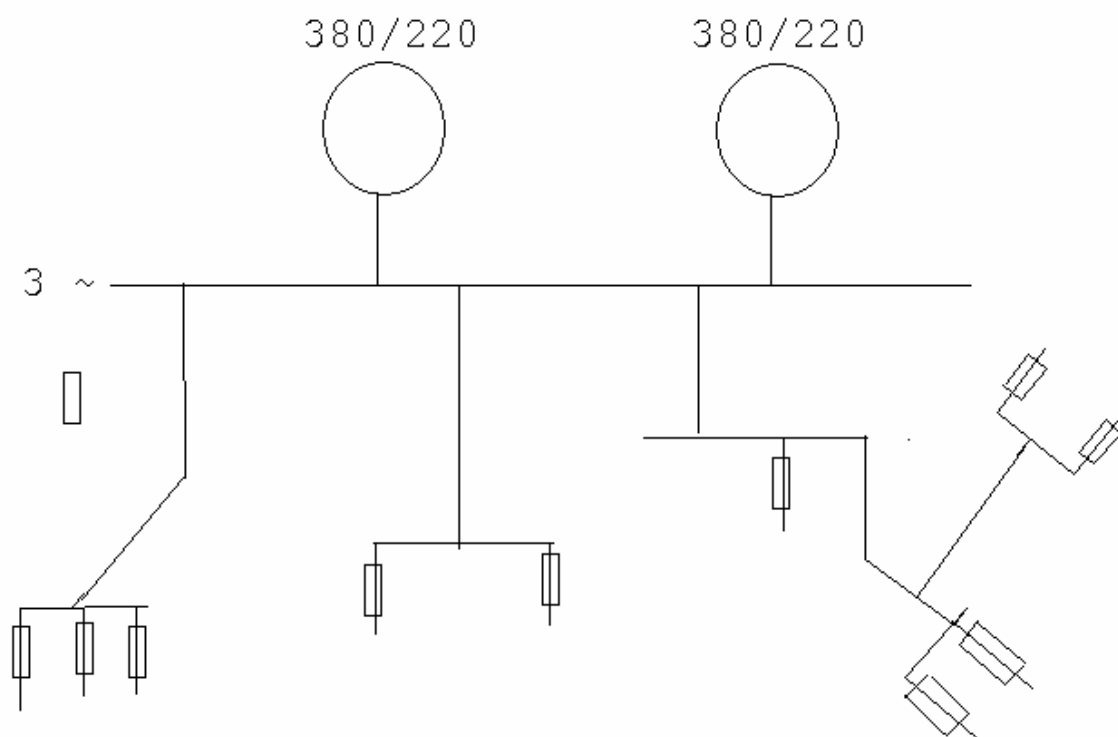
2- امکان رفع معایب ناشی از ایزولاسیون و یا سایر معایب فوری و بدون ایجاد خطرات دیگر.

3- بالاخره با تساوی شرایط ، ارزانه ترین و مناسبترین راه حل و نوع شبکه را باید در نظر گرفت ، ساده ترین

نوع شبکه ، شبکه شعاعی است که آنرا شبکه باز نیز میگویند .

در این سیستم شبکه فقط از یک نقطه تغذیه می شود و هر چقدر از محل تولید دور میشویم اندازه

ضخامت ها کم میشود .



در این نوع شبکه محاسبه مقاطع سیمها آسان است ولی قطع و وصل قسمتهای مختلف شبکه بوسیله

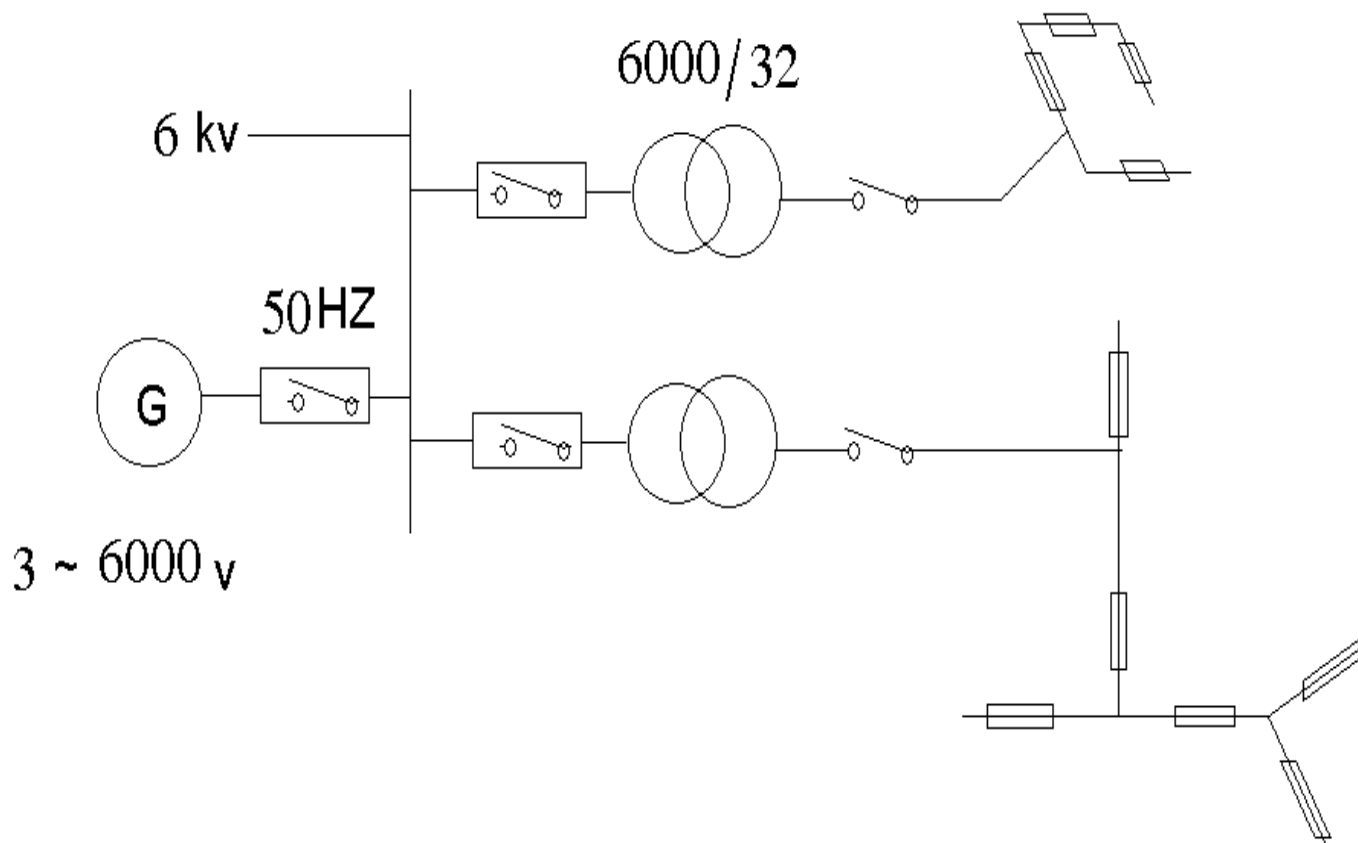
فیوزها و کلیدها بسادگی ممکن می باشد . عیب عمده این شبکه در این است که با قطع قسمتی از مدار در

موقع بروز عیب تمام مصرف کنندگان بعد از نقطه عیب از کار میافتند . یعنی در حقیقت اطمینان کار این شبکه

کم است و بعلاوه افت ولتاژ در آخر خط به نسبت زیادی بالا میرود از این نظر امروزه فقط از این نوع شبکه در مصارف کم و انشعابات ساده و نقاطی که تراکم جمعیت کم است استفاده میشود .

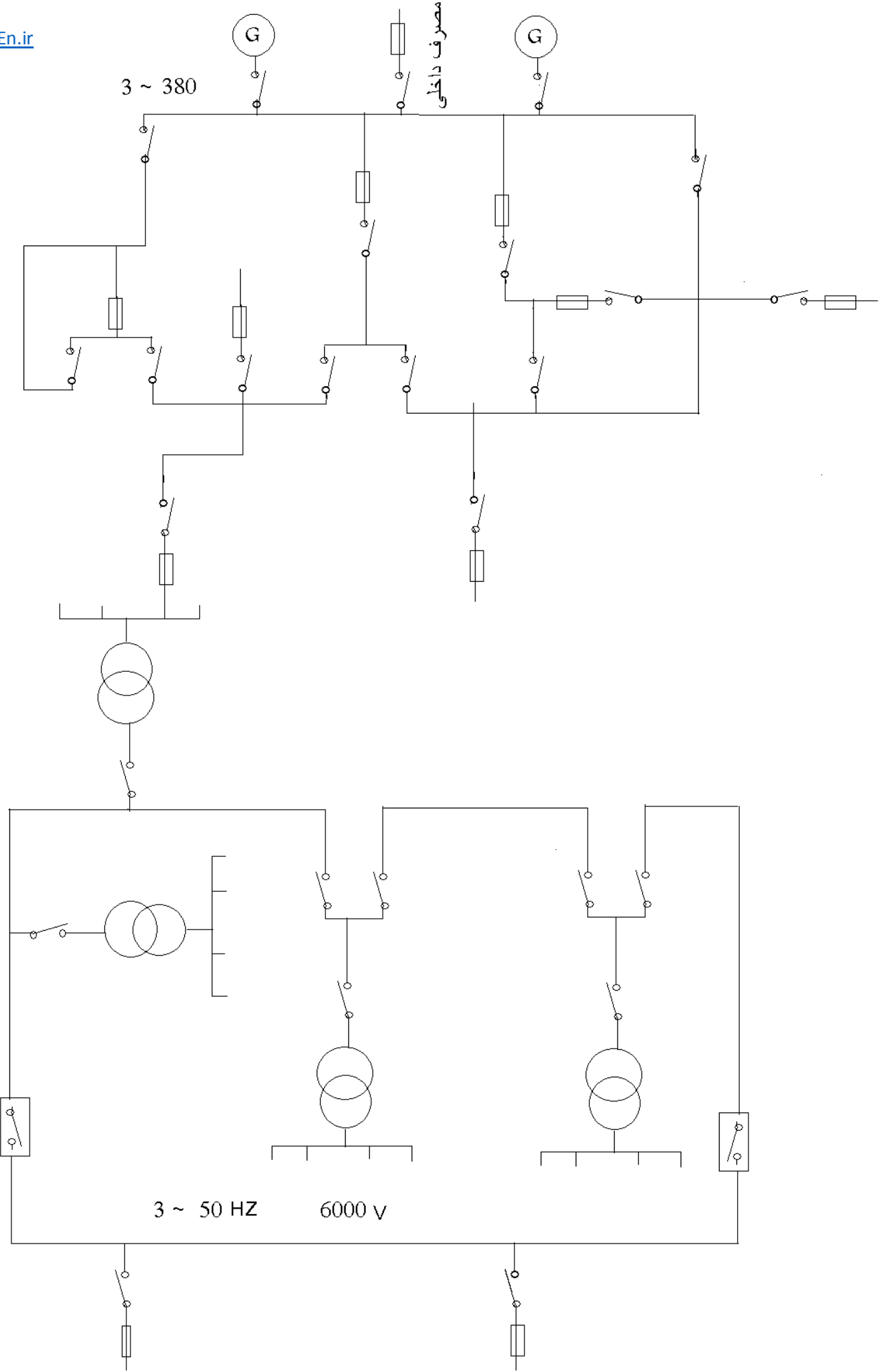
شبکه های بسته (حلقوی)

اگر انتهای یک شبکه باز را بیکدیگر متصل کنیم در اینصورت شبکه ای بوجود می آید بنام شبکه بسته یا حلقوی Ring. در این نوع شبکه از دو محل حداقل به مصرف کننده جریان میرسد در اینصورت اگر در موقع بروز عیب یک محل تغذیه قطع شود باز مصرف کننده دارای جریان خواهد بود و در نتیجه اطمینان کار این نوع شبکه بیشتر است البته محاسبات چنین شبکه ای چه از نظر سطح مقطع سیم و چه از نظر تعیین نوع و



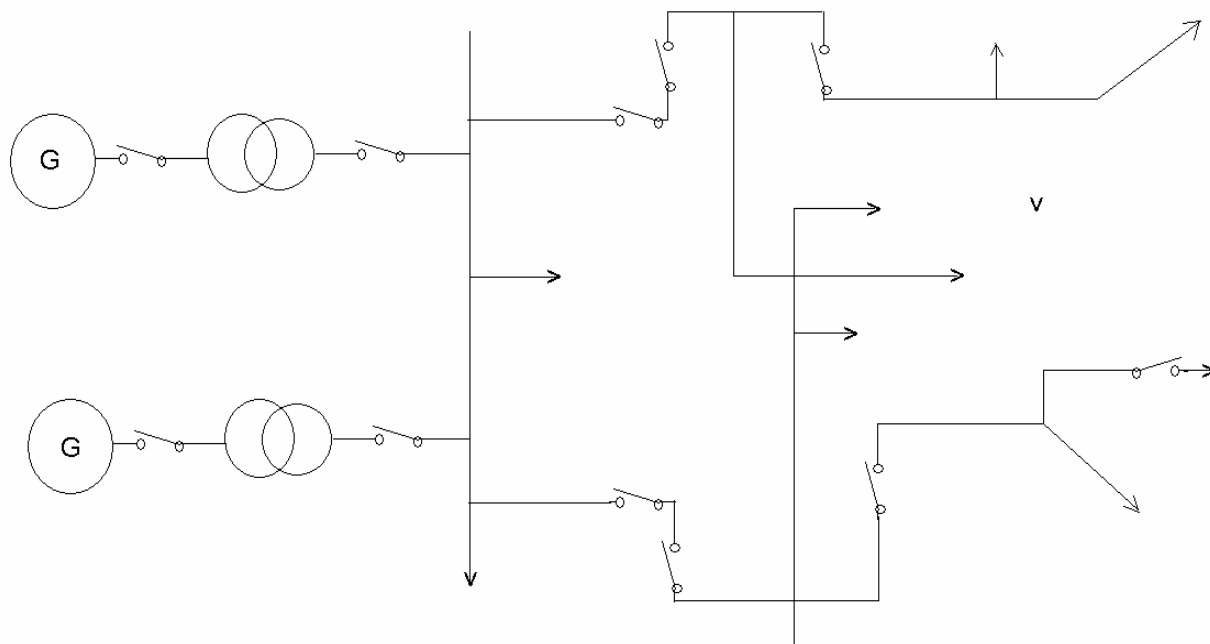
اندازه فیوز و کلیدهای اطمینان با شبکه باز فرق دارد ، در شکل زیر یک شبکه بسته فشار ضعیف نشان داده شده است .

دیاگرام یک شبکه حلقوی فشار ضعیف و یک شبکه حلقوی فشار قوی را در شکل صفحه بعد مشاهده می کنید.



شبکه های غربالی (تار عنکبوتی)

متداولترین نوع شبکه ، شبکه ایست که بهر مصرف کننده بیش از دو جا جریان میرسد و برای تغذیه نقاط پرمجمعیت و یا تراکم مصرف زیاد امتحان خود را بخوبی داده است .



در شکل زیر یک نوع ساده این نوع شبکه دیده میشود .

محاسبات سطح مقطع سیم ها

بدون در نظر گرفتن اندوکتیویته و کاپاستیویته خطوط :

حالت اول - در این حالت فرض بر این است که شبکه فقط دارای بار اهمی و در نتیجه مقاومت اهمی خالص است و از مقاومت خازنی و سلفی آن در جریان متناوب بصورت تلفات ، عمده ای مخصوصا در شبکه های بزرگ می باشد صرفنظر شده البته این محاسبات بای شبکه های محلی یا قدرت معمولی مورد استفاده است ولی برای شبکه های خیلی مدرن و بزرگ باید افت های مربوط به خاصیت خازنی خطوط و همچنین خاصیت القائی آنها را در نظر گرفت .

برای حل مسائل در این حالت ساده در قسمت جریان یک فاز و سه فاز یادآوری میکنیم که مراحل زیر بکار برده میشود .

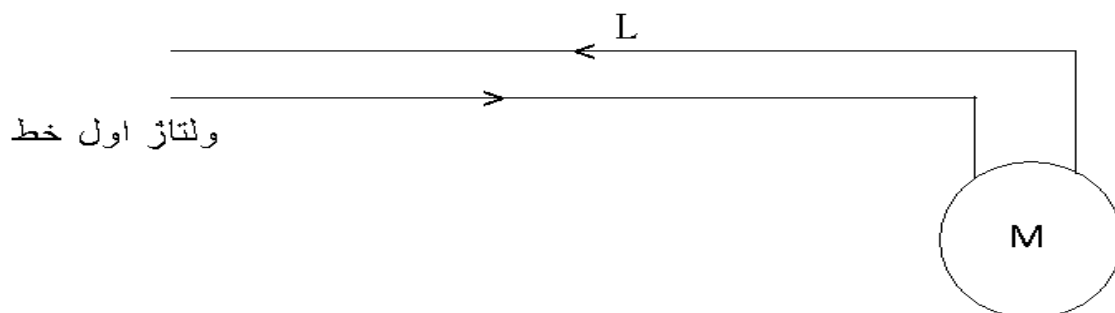
جریان تک فاز

برای محاسبه مقاطع سیم یا کابل در این حالت باید دو عامل عمده را مدنظر داشت یکی مقدار افت ولتاژ یعنی مقدار ولتاژی که از ابتدا تا انتهای خط در خود خط کسر میشود و دیگری مقاطع سیم از نظر حرارتی است که مطابق با قانون ژول در آن ایجاد میشود . میدانیم که طبق قانون ژول مقدار حرارت ایجاد شده در یک مقاومت در زمان t وقتی که شدت جریان I از آن بگذرد از رابطه کلی $Q = kRI^2t$ بدست می آید چون در انتقال انرژی مقدار قدرت انتقال داده شده و در نتیجه جریان قابل توجه بوده در ضمن زمان عبور شدت جریان بصورت دائم میباشد بنابراین مقدار حرارت ایجاد شده در طول خط را همواره باید در نظر گرفته و سطح مقطع سیم را باید از این نظر حتما محاسبه کرد برای در نظر گرفتن این عامل جدا ولی تهیه شده که از روی آنها مقدار شدت جریان از هر سطح مقطع داده شده و از این جدول استفاده خواهیم کرد .

حالت اول-بار در انتهای خط

یک خط انتقال انرژی دارای باری در انتهای خط میباشد که مقدار شدت جریان آن I میباشد . مطابق شکل و افت ولتاژ در هر یک از سیمها جریان تک فازه برابر است با $\Delta U = R \times I \times \cos\phi$ در این رابطه ΔU افت ولتاژ بر حسب ولت و R مقاومت خط بر حسب اهم و چون بار اندوکتیو است از این نظر بین ولتاژ و شدت جریان اختلاف فاز ϕ موجود میباشد .

توجه در فرمولهای زیر k کاپاست نه x (ایکس)



چون مقاومت هر سیم از رابطه $R = \frac{L}{\kappa \cdot A}$ بدست می آید که در آن L طول سیم و A سطح مقطع سیم و k ضریب هدایت مخصوص میباشد بنابراین بجای R در رابطه قرار میدهیم .

$$\Delta U = R.I.\cos\phi \Rightarrow \frac{L}{\kappa.A} I.\cos\phi$$

چون در جریان یک فاز سطح مقطع سیم رفت و برگشت یکی است بنابراین افت ولتاژ در هر دو سیم رفت و برگشت برابر است با :

$$\Delta U = \frac{2L.I.\cos\phi}{\kappa.A}$$

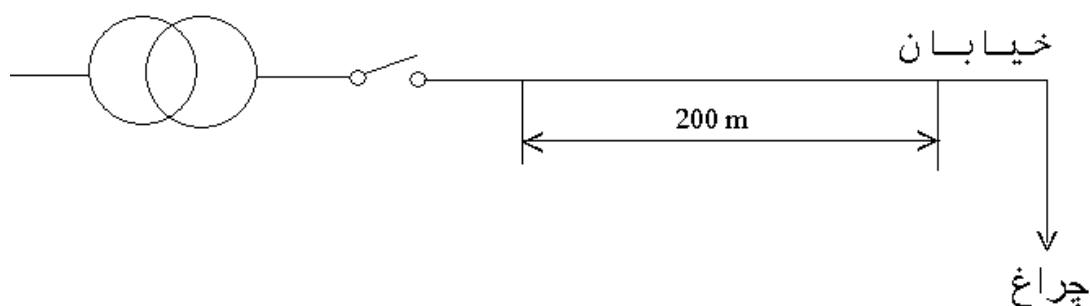
و یا برای بدست آوردن سطح مقطع هر سیم از نظر افت ولتاژ داریم :

$$A = \frac{2L.I.\cos\phi}{\kappa.\Delta U}$$

همانطوریکه قبلا گفته شد معمولا افت ولتاژ ΔU را بر حسب درصد فشار الکتریکی اول خط یعنی U در نظر میگیرند و معمولا این مقدار برابر با 5 درصد ولتاژ شبکه است .

مثال : برای روشنایی یک خیابان 200 متر کابل از ترانسفورماتور کشیده شده و از تعداد ده عدد لامپ

200 ولتی استفاده میشود مصرف لامپها را یک ترانسوفرماتور $\frac{6000}{220}$ ولتی تامین میکند تعیین کنید مقطع



سیم مسی را از نظر افت ولتاژ در صورتیکه مقدار از 3٪ تجاوز نکند در صورتیکه $\cos\phi = 1$ در نظر گرفته شود و ضریب هدایت سیم مسی $\kappa = 56$ باشد .

$$\Delta U = \frac{220 \times 3}{100} = 6.6v$$

$$I = \frac{220 \times 10}{220} = 9.1A$$

$$A = \frac{2.L.I.\cos\phi}{\kappa.\Delta U}$$

$$A = \frac{2 \times 200 \times 9.1 \times 1}{56 \times 6.6}$$

که چون سطح مقطع 9/85 میلیمتر مربع بصورت سیم استاندارد در بازار موجود نیست از این نظر یا سیم نمره 10 یا سیم 16 میلیمتر مربع را بکار میبریم .

نکته: در صورتیکه بخواهیم بجای مقدار شدت جریان I از قدرت انتقالی P استفاده کنیم فرمول بصورت زیر در می آید .

$$P = U.I.\cos\phi$$

و اگر بجای I مقدار P قرار دهیم رابطه بصورت زیر نوشته میشود .

$$A = \frac{2.L.I.\cos\phi}{\kappa.\Delta U.U} = \frac{2.L.\frac{P}{U.\cos\phi}.\cos\phi}{\kappa.\Delta U}$$

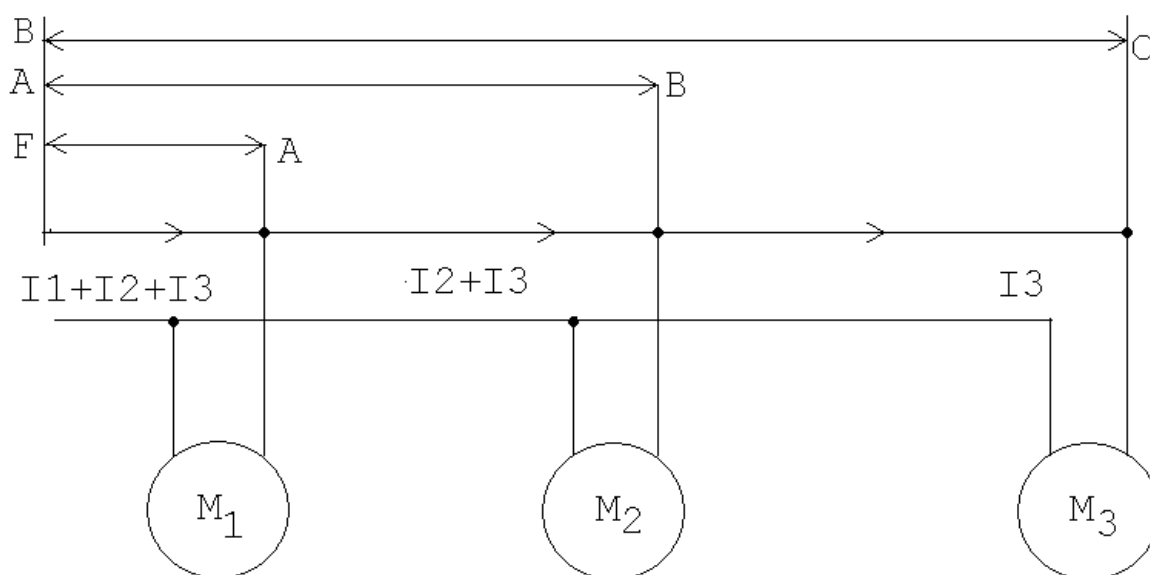
که پس از ساده شدن رابطه چنین میشود .

$$A = \frac{2.L.P}{\kappa.\Delta U.U}$$

در این فرمول P قدرت انتقالی داده شده بر حسب وات بوده و U ولتاژ یک فاز (بین سیم فاز و سیم نول مییاشد) .

حالت دوم- بار در نقاط مختلف خط (تک فازها)

در این حالت مصرف کننده ها در نقاط مختلف خط قرار گرفته اند یعنی حالتی که معمولاً بیشتر خطوط دارند .



در شکل زیر این مطالب نشان داده شده است .

فرض کنیم در طول یک خط که به منبع ولتاژ متصل شده در نقاط A, B, C بطولهای L_1, L_2, L_3 مصرف کننده هائی مثل موتورهای M_1, M_2, M_3 که هر کدام دارای مصرف معینی بوده و ما این مصارف را با $i_1 - i_2 - i_3$ (جریانهایشان) نشان داده ایم قرار گرفته باشد در هر قسمت FA, AB, BC افت ولتاژها را حساب میکنیم .

افت ولتاژ کلی ΔU از اول تا انتهای خط برابر است با مجموع افت های جزئی یعنی :

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$$

$$\Delta U_1 = \frac{2}{X.A} (I_1 + I_2 + I_3) L_1 \cos \phi$$

$$\Delta U_2 = \frac{2}{X.A} (I_2 + I_3) (L_2 - L_1) \cos \phi$$

$$\Delta U_3 = \frac{2}{X.A} (I_3) (L_3 - L_2) \cos \phi$$

پس افت ولتاژ کلی برابر است با :

$$\Delta U = \frac{2 \cos \phi}{X.A} (I_1 + I_2 + I_3) L_1 (I_2 - I_3) (L_2 - L_1) + I_3 (L_3 - L_2)$$

که این مجموعه را $I_1 L_1 + I_2 L_2 + I_3 L_3$ به $\sum IL$ نشان میدهم در نتیجه

$$\Delta U = \frac{2}{X.A} \sum I.L.Cos\phi$$

و سطح مقطع برابر است با :

$$A = \frac{2 \sum I.L.Cos\phi}{X.\Delta U}$$

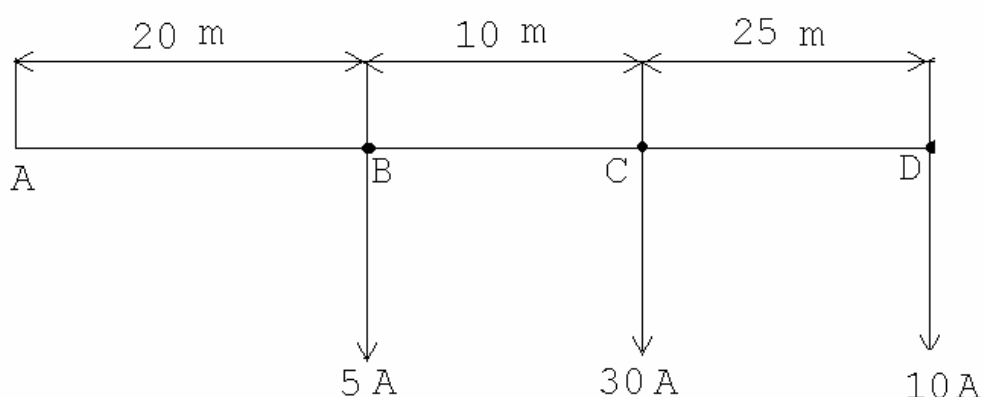
و چنانچه از توان استفاده شود سطح مقطع سیم از رابطه مقابل بدست میاید :

$$A = \frac{2 \sum LP}{X.U.\Delta U}$$

مثال : مطلوبست محاسبه سطح مقطع شبکه فشار ضعیف یک خیابان که در شکل زیر نشان داده شده از

نظر افت ولتاژ در صورتیکه بخواهیم افت ولتاژ از 0/05 ولتاژ اول خط $U = 220$ ولت زیادتر نشود جنس

سیم مسی بوده $K = 56$ در صورتیکه ضریب قدرت خط $Cos\phi = 0.88$ باشد .



$$A = \frac{2 \sum I.L}{X.\Delta U} Cos\phi$$

$$\Delta U = 5 \cdot \frac{220}{100} = 11U$$

$$A = \frac{2.(1550).0.88}{56 \times 11} = 4.4 \cong 6mm^2$$

جریان متناوب سه فاز

حالت سوم - بار در انتهای خط

جریان متناوب سه فاز یا بصورت سه سیمه و یا چهار سیمه میباشد شبکه های فشار ضعیف که برای توزیع انرژی بکار برده میشوند از پستهای ترانسفورماتور به بعد به صورت چهار سیمه میباشند ولی شبکه های انتقال چه در فشار ضعیف و چه در فشار قوی سه سیمه میباشند (غیر از سیستمهای هوایی با سیم محافظ زمین) بنابراین افت فشار در هر یک از سه فاز یکی است چون جریان سیمهای فاز مساوی و 120 درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند بنابراین افت فشارها هم بهمین اندازه با یکدیگر اختلاف فاز خواهند داشت بنابراین افت فشار بین دو سیم فاز مساوی $\sqrt{3}$ برابر یکی از آنها است پس اگر افت ولتاژ یک فاز را ΔU_p در نظر بگیریم افت دو فاز مساویست با

$$\Delta U_p = \sqrt{3} \times \Delta U_p$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \frac{LI}{\kappa.A} \cos \phi$$

و یا سطح مقطع سیم برابر است

$$A = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos \phi}{\kappa \Delta U}$$

$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos \phi$$

در صورتیکه خواسته باشیم از قدرت انتقال استفاده کنیم داریم

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos \phi}$$

پس

$$A = \frac{\sqrt{3}.L \left(\frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos \phi} \right) \cos \phi}{\kappa \Delta U} = \frac{I.P}{\kappa \Delta U.U}$$

باید توجه داشت که در این فرمولها U = همیشه ولتاژ الکتریکی بین دو فاز A = سطح مقطع هر سیم فاز

بر حسب میلیمتر مربع و P = بار مجموعه فاز و ΔU افت ولتاژ و I = شدت جریان

مثال : از جعبه انشعاب تا کنتویک کارخانه 35 متر است مصرف کارخانه 27 کیلو وات است اگر در $\cos\phi = 0.8$ ولتاژ الکتریکی 880/220 ولت و افت ولتاژ 1/5 درصد است ، تعیین کنید مقطع سیم مسی را :

$$\Delta U = 1/5 \times \frac{380}{100} = 5/7V$$

$$A = \frac{35 \times 27 \times 10^3}{56 \times 5.7 \times 380} = 7/8 mm^2$$

شدت جریان در هر سیم فاز

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{27000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 51.3A$$

چون مقطع 7/8 میلیمتر مربع سیم وجود ندارد از این نظر باید مقطع سیم را از نظر افت ولتاژ 10 میلیمتر مربع در نظر گرفت بعدا خواهیم دید که این مقطع از نظر گرمای ایجاد شده کافی نخواهد بود .

حالت چهارم - بار در نقاط مختلف خط (جریان سه فازه)

در صورتیکه بار در نقاط مختلف یک خط سه فازه قرار گرفته است برای محاسبه سطح مقطع سیم از نظر افت ولتاژ میتوان از فرمول کلی زیر استفاده کرد .

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum L \cdot I \cdot \cos\phi}{\kappa \cdot \Delta U}$$

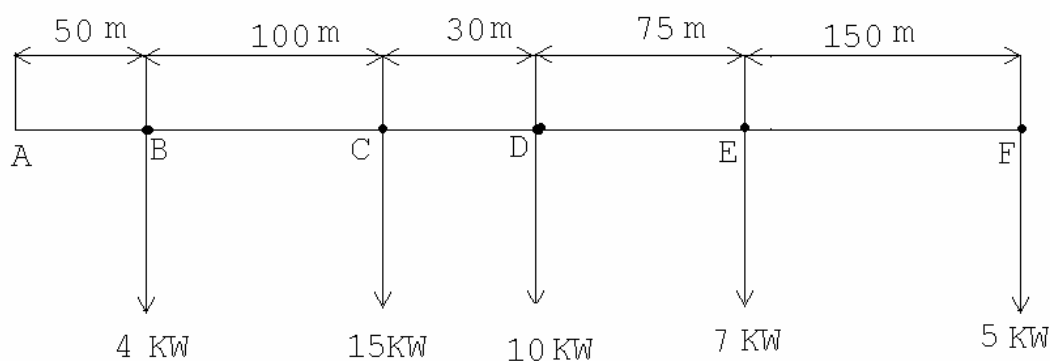
این رابطه عینا مثل رابطه در جریان یک فاز بدست می آید و در صورتیکه خواسته باشیم از قدرت مصرفی استفاده کنیم بجای شدت جریان مقدارش را بر حسب P قرار میدهم پس

$$A = \frac{\sum L \cdot p}{\kappa \cdot U \cdot \Delta U}$$

محاسبه سطح مقطع سیم نول

سطح مقطع سیم نول را محاسبه نمی کنند و معمولا پس از محاسبه سطح مقطع سیم فاز چون از سیم نول معمولا جریانی نمی گذرد و یا خیلی کم میگذرد پس مقدار سطح مقطع سیم نول را کمتر از سیم فاز در نظر میگیرند مثلا اگر سیم فاز 50 میلیمتر مربع بدست بیاید سطح مقطع سیم نول را دو شماره کمتر از فاز در نظر میگیرند یعنی 25 میلی متر مربع (البته در جریان سه فازه)

مثال : در شکل زیر شبکه سیم کشی یک کارخانه نشان داده شده که ماشین آلات مختلف در نقاط معینی قرار گرفته اند در صورتیکه فواصل ماشین ها مطابق شکل باشد مقطع کابل اصلی این کارخانه را با در نظر گرفتن این مطلب که فقط 4 ولت در طول خط افت ولتاژ داشته باشیم و ولتاژ منبع 380/220 و ضریب



قدرت متوسط خط 0/8 باشد محاسبه کنید .

$$A = \frac{\sum L.P}{X \Delta U.U} = \frac{(50 \times 4 + 150 \times 15 + 180 \times 10 + 255 \times 9 + 405 \times 5) 10^3}{56 \times 4 \times 380}$$

$$A = \frac{8060000}{56.4.380} = 29 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{\sum P}{\sqrt{3}.U.\cos \phi} = \frac{41000}{1/73 \times 380 \times 0/8} = 78 \text{ A}$$

محاسبه سطح مقطع سیم از نظر حرارتی

همانطوریکه قبلا گفته شد در اثر عبور شدت جریان از سیم ها و بخصوص کابلها (چون کابل در محلهای سر بسته قرار دارد) مطابق با فرمول ژول $Q = KRI^2t$ حرارتی در سیم ایجاد میشود که اگر سطح مقطع سیم ها و بخصوص کابل ها در نظر گرفته نشود باعث خراب شدن ایزولاسیون کابل (در اثر ازدیاد درجه حرارت) میگردد و ایجاد اتصالی و نوع عیب و خطراتی در شبکه میکند . بنابراین محاسبه مقاطع سیم از نظر افت ولتاژ باید با توجه به عبور شدت جریان عبوری از این مقطع از این مقطع و از روی جداول مربوطه سطح مقطع مناسب را محاسبه و از نظر شدت جریان مجاز از این سطح مقطع دو مرتبه محاسبه را کنترل گردد در صورتی که شدت جریان بتواند از این مقطع عبور کند محاسبه صحیح و در غیر اینصورت باید مقطعی را بدست آورد که از نظر شدت جریان عبور کننده در حرارتی مجاز باشد .

علاوه بر عیوبی که در اثر گرما در سیمهای انتقال انرژی بوجود می آید مقاومت مکانیکی سیم نیز در اثر عبور شدت جریان و ایجاد حرارت کم میشود مثلاً ممکن است سیم مسی که میتواند نیروی برشی $45(\frac{kg}{mm^2})$ را تحمل کند در اثر گرما این نیروی برشی تبدیل به مقدار کمتری شود. مقاومت الکتریکی سیم در اثر ازدیاد حرارت زیاد میشود که مقدار این مقاومت را به ازاء اختلاف درجه حرارت Δt میتوان از فرمول $Rt_2 = Rt_1(1 + \alpha \Delta t)$ بدست آورد در این فرمول $\Delta t = t_2 - t_1$ درجه حرارت ثانویه و t_1 درجه حرارت اولیه و Rt_2 مقاومت بازاء t_2 درجه و Rt_1 مقاومت بازاء t_1 درجه حرارت میباشد.

چگالی جریان در سیمها برای کار عادی خطوط از رابطه $I = 7/5 \times S^{\frac{3}{4}}$ بدست می آید که در آن S سطح مقطع سیم بر حسب میلیمتر مربع و I جریان بر حسب آمپر میباشد. البته در عمل چگالی جریان در خطوط هوایی انتقال انرژی مخصوصاً در فشار قوی را کمتر انتخاب میکنند تقریباً $1/6(\frac{I}{mm^2})$ آمپر در هر میلیمتر مربع را برای و $1/1(\frac{I}{mm^2})$ آمپر در میلیمتر مربع را برای آلومینیوم فولاد در نظر گرفته میگیرند.

تاثیر درجه حرارت محیط روی شدت جریان مجاز هادیها

جداول مربوط اصولاً شدت جریان مجاز کابلها را در 20^0 سانتیگراد وقتی که در داخل زمین قرار گیرند و 30^0 وقتی که در هوای آزاد نصب شوند، نشان می دهد.

همان طوری که میدانیم بر اثر عبور جریان الکتریکی از هادیها مقداری از انرژی الکتریکی بصورت انرژی گرمائی ظاهر میشود. که سبب بالابردن درجه حرارت هادی میشود، طبیعی است که افزایش درجه حرارت در هادیها تاثیرات نامطلوبی بر روی آنها خواهد گذاشت. بهمین منظور درجه حرارت در هادیها نباید از یک حد ماکزیممی تجاوز نماید (T_L) از تفاضل درجه حرارت مجاز هادی (T_L) و حرارت محیط (T_I) حرارت اضافی مجاز (ΔT_I) بدست می آید. بعنوان مثال: حرارت اضافی در یک کابل پرتو دور 20 کیلو ولتی برابر خواهد بود با:

اگر کابل در زمین قرار گیرد:

$$\Delta T_I = T_L - T_I = 65 - 20 = 45^0 C$$

اگر کابل در هوا نصب شود:

$$\Delta T_1 = T_L - T_1 = 65 - 30 = 35^{\circ}C$$

در جدول صفحه بعد ماکزیمم حرارت اضافی و حرارت اضافی مجاز چند سیم عایق و چند نوع کابل آمده است .

حرارت اضافی		حرارت محیط	حرارت هادی	هادی با انواع پوشش عایقی
30		30	60	سیم با عایق لاستیکی در هوا
40		30	70	سیم با عایق پلاستیکی در هوا
50		20	70	کابل پلاستیکی در زمین
45		20	65	
60		20	80	1kv کابل NKBA
45		20	65	20kv کابل NEKBA

جداول استاندارد مقطع سیم ها به همراه جریان مجاز عبوری و فیوز لازم

جریان الکتریکی عبوری از سیم ها در آنها تولید حرارت می کند که سبب افزایش درجه عایق سیم ها می شود . در صورتی که درجه حرارت هادی زیاد شود موجب خرابی عایق سیم ها می شود . عایق سیم ها معمولاً P.V.C یا P.E.T می باشد . بنابراین لازم است که برای جریان الکتریکی مشخص با توجه شرایط نصب و حداکثر دمای سیم محیط سیم با سطح مقطع مناسب انتخاب شود تا سبب خرابی عایق سیم و اتصالی بین آنها نشود .

سیم های عایق دار بسته به وضعیت نصب آنها به سه گروه تقسیم می شوند :

گروه 1 : سیم های داخل لوله

گروه 2 : سیم هایی که آزادانه در هوا کشیده می شوند .

گروه 3 : سیم های زیر زمین

جریان مجاز سیم در 25° درجه سانتیگراد

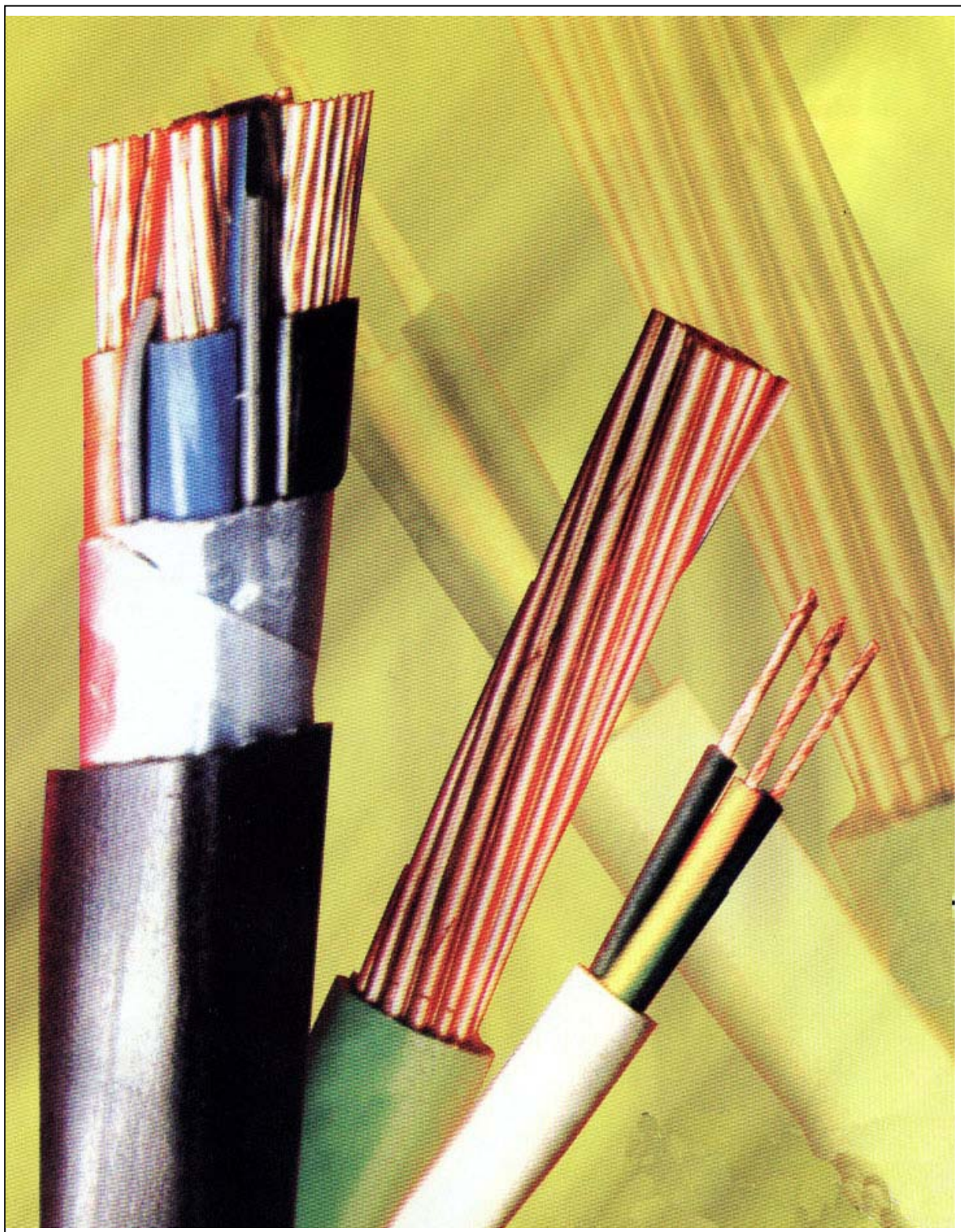
سطح مقطع	گروه 1 در داخل لوله		گروه 2 در هوای آزاد		گروه 3 در زیر زمین	
	مس	آلومینیم	مس	آلومینیم	مس	آلومینیم
mm ²	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A
0.75	-	-	13	-	16	-
1	12	-	16	-	20	-
1/5	-	-	20	-	25	-
215	21	16	27	21	34	27
4	27	21	36	29	45	35
6	35	27	47	37	57	45
10	48	38	65	51	78	61
16	65	51	87	68	1.4	82
25	88	69	115	90	137	1.7
25	110	86	143	112	168	132
50	140	110	178	140	210	165
70	-	-	220	173	260	2.5
95	-	-	265	210	310	245
120	-	-	310	245	365	285
150	-	-	355	280	415	330
185	-	-	405	320	475	375
240	-	-	480	380	560	440
300	-	-	555	435	645	510
400	-	-	-	-	770	605
500	-	-	-	-	880	690

چنانچه درجه حرارت محیط از 25 درجه سانتیگراد تجاوز کند باید مقادیر بدست آمده جریان در ضریبی که از

جدول زیر بدست می آید ضرب گردد تا جریان مجاز سیم و جریان امی فیوز محافظ سیم تصحیح شود.

درجه حرارت محیط	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
ضریب تصحیح	1.2	1.15	1.1	1.05	1	.92	.85	.75	.65	.53	.38

فصل سوم:
کابل ها و کابل کشی



امروزه در صنعت برق بخش عظیمی از توزیع انرژی الکتریکی به ویژه در فشار ضعیف به وسیله کابل ها انجام

می گیرد.

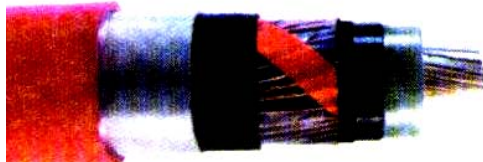
البته برای انتقال انرژی الکتریکی فشار متوسط و قوی نیز در برخی موارد از کابل‌های مخصوص استفاده می‌شود.

کاربرد کابل‌ها در تاسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانجات کابل سازی انواع بسیار زیادی از کابل‌ها را برای مصارف عمومی و خصوصی تولید می‌کنند همچنین صدها هزار نفر متخصص با مهارت‌های مختلف در بخش‌های گوناگون این صنعت مشغول به کار هستند.

البته علاوه بر بخش تولید استفاده از کابل نیز نیازمند مهارت و تخصص کافی است و اتصال‌های مختلف در کابل کشی فشار ضعیف و فشار قوی نیاز به مهارت و رعایت اصول فنی دارد.

ساختمان کابل‌ها

کابل‌ها بر اساس نوع کاربردی که دارند بسیار متنوع هستند و به شکل‌های گوناگونی در بازار یافت می‌شوند. ساختمان و اجزای تشکیل دهنده کابل‌های مخابراتی کاملاً با کابل‌های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند اما به طور کلی کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از نوع کاربرد آنهاست، یعنی نوع کاربردها موجب می‌شود که جنس، شکل، تعداد، سطح مقطع هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت‌ها موجب تقسیم بندی کابل‌ها می‌گردد.



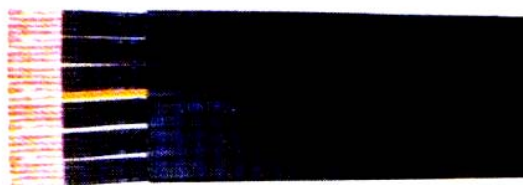
کابل آلومینیومی زره دار 1×240 میلی متر مربع 20 کی



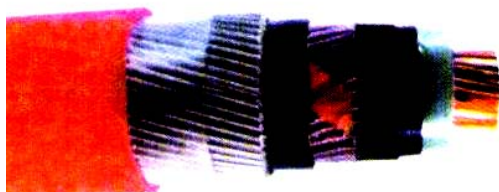
کابل NYCY



کابل 1×150 میلی متر مربع زره دار 63 کیلوولت



کابل افشان تخت



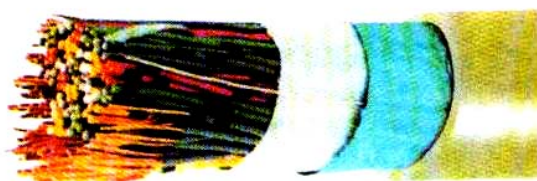
کابل مسی زره دار 1×300 میلی متر مربع 33 کیلو



کابل زمینی $3 \frac{1}{2}$ رشته یک کیلوولت



کابل مخابراتی مهاردار هوایی



کابل مخابراتی MDF

نمونه ای از انواع کابل ها

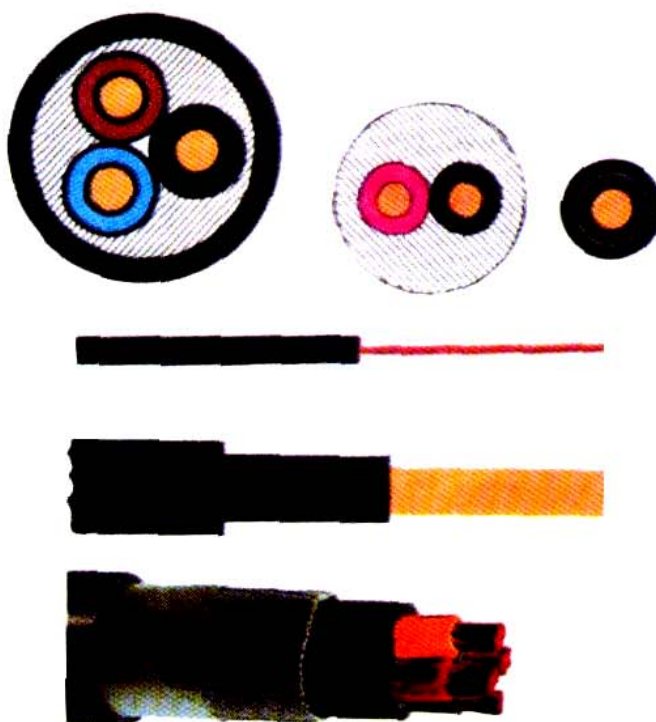
هادی ها

هادی ها از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می شوند.

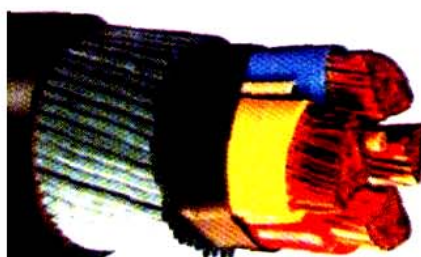
سطح مقطع هادی ها با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد در اندازه های گوناگون و شکل های متفاوت درست می شود.

الف - دایره ای تک رشته با علامت اختصاری (re) و چند رشته با علامت اختصاری (rm).

ب - مثلثی (سه گوش) تک رشته‌ای با علامت اختصاری (Se) و چند رشته‌ای با علامت اختصاری (Sm)



(الف)



(ب)

در جدول مشخصات کابل‌های یک سیمه نشان داده شده است. عایق‌ها

جدول

ردیف	سطح مقطع برحسب میلی‌متر مربع	تعداد دو قطر رشته‌های هادی	ضخامت عایق برحسب میلی‌متر	قطر خارجی تقریبی برحسب میلی‌متر	وزن خالص تقریبی در هر کیلومتر برحسب کیلوگرم
۱	۱×۱	۱×۱/۱۳	۰/۸	۲/۸	۱۶
۲	۱×۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۸	۳/۰	۲۱
۳	۱×۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۸	۳/۴	۳۱
۴	۱×۴	۱×۲/۲۶	۰/۹	۴/۱	۴۸
۵	۱×۶	۱×۲/۷۶	۰/۹	۴/۶	۶۷
۶	۱×۶۰	۷×۱/۰۶	۰/۹	۵/۰	۷۳
۷	۱×۱۰	۱×۳/۵۶	۱/۱	۵/۸	۱۱۰
۸	۱×۱۰	۷×۱/۳۵	۱/۱	۶/۳	۱۱۹
۹	۱×۱۶	۷×۱/۷۰	۱/۱	۷/۴	۱۸۲
۱۰	۱×۲۵	۷×۲/۱۴	۱/۳	۹/۱	۲۸۰
۱۱	۱×۳۵	۷×۲/۵۲	۱/۳	۱۰/۲	۳۷۸
۱۲	۱×۳۵	۱۹×۱/۵۳	۱/۳	۱۰/۴	۳۷۹
۱۳	۱×۵۰	۱۹×۱/۷۸	۱/۴	۱۱/۸	۴۸۱
۱۴	۱×۷۰	۱۹×۲/۱۴	۱/۴	۱۳/۷	۷۲۱
۱۵	۱×۹۵	۱۹×۲/۵۲	۱/۶	۱۶/۰	۹۸۱
۱۶	۱×۱۲۰	۳۷×۲/۰۳	۱/۶	۱۸/۰	۱۲۲۹
۱۷	۱×۱۵۰	۳۷×۲/۲۵	۱/۸	۱۹/۶	۱۵۱۳
۱۸	۱×۱۸۵	۳۷×۲/۵۲	۲/۰	۲۱/۸	۱۸۷۰
۱۹	۱×۲۴۰	۶۱×۲/۲۵	۲/۲	۲۴/۸	۲۴۳۳
۲۰	۱×۳۰۰	۶۱×۲/۵۲	۲/۴	۲۷/۵	۳۰۱۶
۲۱	۱×۴۰۰	۶۱×۲/۸۵	۲/۶	۳۱/۴	۳۹۹۵

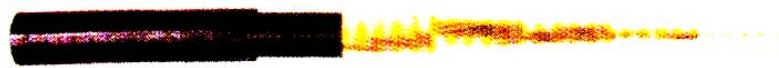
عایق سیم ها و غلافی که روی کابل قرار می گیرد، معمولاً از جنس پلاستیک PVC (پلی ونیل کلراید) است. البته عایق های دیگری همچون کاغذ و برخی ترکیبات شیمیایی در بعضی کابل های مخصوص مورد استفاده قرار می گیرند. این عایق ها باید بر اساس شرایط کاری و محیطی و نوع مصرفی که دارند از استحکام مکانیکی و مشخصه های الکتریکی لازم برخوردار باشند.

برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم های کابل از یکدیگر عایق سیم های هادی را در رنگ های مختلف انتخاب می کنند. در جدول زیر رنگ بندی عایق سیم ها بر اساس استاندارد VDE02171 آلمان و 607 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI 607) نشان داده شده اند.

تعداد سیم های کابل	رنگ عایق سیم ها
1	سیاه
2	آبی روشن - سیاه
3	سبز و زرد - آبی روشن - مشکی
4	سبز و زرد - سیاه - آبی روشن - قهوه ای - سیاه
5	سبز و زرد - مشکی - آبی روشن - قهوه ای - مشکی یا سیاه - آبی روشن - قهوه ای - سیاه - سیاه
6 و بالاتر	سیم حفاظت سبز و زرد - بقیه سیم ها دارای عایقی به رنگ مشکی با شماره های سفید

در شکل رنگ عایق سیم ها در تعدادی از کابل ها نمایش داده شده اند

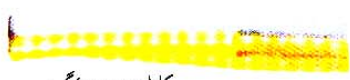
در برخی موارد کارخانجات تولید کننده کابل، رنگ عایق کابل ها را بر اساس سفارش مشتری تغییر می دهند. مکانیکی آنها را به وسیله یک یا چند لایه (غلاف) از جنس فلز (مس، سرب و فولاد) کاغذ و مواد پلاستیکی



کابل یک سیمه گرد



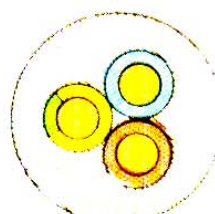
کابل دو سیمه گرد



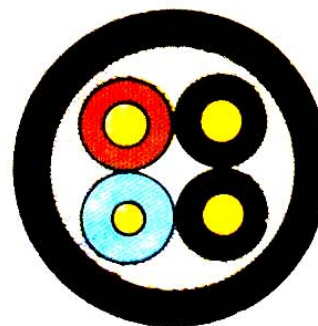
کابل سه سیمه گرد



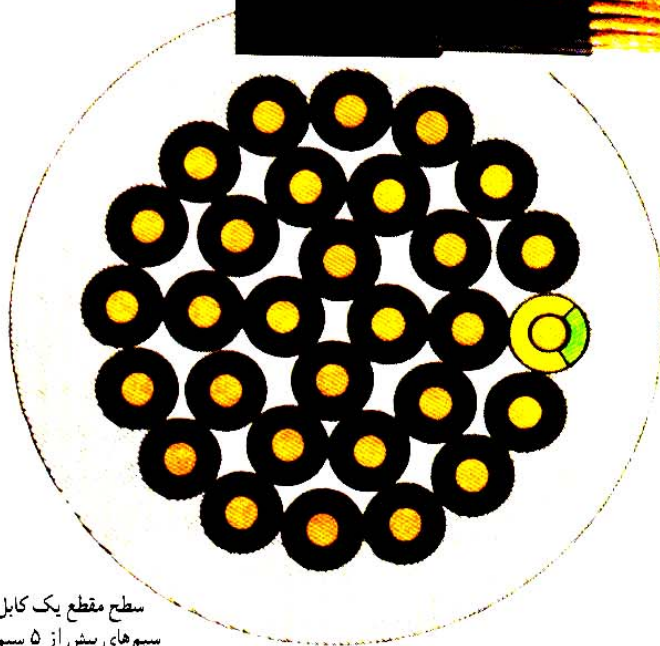
سطح مقطع کابل سه سیمه منلنی



سطح مقطع کابل سه سیمه گرد



سطح مقطع کابل چهار سیمه گرد



سطح مقطع یک کابل با
سیم های بیش از ۵ سیم گرد
همراه سیم محافظ



سطح مقطع کابل چهار سیمه منلنی + گرد برای سیم نول



به ویژه PVC می پوشانند. کابل ها با توجه به لایه های خارجی آنها به انواع مختلفی تقسیم می شوند. در شکل تعدادی از کابل ها با لایه های مختلف نشان داده شده اند.

عوامل موثر در تعیین سطح مقطع کابل

جریان مجاز

جریان مجاز عبوری از سیم ها و کابل ها به گونه ای تعیین می شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی های آن به خوبی به محیط اطراف منتقل شود به طوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی سیم ها و کابل های پی. وی. سی از 70 درجه سانتیگراد تجاوز نکند.

جریان مجاز عبوری داده شده برای کابل های برق وقتی در داخل خاک قرار می گیرد بر مبنای قرار گرفتن کابل به روی بستری از ماسه نرم است که پس از خاک ریزی به روی کانال سطح آن اجر فرش شود.

به علاوه کابل در مسیر خود می تواند از داخل تعداد محدودی لوله، فولادی که طول هیچ یک از آنها بیش از 6 متر نباشد عبور کند.

جریان مجاز کابل‌هایی که در هوای آزاد قرار دارند، بر اساس ضریب بار 1 و در هوای با درجه حرارت 30 درجه سانتیگراد است.

جریان مجاز کابل هنگامی که کاملاً در داخل آب قرار گرفته باشد 1/15 برابر جریان در کابل قرار گرفته در خاک است اما باید توجه داشت که وقتی قسمتی از کابل در خاک یا هوای آزاد باشد، این قسمت تعیین کننده جریان عبوری از کابل هستند.

علائم اختصاری کابل‌های لاستیکی و پلاستیکی (بصورت جدول می باشد)

N	کابل‌های مسی مطابق استاندارد VDE آلمان
Na	کابل‌های آلومینیومی مطابق استاندارد VDE آلمان
y	عایق پر تو دور P.VC اولین y در توالی حروف
2y	عایق پرتو تن PET اولین 2y در توالی حروف
H	عایق کاغذ متالیزه دور عایق سیم
F	بانداز محافظ فولادی (رزه فولادی روی اندود شده مربع)
R	بانداز محافظ فولادی (رزه فولادی روی اندود شده گرد)
B	بانداز محافظ فولادی به شکل نوار
C	هادی مسی متمرکز در کابل‌های فشار ضعیف
C	علامت سیم صفر که به صورت لوله دور عایق 3 سیم گرد دیگر پیچیده شده است
C	در کابل‌های فشار قوی علامت سیم حفاظت (سیم زمین)
Cw	هادی مسی متمرکز موجی (کابل خرطومی)
CE	در کابل‌های چند فاز هادی متمرکز روی هر یک از فازها
S	غلاف مسی
SE	غلاف مسی روی هر یک از فازها
Gb	بانداز فولادی نواری شکل را برای محکم کردن F و R روی آنها در جهت عکس پیچیده می شود
t	مقتول نگهدارنده برای کابل‌های هوایی
y	روپوش غلاف پرتو دور P.V.C دومین حرف y در توالی حروف

2Y	روپوش غلاف پرتو تن PET دومین حرف y 2 در توالی حروف
PVC	عایق کابل پلی - وینیل کلراید یا پروتودور
PET	عایق کابل پلی اتیلن با پروتونن (پلاستیک حرارتی)

بعد از حروف اختصاری تعداد سیم های داخل کابل و مقطع آنها با عدد مشخص و نوع مقطع با حروف زیر تعیین می شود .

Rمقطع گرد

Sمقطع مثلثی

Cهادی یک رشته

Mهادی چند رشته

بعد از علامات اختصاری معمولا ولتاژ نامی و ولتاژ خطا مشخص می کنند

ولتاژ نامی فازی (اختلاف سطح هادی با غلاف فلزی) V_0

ولتاژ خطی (اختلاف سطح یک هادی با هادی دیگر) V

مثال : $N Y Y 3 \times 50 + 35 S m (0.6/1hV)$

کابل سه رشته با هادی مسی با سطح مقطع 50 میلیمتر و سیم نول به مقطع 35 میلیمتر با مقطع مثلثی چند رشته ای با عایق و غلاف پرو تو دور P.V.C برای ولتاژ 0/6 کیلو ولت فازی و یک کیلو ولت خطی بدون محافظ (بانداز فلزی)

شرایط نصب و قرار دادن کابل های برق

کابل های با عایق و غلاف پلاستیکی را نباید هیچ گاه در درجه حرارت زیر 5- درجه سانتیگراد نصب و کابل کشی کرد در صورت اجبار، قرقره، کابل باید چند روز قبل از نصب در محیط گرمی (حدود 20 درجه سانتیگراد) انبار شود. در هنگام کابل کشی شعاع خمش کابل های پلاستیکی نباید از 15 برابر قطر خارجی کابل کوچک تر باشد.

اما در انتهای کابل می‌توان شعاع خمش را در موارد خاص با رعایت اصول فنی تا نصف مقدار فوق کاهش داد. هنگامی که کشیدن کابل توسط دستگاههای مخصوص انجام می‌گیرد باید مواظب بود که نیروی کششی وارده به کابل از مقادیر مجاز بیش تر نشود.

اگر کابل در خاک دفن شود باید گودالی به عمق 70 سانتیمتر حفر کرد و کابل را در این گودال در خاک نرم (الک شده) به ارتفاع 20 سانتیمتر قرار داد و روی آن آجر (و بر روی آجر) خاک معمولی ریخت. این عمل سبب می‌شود که از فشار طبقات خاک بر روی کابل و تغییر شکل آن جلوگیری به عمل آید و همچنین در موقع کندن زمین با بیل و کلنگ صدمه‌ای به کابل وارد نیاید.

انواع کابل‌ها

1- کابل های فشار ضعیف و متوسط که شامل: کابل زرهی و کابل کمربندی: (رودخانه - زیردریاهای که باید تحت کشش از استقامت مکانیکی خودی برخوردار باشد) است.

2- کابل های فشار قوی که شامل: کابل روغنی و کابل گازی می باشد

کابل روغنی: 1- کابل روغن با فشار کم

2- کابل روغن با فشار زیاد

کابل گازی: 1- فشار داخل با غلاف آلومینیومی و گاز ازت

2- فشار داخلی در لوله‌های فولادی و گاز ازت

3 - کابل گازی فشار خارجی در لوله‌های فولاد

4- کابل کپسولی با گاز S F 6

3- کابل های لاستیکی و پلاستیکی P E

4- کابل های فشار قوی جریان دائمی

در شکل‌های زیر چند نمونه سیم و کابل برای ولتاژهای ضعیف نشان داده شده است.

سیم‌های برق با هادی مسی

سیم‌های مفتولی نوع (NYA): هادی این نوع سیم‌ها از مس نرم شده با پوششی از ماده پی.وی. سی در رنگ‌های مختلف مانند سیاه، قرمز، زرد، سبز و ... تشکیل شده است.

ولتاژ اسمی سیم 450/750 ولت است و برای جریان‌های مختلف با سطح مقطع 1/5 تا 240 میلی متر مربع ساخته می‌شود.

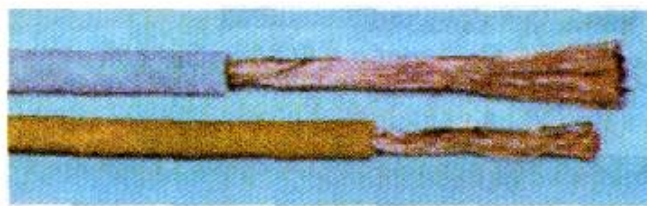
کاربرد سیم NYA : برای مصرف در تابلوهای برق و تاسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم در داخل دیوار به طور مستقیم مجاز نیست.

سیم‌های نیمه افشان نوع (NYAB) : ساختمان این سیم مثل کابل NYA است. ولتاژ اسمی این سیم نیز 750/450 ولت می‌باشد.

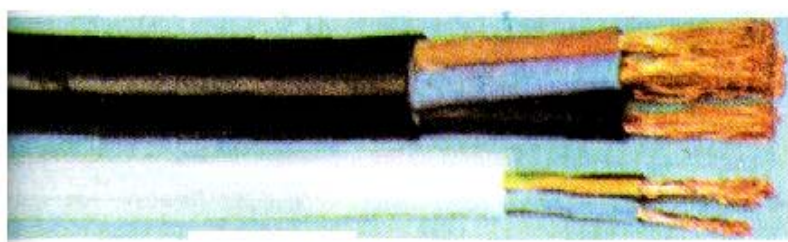
کاربرد سیم NYAB : برای مصرف در تاسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست این سیم نسبت به نوع NYA نرمش بیشتری دارد.



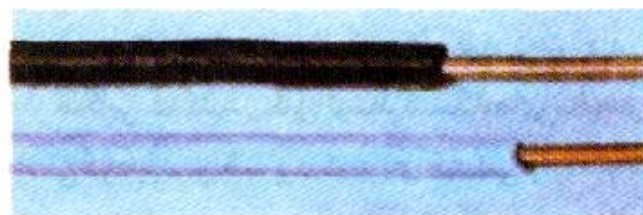
NYAB



NYAF



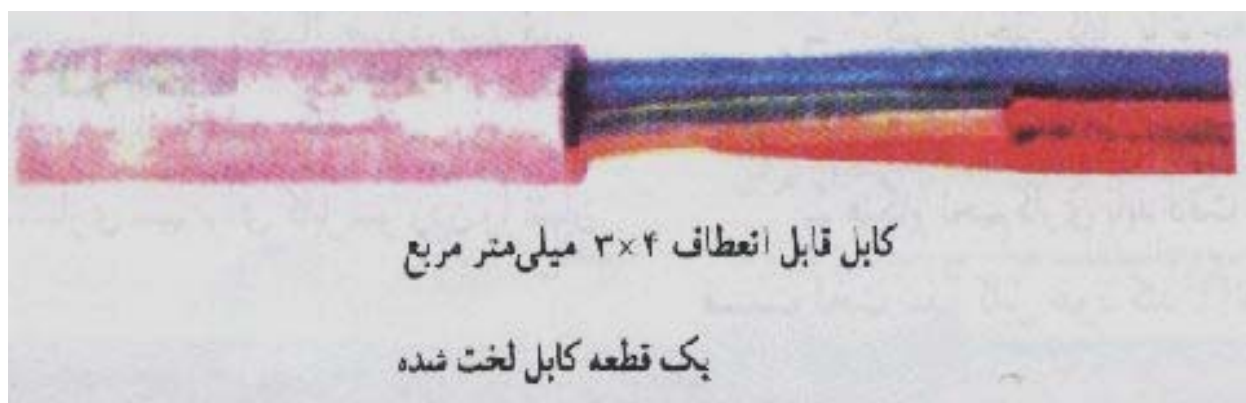
NYHMY



سیم مفتولی از نوع NYA

سیم‌های افشان (قابل انعطاف) (NYAF) : ساختمان این نوع سیم مانند سیم‌های نوع NYA و NYAB می‌باشد و ولتاژ اسمی آن 300/500 ولت است.

کاربرد سیم NYAF : برای مصرف در تاسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از قمره به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست (شکل زیر)



کابل‌ها

کابل‌های افشان قابل انعطاف نوع (NYMHY)

کاربرد کابل NYMHY: جهت مصرف در نقاطی خشک و نمناک هنگامی که نرمش بیشتر و خواص متوسط مکانیکی مورد نیاز باشد. در منازل و ادارات نیز برای اتصال وسایل برقی متحرک (حتی گرما زا) به برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این کابل در فضای باز مجاز نیست. ساختمان این کابل از هادی نرم شده که به وسیله‌ی ماده پی. وی. سی عایق می‌شود، تشکیل شده اس. سیم‌های به هم تابیده شده (اندازه $2 \times 0/75$ میلی متر مربع به صورت موازی) در داخل غلاف کابل به رنگ سفید یا مشکی قرار می‌گیرند. (شکل زیر)



NYMHY

کابل‌های زمینی (NYY): این نوع کابل‌های برق برای کابل کشی در زیرزمین، در آب، در کانال و محلهایی که احتمال ضربه مکانیکی نباشد با ولتاژ اسمی کابل 600/1000 ولت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نرم شده که به وسیله پی.وی.سی عایق و غلاف



می‌شوند تشکیل شده

است مقطع هادی این

نوع کابل‌ها گرد یا

سه گوش است.

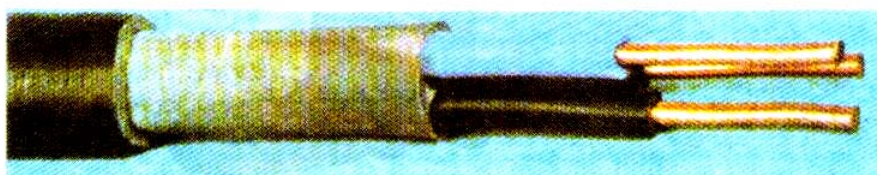


سیم‌های عایق شده

پس از تاییدن برای

گرد شدن مقطع در

داخل ماده پرکننده



NYV

قرار می‌گیرند به دور کابل‌های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود. شکل زیر سه نوع از

این کابل‌ها را نشان می‌دهد.

اتصال کابل کابل به کابل شو

برای اتصال کابل به مدار از کابل شو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل شوها ممکن است پرسی یا قابل

لحیم کاری باشد.

از نظر شکل ظاهری کابل شوها شبیه فیش‌ها و ترمینال‌های اتصال هستند معمولا برای بدست آوردن اتصال

صد در صد قابل اطمینان، کلیه کابل شوها را با کابل لحیم می‌کنند.

بریدن و نصب کابل شو به کابل

برای بریدن و بستن کابل شو باید به این نکات توجه کرد:

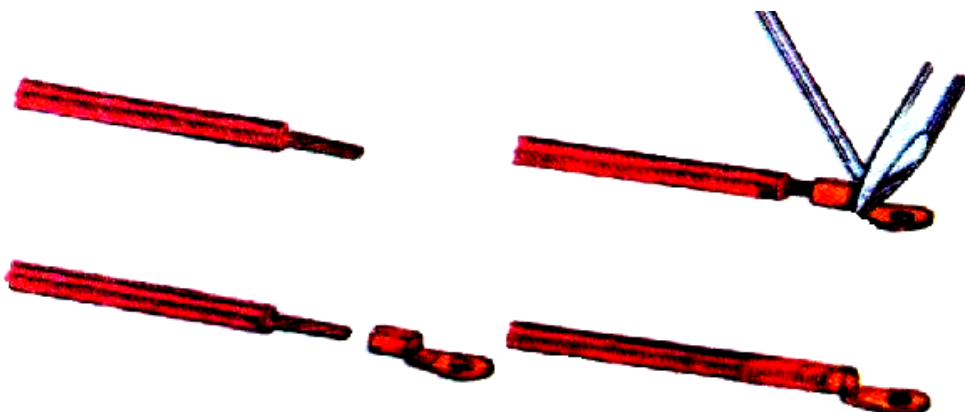
- کابل باید به اندازه‌ای بریده شود که سر آن به راحتی به شین‌ها و دستگاههای محل اتصال برسد.

- قبل از بریدن کابل باید محل برش علامت گذاری گردد و دو طرف علائم به وسیله سیم یا نوار بسته سپس

بریده شود.

- روکش داخلی کابل با توجه به نوع کابل شو به وسیله چاقو جدا شود.

– هنگام لحیم کاری باید دقت کرد که لحیم در همه نقاط قسمت لخت شده کابل نفوذ کند تا اتصال محکم باشد.



بستن کابل شو به وسیله پیچ و مهره

در ارتباط کابل با باتری ماشین و ... دیده می‌شود که از کابل‌شوهای پیچی استفاده می‌گردد. در این حالت

پیچ مورد نیاز باید با قطر هادی کابل

تنظیم و به وسیله محکم کردن آنها

عمل اتصال و نگهداری کابل انجام

شود (شکل مقابل).



کابل کشی

روش‌های مختلفی جهت کابل کشی در تاسیسات الکتریکی وجود

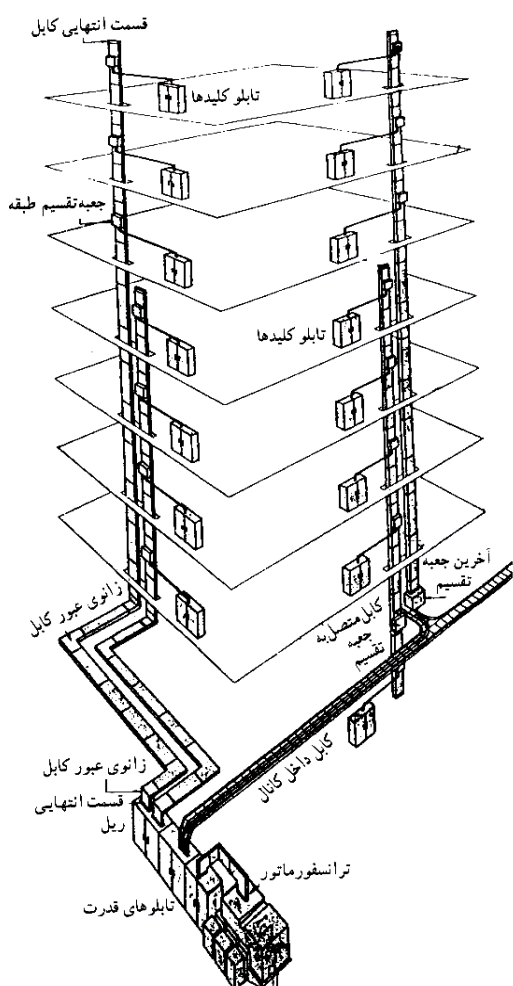
دارد که نکته اساسی در تمامی آنها رعایت اصول فنی و

استانداردهای لازم در انجام کار است. منظور از کابل کشی صنعتی

برق رسانی به مراکزی مانند کارخانجات، کارگاهها، خطوط انتقال

انرژی زیرزمینی، ساختمان‌های بزرگ و بیمارستان‌ها است.

کابل کشی در ساختمان‌های بلند و بزرگ



در این گونه مراکز به علت وسعت کار، هر یک از طبقات را یک واحد مستقل و در صورتی که طبقات را یک واحد مستقل و در صورتی که طبقات خود به چند قسمت تقسیم شوند، هر قسمت را یک واحد مستقل در نظر می‌گیرند و بر این اساس، سیم کشی داخل آن را طراحی می‌کنند. پس از این مرحله، انتقال انرژی از پست اصلی یا تابلو توزیع اصلی طراحی می‌شود. آن گاه با توجه به مصرف هر واحد مستقل، محاسبات لازم را انجام داده به وسیله کابل انرژی الکتریکی لازم را به تابلو فرعی یا جعبه تقسیم هر طبقه یا واحد می‌رسانند. باید سعی شود مسیر کابل‌ها برای تمامی طبقات در یک راستا قرار گیرد. برای تقسیم بار چنانچه طبقات دارای چند واحد باشند. بیش از یک مسیر جهت اتصال انرژی و کابل کشی انتخاب می‌شود.

در شکل مقابل یک نمونه کابل کشی و استاندارد نشان داده شده است.

در این گونه ساختمان‌ها به علت وجود سازه‌های افقی و عمودی فلزی یا بتونی محدودیت‌هایی در مورد عبور مسیر کابل‌ها و لوله‌های برقی وجود دارد باید سعی شود کابل‌ها و سیم‌های برق از داخل کانال‌ها یا لوله‌های فولادی و یا پی.وی.سی عبور کنند و در محل مناسب نصب شوند.

مسیر لوله‌ها بر روی دیوارها معمولاً به صورت عمودی است. اما برای برق رسانی در مسیر افقی به علت برخورد با ستون‌ها بتونی یا فلزی معمولاً از کف ساختمان استفاده می‌شود و انشعاب‌های روشنایی از سقف‌ها انجام می‌گیرد. برای کشیدن لوله‌ها در سقف‌های طبقات ساختمان‌های بتونی و

تیرچه بلوک قبل از بتن ریزی اقدام می‌شود.

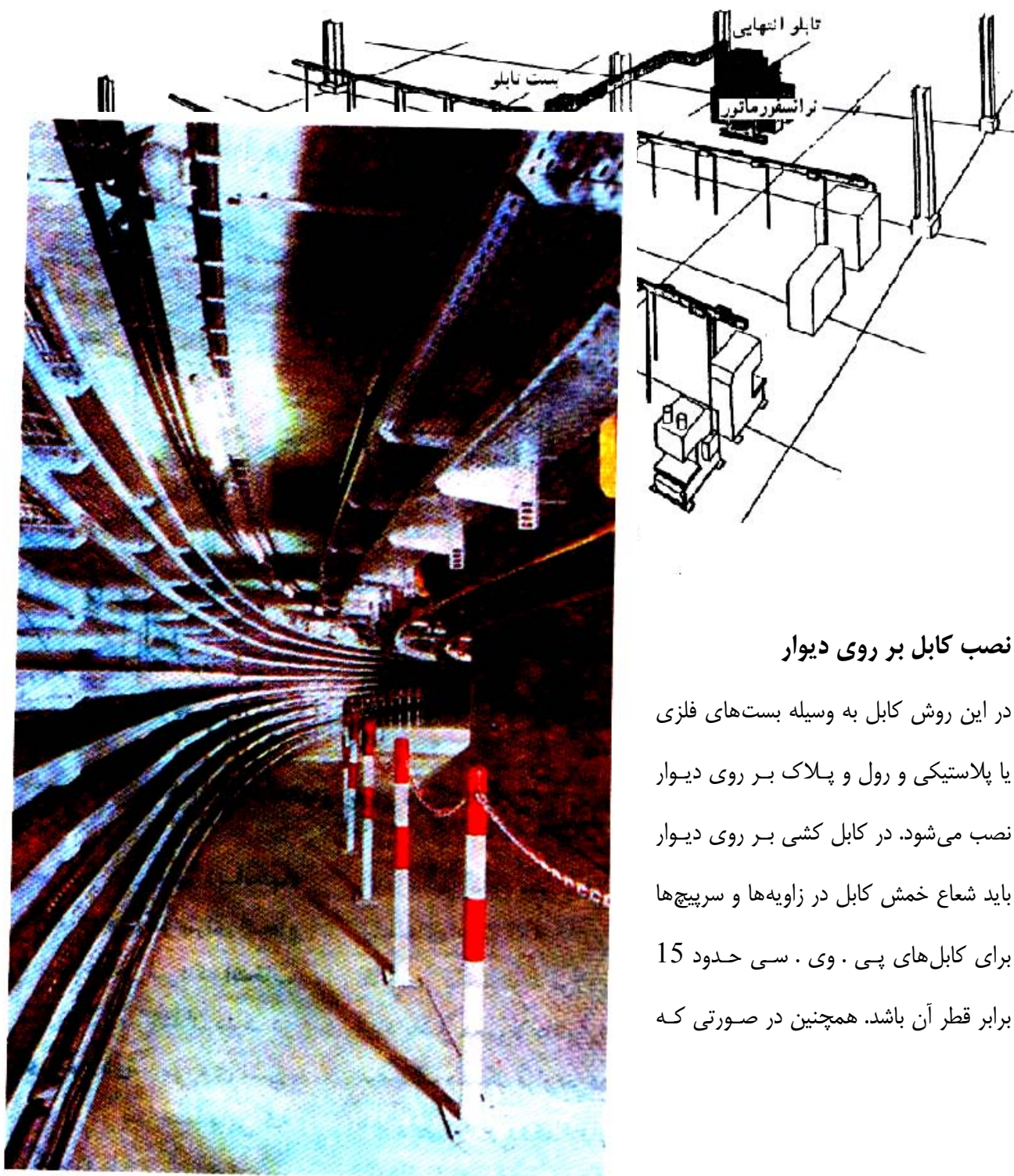
دیوارهای این گونه ساختمان‌ها، معمولاً جدا کننده و دارای ضخامت کم هستند. این دیوارها پس از زدن سقف ساخته می‌شوند. از این رو جهت عبور لوله‌ها و کابل‌ها و کانال‌های مربوط بر روی چنین دیوارها باید قبل محل کار را به صورت مناسب انتخاب کرد. عبور کابل از داخل لوله یا کانال از کف محل‌هایی مثل آشپزخانه، حمام، دستشویی، محل‌های شست و شو و نظایر آن ممنوع است عبور کابل برق از کنار سیم‌های تلفن یا مخابرات آنتن و کامپیوتر مجاز نیست. شکل زیر چگونگی عبور کابل از ریل‌ها و کانال‌های فلزی را نشان می‌دهد.

کابل کشی مراکز تجاری (بانک‌ها، بیمارستان‌ها، ادارات و ...)



چگونگی عبور کابل از ریل‌ها و کانال‌های فلزی

در این مراکز برای انجام کابل کشی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که انتخاب آن بستگی مستقیم به نوع سازه‌های ساختمان دارد. در برخی ساختمان‌ها از لوله‌های فولادی و پی.وی.سی جهت کابل کشی استفاده می‌شود. در ساختمان‌هایی که دیوارهایی از چوب یا قالب‌های گچی یا پرسیانا (صفحات پلاستیکی) دارند، می‌توان از ریل‌ها و کانال‌های پلاستیکی جهت قرار دادن سیم‌ها و کابل‌های برق استفاده کرد. در شکل زیر بر روی دهانه این ریل‌ها کلید و پریز و وسایل لازم نصب شده است.



نصب کابل بر روی دیوار

در این روش کابل به وسیله بست‌های فلزی یا پلاستیکی و رول و پلاک بر روی دیوار نصب می‌شود. در کابل کشی بر روی دیوار باید شعاع خمش کابل در زاویه‌ها و سرپیچ‌ها برای کابل‌های پی.وی.سی حدود 15 برابر قطر آن باشد. همچنین در صورتی که

چند کابل کنار هم قرار بگیرند باید حداقل به اندازه قطر کابل بین آنها فاصله باشد. چنانچه کابل در منطقه‌ای است که امکان برخورد با وسایل برنده وجود دارد باید در داخل لوله فولادی قرار گیرد. چنانچه تعداد کابل زیاد باشد، معمولاً کابل‌ها را در داخل کانال‌های پوشیده یا صفحات مشبک قرار می‌دهند. برای این کار بر روی نبشی و یا پروفیل که بر روی دیوار محکم شده کانال‌های V شکل (ناودانی) نصب و سپس کابل‌ها در داخل کانال قرار داده می‌شود. شکل زیر نمونه‌ای از این گونه کانال‌های فلزی را نشان می‌دهد.

چنانچه درجه حرارت محیط و همچنین حرارت کابل زیاد باشد، معمولاً از صفحات مشبک استفاده می‌شود تا تبادل حرارتی بهتر انجام گیرد. در کارخانجات صنعتی معمولاً از کانال‌های مشبک با نردبان‌های افقی جهت عبور کابل‌ها استفاده می‌شود. این روش ضمن داشتن مسیر راحت، ساده و قابل کنترل برق رسانی را از جهت بالا به دستگاه بسیار اسان کرده به طوری که کم و زیاد کردن و تعویض کابل‌ها به راحتی انجام می‌گیرد.

کابل کشی در کانال نسبت به کابل کشی مستقیم در زیرزمین دارای مزایا و معایبی است:

بزرگترین مزیت کابل کشی در کانال نسبت به کابل کشی در زیرزمین این است که هر بار جهت اضافه کردن کابل دیگر یا پیدا کردن عیب کابل احتیاج به کندن و خراب کردن مجدد زمین، خیابان و پیاده رو نیست. اما مخارج کابل کشی در کانال به مراتب بیش تر و گران تر از کابل کشی مستقیم بر زمین است. فاصله کابل‌های داخل کانال معمولاً 7 سانتیمتر انتخاب می‌شود، البته در صورتی که تعداد کابل‌ها زیاد نباشد. استعداد باردهی کابل‌های داخل کانال کمتر از کابل‌های زیرزمینی است و به همین جهت کال کشی در کانال تنها در منازل و ساختمان‌ها به کار می‌رود.

نصب کابل در کانال سیمانی

این طریقه کابل کشی در کارخانجات و تاسیسات بزرگ کاربرد زیادی دارد. برای این کار کانال‌هایی به عمق

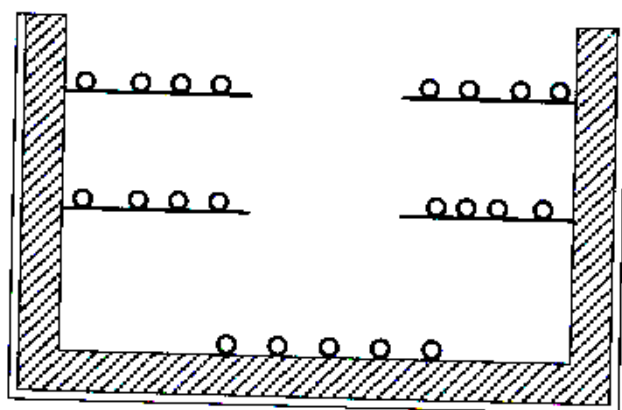
30 تا 70 سانتیمتر که در اطراف و کف آن

سیمان به کار می‌رود، در کف کارگاه ساخته

می‌شود. کابل‌های برق را در کف آن (مطابق

شکل زیر) قرار می‌دهند. چنانچه تعداد

کابل‌ها زیاد باشد کانال را طبقه بندی



طریقه قرار گرفتن در کانال

می کنند (با نبشی و صفحات مشبک) و کابل ها را بر روی این صفحات قرار می دهند.

این طبقات باید طوری باشد که جهت تعمیر و بازرسی طبقات زیرین مشکلی پیش نیاید. در این کانال ها معمولاً کابل های قدرت در زیر خوابانده می شود و کابل های مدار فرمان روی سطح کانال قرار می گیرد. در کانال معمولاً با صفحات آهنی آجدار پوشیده می شود که به رنگ قرمز یا زرد مشخص شده اند. کف کانال باید دارای شیب مناسب باشد و این شیب منتهی به آبریزگاه شود. معمولاً در فواصل معینی صفحات آجدار را به صورت مشبک می گذارند تا تبادل حرارتی بهتر انجام گیرد.

2- طریقه قرار گرفتن در کانال

مقررات عمومی و ایمنی در مورد کابل ها

1- سیم های یک رشته ای با عایق لاستیکی یا پلاستیکی را تنها در داخل لوله یا روی مقره های مناسب می توان قرار داد.

در صورت سیم کشی روی قمره، فاصله سیم تا دیوار باید به شرح زیر باشد: در فضای آزاد مساوی یا بیشتر از 2 سانتیمتر در داخل ساختمان مساوی یا بیشتر از یک سانتیمتر.

2- هادی های لخت که به زمین وصل نیستند فقط باید روی قمره کشیده شوند و از دیواره ها و قسمت های آهنی و ساختمان فاصله کافی داشته باشند.

3- سیم هایی که در زمین کشیده می شوند باید فقط به صورت کابل باشند.

4- سیم های نصب شده ثابت باید در مقابل صدمات مکانیکی محافظت شوند (یعنی تا حد امکان باید پوشش محافظ داشته باشند مثلاً در داخل لوله فولادی یا لوله پلاستیکی). روکش خارجی سیم های مقاوم در مقابل تأثیرات جوی NYW(PR) برای حفاظت از صدمات مکانیکی نیز مفید است.

5- سیم های واقع در هوا (منظور سیم های هوایی نیست) جزیی از مصرف کننده اند و باید به صورت خارج از دسترس نصب شوند. عمل قطع باید تمام قطب صورت گیرد و کلید آن در محلی که به طور کامل در معرض دید قرار دارد نصب شود.

6- کابل ها باید حداقل در عمق 0/6 متر و در خیابان ها در عمق 0/8 متر از کف قرار گیرند.

7- در جریان متناوب یک فاز و چند فاز در صورت کشیده شدن سیم‌ها در داخل لوله آهنی و نیز در صورت قرار گرفتن یک سیم در لوله مجزا که احتمال گرم شدن آن می‌رود باید سیم‌های یک مدار را با هم در داخل یک لوله قرار داد تا از گرم شدن القایی جلوگیری شود.

8- سیم‌های مدارهای مختلف (به استثنای مدارهای فرمان) باید در لوله‌های جداگانه قرار گیرند.

9- به کار بردن زمین به جای سیم برگشت مجاز نیست برای برگشت همیشه باید سیم معینی به کار رود.

10- رشته‌های سیم‌های چند رشته‌ای را باید تنها برای یک سیستم مدار به کار برد.

11- لوله‌های فلزی و پوشش‌های فلزی سیم‌های عایق دار نباید به عنوان سیم برگشت، سیم نول یا سیم محافظ مورد استفاده قرار گیرد.

12- اتصال سیم‌ها به شینه‌ها (شمش‌های مسی تابلو) و ماشین‌ها و مصرف کننده‌های دیگر فقط به وسیله پیچ و مهره مجاز است.

13- اتصال سیم‌های چند سیمه تا 6 میلی متر مربع و یک سیمه تا 16 میلی متر مربع به وسیله خم کردن سر سیم می‌تواند به صورت حلقه انجام شود و از آن بیشتر به وسیله کابل شو صورت گیرد. سرسیم‌های تکی به صورت حلقه در آورده می‌شود باید در قسمت انتها لحیم شوند.

14- اتصال سیم‌ها باید به وسیله لحیم کردن پیچ و مهره یا بست‌های اتصال (مثلا بست‌های اتصال Co n ex) و اتصالات میخ پرچی انجام گیرد. به کار بردن بست‌های غیراستاندارد و دیگر وسایل در مسیر طول سیم کشی مجاز نیست.

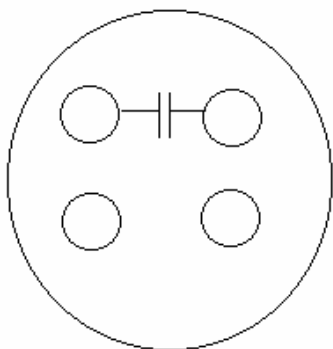
دلایل ترکیدگی کابل‌ها

همانطور که گفته شد دمای محیط در جریان کشی کابل‌ها اثر می‌گذارد و باید در انتخاب کابل‌ها دمای محیط را در محاسبات در نظر داشت در غیر این صورت با عواملی از قبیل

گرم شدن بیش از حد کابل‌ها و ترکیدگی مواجه می‌شویم.

در کابل‌ها چند رشته‌ای هر رشته بارشته دیگر به علت اختلاف پتانسیل تشکیل یک خاصیت خازن را می‌دهند و هر رشته با رشته دیگر از طریق عایق از یکدیگر فاصله دارند.

همانطور که می‌دانیم در خازن دو صفحه یک مقاومت دی الکتریک

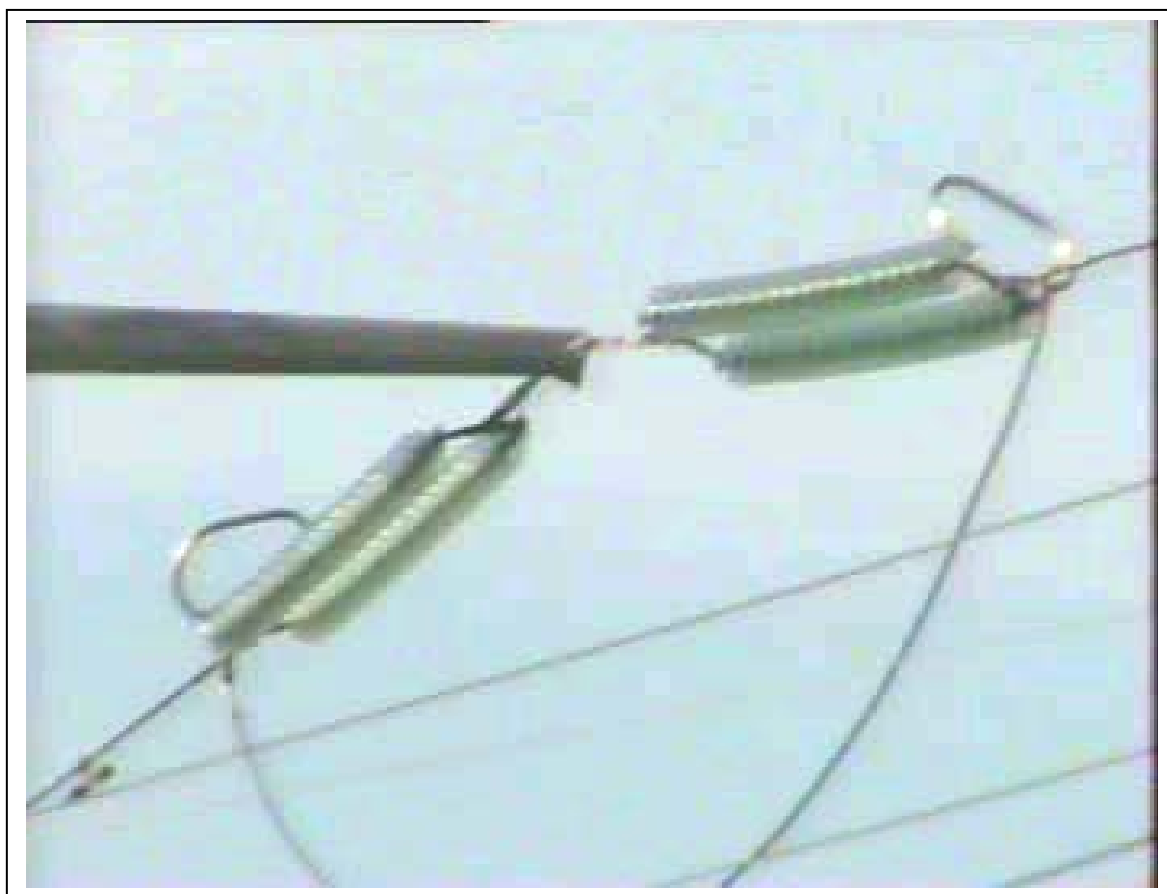


بین صفحه‌ها وجود دارد اگر در انتخاب و محاسبات کابل‌های درجه حرارت و محیط در نظر گرفته نشود با عبور جریان از مغز سیم (باید سعی شود که در محاسبات طوری کابل ما انتخاب شود که بیشتر جریان از سطح جانبی سیم عبور کند) کابل‌ها گرم شد. سیم منبسط می‌شود و سبب می‌شود عایق را نیز منبسط کند با کاهش یا قطع جریان از حرارت سیم‌ها کاهش یافته سیم‌ها منقبض می‌شد اما دیگر عایق پلاستیکی PVC یا لاستیکی PE دیگر به حالت اول بر نمی‌گردد در نتیجه از خاصیت عایقی این مواد عایقی سیم‌ها کاهش می‌یابد همانطور که می‌دانید اگر در یک خازن عایق دی الکتریک ما بین صفحات از بین برود بین صفحات آرک و یا اتصالی ایجاد می‌شود همانطور که گفتیم سیم‌ها نسبت به یکدیگر در یک کابل چند رشته‌ای دارای خاصیت خازنی می‌باشند هوا و عایق سیم‌ها که برای ولتاژ مشخص در نظر گرفته شده‌اند در کابل‌ها به عنوان دی الکتریک عمل می‌کنند در پیچ خوردگی‌ها و خم خوردگی‌ها مقاومت عایق دی الکتریک به حداقل رسیده سبب آرک زدن بین فازها شده و سبب منفجر شدن و ترکیدن کابل می‌شود.

فصل چهارم

پایه ها - مهر - مقره ها - کنسولها

نحوه پخش و ایجاد شبکه های هوایی



اصولا جهت انتقال و توزیع انرژی هوایی و زمینی استفاده میشود که جهت انتخاب یکی از این دو شبکه بایستی به عوامل زیر توجه داشت.

1-مسیر خط انتقال

اگر فاصله محل نیروگاه تا محل مصرف کوتاه باشد کابل کشی زمینی نسبت به سیم کشی هوایی ارجحیت دارد اما چون کلا محل نیروگاهها نسبت به محل مصرف که تغذیه برق شهرها میباشد زیاد است از سیم کشی هوایی استفاده میشود که قدرت مورد نظر با ولتاژ فشار قوی از محل نیروگاه تا محل مصرف با خطوط انتقال شار قوی منتقل و سپس مجددا به ولتاژهای فشار متوسط و فشار ضعیف تبدیل که در در خطوط توزیع نیرو به محل مصرف کننده میرسد که بهر حال در طول مسیر خط بایستی به عوامل طبیعی حریم جاده ها - حریم فرودگاهها - حریم راه آهن و غیره توجه داشت.

2-ولتاژ خط

همانگونه که گفته شد بطور کلی برای ولتاژهای بالا از سیم کشی هوایی استفاده میشود ولی در شهرها حتی المقدور باید شبکه های فشار متوسط ضعیف را بطور زمینی دایر نمود .

3-زیبائی محیط

برای حفظ زیبایی محیط سعی میشود در شهرها از شبکه زمینی استفاده شود که البته ضریب اطمینان آن نسبت به شبکه هوایی بیشتر است اما تغییرات آن نسبت به شبکه های هوایی سخت تر میباشد .

4-عوامل اقتصادی

بطور کلی هزینه احداث شبکه های زمینی گرانتر از شبکه های هوایی است بطوریکه بطور تقریب احداث شبکه های فشار ضعیف و متوسط 2 تا 3 برابر شبکه های هوایی است و هر چه که ولتاژ افزایش یابد هزینه احداث شبکه زمینی نسبت به هوایی بیشتر است .

5-نسبت تراکم جمعیت

در محل هایی که تراکم جمعیت زیاد است اصولا از شبکه زمینی استفاده میشود بهمین خاطر در شهرها از نظر حفظ زیبایی محیط و چه از نظر تامین برق مشترکین احداث شبکه های زمینی نسبت به شبکه های هوایی برتری دارد .

ایجاد شبکه های هوایی و لوازم آن

در این قسمت به طرح ایجاد شبکه های هوایی و لوازمات مورد نیاز آن میپردازیم. برای احداث یک شبکه هوایی مناسب باید به موارد زیر توجه داشت.

علاوه بر در نظر گرفتن خواص الکتریکی خط مانند انتخاب سیمها-مقره ها-کنسولها و غیره باید به شرایط مکانیکی شبکه نیز توجه داشت. مثلاً سیمها و پایه ها باید طوری انتخاب شوند که در مقابل نیروهای مختلف در هر شرایط مقاوم بوده و بتوانند بدون اینکه خرابیهای زیادی را متحمل شوند در سرویس برق رسانی قرار گیرند-بهمین خاطر هنگام طرح یک خط انتقال دقیقاً به مسئله مکانیکی خط توجه میشود و علاوه بر شرایط نصب، بدترین شرایط ممکنه مانند شرایط زمستان را نیز در نظر میگیرند.

در احداث شبکه های هوایی به انتخاب نوع پایه -نیروی کششی آنها در طول خط و زوایا -فاصله پایه

ها- نیروی کششی سیمها-فاصله سیمها نسبت به هم

انتخاب مقره ها و کنسولها از نظر نوع ایجاد شبکه

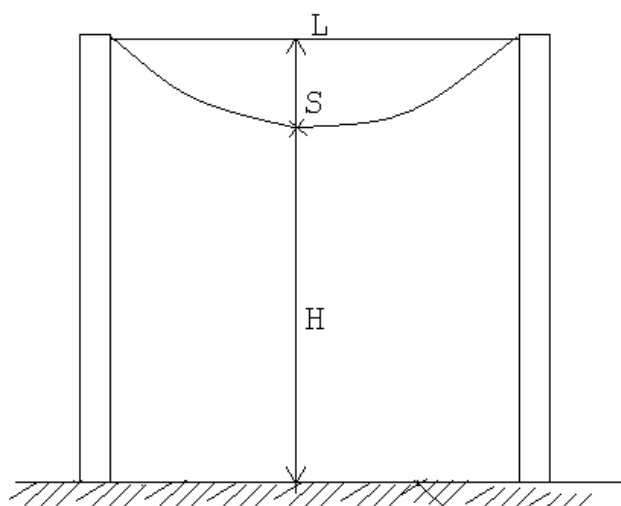
بایستی به میزان ولتاژ شبکه توجه داشت و هر چه که

ولتاژ افزایش یابد مسئله طراحی خط انتقال و توزیع

شبکه حائز اهمیت بیشتری خواهد بود. بدین ترتیب به

بحث درباره قسمتهای اصلی یک شبکه هوایی (فشار

متوسط و ضعیف) میپردازیم.



قسمتهای اساسی در یک شبکه هوایی عبارتند از

پایه ها، سیم و مقره ها که برای عایق کردن سیم از پایه استفاده میکنند در شکل شمای یک شبکه هوایی

نشان داده شده است. فاصله بین دو پایه را اسپان (SPAN) و فاصله راس تیر تا پایین ترین نقطه سیم را

فلش یا شکم SAG و فاصله بین پائین ترین نقطه سیم تا سطح زمین را فاصله آزاد (h) می نامند.

بنابراین ارتفاع هر پایه در هر شبکه برابر است با فلش سیم باضافه فاصله آزاد آن باضافه قسمتی از پایه که

در داخل زمین قرار دارد. محاسبه حداکثر مجاز شکم سیم در طرح شبکه های هوایی بسیار حائز اهمیت است

اگر شکم از حد مجاز کمتر باشد بخصوص در فصل سرما و پخبندان که از طول سیم کاسته میشود نیروی با

دو یخ زدن سیم نیز باعث میشود که کشش مکانیکی سیم زیاد شده و باعث پاره گی سیم شود. اگر شکم

سیم از حد مجاز زیادتیر شود مخصوصا در فصل گرما که طول سیم زیادتیر میشود باعث میشود که سیمها در هنگام وزش باد بهم نزدیک شده و باعث بوجود آمدن اتصالی و در نتیجه قطع جریان برق بشود . بعلاوه زیاد شدن شکم باعث کم شدن فاصله آزاد سیم و احتمال ایجاد خطرات دیگری میگردد .

شکم سیم را میتوان از رابطه زیر محاسبه کرد :

در این رابطه :

W = وزن یک متر طول سیم بر حسب کیلوگرم .

T_0 = نیروی کشش سیم بر حسب کیلوگرم .

L = فاصله بین دوپایه (اسپان) بر حسب متر

S = فلش یا شکم سیم بر حسب متر

مثال : فاصله بین پایه ها در یک شبکه هوایی برابر 200 متر و ولتاژ شبکه 63 کیلوولت است اگر وزن یک کیلو متر سیم آلومینیومی بکار رفته در شبکه برابر 684 کیلوگرم و حداکثر کشش سیم 450 کیلو گرم

$$S = \frac{WL^2}{8T_2} \quad ; \quad W = \frac{684}{1000} = 0.684 \text{ kg / m}$$

باشد فلش سیم چه مقدار خواهد بود . حل :

$$S = \frac{0.684 \times 200^2}{8 \times 1450} = 2.31 \text{ m}$$

پایه ها

انواع پایه ها: برای نگهداری سیم در شبکه های هوایی از پایه استفاده میشود . پایه ها انواع مختلف

دارند . از قبیل پایه چوبی ، فولادی ، بتونی ، و برج یا دکل فلزی .



پایه چوبی :

این نوع پایه برای ولتاژهای تا 33 کیلو ولت و طول اسپان حدود 120 متر مناسب بوده و بیشتر در کشورهایی استفاده میشود که چوب فراوان و هزینه استفاده از پایه های بتونی و یا فولادی گران باشد . در صورتی که پایه های چوبی را بطریق (پورتیک) نصب نمایند میتوان تا ولتاژهای 230 کیلوولت نیز از آنها استفاده کرد . از محاسن مهم پایه های چوبی نسبت به پایه های دیگر سبکی و انعطاف پذیری آنهاست .

همچنین سهولت در نصب بعلت سبکی وزن و عایق بودن چوب و ارزانی قیمت از امتیازهای دیگر آن است . حداکثر ارتفاع پایه ای چوبی متداول 16 متر و در بعضی از کشورها مانند آمریکا ممکن است تا 25 متر باشد . علاوه بر ارتفاع قطر پایه چوبی را نیز باید در نظر گرفت در نقاط انتهائی و زوایای شبکه که نیروی کشش سیم زیاد است باید از پایه قطورتر استفاده نمود . بطور متوسط نیروی کششی که هر پایه چوبی می تواند تحمل نماید 300 کیلوگرم در نظر گرفته میشود .

پایه های چوبی را معمولا از درخت کاج که دارای استحکام زیادی است انتخاب می نمایند نیروهای چوبی باید کاملا صاف و بدون گره باشد .

از معایب مهم پایه های چوبی پوسیدگی آنها در زمین و مخصوصا در نقاط مرطوب است . برای جلوگیری از پوسیدگی و نفوذ رطوبت کمتر معمولا پایه ها را با روغن های مخصوصی آغشته و اشباع می نمایند . بطوریکه این روغن تا چند سانتیمتری سطح خارجی تیر چوبی و در تمام طول آن نفوذ میکند .

پایه های چوبی که در وسط شبکه بکار میروند کافی است وزن سیم را تحمل نمایند در این صورت میتوان از پایه های ضعیفتری نسبت به پایه های انتهائی استفاده کرد .

در صورتی که نیروی کشش سیم در انتهای شبکه زیاد باشد پایه های چوبی انتهائی را مهار می نمایند .

پایه های بتونی :

این پایه ها را میتوان تا ولتاژهای 66 کیلوولت بکار برد . این پایه ها بعلت آرماتورهای که در داخل آنها قرار دارد دارای استحکام زیادی خواهند بود. وزن این پایه ها زیاد بوده و بهمین جهت هزینه حمل و نقل و نصب آنها نسبتا زیاد میگردد .

برای نصب آنها حتما جزئیات مورد نیاز است . بنابراین معمولا در نقاطی که تعداد زیادی از آن لازم باشد سعی میکنند حتی الامکان پایه ها را در همان نقاط بسازند .

پایه های بتونی برای نقاط مرطوب بمراتب بهتر از پایه های چوبی میباشند . این پایه ها را بطول های مختلف و برای تحمل قدرت های کششی مختلف می سازند . رایج ترین طول پایه های بتونی در ایران 8 متر و 9 متر و 12 متر بوده و برای قدرت های کششی 200، 400، 600، 800، 100، 1200 کیلوگرم ساخته شده است پایه های 200 کیلوگرمی را برای وسط خط و سایر پایه های در زوایا و نقاط انتهائی شبکه بکار برده میشوند . عمر این پایه ها نسبتا زیاد و هزینه نگهداری آنها نیز کم است

پایه های فلزی (فولادی)

موارد استعمال این پایه ها شبیه پایه های چوبی است با این تفاوت که پایه های فلزی در معرض خطر حمله حشراتی مانند موریانه قرار نمیگیرند . عمر آنها نسبتا زیاد است . البته باید فلز مصرف شده بصورت گالوانیزه و بعد از گالوانیزه شدن نیز رنگ آمیزی شود . از امتیازات دیگر این پایه ها نسبت به پایه چوبی این است که میتوان طول آن را بهر میزان که بخواهند انتخاب کنند .

بیشتر استفاده از این پایه ها در سیستمهای روشنائی شهرها بمنظور حفظ زیبایی شهر است .

پیلون یا دکل فلزی :

پیلونهای فلزی از تعدادی آهن نبشی و تسمه توسط جوش دادن پا پیچ و مهره کردن درست شده و برای ولتاژهای زیاد فشار قوی بکار میرود . هزینه حمل و نقل این پایه ها کم و نصب آنها نسبتا راحت ولی قیمت تمام شده آن زیاد است . برجها را میتوان بهر طول دلخواه و برای تحمل هر قدرت کشش احداث نمود . البته برجهای انتهائی و یا برجهایی که در زوایا بکار برده میشوند باید دارای قدرت کشش بیشتری باشند .

فاصله بین پایه ها (اسپان)

هر چه فاصله پایه ها زیادتر شود برای اینکه بتوان فلش بیشتری به سیم داد پایه بلندتر و قویتر احتیاج است و بالتیجه قیمت پایه افزایش می یابد از طرف دیگر افزایش طول اسپان باعث کاهش تعداد پایه ها و لوازم خط و در نتیجه کاهش هزینه لوازم الکتریکی میگردد بطور کلی برای ولتاژهای فشار قوی که قیمت لوازم شبکه زیاد است طول اسپان را زیاد انتخاب نموده و بالعکس در شبکه های فشار متوسط و یا فشار ضعیف آنرا کم انتخاب می کنند . اسپانهای متداول در ایران بر طبق استاندارد وزارت نیرو برای ولتاژهای فشار ضعیف با پایه های چوبی ، بتونی ، بین 30 تا 100 متر و برای ولتاژهای فشار ضعیف با پایه های چوبی ، بتونی و فلزی بین 70 تا 150 متر برای ولتاژهای فشار قوی با برج فلزی بین 150 تا 300 متر میباشد .

فاصله بین سیمها :

برای تعیین فاصله بین سیمها باید تاثیرات مکانیکی و الکتریکی آنرا در نظر گرفت از نقطه نظر الکتریکی چنانچه فاصله بین سیمها زیاد شود افت ولتاژ در شبکه زیاد خواهد شد . همچنین فاصله بین سیمها را نمیتوان از حد معینی کمتر انتخاب کرد . زیرا امکان ایجاد اتصال کوتاه بین آنها بوجود میاید . از نقطه نظر مکانیکی فاصله بین سیمها باید طوری باشد که در اثر وزش باد و یا یخبندان روی سیم فاصله کمتر از حد مجاز نگردد . باید توجه داشت که هر چه فاصله بین پایه ها زیادتر شود امکان جابه جایی سیمها تابعی از طول اسپان و ولتاژ شبکه خواهد بود و از رابطه تجربی زیر میتوان آنرا برای شبکه های افقی بدست آورد .

$$d = 50 + (1.78U) + (0.04L)^2$$

در این رابطه م طول اسپان بر حسب متر و U ولتاژ شبکه بر حسب کیلوولت و d فاصله بین سیمها بر حسب سانتیمتر میباشد . چنانچه شبکه بصورت قائم باشد مقدار d را در $\frac{2}{3}$ و یا $\frac{3}{4}$ ضرب می کنیم .

مثال : مطلوبست فاصله بین سیمها در یک شبکه 63 کیلوولتی که فاصله بین پایه های آن 100 متر است

$$d = 50 + (1.78)(63) + |(0.04) \times (100)|^2 = 178 / 4cm$$

انتخاب سیم در شبکه هوایی :

سیمهائی که برای شبکه های هوایی انتخاب میشوند باید دارای خواص زیر باشند :

- 1- دارای قابلیت هدایت خوب باشند .
 - 2- از نظر اقتصادی گران نباشند .
 - 3- استحکام مکانیکی خوب داشته باشد .
 - 4- اثر عوامل جوی و رطوبت روی سیم کم باشد .
 - 5- بتوان آنرا به اشکال دلخواه در آورد و بآن فرم داد .
- بهترین فلزات از نظر هدایت الکتریسته نقره میباشد که بعلت کمیابی و گرانی نمیتوان از آن استفاده کرد . هادی هائی که امروزه برای شبکه های هوایی بکار برده میشوند عبارتند از سیم مسی ، آلومینیومی ، آلومینیوم فولاد ، آلیاژ مس و کادمیوم و در بعضی از موارد فولاد .

سیم مسی از نظر قابلیت هدایت بهتر از سایر فلزات میباشد. استحکام مکانیکی آن نسبتاً خوب و عوامل جوی بر آن تاثیر زیادی ندارد. قابلیت فرم دادن نیز در مس زیاد است بعد از مس و آلومینیوم را بیش از هر فلز دیگر برای هادی های هوایی بکار می برند. ضریب هدایت آلومینیوم از مس کمتر ولی قیمت آن ارزانتر و وزنش سبکتر است. در صورتی که دو سیم مسی و آلومینیومی را با مقاطع یکسان در نظر بگیریم قابلیت هدایت سیم مسی $1/6$ برابر سیم آلومینیومی و وزن سیم مسی حدود 2 برابر سیم آلومینیومی خواهد بود. استحکام مکانیکی سیم آلومینیومی از مس کمتر است، تاثیر عوامل جوی و رطوبت بر سیم آلومینیومی بمراتب بیشتر از سیم مسی میباشد. سیمهای آلومینیومی این است که در موقع بروز اتصال کوتاه هیچگونه قدرت تحملی نداشته و ذوب میشود همچنین استفاده از سیم آلومینیومی در اتصالات الکتریکی باید با دقت فراوان انجام شود مخصوصاً چنانچه اتصال با فلز غیر آلومینیوم مثل مس باشد. در اینصورت در اثر تاثیر رطوبت یک پیل برقی یا مدار بسته بوجود میاید که قطب مثبت آن مس و قطب منفی آن آلومینیوم میباشد و پس از مدتی در نتیجه عبور جریان الکتریسیته آلومینیوم خورده میشود. برای رفع این اشکال معمولاً سیم آلومینیومی را قبل از وصل کردن کاملاً صیقلی کرده و روی آنرا روغن مالی میکنند. همچنین در این موارد میتوان از کلمپ های مخصوصی که برای اتصال قسمت آلومینیومی به قسمت مسی درست شده اند استفاده کرد. (کلمپهای بی مثال)

برای اینکه استحکام مکانیکی سیم آلومینیومی را افزایش داده و تا اندازه ای آنرا در مقابل عوامل جوی مقاوم بنمایند سیم آلومینیوم را بصورت آلیاژ بکار می برند. راه دیگر توسعه استحکام مکانیکی سیم آلومینیوم استفاده از آن بصورت آلومینیوم فولاد (ACSR) می باشد که هسته مرکزی آن از چند رشته سیم فولادی درست شده است. سیم آلومینیوم فولاد در شبکه های فشار قوی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد.

از راههای دیگر توسعه استحکام مکانیکی هر نوع سیم چند رشته ای کردن آن است در اینصورت انعطاف پذیری آنها زیاد میشود جهت چرخش هر لایه در سیمهای چند رشته ای برخلاف لایه های مجاور می باشد تا از باز شدن رشته ها جلوگیری شود. تعداد رشته ها در سیمهای چند رشته ای معمولاً 7 و 19 و 27 و 61 و ... میباشد که میتوان تعداد رشته ها را از فرمول زیر بدست آورد در این فرمول n تعداد لایه ها میباشد.

$$3n^3 - 3n + 1 = \text{تعداد رشته ها}$$

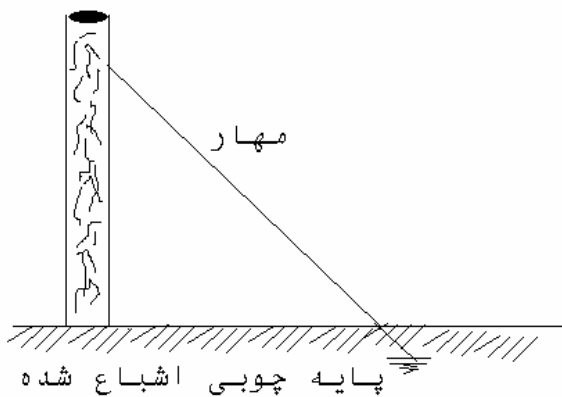
در این اینجا نیروی کشش مجاز را برای چند نمونه سیم هوایی ذکر می کنیم :

- برای سیم مسی یک رشته ای 12 کیلوگرم برای هر میلی متر مربع
- برای سیم مسی چند رشته ای 19 کیلوگرم برای هر میلی متر مربع
- برای سیم آلومینیومی چند رشته ای 8 کیلوگرم برای هر میلی متر مربع
- برای سیم آلومینیوم فولاد 12 کیلوگرم برای هر میلی متر مربع

انواع مهار (Guy)

در شبکه های هوایی چنانچه پایه ای تحمل کشیدن سیم را نداشته باشد آنرا مهار می نمایند معمولا پایه

های انتهائی و پایه هائی که در زاویه قرار میگیرند احتیاج به مهار دارند . هر مهار شامل یک سیم فولادی است که یک سر آن به پایه و سر دیگر آن مطابق شکل به یک محل ثابت و محکم در زمین وصل میشود برای نگهداری سیم در زیرزمین معمولا از کنده مهار استفاده میشود .



جهت سیم مهار باید در خلاف جهت کشش سیم

باشد در پایه هائی که در زاویه قرار گرفته اند جهت مهار راه در جهت خلاف برآیند نیروهای کششی قرار

میدهند مهار انواع مختلف دارد که عبارتند از مهار پایده رو - مهار اسپان - مهار حائل و غیره .

مقره ها

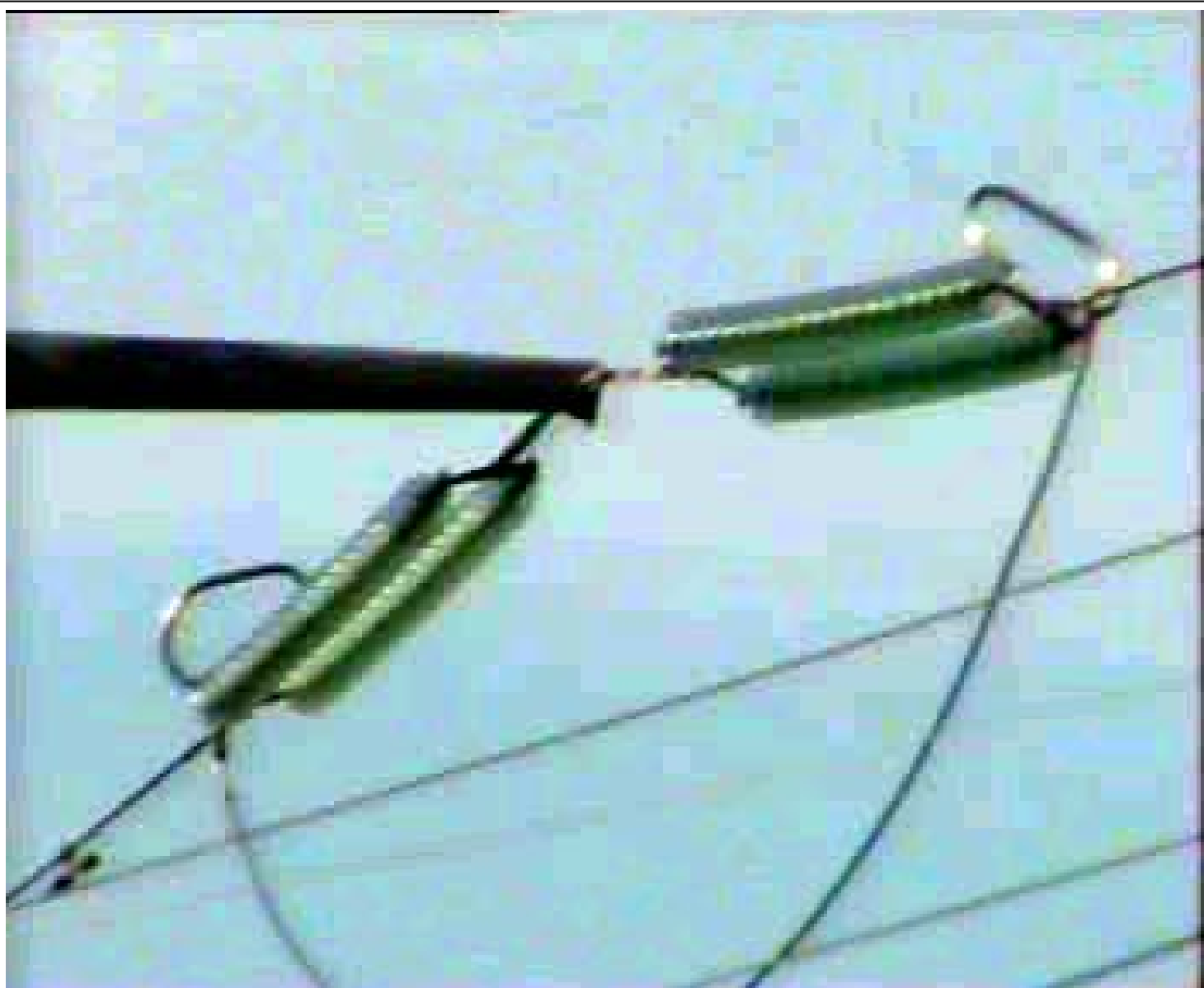
مقره ها :

مقره هائیکه در خطوط هوایی بکار برده میشوند بطور کلی بدو دسته تقسیم میشوند:

1-مقره سوزی ، 2-مقره آویزان ، مقره های سوزنی را برای فشار ضعیف متوسط بکار میبرند .

و مقره های آویزان را برای تمام ولتاژهای چه فشار ضعیف و چه فشار قوی بکار میبرند .

علت بکاربردن مقره در خطوط هوایی جدا کردن سیم حامل جریان از کراس آرم و پایه میباشد .



و چون مقره از جنس عایق می باشد باعث میشود که کراس آرم و پایه بدون برق بمانند . مقره ها را از چینی و شیشه میسازند . قبلا مقره ها را برای ولتاژ های تا 44 کیلو ولت اکثرا از شیشه میساختند . شیشه هایی که در آن زمان برای ساختن مقره بکار میرفتند شکستنی بوده و در اثر تغییر حرارت هائی ناگهانی اغلب می شکستند بعد از آنکه بکار بردن مقره های چینی رواج پیدا کرد دیگر از مقره های شیشه ای جز در موارد فشار ضعیف استفاده نمی کردند (همچنین برای خطوط تلفن و تلگراف) اکثرا مقره های چینی را که خیلی محکمتر از مقره های شیشه ای بود بکار میبردند.

امروزه در صنعت شیشه سازی پیشرفت های زیادی حاصل شده و در نتیجه مقره های شیشه ای میسازند که کاملا محکم بوده و مورد استعمال زیادی دارد . در موقع ساختن مقره ها باید نکات زیادی را در نظر گرفت از جمله مقره باید بتواند کشش های ناگهانی و یا تغییر حرارت ناگهانی را تحمل نماید و عوامل خارجی از قبیل گرد و خاک و دود و غبار و مواد شیمیائی که کارخانجات در هوا پراکنده میسازند در عایق بودن آنها زیاد تاثیر نگذارد .

مقره ها از نظر موارد استعمال آنها بدو دسته تقسیم میشوند :

1-مقره های خطوط توزیع نیرو (ولتاژ کم و متوسط)

2-مقره های خطوط انتقال نیرو (ولتاژ زیاد)

1-مقره های خطوط توزیع نیرو :

مقره سوزنی : کوچکترین مقره ای که از این نوع ساخته میشود دارای دو فرورفتگی (شیار) در طرفین بوده و بالای آن صاف است ارتفاع این مقره 9 سانتی متر و قطر پائین آن 8/35 سانتی متر است ولتاژ قوسی سطحی (FLOSH OVER) خشک این مقره یعنی ولتاژی که در آن قوس الکتریکی بین بالا و پائین مقره بوجود میاید و مقره خاصیت عایقی خود را از دست میدهد در حدود 50 کیلوولت و ولتاژ قوس سطحی مرطوب این مقره در حدود 20 کیلوولت است . یعنی مقره را برای ولتاژ تا 5 کیلوولت بکار میبرند عیب این مقره این است که بخاطر نداشتن شیار در بالا و کوچک بودن برای سیمهای با سطح مقطع زیاد قابل استفاده نیست . انواع دیگر مقره که از این نوع ساخته میشوند دارای شیار در بالا و طرفین میباشد این نوع مقره را برای ولتاژ تا 11 کیلوولت بکار میبرند ارتفاع این مقره 8/25 سانتیمتر و قطر پائین آن 9/5 سانتی متر است

این نوع مقره میتواند سیم 120 میلیمتر مربعی را تحمل کند . ولتاژ قوس سطحی خشک این مقره برابر 50 کیلوولت و ولتاژ قوسی سطحی مرطوب آن برابر 30 کیلوولت است .

توضیح :

این مقره در ابعاد بزرگتر که ولتاژهای قوس سطحی خشک و مرطوب آن نیز بیشتر است ساخته میشود . برای ولتاژهای بالاتر مقره را باید بزرگتر بسازند مثلا مقره ای که برای ولتاژ تا 20 کیلوولت بکار میرود ارتفاعش 11/5 سانتی متر و قطر پائین آن 18 سانتی متر و ولتاژ قوس سطحی خشک و مرطوب آن بترتیب 10 و 50 کیلوولت است .

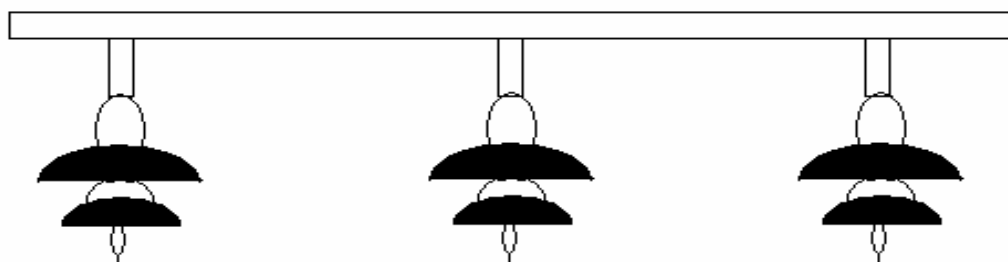
میله ای که در داخل این مقره ها قرار گرفته و آنها را روی کراس آرم محکم میکند قطرش معمولا در حدود 2/5 سانتی متر است .

مقره آویزان :

در خطوط توزیع نیرو مقره آویزان را معمولا برای پایه های انتهائی و یا زوایا بکار میبرند در بعضی از خطوط

11-20 کیلوولت مقره آویزان را برای پایه های معمولی هم بکار میبرند رایج ترین نوع مقره آویزان مقره بشقابی است قطر این مقره ها بین 15 تا 25 سانتی متر است مطابق شکل کلاهک این مقره از آهن و یا فولاد است و در بالای آن دارای قلاب و بست مخصوص وصل به کراس آرم میباشد . سیم حاصل جریان نیز توسط قلاب و بست که نوع آن متفاوت است به پائین مقره وصل میشود .

بشقاب مقره توسط سیمان به کلاهک آن متصل میشود و قسمت پائین مقره که به سیم حاصل جریان وصل میشود نیز وسط سیمان به بشقاب مقره متصل میشود . مقره ای که در شکل نشان داده شده است دارای قطر پائین برابر 15 سانتی متر بوده و برای ولتاژ تا 11 کیلوولت بکار میرود ولتاژ قوس سطحی خشک و



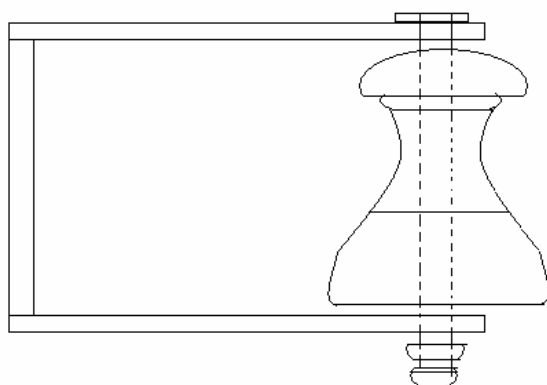
مقره آویزان

مرطوب این مقره بترتیب 50 و 30 کیلوولت است .

مقره چرخی

نوع دیگر مقره که در سیستم های فشار ضعیف بکار میرود مقره چرخی است . مقره چرخی مطابق شکل در وسط دارای سوراخی است که در تمام طول مقره وجود دارد و میله ای که مقره را روی راک محکم میکند داخل این سوراخ قرار میگیرد این نوع مقره را برای راک های فشار ضعیف که عمود بر سطح زمین روی پایه (به موازات پایه) نصب میشوند بکار میبرند . میله ای که داخل این نوع مقره قرار میگیرد از دو طرف یعنی بالا و پائین به راک محکم میشود . امروزه در سیستمهای فشار ضعیف این نوع مقره را بیش از انواع دیگر بکار میبرند و علت آن عمودی بودن سیستم فشار ضعیف است که استعمال این نوع مقره را ساده میکند . در قدیم

که شبکه های فشار ضعیف بطور افقی روی یک کراس آرم نصب میشد بیشتر از مقره های سوزنی استفاده میکردند . ولی با تغییر فرم شبکه از افقی به عمودی امروزه از مقره چرخی استفاده میشود .



مقره چرخی فشار ضعیف

این نوع مقره که در شبکه های هوایی فشار

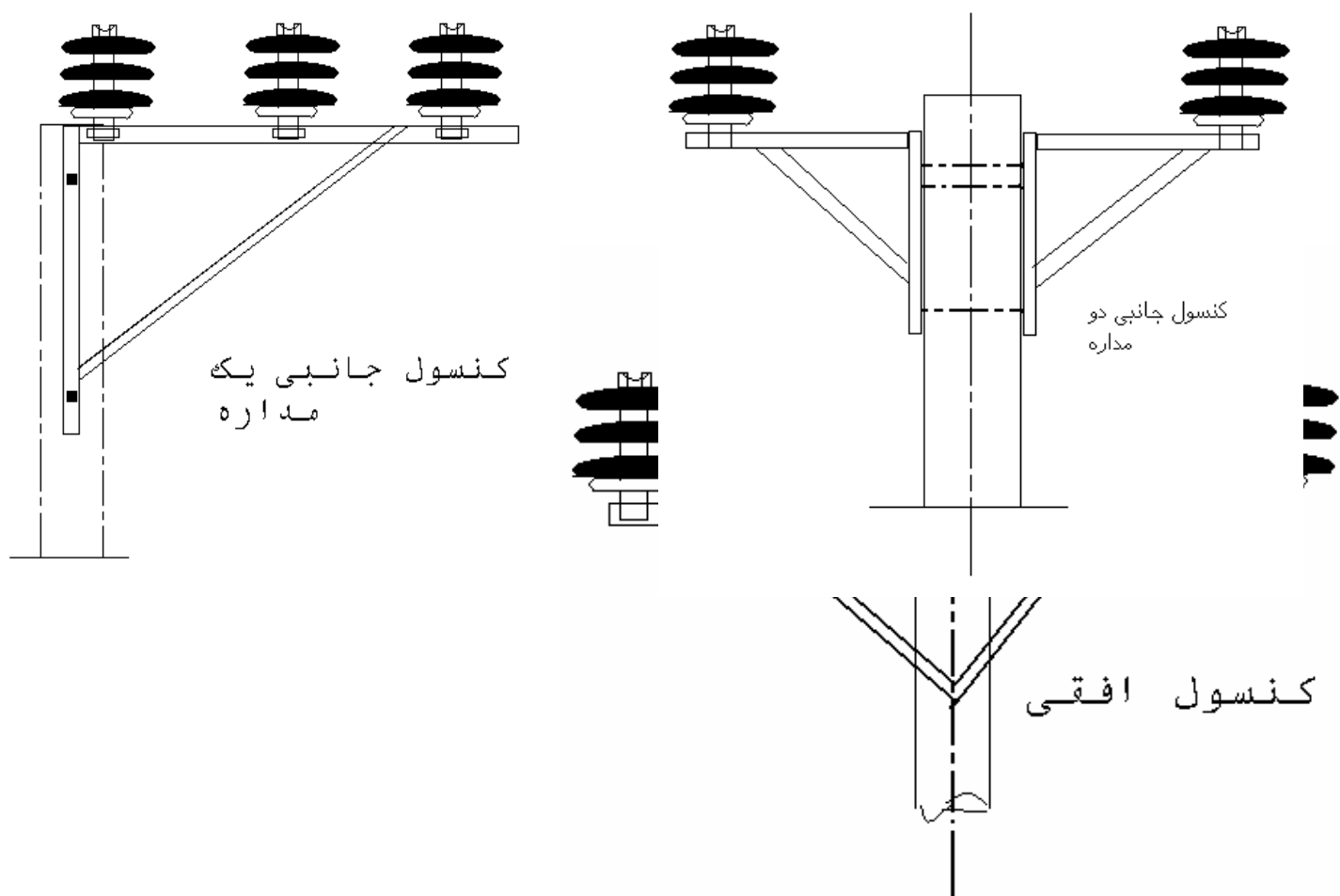
ضعیف بکار میرود ولتاژ جرعه سطح خشک آن 20 کیلوولت و ولتاژ جرعه سطح مرطوب آن حدود 8 کیلوولت است و بیشتر برای شبکه های سه فاز 380 ولتی استفاده میشود .

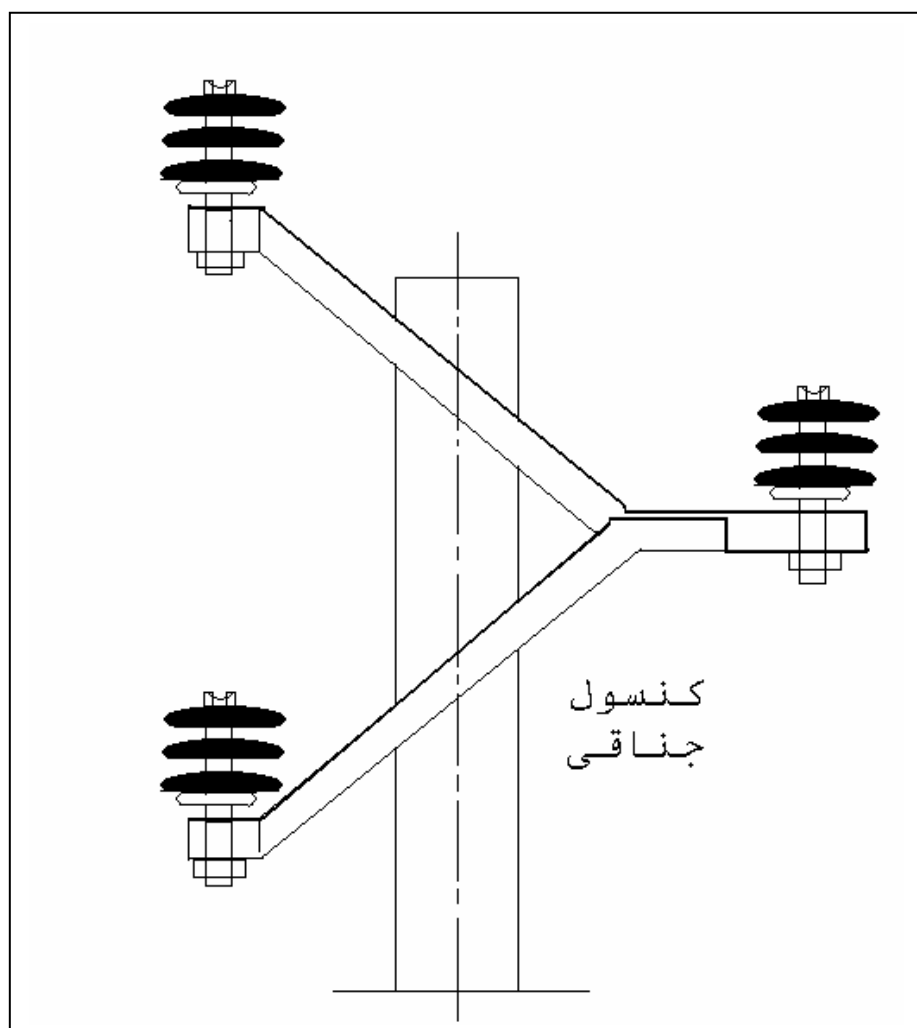
کنسولها :

همانگونه که مقره ها کار جداسازی سیم های حامل جریان از کنسولها را انجام می دهند کار کنسولها نیز نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها می باشد همچنین جهت فاصله سیمها از یکدیگر از کنسول یا کراس آرم استفاده میشود در شبکه های ایران از سه نوع کنسول استفاده میشود .

1-کنسولهای افقی 2-کنسولهای جانبی (یک مداره و دو مداره) 3-کنسولهای جناقی یا کانادائی

کاربرد این کنسولها بستگی به نوع شبکه ای دارد که احداث می شود در شکلهای زیر انواع کنسولها نشان داده شده است .





حریم مجاز شبکه های هوایی : (با توجه به استاندارد وزارت نیرو)

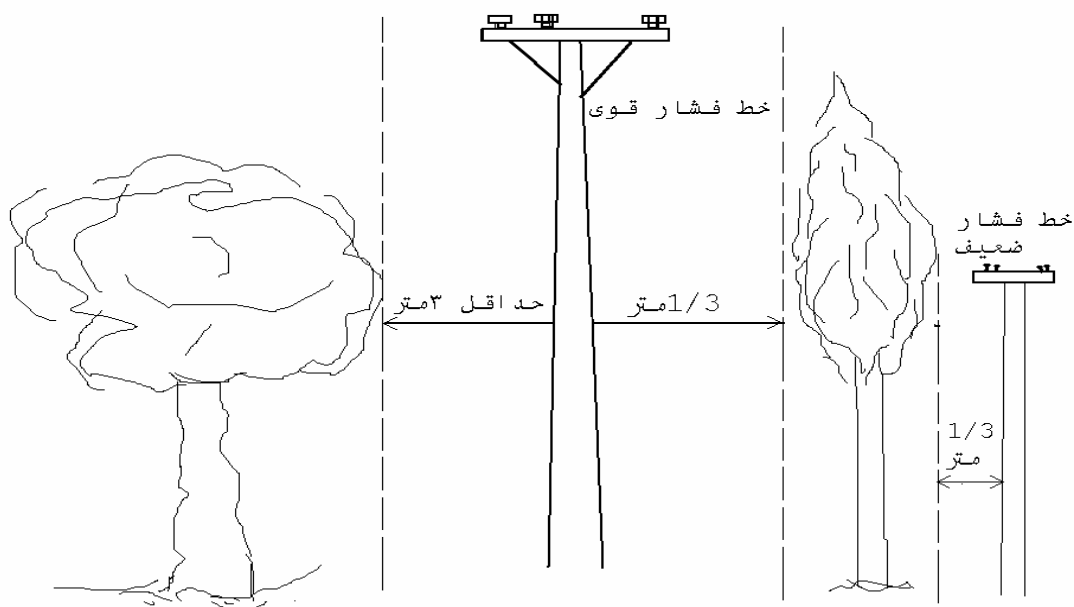
فاصله افقی هر شبکه هوایی از شبکه هوایی مجاور یا از ساختمان مجاور یا دیوار پیاده روها و یا درختان اطراف نباید از حداقل استاندارد شده کمتر باشد .

در شبکه های هوایی جهت حفاظت خطوط و اشخاص دو حریم داریم که اندازه های مجاز هر یک مطابق استاندارد شماره (5) و (6) وزارت نیرو عبارتند از :

حریم مجاز درجه یک : فاصله افقی یک شبکه از شبکه مجاورش میباشد که تا ولتاژ (20) کیلوولت حداقل باید (5) متر باشد .

حریم مجاز درجه دو : فاصله افقی یک شبکه از ساختمانها یا دیوار پیاده روها یا درختان اطراف میباشد که حداقل (1/30) متر برای شبکه فشار ضعیف و حداقل (3) متر برای شبکه فشار متوسط (20 کیلو ولت) باشد .

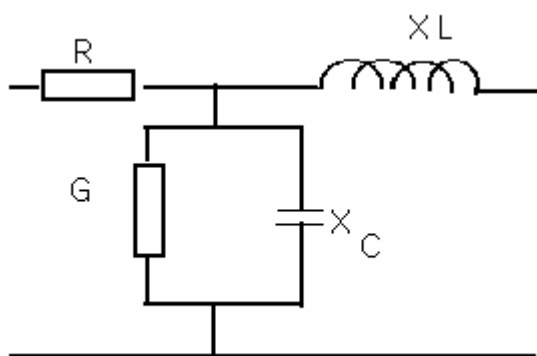
در شکل زیر حریم مجاز شبکه های فشار ضعیف و فشار متوسط نشان داده شده است.



پارامترهای خطوط انتقال

هر خط انتقال دارای چهار پارامتر به شرح زیر

خواهد داشت :



1- مقاومت اهمی هر سیم (R)

2- مقاومت اندوکتیو هر سیم

3- مقاومت کاپاسیتیو بین سیمها

4- مقاومت اهمی بین سیمها (C)

در شکل یک خط انتقال را که کلیه پارامترها روی آن مشخص شده است نشان می دهد در اینجا طریقه

محاسبه پارامترها مورد بحث قرار میگیرد:

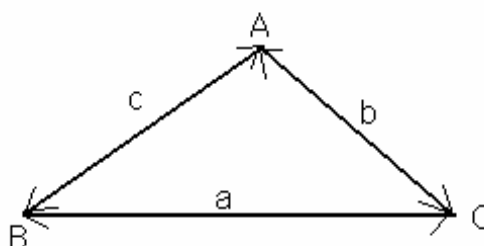
1- اندوکتانس

در اطراف سیم حامل جریان متناوب حوزه مغناطیسی متغیری بوجود میاید در نتیجه این حوزه سیم از خود مقاومت اندوکتیو سلفی نشان می دهد . در صورتیکه فاصله بین دو سیم هوائی D و شعاع مقطع سیم r باشد اندوکتانس هر متر از سیم از رابطه زیر بدست می آید :

$$X_L = \omega(0.5 + 4.6 \log \frac{D}{r}) \times 10^{-7} \Omega/m$$

r, D هر دو دارای یک واحد میباشند .

چنانکه شبکه سه فاز باشد D فاصله متوسط هندسی بین هادیها خواهد بود که از رابطه زیر محاسبه می



شود .

$$D = \sqrt[3]{abc}$$

a, b, c مطابق شکل فواصل بین هادیها است از فرمول فوق مشاهده میشود اگر شبکه سه فاز بصورت مثلث متساوی الاضلاع کشیده شود فاصله متوسط هندسی بین هادیها با طول یک ضلع مثلث برابر می شود .

2- کاپاسیتانس

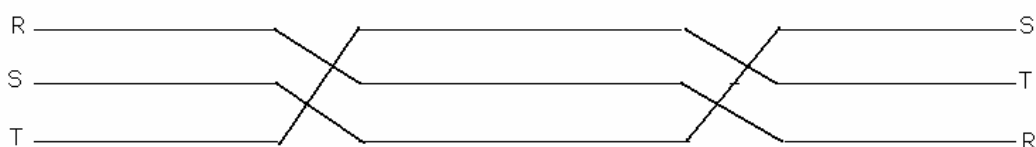
در شبکه الکتریکی بین هر دو خط و همچنین بین هر خط و زمین یک خاصیت خازنی وجود خواهد داشت مقدار ظرفیت این خازن را میتوان از رابطه زیر بدست آورد .

$$C = \frac{2.715 \cdot \epsilon_0}{\log D/r}$$

در رابطه فوق D فاصله بین دو سیمی که ظرفیت آنرا حساب کرده ایم r شعاع مقطع هادی و ϵ_0 ضریب دی الکتریک محیط میباشد که معمولاً مساوی یک میباشد . در این حالت نیز مانند حالت قبل چنانچه شبکه سه فاز باشد بجای D فاصله متوسط هندسی در نظر گرفته میشود .

ترانسپوزیسیون یا جابجائی هادی ها :

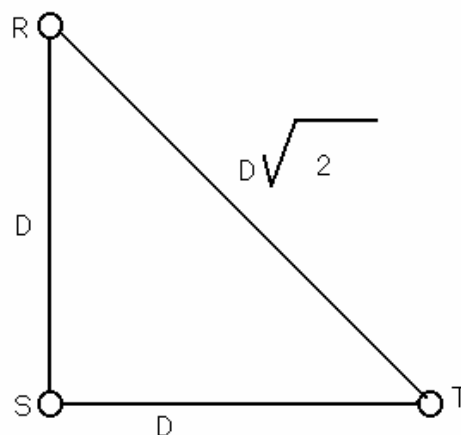
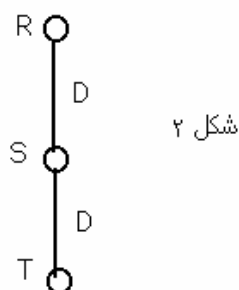
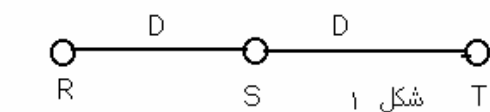
چنانچه از فرمولهای محاسبه اندوکتانس و کاپاسیتانس دیده می شود این مقادیر بستگی به فاصله بین سیمها دارند حال اگر در سیستم سه فاز فاصله ها مساوی باشند یعنی هر سیم در یم راس مثلث متساوی الاضلاع قرار بگیرد در هر سه فاز پارامتر های خط یکسان بوده و در نتیجه افت ولتاژ در هر سه فاز برابر شده و باعث حفظ تعادل ولتاژها در آخر خط میگردد ولی چنانچه هادی ها در رئوس یک مثلث متساوی الاضلاع قرار نگیرند مقدار باندوکتانس و کاپاسیتانس برای هر سیم با مقادیر مربوطه برای سیمهای دیگر متفاوت بوده که باعث اختلاف مقدار افت ولتاژ در هر از شده و. تعادل ولتاژها در آخر بهم می خورد برای جلوگیری از این امر در خطوط انتقال سیم ها را جابجا می کنند جای هر هادی را در طول خط دو مرتبه با همان هادیهای دیگر بترتیب تواتر فازها عوض می کنند (هر دفعه در $\frac{1}{3}$ خط) در شکل زیر جابجایی سیمها نشان داده شده است عمل جابجایی سیمها را ترانسپوزیسیون می گویند که بمنظور برابر سازی افت های اندوکتیو و کاپاسیتیو در هر سه فاز میباشد.



در صورتی که ترانسپوزیسیون در یک خط انتقال انجام پذیرد می توان در فرمولهای محاسبات اندوکتانس و کاپاسیتانس بجای D فاصله متوسط هندسی هادیها بطرفین ذکر شده را بکار برد چنانچه طول خط بسیار زیاد باشد بهتر است ترانسپوزیسیون را چندین مرتبه انجام داد که در اینصورت باید خط به ضرایب سه تقسیم شود مثلا 3و6و9و غیره) البته جابجائی سیمها بیشتر در ولتاژهای فشار قوی انجام میگردد .

غیر از مثلث متساوی الاضلاع برای انتخاب محل هادیها در عمل از طریق هادی زیر نیز استفاده می نمائیم.

1- هر سه هادی در صفحه افقی قرار دارند . شکل 1



2- هر سه هادی در صفحه قائم قرار دارند. شکل 2

برای این دو حالت فاصله متوسط هندسی برابر است با :

$$D_m = \sqrt[3]{D \cdot D \cdot 2D} = 1.26D$$

3- هر سه هادی در سه راس مثلث قائم الزاویه متساوی الساقین قرار دارند .

در اینصورت فاصله متوسط هندسی برابر است با :

$$D_m = \sqrt[3]{D \cdot D \cdot D\sqrt{2}} = D\sqrt[6]{2}$$

4- هر سه هادی در سه راس مثلث غیر مشخص واقع هستند .

$$D_m = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$$

5- مقاومت اهمی (مقاومت اکتیو)

مقاومت اهمی هادیها در مقابل عبور جریان مستقیم و جریان متناوب با هم فرق دارند .

مقاومت اهمی را در مقابل عبور جریان مستقیم می توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

مقدار مقاومت تابع درجه حرارت بوده و معمولاً در هادیها با افزایش درجه حرارت مقدار آن نیز زیاد میشود .

$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

در این رابطه α ضریب حرارتی هادی بوده که خود تابع درجه حرارت است و تغییر درجه حرارت می باشد در جریان متناوب مقاومت الکتیو سیم ها از مقاومت اهمی در حالت جریان دائم زیادتر است علت این امر وجود اثر پوستی میباشد .

خطوط انتقال کوتاه

بطور کلی خطوط انتقال از نقطه نظر اینکه تا چه حد بتوان بعضی از پارامترهای چهارگانه را حذف نمود به سه دسته کوتاه متوسط و بلند تقسیم می شوند در خطوط انتقال کوتاه که طول آنها کمتر از 75 کیلو متر میباشد معمولا از خازنهای بین سیمها صرفنظر می کنند خطوط انتقال با طولهای بین 75 تا 200 کیلومتر را متوسط نامیده و در اینصورت اثر خازنها را بصورت متمرکز در چند نقطه در نظر میگیرند محاسبات خطوط انتقال بلند بدون هیچگونه اغماض بوده و بصورت کاملا دقیق انجام می شود . در خطوط انتقال کوتاه چنانچه از خازنها و اندوکتانس ها صرفنظر شود میتوان آنها را بصورت مدار شکل (35) نشان داد در این خطوط کلیه مقاومتها و اندوکتانسها خط بصورت (متمرکز) نشان داده میشوند .

خطوط انتقال متوسط

در اینگونه خطوط که طول آنها بطور تقریب بین 75 تا 200 کیلومتر است اثرات خازن و کندکتانس خط را بصورت متمرکز در نظر گرفته و محاسبات خطوط انتقال را به دو صورت مدار معادل T, π محاسبه مینمایند در شکل (الف) مدار معادل بصورت π و در شکل (ب) مدار معادل بصورت نمایش داده شده است .

مدار معادل
شکل (الف)

مدار معادل شکل
(ب)

(CORON
A) کرونا و

تلفات آن

اگر اختلاف پتانسیل متناوبی را که بین دو سیم خط هوایی که بفاصله ای معین در هوا از یکدیگر قرار گرفته اند بتدریج افزایش دهیم زمانی میرسد که در اطراف سیم در اثر یونیزه شدن هوای اطراف آن یک نوربنفش رنگ دیده و همزمان با آن یک صدای خشک شنیده میشود اگر پتانسیل بین 2 سیم زیادتیر گردد مقدار نور بنفش و شدت صدای آن نیز افزایش می یابد تا حدی که جرقه ای بین دو سیم ظاهر و عملاً هر دو سیم توسط یک مسیر هادی شده به یکدیگر متصل میشوند . این پدیده را کرونا می نامند .

هوا که در شرایط معمولی عایق الکتریسیته می باشد تحت ولتاژ معینی عایقی خود را از دست داده و هادی میشود . این مقدار ولتاژ معمولاً در فشار 76 سانتی متر جیوه و 25 درجه سانتیگراد

کیلوولت $\frac{\text{کیلو ولت}}{\text{سانتی متر}}$ 30 (ولتاژ ماکزیمم) میباشد که برای یک موج سینوسی مقدار موثر بر آن

21/1 کیلوولت بر سانتی متر خواهد شد . این ولتاژ را ولتاژ بحرانی کرونا می گویند که به ازاء آن هوای

اطراف سیم شروع به یونیزه شدن کرده و پدیده کرونا شروع به تشکیل شدن میکند .

مقدار ولتاژ بحرانی علاوه بر فشار و درجه حرارت هوا به خواص فیزیکی سیم نیز بستگی پیدا می کند و از

رابطه زیر میتوان آنرا بدست آورد .

$$V_c = 50 \rho m \delta^{\frac{2}{3}} r \text{Log} \frac{d}{r}$$

در این فرمول V ولتاژ بحرانی کرونا و ضریبی است که بستگی به تعداد رشته های سیم دارد .

مقدار ρ برای سیمهای تک رشته ای یک و برای سیمهای چند رشته ای 0/75 یا 0/85 میباشد.

m = ضریب مشخص کننده وضع هوا در سطح هادی بوده و مقدار آن معمولا در هوای خشک و روشن

یک و در هوای مربوط 0/9 می باشد $\delta = \frac{3/92b}{273+t}$ ضریب دانسیته هوا می باشد در این رابطه b فشار هوا

بر حسب سانتی متر جیوه و t درجه حرارت آن بر حسب سانتی گراد است . در حالیکه $b = V_s$, $t = 25^0$ باشد

مقدار $\delta = 1$ خواهد شد .

r شعاع هادی بر حسب سانتی متر

d فاصله بین سیمها بر حسب سانتی متر

یکنواخت بودن مقطع سیمها و تعداد رشته ها و ایجاد کرونا تاثیر دارد . اگر سیمها کاملا مسطح و یکنواخت

باشند نور بنفش نیز در طول سیم یکنواخت می ماند اما اگر نقاط ناهمواری در سطح سیم وجود داشته باشد در

آن نقاط شدت نور افزایش می یابد (کرونا شدیدتر می شود) در حالیکه فاصله بین سیمها نسبت به قطر مقطع

آنها کم باشد ممکن است جرقه قبل از ایجاد نور بنفش و تشکیل کرونا بین دو سیم بوجود آید .

تشکیل کرونا همراه با مقداری نور و حرارت میباشد بعبارت دیگر مقداری توان در اثر ایجاد این پدیده در

شکله تلف میشود .بنابراین در خطوط انتقال راندمان سیستم کمتر شده و یک جریان اضافی دیگر بوجود

خواهد آمد .(جریان کرونا) این جریان شکل منحنی سینوسی را نداشته و نتیجتا باعث میشود که ولتاژ خط نیز

شکل سینوسی خود را از دست بدهد چنانچه ولتاژ خط از ولتاژ بحرانی کمتر باشد افت کرونا وجود دارد در غیر

اینصورت افت کرونا وجود ندارد .

تعداد افت کرونا را میتوان از فرمول تجربی « پیک » بدست آورد .

$$P_C = 244 \frac{f + 25}{\delta} \times \sqrt{\frac{r}{d}} \times (V_{ph} - V_C)^2 \times 10^{-5} \quad \text{kw/km}$$

برای هر سیم :

حدود تلفات کرونا برای خطوط 132 کیلوولت در حدود 0/6 کیلووات بر کیلومتر برای هر فاز در هوای

صاف و تقریبا 5 تا 6 برابر آن در هوای مه آلود می باشد برای خطوط 400 کیلوولت تلفات کرونا برای هر

فاز حدود 1/2 کیلوولت بر کیلو متر خواهد بود .

برای کم کردن افت کرونا همانطور که از رابطه پیک پیداست یا باید سطح مقطع سیم را زیاده‌تر کرد و یا فاصله بین سیمها را بیشتر نمود تا اثر ازدیاد سطح مقطع سیم نسبت به ازدیاد فواصل سیمها برای کم کردن افت بیشتر است ضمناً ازدیاد سطح مقطع سیم از لحاظ اقتصادی نیز مقرون بصرفه بیشتری میباشد زیرا با زیاد کردن فاصله بین سیمها باید پایه‌ها را بزرگتر انتخاب کرد که هزینه آنها بیشتر است. البته ازدیاد بیش از اندازه سطح مقطع سیم نیز باعث سنگینی وزن آن شده و برای نگهداری آنها پایه‌های بزرگتر و گرانتر مورد نیاز خواهد بود ولی از طرفی چون تمام سطح مقطع سیم برای عبور جریان مورد استفاده قرار نمیگیرد میتوان در انتقال انرژی با ولتاژهای زیاد از سیم لوله‌ای استفاده کرد. (سیمهائی که وسط آنها هادی وجود ندارد)

تعیین ولتاژ اقتصادی خط

ولتاژ خط انتقالی که پارامترهای دیگر آن با توجه به ولتاژ خط تعیین میشود، به هزینه خط بستگی دارد. باین صورت که هر چه ولتاژ خط بیشتر باشد هزینه مربوط به دکل، ایزولاتور، ترانسفورماتور و وسائل قطع و وصل بیشتر بوده و بالعکس هزینه‌های بکار برده شده و همچنین تلفات قدرت خط کمتر میشود. بنابراین ولتاژ خط را باید با توجه به هزینه‌های مختلف انتخاب نمود.

برای این کار ابتدا بوسیله فرمولهای تجربی حدود ولتاژ را بدست آورده و آنگاه محاسبات بعدی ولتاژ اقتصادی را تعیین می‌کنیم.

الف- تعیین ولتاژ بوسیله فرمول تجربی « استیل »

$$U = 5.5 \sqrt{L + \frac{P}{150}}$$

در این رابطه U ولتاژ برحسب کیلوولت، L طول خط برحسب مایل، P قدرت برحسب کیلوولت آمپر

ب- تعیین ولتاژ خط با استفاده از فرمول تجربی کلونین

$$U = 150 \sqrt{P} \times \sqrt[3]{L}$$

P قدرت خط برحسب کیلووات، U ولتاژ خط برحسب ولت، L طول خط برحسب کیلومتر قدرت کاراکترستیک خط (SIL)

مقدار قدرت کاراکترستیک از رابطه زیر محاسبه میشود

$$SIL = 2.5 |V_L|^2 \text{ kw}$$

و برای ولتاژ KV63 خواهیم داشت

$$SIL = 2.5 \times 63^2 = 9922.5 \text{ kw}$$

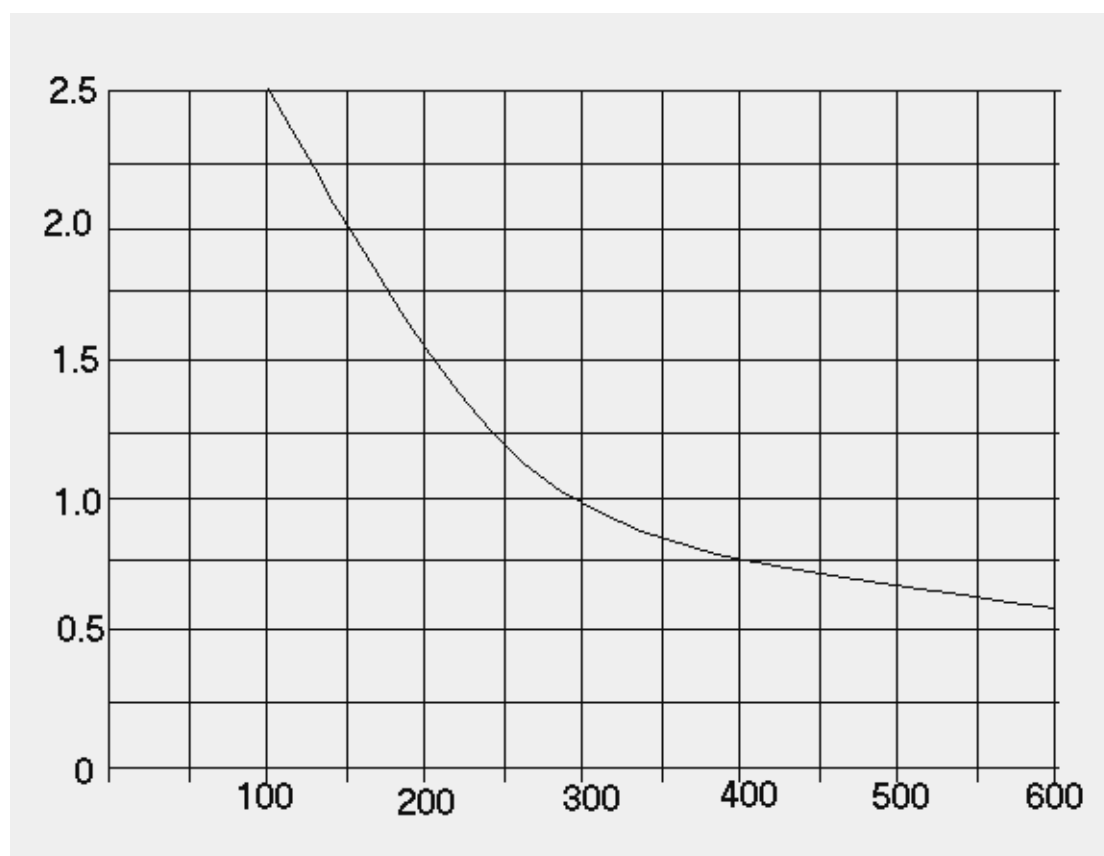
$$SIL = \frac{9922.5}{1000} = 9.9225 \text{ MW}$$

قدرت SIL می تواند مبنائی برای مقایسه خطوط با ولتاژهای مختلف باشد و در ضمن در بعضی از موارد قدرت انتقالی خط را برحسب درصدی از SIL بیان می کنند که در این بیان طول خط نیز پارامتر موثری خواهد بود .

همچنین اگر قدرت انتقالی توسط یک خط بیشتر از قدرت SIL باشد اثر اندوکتانس خط بیشتر خواهد بود و اگر قدرت ظاهری خط از SIL کمتر باشد اثر خازنی خط زیادتر خواهد گردید . که در هر مورد با مقایسه انجام شده باید تدابیری برای از بین بردن این اثرات بکار برده شود .

یک نمونه از مقایسه قدرت انتقالی یک خط برحسب فاصله خط و قدرت خط ضریبی از SIL که بصورت منحنی درآمده است از کتاب .

Transmission and distribution - Refrence book Westinghouse



ارائه شده است .

برای مثال منحنی نشان میدهد که برای 450 mile خط انتقال می تواند مقدار 0.69 قدرت SIL را منتقل نماید حال اگر ولتاژ KV230 را در نظر بگیریم مقدار قدرت انتقالی برابر خواهد شد با :

$$P = 0.69 \times SIL$$

$$P = 0.69 \times 2.5 \times |230|^2 = 91000 \text{kw}$$

و برای در فاصله 100 mile تقریباً از روی منحنی مقدار قدرت انتقالی 2.5 برابر قدرت SIL خواهد

بود یعنی

$$P = 2.5 \times SIL = 2.5 \times 2.5 \times 63^2$$

فاصله هادیها Spacing of Conductors

حداقل فاصله بین هادیها (a) برحسب متر باید از رابطه زیر بدست آید :

$$a = k\sqrt{f + L_K} + \frac{U_n}{150}$$

که در این رابطه L_K طول رشته مقرر برحسب متر

k فاکتوریست که از جدول (204) بدست میآید .

f ماکزیمم فلش بر حسب متر

U_n ولتاژ نامی برحسب کیلوولت

روش دیگری برای محاسبه فاصله هادیها :

فرمولهای تجربی زیر عموماً برای محاسبه فاصله هادیها بکار میروند

برای حالت یک مداره (ترتیب قرار گرفتن افقی) ، فاصله افقی Ch

$$Ch = 0.4 + \frac{V}{1.1K_1}$$

که Ch = فاصله افقی برحسب متر

V ولتاژ خط اسمی (KV)

K_1 = ضریب ثابت (20-30)

$$Ch = 1.5 + \frac{V}{1.1K_2}$$

در حالت دو مداره (ترتیب قرار گرفتن عمودی)

$$K_2 = \text{ضریب ثابت (20-30)}$$

$$Ch = \text{فاصله افقی (m)}$$

فاصله قائم Vertical Distance

$$C_V = \text{فاصله قائم} \quad C_V = 1 + \frac{V}{1.1k_3} \quad \text{برج با اسپن استاندارد}$$

$$k_3 = \text{ضریب ثابت (40-50)}$$

$$C_V = 1 + \frac{V}{1.1k_4} \quad \text{برج با اسپن بلند} \quad k_4 = \text{ضریب ثابت (50-60)}$$

مختصری درباره محاسبات توزیع قدرت در سیستم های رینگ A.C

این محاسبات تقریباً شبیه محاسبات در شبکه D.C است و با روش D.C تفاوت های زیر را دارد :

1- برای هر بار (مصرف کننده) ضریب قدرت ($\cos\phi$) مربوط به آن باید در نظر گرفته شود .

2- چون جریانهای مربوط به هر مصرف کننده بصورت برداری می باشد پس مجموع جریانها را بصورت

برداری باید محاسبه کرد و نمی توان مثل روش D.C جمع جبری جریانها را در نظر گرفت اگر جریانها

بصورت اعداد مختلط نوشته شوند می توان جمع جبری آنها را بدست آورد .

3- افت ولتاژ در این شبکه ها فقط شامل افت اهمی نمیگردند ، بلکه افت ولتاژ اندکتیو نیز در این مورد

محاسبه میشود . (از اثر خازنی صرف نظر می گردد)

مقدار این افت ولتاژ را می توان از رابطه زیر بدست آورد .

$$I(R\cos\phi + X\sin\phi)$$

و مقدار افت کلی نیز برابر خواهد بود با :

$$\sum I(R\cos\phi + X\sin\phi)$$

در یک شبکه A.C مسائل را می توان از سه روش حل کرد :

روش $I =$ ولتاژها ، جریانها ، امپدانسها را بصورت مختلط پیدا کرده و مثل روش D.C محاسبات را ادامه میدهیم .

روش $II =$ جریانها را به دو مولفه اکتیو و راکتیو تجزیه کرده و افت ولتاژهای اکتیو که ناشی از مقاومت اهمی می باشد و افت ولتاژهای راکتیو که در اثر راکتانس خط بوجود میآیند محاسبه شده و مجموع دو افت را بصورت برداری با هم جمع می کنیم .

روش $III =$ در حالتیکه حل تقریبی قابل قبول باشد ، نتیجه فوری را می توان با پیدا کردن مرکز پخش بدست آورد و یا با بدست آوردن مرکز ثقل بار .

“صاعقه و محاسبات اینکه چندبار به خط میخورد”

معمولا خطوط انتقال از نقاط دور و نواحی کوهستانی میگذرد که ایستگاه هواشناسی ندارد . محاسبه برق زدگی را بر اساس برخورد مستقیم صاعقه (Direct Strock) قرار میدهند . این برخورد مستقیم اگر بر هادی فاز باشد ، آنرا شکست حفاظ می نامند . اختلالات ناشی از برخورد مستقیم خورد مستقیم اگر بر هادی فاز باشد ، آنرا شکست حفاظ می نامند . اختلالات ناشی از برخورد مستقیم برای خطوط انتقال عامل اصلی است .

در تئوری برخورد مستقیم صاعقه بر خط انتقال در اثر تخلیه صاعقه اختلالات جدی بوجود میآید. قبل از قبول تئوری برخورد مستقیم طراحان خط سعی نمیکردند که خط را از برخورد مستقیم حفاظت کنند . خطوط با تصور القاء طراحی می شد که بررسی ها تا اندازه ای خلاف آنرا نشان داد . اکنون تئوری برخورد مستقیم برای خطوط با ولتاژ زیاد مورد قبول قرار گرفته است.

در برابر برخورد مستقیم برای جلوگیری از برخورد صاعقه بر هادیها حفاظی مورد نیاز است که بقدر کافی از هادیها فاصله داشته باشد تا هادیها را از جریان غیر عادی صاعقه حفاظت کند و آنرا به زمین منتقل سازد . یکی از روشهای محافظت سیم گارد است .

طراحی خط در برابر صاعقه معمولا مستقل از ولتاژ خط است.

اصول کلی طراحی یک خط در تئوری برخورد مستقیم صاعقه بقرار زیر است:

1-سیم گارد با مقاومت مکانیکی کافی برای حفاظت هادیها از برخورد مستقیم صاعقه.

2-فاصله بین سیم زمین و هادیها باید باندازه کافی باشد.

3-سیم زمین مخصوصا در وسط اسپن بقدر کافی از هادیها فاصله داشته باشد تا از ایجاد جرقه جلوگیری شود .

عامل دیگر کمی مقاومت فوندانسیون یا پایه است ، که بستگی به خاک محلی دارد(مقاومت را مصنوعا کم می کنیم .در بعضی جاها از دکل از زیر زمین سیم می کشند و بهم وصل می کنند).
روش کاهش مقاومت فوندانسیون یک عامل اقتصادی است و در رابر افزایش عایق خط قرار دارد .
تجربه نشان داده است که کاهش مقاومت فوندانسیون تا حدود 10 اهم با داشتن سیم گارد اقتصادی تر از افزایش عایق خط است.

جریان صاعقه در طول سیم گارد حرکت و به دکل برخورد کرده بزمین انتقال می یابد . در ضمن انتقال بزمین ولتاژ ناپایداری در مقره های خط بوجود میآید .مقدار این ولتاژ بستگی به مقدار جریان صاعقه-شکل مو-مقاومت فوندانسیون-اندوکتانس دکل ، طول اسپن و عامل القای سیم زمین دارد .

اصول مسئله رعد و برق:

قطع خط بعلت رعد و برق بستگی به عوامل متعددی دارد که در زیر بیان میشود .

- 1-احتمال اتفاق رعد و برق در بالای خط
 - 2-احتمال اصابت صاعقه بر خط
 - 3-احتمال اینکه صاعقه بر نقطه خاصی از خط برخورد کند(دکل -وسط اسپن-هادی)
 - 4-احتمال اینکه اصابت صاعقه ایجاد یک افزایش جریان بنماید و مدت آن زیاد باشد .
 - 5-احتمال اینکه در حوالی اصابت صاعقه مقاومت دکل زیاد باشد .
 - 6-احتمال اینکه بعلت کم بودن مقاومت از روی رشته مقره جریان برقرار شود.
- احتمالات دیگری نیز وجود دارد ، از جمله برای خط دو مداره احتمال ایجاد جرقه بین دو مدار
- *حل مسئله نیازمند روبروشدن با تمام این احتمالات است.

پارامترها

1-تعداد برخوردهای صاعقه

تعداد دفعات قطع خط انتقال نسبت مستقیم با تعداد اصابت صاعقه بر خط دارد . متاسفانه القاء ناشی از اصابت صاعقه بر هر خطی دارای پارامترهای مشخصی نیست . زیرا تعیین تعداد دفعات اصابت صاعقه بر هر

خطی در هر طولی مشکل است . ولی بدیهی است که هر چه تعداد دفعات رعد و برق زیاد باشد احتمال اصابت صاعقه بر خط بیشتر است . بنابراین نقطه شروع خوب سطح ایزوکرونیک منطقه مورد نظر می باشد .
سطح ایزوکرونیک متوسط تعداد روزهای رعد و برق سالیانه است .

و از آن نظر ایزوکرونیک میگویند که در روی نقشه یک کشور نقاطی که دارای تعداد متوسط رعد و برق سالیانه برابری هستند ، روی یک خط قرار میگیرند و شبیه خطوط هم تراز نقشه نشان میدهند .

** تعداد ساعات رعد و برق در سال هم می تواند ملاک معتبری باشد . معمولاً یک یا دو رعد و برق را در یک روز بارانی بحساب میآورند .

اگر حد ایزوکرونیک یک منطقه را در سال با (I) نشان دهیم و دفعات اصابت رعد و برق را (N) بار در هر کیلومتر مربع در نظر بگیریم :

$$N = KI$$

که k را عدد ثابت از 0.25 تا 0.5 در نظر میگیرند .

بعضی از صاحب نظران تعداد اصابت صاعقه را متناسب با مجذور I میدانند یعنی :

$$N = K'I^2$$

بطور کلی برای تعیین (N) در هر منطقه ای تحقیق و آمارگیری زیاد لازم است . پس از آنکه تعداد دفعات برخورد صاعقه در هر کیلومتر مربع تعیین شد تعداد دفعاتی که صاعقه به خط برخورد می کند تعیین می شود .
و بر مبنای آن تعداد دفعات قطع خط را محاسبه می کنند.

می توان گفت که خط ناحیه خاصی از زمین را حفاظت می کند . نواری از زمین را که خط از آن میگذرد تعیین کننده تعداد اصابت صاعقه بر زمین دانسته اند .

$$4h + b$$

می توانیم فرض کنیم که یک سایه الکتریکی روی زمین است و زمین را از برخورد مستقیم صاعقه حفاظت میکند .

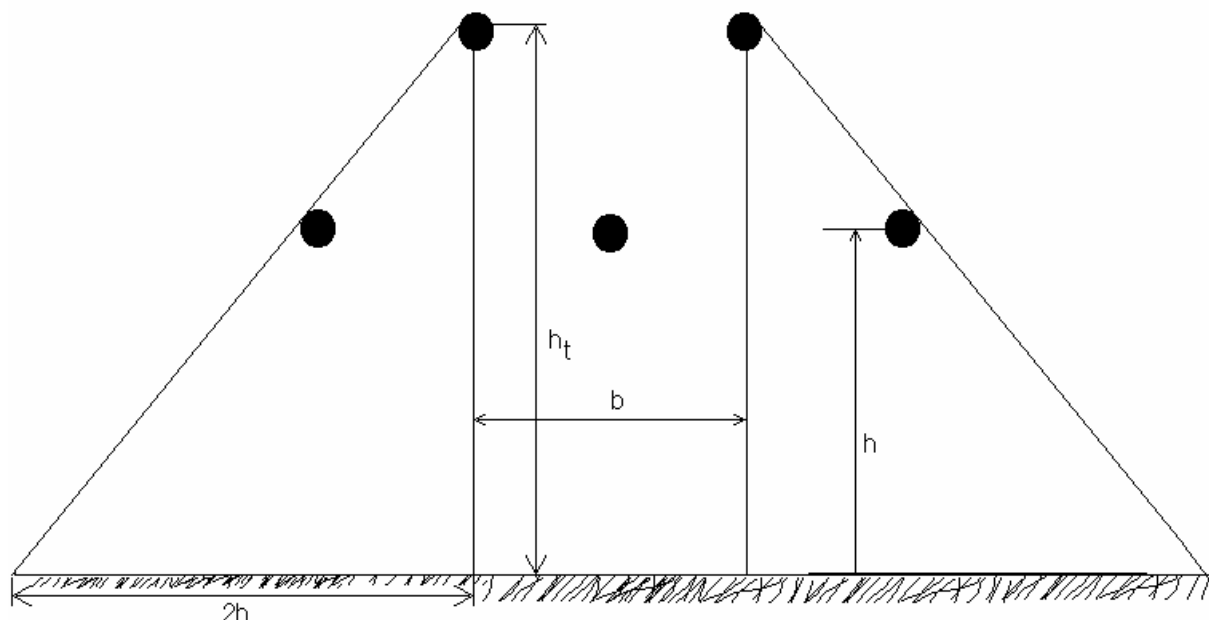
عرض مناسب این سایه برای هایدهای افقی معمولاً دو برابر ارتفاع موثر هادیها از زمین است .

ارتفاع موثر خط ، h_t ارتفاع سیم گارد بر دکل از زمین

h_{gw} ارتفاع سیم گارد در وسط اسپین از زمین شکل

اگر سیم گارد یکی باشد مقدار $b=0$ می باشد .

اگر سیم زمین وجود نداشته باشد و یا زاویه حفاظت باشد که شرایط بسیار نامطلوبی است برای تعیین سایه الکتریکی هادی خارجی را در نظر میگیرند.



زاویه حفاظت زاویه ایست که سیم گارد با بالاترین هادی میسازد .

انتخاب سیم زمین

با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده در بحث صاعقه کشیدن سیم گارد برای حفاظت خطوط انتقال ضروری می باشد .

پارامترهایی که در انتخاب سیم گارد موثرند عبارتند از :

- a- مقاومت الکتریکی سیم که باید نسبتا کم باشد .
- b- مقاومت مکانیکی سیم که باید طوری باشد که شرایط موجود را تحمل نماید .
- c- جنس سیم زمین (مقاوم در مقابل اثرات جوی)

همچنین یکی دیگر از پارامترهای مهم در نصب سیم گارد زاویه حفاظت می باشد که بنا به توصیه

Westinghouse آنرا برابر 250^0 برای بهترین حالت حفاظت انتخاب مینمایند.

در این پروژه با توجه به شرایط جوی مسیر خط و زیاد بودن تعداد دفعات صاعقه در سال از سیستم آمریکایی استفاده نموده و سیم گارد را برای تمام مسیر انتقال در نظر میگیریم.

“محاسبات مکانیکی”

هدف از محاسبات مکانیکی هادیها و پایه ها

هدف این محاسبات عبارتست از مطمئن شدن از اینکه :

اولا- تنش هادیها از مقدار مجاز تجاوز نکند . چون افزایش بیش از اندازه تنش موجب پاره شدن سیم ها و یا کابل ها میگردد . همچنین ممکن است مقاومت مکانیکی و پایداری پایه ها را نیز بخطر اندازد .
ثانیا- با رعایت شرط فوق ، فاصله هادیها از زمین نباید از مقدار معینی کمتر شود .

“نیروی وارده به هادیها” :

نیروی وزن خود سیم :

از مشخصات سیم $P = 857 \frac{kg}{km}$ می باشد که در محاسبات منظور خواهد شد.

محاسبات روی رژیم های زیر انجام میگیرد : که مقادیر بطور فرضی در نظر گرفته شده است.

$$P_w = 8 \frac{kg}{m} \text{ فشار باد}$$

$$\theta_1 = 20^\circ C \text{ درجه حرارت}$$

1) رژیم زمستان

$$t = 12mm (W_{ce} = 5 \frac{kg}{m}) \text{ ضخامت یخ}$$

$$\theta_1 = 15^\circ C \text{ درجه حرارت}$$

2) رژیم طوفان

$$P_w = 72 \frac{kg}{m} \text{ فشار باد}$$

$$P_w = 0 \text{ فشار باد}$$

3) رژیم تابستان

$$\theta_1 = 55^\circ C \text{ درجه حرارت}$$

با توجه به سه رژیم فوق باید مقدار تنش را در موقع نصب چنان اختیار (انتخاب کنیم که مقدار تش در زمستان و رژیم طوفان در حد مجاز تجاوز ننماید و همچنین در تابستات مقدار فلش را حساب کرده و از روی آن فاصله هاز زمین و ارتفاع دکل تعیین میشود . و در موقع نصب فشار باد را $P_w = 0$ و درجه حرارت را $\theta = 20^0$ در نظر میگیریم .

ایزولاسیون خطوط :

در خطوط انتقال نقش اصلی ایزولاتورها عبارتست از تامین ارتباط بین هادیها و دکلهای خط که این ایزولاتورها علاوه بر مشخصات الکتریکی عایق بودن باید در مقابل نیروهای مکانیکی و حرارتی نیز مقاوم باشند .

با توجه به اینکه اگر مسیر خط انتقال این پروژه در محلهای رطوبتی باشد و از نظر میزان رطوبت در طح بالائی قرار گرفته و این مسزان رطوبت در ایزولاسیون خطوط و نقاط اتصال هادی به ایزولاتورها موثر است لذا بایستی در انتخاب ایزولاتور دقت بیشتری بعمل آید .

بر اساس مزایائی که ایزولاتور آویز نسبت به ایزولاتورهای ثابت دارد برای ولتاژهای بالا از مقره ای آویزان استفاده می کنیم و مزایای ایزولاتورهای آویزان عبارتند از :

- 1- مخارج نصب ایزولاتورهای آویز بمراتب ارزاتر از ایزولاتورهای ثابت است .
 - 2- چون ایزولاتورهای آویز از چندین واحد مقره تشکیل میشود و در موقع بروز عیب تعویض قسمت معیوب آسانتر و از نظر اقتصادی صرفه است .
 - 3- در هنگام توسعه شبکه و یا بنا به دلایلی اضافه نمودن ولتاژ خط می توان با اضافه نمودن چند واحد جدید به ایزولاتور آوزان را برای خط جدید آماده کرد.
 - 4- چون ایزولاتور آویزان میتواند حول محورش نوسان و حرکت داشته باشد تحت نیروی کشش کمتری قرار میگیرد . و احتمال شکستن مقره در این حالت کمتر است .
- در خاتمه بطور فهرست وار به انواع کابلها و کلیدهایی که در شبکه های توزیع و انتقال انرژی مورد استفاده قرار میگیرد اشاره میکنیم .

الف- کابلهای مورد استفاده در شبکه های زمینی بطور کلی به شش دسته تقسیم میشود:

1- کابل با عایق کاغذی و غلاف فلزی

2- کابل روغنی

3- کابل با فشار گاز

4- کابل با عایق لاستیکی یا پلاستیکی و غلاف فلزی

5- کابل با عایق لاستیکی یا پلاستیکی و روپوش لاستیکی یا پلاستیکی (پرتو دور)

6- کابل دریائی

اصلاح ضریب قدرت



اصلاح ضریب قدرت

توان موثر: در مدارهای الکتریکی این توان کار موثر را انجام می‌دهد به عبارت دیگر تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی‌های دیگر توسط توان الکتریکی قابل توجه است. ضمناً در مقاومت‌های اهم این توان به صورت انرژی حرارتی ظاهر می‌شود $\cos\phi$ را ضریب توان می‌گویند هر چه ضریب توان به یک نزدیکتر باشد اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ ϕ به صفر نزدیک می‌شود و توان موثر افزایش می‌یابد و واحد آن W وات می‌باشد.

توان غیر موثر که در عناصر غیر فعال نظیر مقاومت‌های سلفی و خازنی توان غیرموثری ظاهر می‌شود که نمی‌توان آن را به کار مفید تبدیل کرد این توان به صورت موج سینوسی بین مصرف کننده و شبکه رفت و برگشت می‌کند و کاری انجام نمی‌دهد در شبکه‌های الکتریکی به هنگام بهره‌گیری از خواص سلفی و خازنی در ایجاد میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی توان غیر موثر در شبکه ظاهر می‌شود این امر موجب می‌شود که مولدها نتوانند در جریان نامی توان مفید کامل با شبکه تحویل دهند.

$$Q = \pm V_e I_e \sin\phi$$

چون در خازن‌ها جریان پیش فاز است ϕ منفی می‌شود و Q را با علامت منفی خواهیم داشت از آنجا که در مقاومت‌های سلفی $\phi > 0$ است توان غیر موثر با علامت مثبت خواهد شد واحد توان غیرموثر در سیستم SI ولت آمپر راکتیو V.A.R می‌باشد.

توان ظاهری: حاصل ضرب ولتاژ و جریان موثر را توان ظاهری می‌گویند و آن را با S نشان می‌دهند و واحد آن V.A است.

وقتی جریان متناوبی با فرکانس ثابت که بوسیله رابطه $I = I_m \sin \omega t$ در مداری با اندوکتانس ثابت اهاری

$$X_L = L\omega \quad \text{نیروی محرکه الکتریکی} \quad e = \frac{d(Li)}{dt} \quad \text{القاء می‌کند که } I \text{ مقدار موثر جریان بوده و راکتانس القایی}$$

$$X_L I = E$$

بر حسب اهم می‌باشد مقدار موثر القا شده برابر است با

ولتاژ جریان بیان شده سینوسی‌های هم فرکانس می‌باشد که موج جریان از موج ولتاژ به میزان 90 پس فاز دارد.

یک مدار القایی توان اکتیو جذب می‌کند مدارهای مغناطیسی تحریک شده بوسیله جریان متناوب توان راکتیو با شبکه رد و بدل می‌کنند بنابراین از آن جهت که توان راکتیو برای تولید شار مغناطیسی لازم است مورد

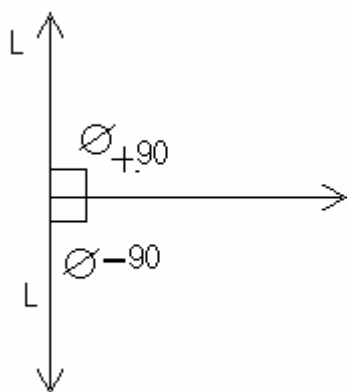
توجه قرار می‌گیرد از طرف دیگر در مدارهای ظرفیتی جریان از ولتاژ جلو افتاده و تولید توان راکتیو می‌نمایند در شبکه‌های قدرت برای تولید توان راکتیو مکرراً از خازن استفاده می‌شود و این کار با عنوان تصحیح ضریب قدرت شناخته شده است.

همانطور که گفتیم در خازن‌ها جریان بیش فاز بوده و در سلف پس فاز و ϕ در خازن مثبت در سلف منفی. بدین ترتیب توان راکتیو که از رابطه

$$Q = \pm V_e I_e \sin \phi$$

$$Q_C = V_e I_e \sin \phi$$

$$Q_L = V_e I_e \cos \phi$$



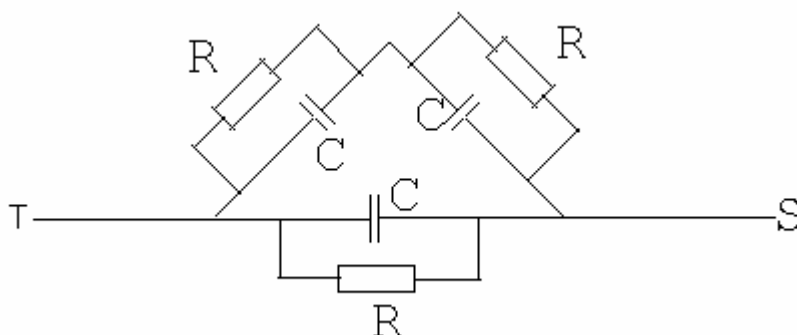
بدین ترتیب اثر سلف و خازن در مدار عکس یکدیگر می‌باشند.

سلف با تغییرات آنی جریان مخالفت می‌کند خازن با تغییرات انی ولتاژ مخالفت می‌کند سلف انرژی الکتریکی را به صورت میدان الکترو مغناطیس در خود ذخیره و به مدار باز بر می‌گرداند و خازن انرژی الکتریکی را به صورت میدان الکتریکی در خود ذخیره و با مدار باز بر می‌گرداند. و توان مصرفی در سلف و خازن صفر می‌باشد.

به همین دلیل اگر توان راکتیو در شبکه سلفی بود از خازن برای پایین آوردن توان راکتیو استفاده می‌کنیم و بالعکس.

ولی در 99% موارد خاصیت مصرف کننده‌ها سلفی بود و توان راکتیو مثبت می‌باشد و از خازن برای اصلاح ضریب قدرت استفاده می‌کنند.

به خازن‌هایی که ضریب قدرت شبکه را اصلاح می‌کنند بانک خازنی می‌گویند خازن‌ها را معمولاً به صورت مثلث می‌بندند زیرا با اتصال مثل ظرفیت خازن‌ها افزایش می‌یابد و از طرف دیگر برق شبکه $V_L=380$



ولت می باشد.

$$Q\Delta = 3Q\lambda$$

$$4 \quad \mu F \text{ در اتصال ستاره}$$

$$10 \mu F$$

$$250 \text{ V}$$

$$400 \text{ V}$$

مقاومت های موازی با خازنها به این منظور می باشند تا پس از قطع برق خازن ها روی مقاومت ها تخلیه شوند.

$\cos \phi$ ماشین های القایی هیچ گاه به 1 نمی رسد ماشین های القایی شبیه یک سلف بوده و خواهان دریافت

توان راکتیو می باشند.

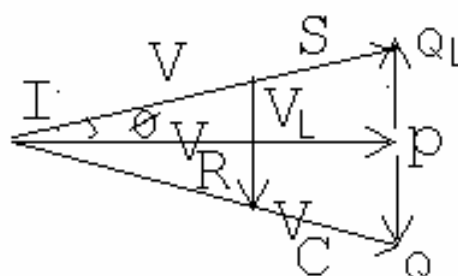
$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad \sin \phi = \frac{Q}{S}$$

$$\tan \phi = \frac{Q_1}{P_1} \quad Q = P \tan \phi$$

$$\tan \phi_2 = \frac{QL - QC}{P_z}$$

$$P \tan \phi_2 = P \tan \phi_1 - QC$$

$$QC = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$



اگر توان راکتیو صفر شود تمام توان تولیدی ژنراتور توان اکتیو خواهد شد.

ا کم شدن توان راکتیو توان ظاهری S کم می شود و جریان خط کاهش می یابد و قطر سیم ها کاهش می یابد.

$$P_{Line} = 3R_{line}.I_a^2$$

تلفات خطوط انتقال با اصلاح ضریب قدرت کم می شود.

خط خاصیت سلفی نیز دارد و با عبور جریان مخالفت می کند با همین دلیل برای تامین جریان مصرف کننده

باید جریان خط را افزایش دهند خازن ها این خاصیت سلفی را پایین می آورند.

طریقه محاسبه خازن ها به μF

صولا خازن های بکار برده شده در اصلاح ضریب قدرت باید از نوع روغنی باشد زیرا این خازن ها گاهی اوقات

به صورت دائم در مدار باید باشند.

$$QC = \frac{3VL^2}{XC}$$

$$QC = \frac{3VL^2}{\frac{1}{2\pi FC}}$$

$$C = \frac{QC}{6\pi FVL^2}$$

$$VL = 380, 50 \quad \text{در فرکانس}$$

طریقه محاسبه Q (توان راکتیو) و بدست آوردن خازنهای مناسب

1- از روی فیش برق توان راکتیو نوشته شده است. - از طریق $\cos$ متر ابتدا $\cos\phi$ مرکز مورد نظر را بدست آورد.

پس جریان مصرفی آنجا را نیز بدست آورده (از طریق آمپر متر)

$$Q = P \tan \phi$$

$$\tan \phi \Leftarrow \cos \phi$$

و با در دست داشتن ولتاژ خط P را محاسبه $P = \sqrt{3} VL IL \cos\phi$ در فرمول جاگذاری و توان راکتیو را بدست می آوریم.

3-توان تمام وسایل الکتریک را محاسبه و به ازاء هر اسب بخار خازنهای اصلاح ضریب قدرت را

0.33 K.V.A.R در نظر می گیریم.

موتورها در حالت بی باری توان راکتیو جذب می کنند هرچقدر موتور باردار باشد توان راکتیو آن کمتر است. هرچقدر موتور بزرگتر باشد به علت تعداد دور کمتر و سطح مقطع بیشتر (امپدانس کمتر) $\cos\phi$ آن بزرگتر است.

الکتروموتورهای تکفاز دارای $\cos\phi < 0.75$ می باشند (0.55 تا 0.75)

بانک های خازنی به دو دسته تقسیم می شوند :

1- تک واحدی (تنها یک مصرف کننده باشد) که نیاز به رگلاتور ندارد

2- چند واحدی که به دو صورت دستی و اتوماتیک طراحی می گردند.

که در نوع اتوماتیک نیاز به رگلاتور می باشد

فصل ششم:

چاه های آب پمپ های آب

مقدمه :



برای تامین آب مورد نیاز باغات - مزارع و زمین های کشاورزی و آب مورد نیاز صنایع و معادن و کارخانجات و آب آشامیدنی مورد نیاز منازل از چاه های آب و پمپ ها استفاده می کنند .

در قدیم انسان ها برای تامین آب مورد نیاز خویش بمنظور مصارف کشاورزی و باغداری و زارعت و آشامیدن از آب رودخانه ها و چشمه ها استفاده می کردند . در مناطق خشک و فاقد چشمه و رودخانه انسانها با حفر چاه و استفاده از قنات ها بطور دستی آب را از داخل چاه بیرون کشیده و مصرف می کردند که این کار وقت و زحمت زیادی را به همراه داشت با پیشرفت علم و تکنولوژی انسان ها به فکر چاره ای برای رهایی از چنگ مشکلات استفاده از آب افتادند و این چاره اندیشی منجر به ساخت پمپ های آب و وسایل الکترومکانیکی مکش آب شد .

حفر چاه :

قبل از حفر چاه باید ابتدا خاک و زمین محل چاه باید مورد آزمایش قرار گیرد تا تشخیص وجود آب در زیرزمین در آن نقطه و محل عبور شاهرگ های آب مشخص شود . معمولاً بعد از آزمایشات اولیه که تشخیص داده شد در آن نقطه محل عبور شاهرگ ها و رگه های آب است اقدام به حفر چاه می کنند .

در ادامه واحدهای اندازه گیری واحد حجم مختصراً اشاره می شود :

دبی (حجم) : مقدار فضای اشغال شده توسط جسم را حجم آن جسم می گویند .

واحد سطح = S واحد حجم = m^3 واحد طول = L

حجم آب با واحدهای $\frac{Lit}{sec}$ لیتر بر ثانیه - $\frac{gal}{min}$ گالن در دقیقه مترمکعب در ساعت معرفی می شوند .

$$1m^3 = 1000Lit \quad \frac{1}{10}m = 1dm$$

$$1Lit = 1000cc \quad \frac{1}{100}m = 1cm$$

$$1Lit = 1000dm^3 \quad \frac{1}{1000} = 1mm$$

$$1dm^3 = 1000cc \quad \frac{1}{100000} = 1\mu m$$

یک لیتر 1000cc می باشد و هر 9000 cc معادل یک دسی متر مکعب (dm^3) می باشد یعنی مکعبی

به اضلاع $10cm=1dm$

سوال : 50 لیتر در ثانیه چند مترمکعب در ساعت و چند متر مکعب در دقیقه و چند گالن در دقیقه است ؟

$$\frac{50}{1} = \frac{m^3}{3600} \Rightarrow 1m^3 = 1000Lit$$

$$1h = 3600Sec$$

$$m^3 = \frac{3600 \times 50}{1000} = 180 \frac{m^3}{h}$$

$$\frac{50}{1} = \frac{gal}{60} \Rightarrow 1gal = 3 / 75Lit$$

$$gal = \frac{5 \times 60}{3 / 75} = 800 \frac{gal}{min}$$

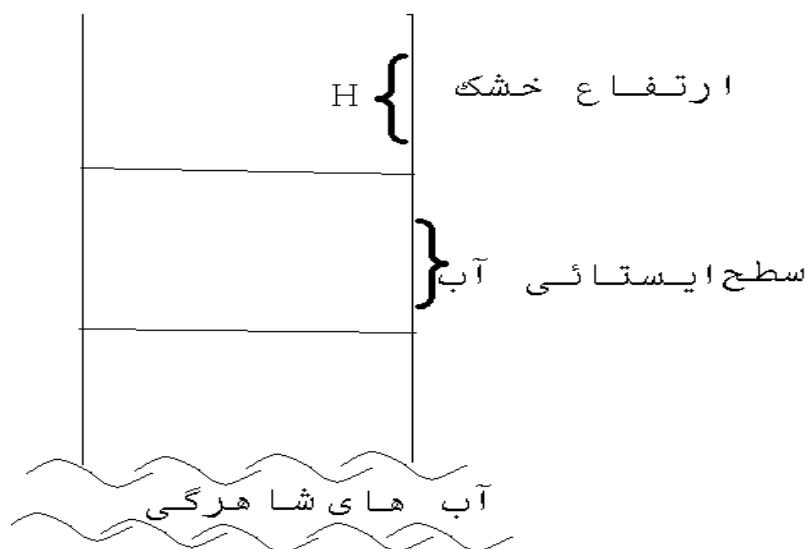
$\frac{m^3}{h}$ چند لیتر در ثانیه و چند $\frac{gal}{sec}$ می باشد .

$$\frac{240000}{3600} = \frac{x}{1}$$

$$\frac{240000}{3600} = \frac{x \cdot 3/75}{60}$$

$$x \approx 66/6 \text{ Lit/s}$$

$$x = \frac{240000 \times 60}{3600 \times 3/75}$$



دو عامل مهم در انتخاب پمپ عبارتند از : 1- دبی Q 2- ارتفاع H

قطر دهانه چاه ها :

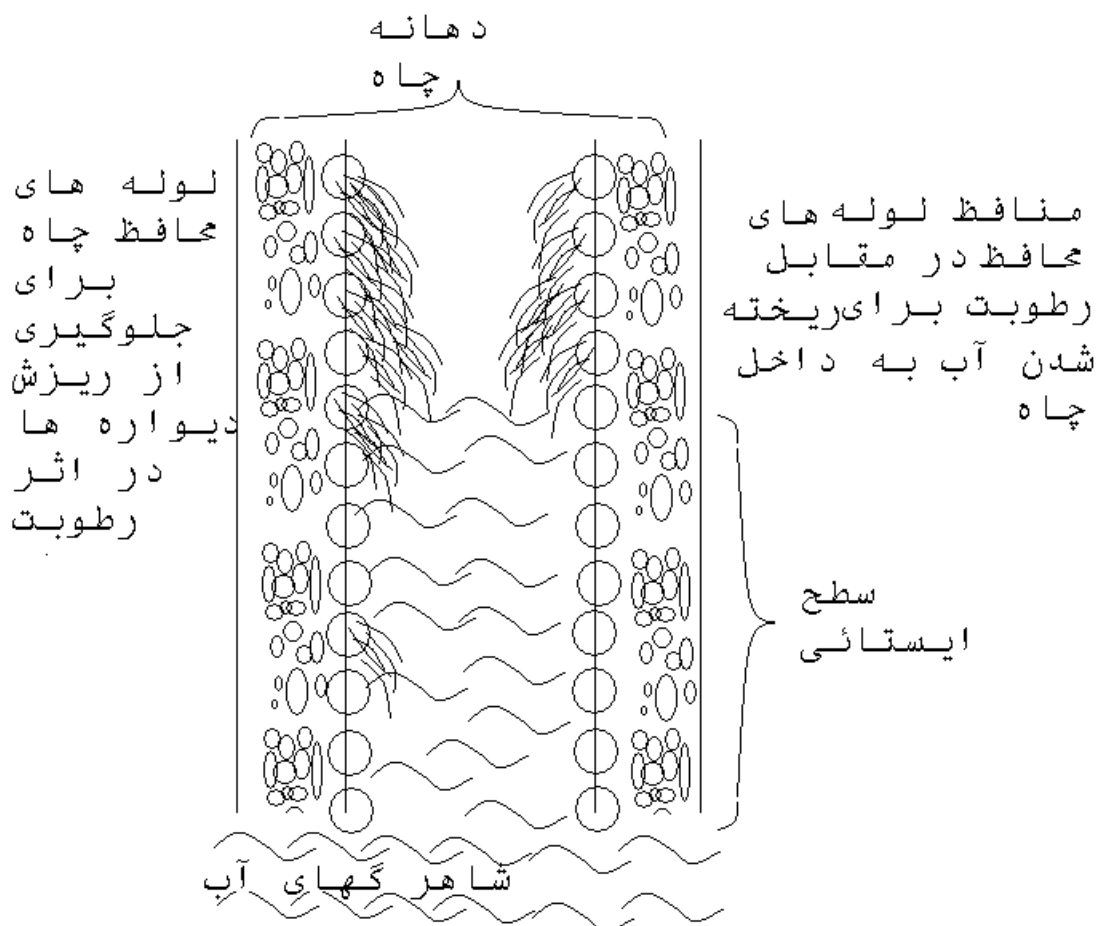
قطر دهانه چاه ها ممکن است 8" - 10" اینچ - 12" - 14" باشد .

متعلقات و آماده سازی چاه :

بعد از حفر چاه و رسیدن به شاهرگ های آب و رساندن دیواره های چاه باید استاندارد جداره دیوارها را باید کاری نمود تا در اثر رطوبت ریزش نکند . برای این کار از لوله هایی استفاده می شود که بصورت بند بند به داخل چاه فرستاده می شود این لوله ها که به اندازه های استاندارد قطر دهانه چاه ها می باشد دارای منفذهایی می باشد تا آب بتوانند در اطراف جداره چاه از طریق این منفذها به داخل چاه ریخته شود اطراف لوله ها ما بین لوله و جداره چاه را توسط سنگ ریزه پوشش می دهند تا آب همراه با املاح از طریق این سنگ ریزه ها تصفیه و صاف شود .

پمپ باید زیر سطح ایستایی آب قرار گیرد .

اگر پمپ بالای سطح ایستایی قرار گیرد آب را همراه هوا به داخل لوله ها پمپاژ می کند باعث بریده و خراب شدن شفت و غلاف می شود .



انواع پمپ ها :

1- پمپ توربینی 2- پمپ های برق - پمپ شناور

پمپ توربین : (شفت و غلاف)

پمپ های توربینی از نظر نوع تامین انرژی مورد نیاز جهت به حرکت در آوردن شفت به دو نوع دیزل و برق تقسیم می شوند .

در نوع دیزل با جعبه دنده یک موتور دیزلی به یک جعبه دنده متصل می شود که این جعبه دنده برای تبدیل سرعت بکار می رود نسبت تبدیل سرعت در جعبه دنده بصورت زیر می باشد .

2/3

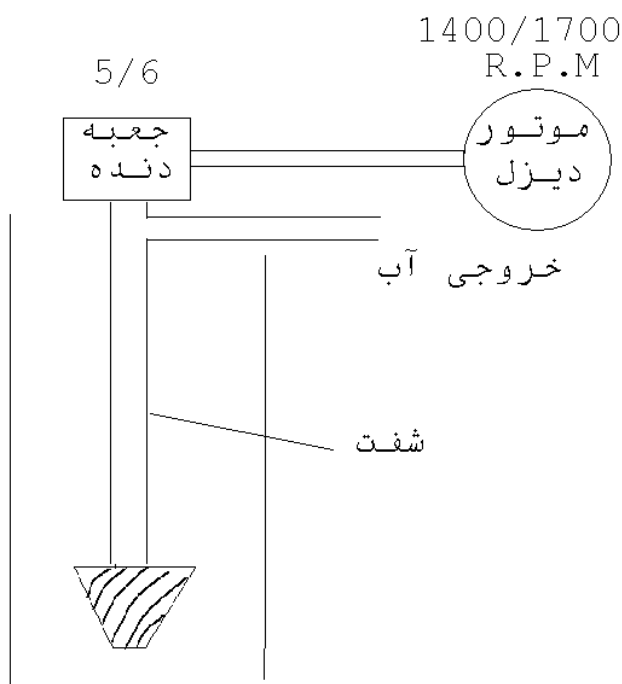
1000/1400

همچنین دیزل ها نیز با دو صورت افقی و عمودی به شفت کوبل می شوند .

در نوع دیزل معمولی یک دیزل بصورت افقی بالای چاه با شفت و غلاف کویلینگ شده است .

پمپ توربین با جریان برق از یک الکتروموتور 3 فاز که با جریان متناوب کار می کند و ممکن است بصورت

عمودی و یا افقی نصب شود .



در نوع پمپ توربین پمپ در انتهایی ترین قسمت

چاه قرار دارد و الکتروموتور یا محرک در بیرون از

چاه قرار دارد .

در الکتروموتورهای نوع افقی پمپ این نوع نصب هر

طبقه 9 متر (شوت) پرتاب آب دارد در نوع عمودی

هر طبقه پمپ 6 متر شوت پرتاب آب دارد به ازای

هر طبقه نوع نصب عمودی 13HP قدرت محرک

لازم است ولی برای هر طبقه نوع نصب افقی

8HP نیاز می باشد .

به همین دلیل نوع افقی نسبت به نوع عمودی ارزاتر و

باصرفه تر می باشد .

در این نوع پمپ ها الکتروموتور یا محرک که در بیرون از

چاه قرار گرفته و پمپ در انتهایی ترین قسمت چاه جاسازی

شده برای ارتباط محرک با پمپ پمپاژ آب از شفت و غلاف

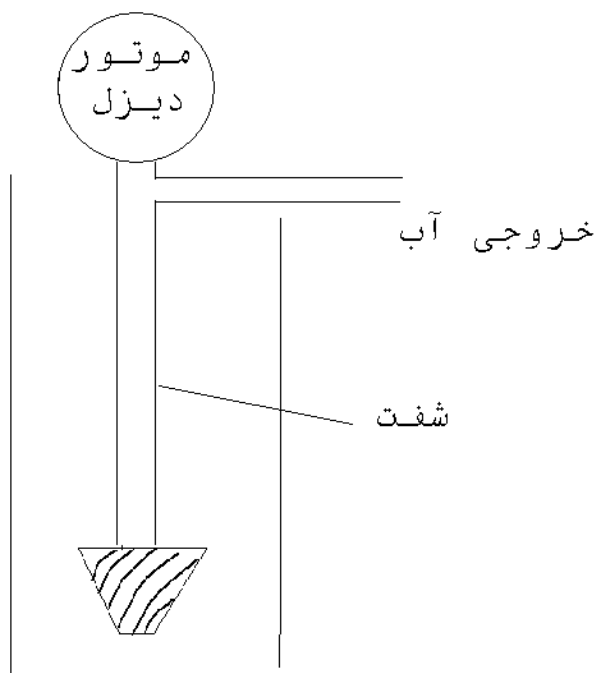
استفاده می کنند .

هر چند شفت و غلاف 3 متر ارتفاع داشته و بنا به ارتفاع چاه

تعداد بندها مشخص می شود غلاف وظیفه نگاه داشتن

شفت و جلوگیری از هر گونه آسیب به شفت را بر عهده دارد

.

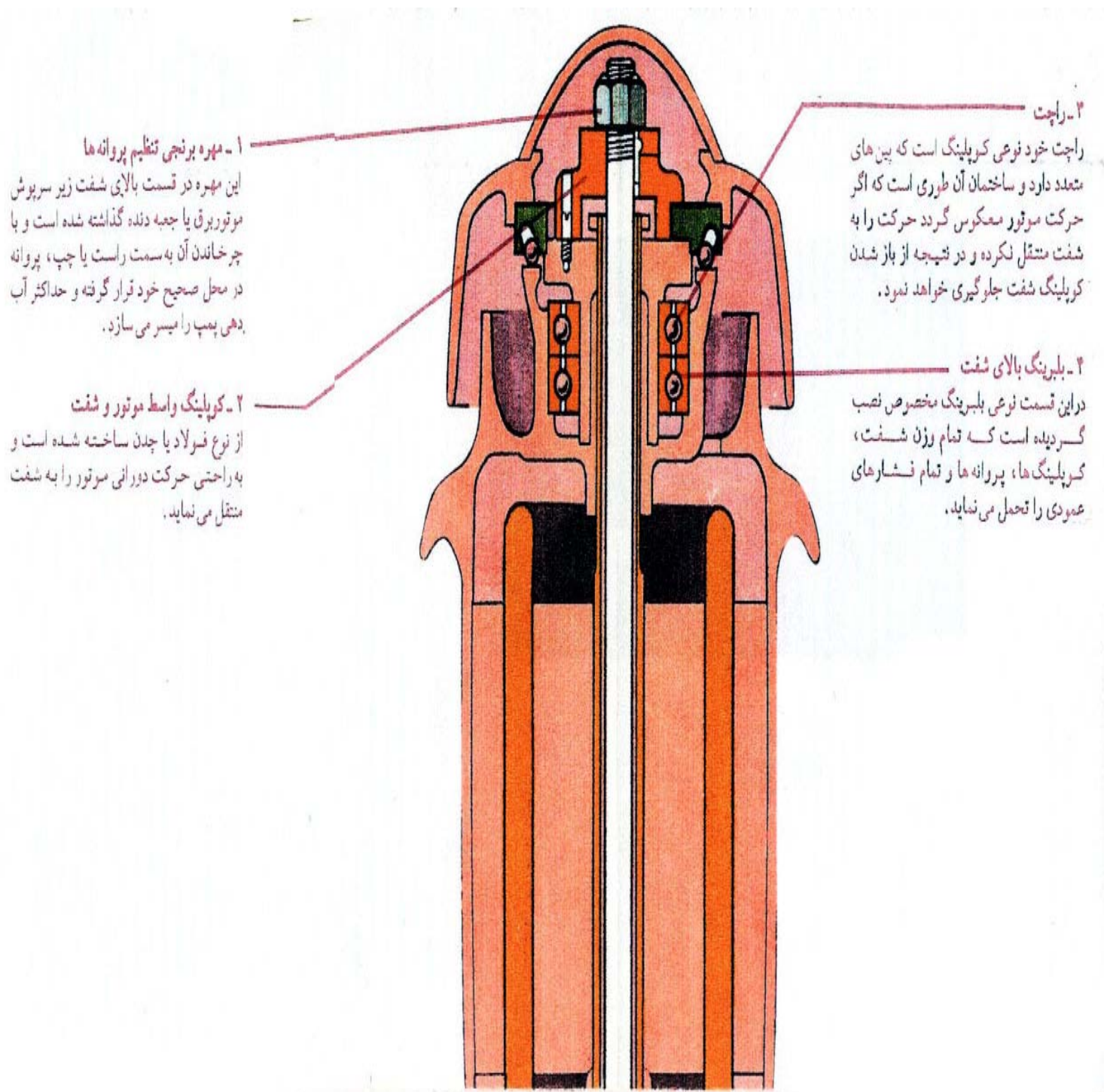


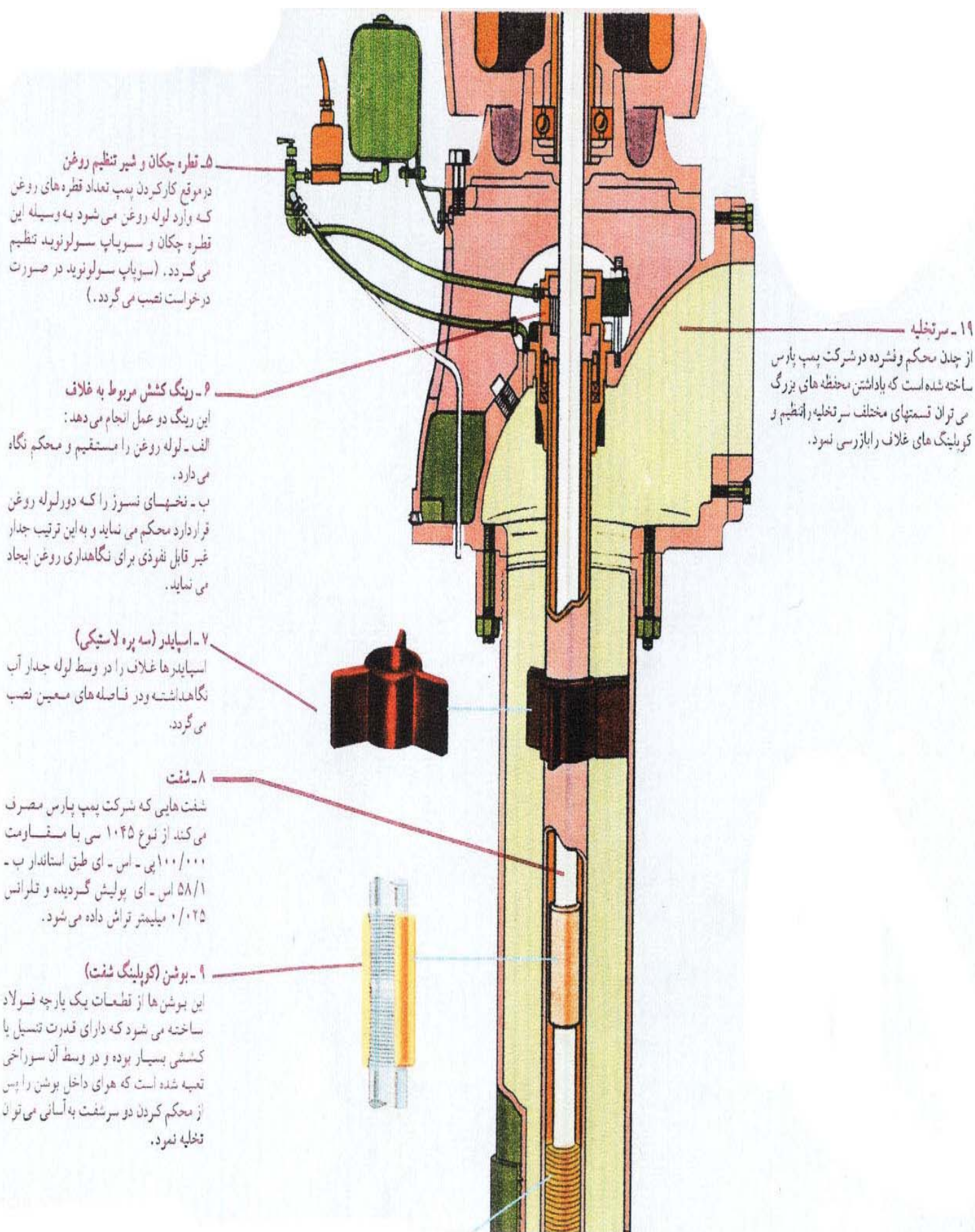
بوشن : کوپلینگ شفت های بندهای شفت و غلاف را بر عهده دارد و مانند یک لوله که از داخل دنده شده

است می باشد این نوع بوشن ها از جنس فولاد می باشند و به بوشن های فولادی معروف اند .

بوشن برنجی : شفت را به غلاف محکم می کند و مانند یک لوله که بیرون آن دنده شده است می باشد

توضیحات دیگر در ادامه بر روی یک نمونه الکتروپمپ افقی آمده است .





۱۰ - پوشش برنجی غلاف
پوشش های برنجی غلاف از آلیاژ مخصوص برای شرکت پمپ پارس تهیه می شود و تیرانس ۰/۰۲۵ میلی متر آن با تراش بسیار دقیق برای شفت های مختلف ساخته می شود.

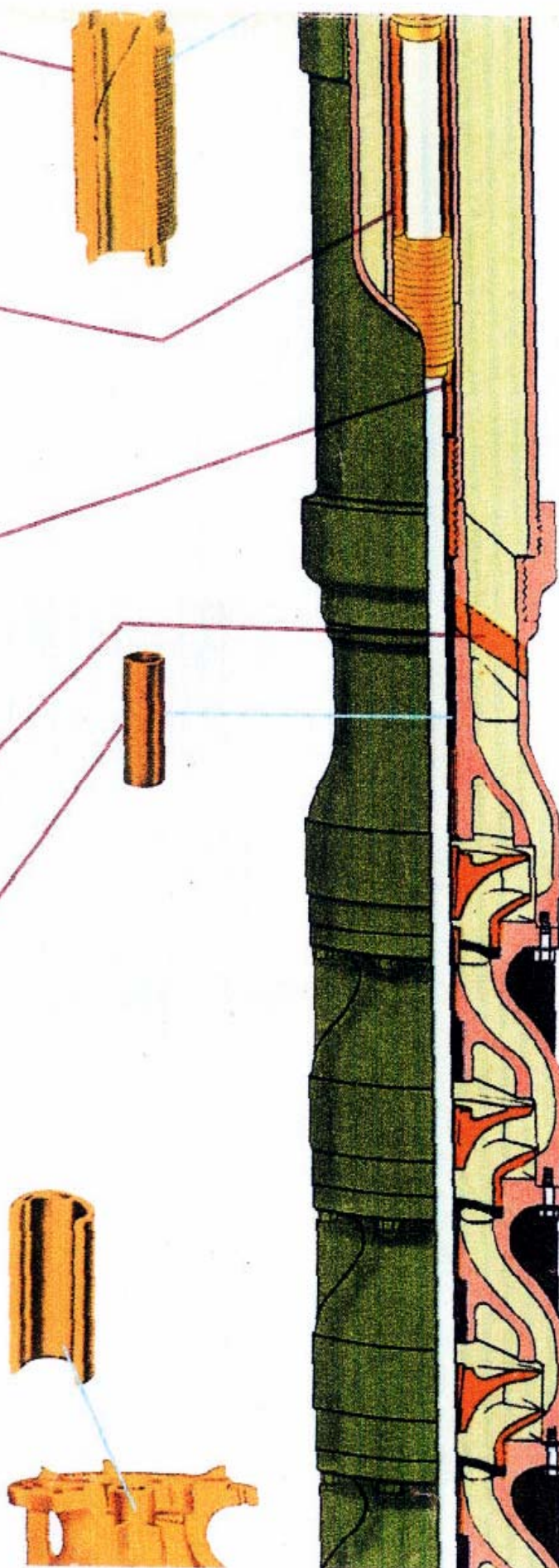
۱۱ - غلاف (لوله روغن)
ضخامت جدار غلاف برای اندازه های مختلف شفت از نوعی فولاد سخت انتخاب شده که هیچ لرزشی را منتقل نمی نماید و هر شاخه آن دقیقاً اندازه گیری شده و مستقیم نگاه داشتن شفت را تضمین می کند.

۱۲ - پوشش سر طبقه
پوشش سر طبقه در بالای مانی فولد تخلیه قرار دارد و از نظر ساختمانی طوری است که:
الف - از نفوذ آب به داخل غلاف جلوگیری می کند.
ب - برای بیشتر شدن عمر شفت به صورت یاطاقان عمل می نماید.

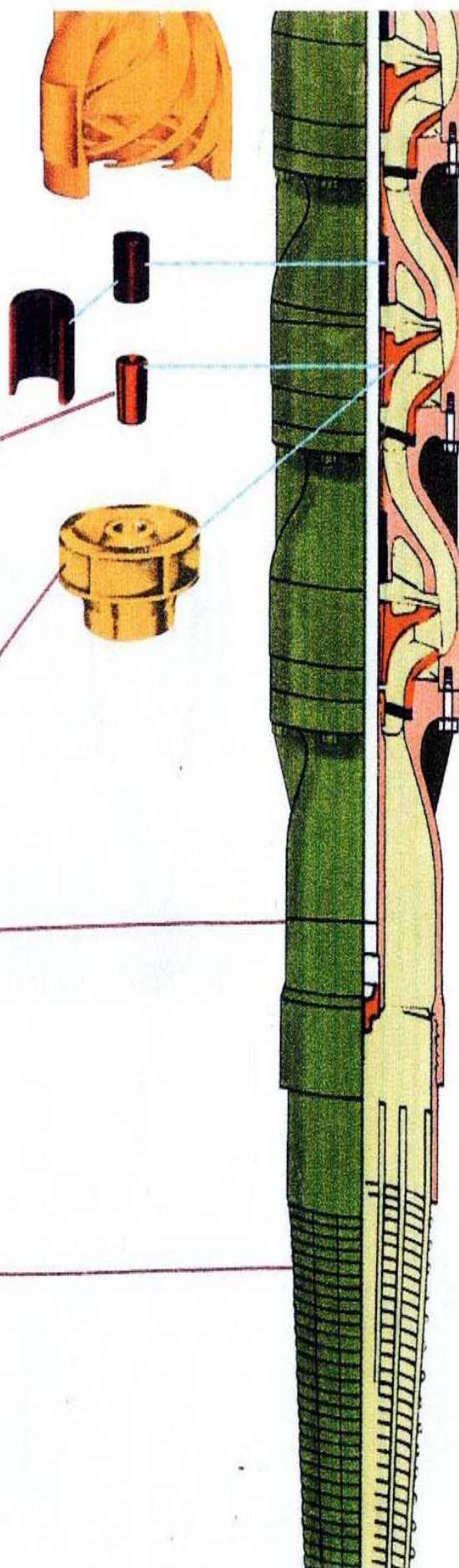
۱۳ - راه خروجی روغن در مانی فولد تخلیه
این راه برای آن ساخته شده است که روغن های اضافی پس از روغنکاری یاطاقانهای شفت، به خارج منتقل گشته و از ورود آب به داخل غلاف جلوگیری می کند.

۱۴ - یاطاقانهای برنجی مخصوص برای مانی فولد تخلیه
درمانی فولد تخلیه یاطاقان برنجی بلندی پرس گردیده است که یاطاقان ثابتی را برای طبقات و پروانه ایجاد می نماید. از این قسمت به پائین چون در مجاورت آب قرار دارد از شفت استیل استفاده شده است.

۱۵ - تیغه های هدایت کننده جریان آب
انحنای تیغه های هدایت کننده جریان آب داخل کاسه ها طوری است که آب به آسانی از یک طبقه به طبقه دیگر منتقل می شود. حرکت آبی که بوسیله تیغه پروانه های به خارج از مرکز و بالا پرتاب می شود به صورتی تنظیم شده است که با انحنای



تینه های گاسه طبقات کاملاً تطبیق نمایند.



۲۱- باطاقان های زوج در داخل طبقات

پمپ های شرکت پمپ پارس دارای دو نوع باطاقان برنجی و لاستیکی در داخل طبقات می باشد که امتیاز منحصر به فردی است بری پمپ های ساخت شرکت پمپ پارس. باطاقان لاستیکی از ماده شیمیائی به خصوص ساخته شده است که در مقابل آب، روغن و حرارت بسیار مقاوم است.



۱۶- پوشش فولادی پروانه

پروانه ها بوسیله این پوشش ها باداشتن کینک حساب شده طوری به شفت متصل گردیده است که گردش دورانی شفت را به راحتی به پروانه ها منتقل می نماید.

۱۷- پروانه های برنجی

چندین نوع از این پروانه ها در کارخانه شرکت پمپ پارس با دقت زیاد تراشیده شده و در ماشین مخصوص بالانس ولنگ گیری می شود.

۱۸- مانی فولد مکش

مانی فولد مکش در زیر طبقات پمپ مانی فولد قرار دارد و دارای باطاقان برنجی بلندی است که قسمت انتهائی شفت استیل را نگاهداری می نماید. در پرش انتهائی مانی فولد مکش از گریس مخصوص پر شده است و از نفوذ آب و صدمه به باطاقان ها جلوگیری می کند.

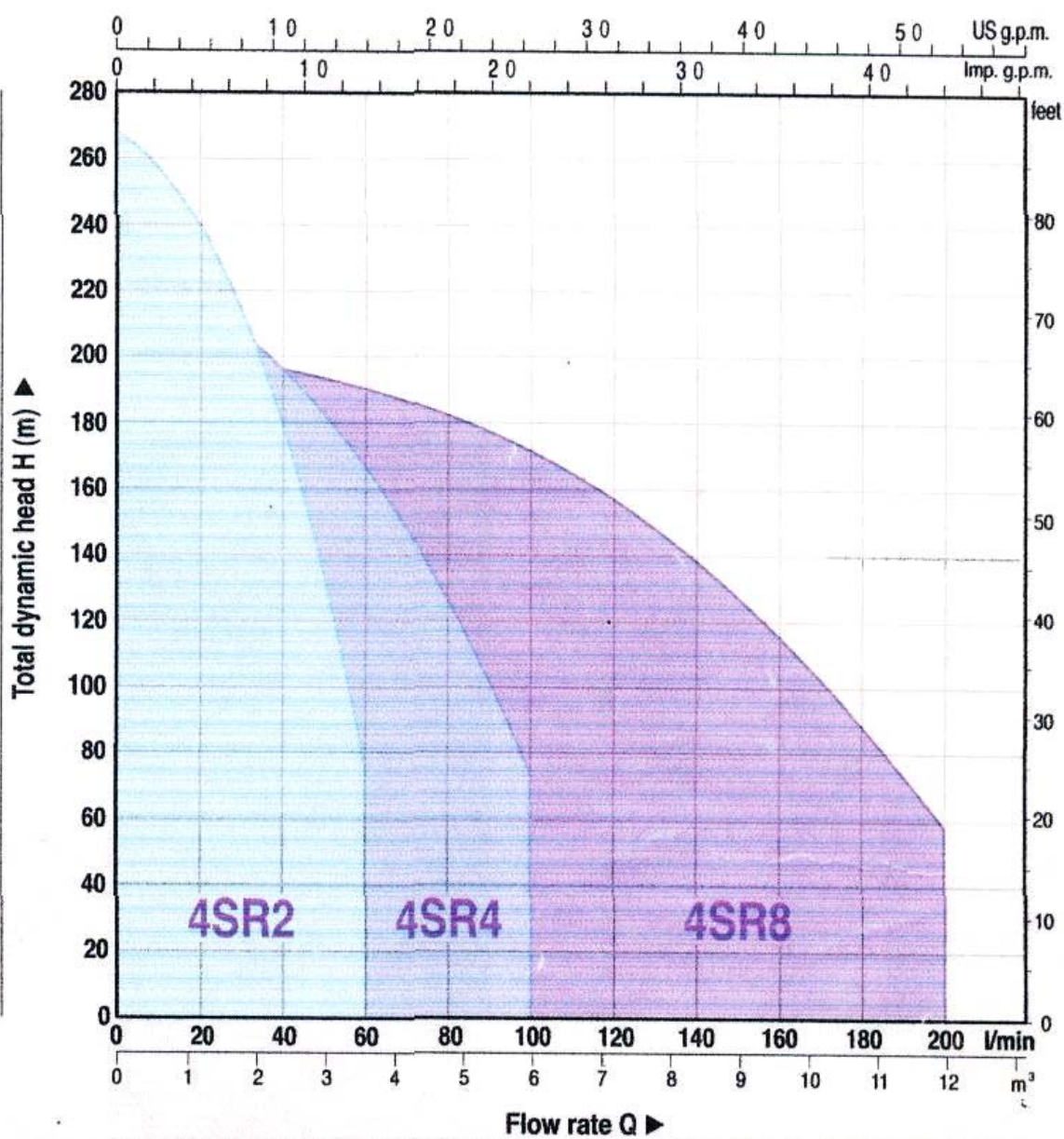
۲۲- صافی

صافی ها از نوع ضد زنگ با مفتولهای مخصوص تهیه گردیده است. فاصله مفتول ها از یکدیگر و تعداد سوراخها به طور دقیق برای عبور آب کافی، محاسبه شده است.

الکتروپمپ شناور

الکتروپمپ شناور :

الکتروپمپ های شناور از پیشرفته ترین تکنیک های دسترسی به آب از اعماق زمین می باشند این آب ها ممکن است بدون املاح (زالال) و یا با املاح (معدنی) و یا آب دریا باشند به جهت عدم دستیابی به الکتروپمپ



های شناور ، در زمان نصب دقت لازم می باید انجام گیرد تا مشکلات فنی ایجاد نگردد .

کاربرد الکتروپمپ شناور :

1- برای انتقال آب از اعماق زمین به بالا

2- برای سیرکولاسیون آب مخازن

3- برای سیستم های خنک سازی در مدارهای باز و بسته

4- برای تاسیسات حرارتی و یا تهویه مطبوع

5- برای انتقال آب در تصفیه خانه و کارواش ها

6- برای تخلیه و پر کردن استخرها و انتقال آب از چشمه ها

7- برای افزایش فشار انتقال سیال در بخش های صنعتی و غیر صنعتی

8- برای آب نماها -فواره ها و غیره .

الکتروپمپ از دو قسمت موتور و پمپ تشکیل شده است که موتور توسط جریان 3 فاز تغذیه می شود پمپ را

به گردش در می آورد و پمپ آب را از داخل چاه یا استخر و .. به داخل هدایت و پمپاژ می کند .

موتور

در ادامه قطعات تشکیل دهنده موتور به همراه شکل توضیح داده شده است .



1- استاتور تشکیل شده است از ورق های دینامو

ورق ورقی که داخل شیارهای آن یک سیم پیچی

سه فازه قرار گرفته است که با اتصال ستاره و یا

مثلث به شبکه برق سه فاز متصل می شود در

استاتور برای سیم پیچی از سیم های واترپروف

استفاده می شود . روکش سیم مورد استفاده در

استاتور از پی وی سی PVC مخصوص و برای

الکتروموتورهای خاص از روکش پلی اتیلن و پلی آمید استفاده می گردد و هادی روتور و استاتور آن از مس

با ضریب هدایت عالی انتخاب شده است.

چون قطر دهانه چاه ها کوچک می باشد لذا این گونه موتورها با طول زیاد و قطر کوچک ساخته می شوند لذا سیم پیچی این گونه موتورها نیاز به تجربه و حوصله کافی دارد چون این موتورها بزرگ است جا زدن کلا ها



به راحتی موتورهای معمولی نمی باشد .

در موتورهای شناور با طول کمتر (قوه اسب بخار کم) می توان بدین طریق عمل کرد :

کلاف های پیچیده شده و آماده از قبل را داخل استاتور قرار داده سپس از یک طرف دهانه استاتور چند لا سیم از کلاف انتخاب کرده یک طرف بازوها را داخل شیار جا زده سپس

روی این قسمت بازوهای کلاف جاسازی شده در شیار چوب نازکی برای جلوگیری از درآمدن بازوها روی



سیم های جاسازی شده قرار می دهیم و سپس به طرف دیگر موتور یعنی دهانه دیگر موتور رفته انتهاب بازوهای سیم های جاسازی شده در طرف اول (دهانه اول) را داخل شیار مربوطه جا زده روی آنها نیز چوبی نازک قرار داده به طرف دهانه اول آمده مرتبا این عمل را ادامه داده تا همه هادی های کلاف را در شیار جا بزنیم . بعد از جازدن تمام

هادی های کلاف داخل شیارها از عایقی چوبی برای جلوگیری از درآمدن بازوها استفاده می کنند زیرا عایق



چوبی در داخل آب حجم اش به علت جذب آب افزایش یافته و مانع بیرون آمدن بازوها از شیار می شود .

کلاف ها توسط کلاف پیچ پیچیده می شود .

البته باید قالب هایی مخصوص برای اینگونه موتورها تهیه کرد . سپس این کلاف های پیچیده شده را برای



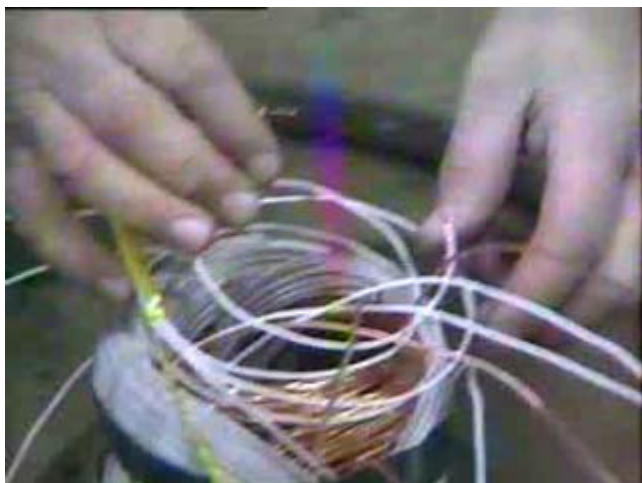
اطمینان از سالم بودن کلاف ها (عاری از هر گونه خراشیدگی عایق و بریده شدن عایق و یا ترکیدگی عایق و ...)

خاصیت خود را از دست می دهد به همین دلیل باید پیشانی کلاف ها را نواربندی کرد برای نوار بندی از



نوارهای پلاستیکی که دارای ثبات مقاوم در مقابل آب دارند استفاده می کنند .

بعد از نوار بندی پیشانی های کلاف ، سرسیم های بیرون آمده از استاتور را از لحاظ ابتدا و انتهای هر کلاف مشخص نمود . و طبق نقشه سیم پیچی اقدام به سربندی می نماییم برای سربندی به ترتیب زیر اقدام می کنیم :

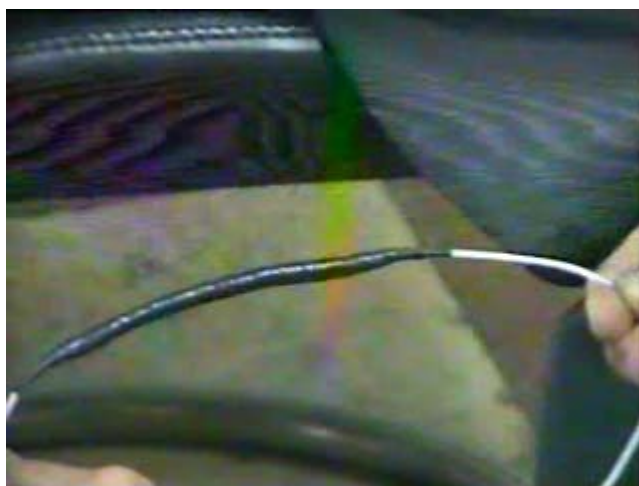


دو سری که باید به یکدیگر مرتبط شوند را پیدا کرد. سپس به اندازه کافی (پ الی 2 cm) از عایق سیم ها را به طریقی که باعث آسیب دیدگی سیم ها نشود برداشته و سرها را در کنار هم به موازی یکدیگر قرار می دهیم .



سیم چند لا سیم نازک به دور سر سیم های قرار داده شده در کنار هم پیچیده این مجموعه را لحیم کاری می نماییم (در بعضی موارد محل اتصال را پرس می کنند)

بعد از لحیم کاری و حصول اطمینان از اتصال کامل سرسیم ها به یکدیگر به وسیله نوار مخصوصی به نام نوار آپارات محل لحیم کاری شده را نوارپیچی می کنند(در مواردی با تزریق مواد PVC مخصوصی به محل اتصال آن نقطه را عایق بندی می کنند).



نوار پیچی به این علت صورت می گیرد تا از بروز نشتی جریان و اتصال از طریق آب داخل موتور داخل مخزن آبی به مدت معینی مثلاً 10 دقیقه قرار



داده (سرهای کلاف بیرون از آب باشد) تا چنانچه مورد مشکوک و مشکل آفرینی در عایق سیم چنانچه که اشاره شد از قبیل ترکیدگی عایق و یا خراشیدگی که باعث ورود آب به داخل سیم و نشتی جریان به آب و بدنه موتور گردد آشکار شود و قبل از جاسازی داخل شیارها رفع نماییم برای تشخیص آسیب دیدگی سیم ها از

اهم متر عقربه ای مطابق شکل بالا عمل می نماییم.

چنانچه اهم متر کم را نشان داد کلاف معیوب بوده و باید رفع عیب شود اگر اهم متر اهم بی نهایت را نشان داد کلاف سالم است .

طریقه پیچیدن کلاف :

طریقه پیچیدن کلاف های این گونه موتورها نیز مانند مو.تورهای معمولی با کلاف پیچ صورت می گیرد البته باید قالب های این گونه موتورها ساخته شود .

برای موتورهایی که طول استاتور آن بزرگتر است این روش مفید نیست و برای سیم پیچی باید سیم ها را از داخل شیارها عبور داده و در داخل استاتور و شیارها تشکیل کلاف دهیم .

بعد از سیم پیچی و جازدن کلاف ها باید پیشانی کلاف ها در جای خود محکم شوند در این موتورها از روش شارلاک زدن استفاده نمی کنند چون در داخل اینگونه موتورها به علت بکارگیری آب برای روانکاری یاتاقان ها و همچنین خنک شدن سیمپیچی ماده شارلاک به بدنه و فازهای دیگر منتقل نشود و ایجاد اتصال کوتاه و سوختن موتور نشود .

در حقیقت باید محل اتصال کاملاً عایق بندی شود تا از بروز آب به محل اتصال جلوگیری شود .

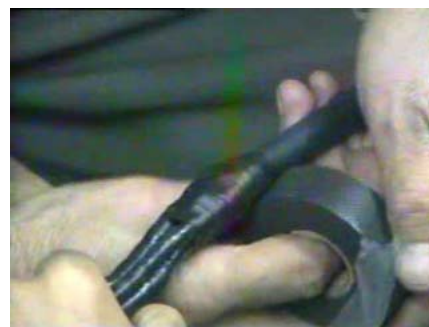
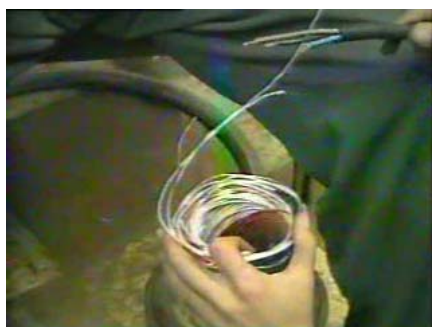
شکل

اگر اتصال موتور بصورت ستاره باشد می توان نقطه اتصال ستاره را داخل موتور ایجاد نمود که مطابق شکل



زیر عمل می نمایم .

سرهای کلاف ها که باید به کابل متصل شوند را مشخص نموده مطابق شکل سرسیم ها را بصورت پله ای کوتاه نموده و کابل را نیز بصورت پله ای در جهت مخالف کوتاه نموده و مطابق اتصال سرسیم های کلاف به یکدیگر توسط لحیم و نوار آپارات به یکدیگر متصل می نمایم .



کوتاه نمودن سرسیم ها و کابل بصورت پله ای از ایجاد انباشتگی در یک نقطه و ایجاد حرارت در اثر عبور جریان و از بین رفتن عایق آپارات و به دنبال آن وقوع اتصال کوتاه جلوگیری می کند .

تشخیص آسیب دیدگی و معیوب بودن کابل:

برای تشخیص آسیب دیدگی کابل ها نیز مطابق شکل کلاف های سیم پیچی شده کابل را داخل مخزن آب قرار داده بطوری که سرهای کابل فقط بیرون از آب باشد (زیرا آب از طریق منفذ سرها به داخل کابل سرایت



می کند و سبب پوسیدگی عایق روی سیم ها می شود و باعث اتصال می شود) کابل را به مدت چند دقیقه داخل آب قرار داد . سپس به کمک اهم متر عقربه ای مطابق شکل به تست کابل می پردازیم .

بعد از سیم پیچی و آپارات بندی و نوار بندی پیشانی کلاف ها باید سیم پیچی موتور را تست نمود که یک راه تست کردن بوسیله اهم متر است . استاتور را داخل مخزن آب قرار داده اگر احتمالا اشکال و مورد مشکوکی در سیم پیچی وجود داشته باشد مشخص و رفع عیب شود یک سر اهم داخل مخزن آب و سر دیگر به سرسیم های بیرون آمده از موتور اگر اتصالی وجود داشته باشد اهم متر اهم کم را نشان خواهد داد که باید محل عیب و اتصالی تشخیص و برطرف شود .



2-روتور :

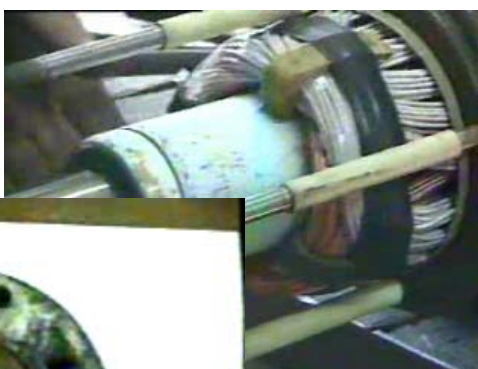
روتور این موتورها قفس سنجابی بود روی قفس روتور عایق مخصوص PVC پوشیده شده تا از تماس

هادی های قفس با آب و از بین رفتن آن ها و ایجاد اتصالی جلوگیری

شود بعد از اتمام سیم پیچی استاتور باید روتور در داخل استاتور باید

روان بچرخد و اگر احتمالا شکلی در سیم پیچی و پیشانی کلاف ها

باشد(از لحاظ برخورد روتور به پیشانی کلاف ها) رفع عیب شود .



3-قسمت

فوقانی موتور :

قسمت فوقانی موتور که از طریق سوراخ های این قسمت کابل متصل به سیم پیچی استاتور از موتور خارج می شود کابل در قسمت عبور از سوراخ های قسمت فوقانی بالاستیک مخصوصی آبنندی می شود.

طریقه نصب قسمت فوقانی در شکل زیر آمده است ابتدا 4 پیچ بزرگ ارتباط دهنده قسمت فوقانی به استاتور



را روی پوسته در جای خود قرار می دهیم .

سرهای دیگر پیچ های عبور داده شده از قسمت

فوقانی را با مهره مسدود کرده و بدین ترتیب

قسمت فوقانی را به پوسته محکم می کنیم.

سپس محل اتصال قسمت فوقانی به استاتور را

توسط خمیر مخصوص آبنندی می کنیم.



موتور روی دو یاتاقان سوار است که تماماً با

آب روانکاری می شود یک یاتاقان در قسمت

فوقانی و یک یاتاقان در قسمت تحتانی (پایه

پمپ) تعبیه شده است این یاتاقان ها دارای آب

راه هایی برای عبور آب و خنک کاری قسمت یاتاقان در اثر اصطکاک و چرخش محور روتور در داخل یاتاقان ها صورت می گیرد.

در قسمت فوقانی موتور دو پیچ سوپاپ دار برای ورود آب به داخل موتور تعبیه شده است زیرا این موتورها از آب برای خنک کاری و روانکاری یاتاقان ها بهره می گیرند. هنگامی که آب داخل موتور بر اثر حرارت ایجاد شده توسط موتور در مواقع غیر عادی منبسط می شود آب از طریق سوپاپ های این پیچ ها به بیرون از موتور راه می یابد و موتور کم آب می شود که با مشاهده کم شدن آب موتور می توان به عیب موتور پی برد و رفع عیب نمود .

بعد از نصب قسمت فوقانی به استاتور شن گیر را روی محور توسط خار محکم و ثابت می کنیم شن گیر از



ورود املاح و



شن و ماسه موجود در آب به داخل موتور جلوگیری می کند .

برای اتصال موتور به پمپ از کوپلینگ که از جنس استیل استیل بوده استفاده می شود که روی قطعه شن گیر روی محور توسط پیچ محکم می شود.

قسمت تحتانی (پایه پمپ)

قسمت تحتانی متشکل از کاسه ممبران-لاستیک ممبران-پیچ سوپاپ دار و مجموعه آسیاب می باشد .



مجموعه آسیاب : این مجموعه شامل کفگرد که یک دیسک معمولاً از جنس فیبر استخوانی می باشد و بر روی یاتاقان کفگرد که از آلیاژ مخصوص تهیه شده قرار می گیرد مجموعه آسیاب در قسمت انتهایی موتور و داخل آب بر روی قسمت لاستیک و کاسه ممبران قرار می گیرد. کفگرد به محور روتور توسط خار دو چشم محکم می شود

موتور در هنگام استارت روتورش به سمت بالا در اثر نیروی گریز از مرکز کشیده می شود .

موتور وقتی از مدار خارج می شود محور به سمت پایه موتور حرکت می کند کفگرد با یاتاقان درگیر شده و



وزن و فشار محور توسط کفگرد به یاتاقان کفگیر منتقل شده و از حرکت روتور و دوران آن جلوگیری می کند

کاسه و لاستیک ممبران (دیافراگم مخصوص انبساط آب)

وقتی که آب داخل موتور در اثر حرارت و گرمای ایجاد شده به علل مختلف (از قبیل دو فاز شدن موتور-



اتصال بدنه و ..) منبسط می شود این آب منبسط شده لاستیک ممبران را تحت فشار قرار می دهد لاستیک حالت ارتجائی پیدا کرده و مقداری

آب داخل لاستیک در اثر افزایش حجم دیافراگم زیاد می شود اگر حرارت موتور از حالت نرمال خارج شود آب منبسط شده از طریق سوپاپ های پیچ های سوپاپ دار خارج می شود .

سمت تحتانی نیز همانند قسمت فوقانی با پیچ روی استاتور سوار می شود و با خمیر مخصوص اقدام به آببندی این قسمت می نماییم .



در قسمت تحتانی همچنین پیچ آلنی برای مواقعی که بخواهیم آب داخل موتور را تعویض و موتور را برای سرویس و تمیزکاری آماده کنیم

تعبیه

شده

است.

قطعات

1-

در برابر

کوپلینگ

شکل

2-



تشکیل دهنده پمپ

شفث پمپ : از آلیاژ استیل استیل که مقاوم

آب و خوردگی می باشد و با محور موتور توسط

کوپل می شود .

یاتاقان ها : 2 عدد یاتاقان که شفت پمپ

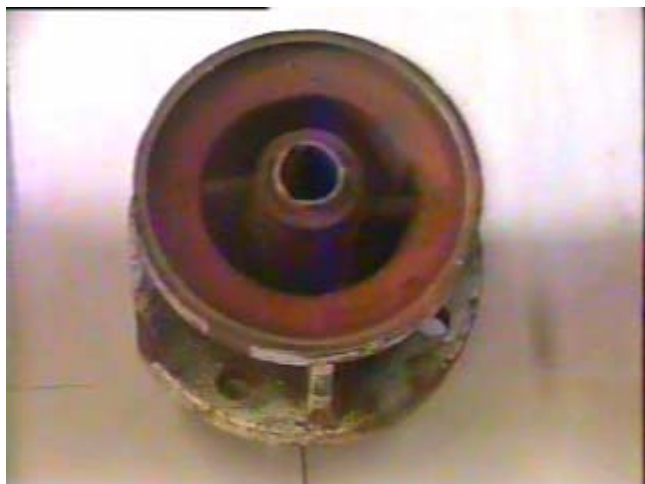
روی این دو یاتاقان سوار است و دارای آب راه هایی برای عبور آب برای خنک کاری یاتاقان در اثر اصطکاک

شفث روی



بوجود آمده توسط چرخیدن

یاتاقان ها می باشد .



3-مجرای مکش پمپ (ورودی اولین طبقه

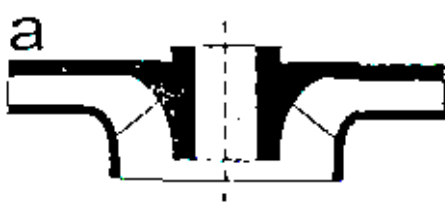
پمپ): که در نقطه اتصال پمپ به موتور قرار دارد .



4-پروانه ها :از آلیاژ مقاوم در برابر سایش و خوردگی در چاه های گازدار و اسیدی یا دریا مورد استفاده

قرار می گیرند .

پروانه ها از نوع گریز از مرکز بوده که با دو نوع پروانه زیر می تواند مجهز شود .



a-پروانه های نوع تخت یا شعاعی

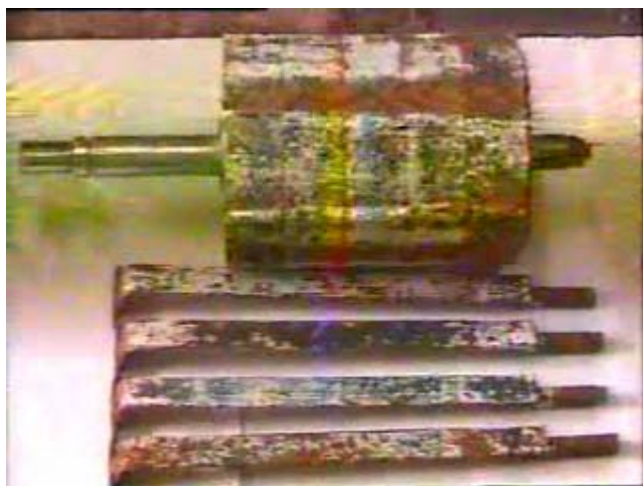
b- پروانه های نوع خمره ای یا جریان مخلوط

5-طبقات پمپ : که بستگی به دبی آب مورد نیاز و قدرت موتور دارد .

هر طبقه دارای پروانه ای برای مکش آب از طبق قبل

و پمپاژ آن به طبقه بندی برای افزایش فشار آب می

باشد .

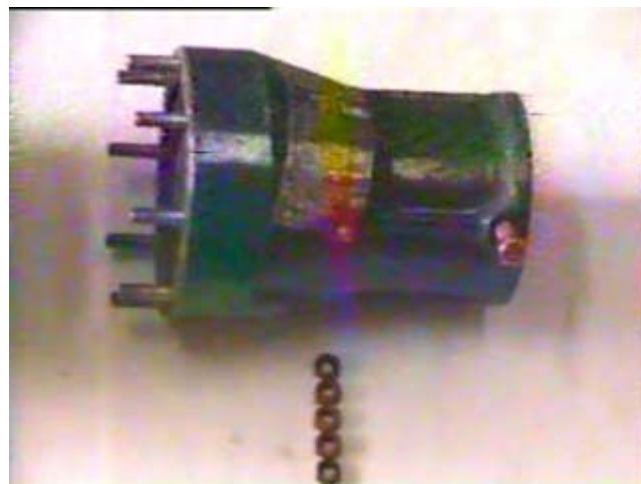
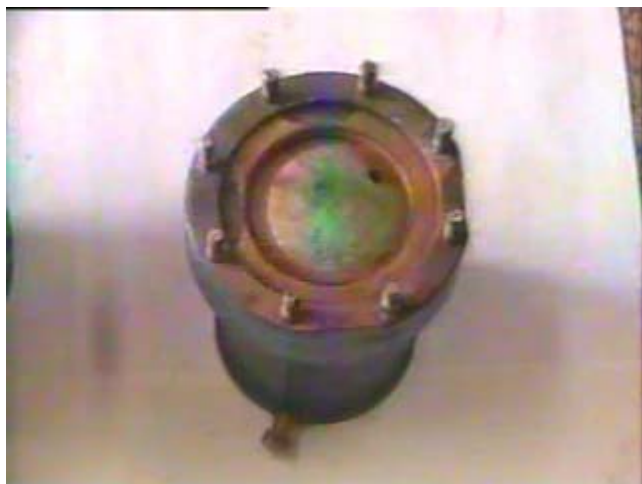


6-بست های نگهدارنده طبقات :

برای محکم کردن طبقات به یکدیگر و جلوگیری از ارتعاش و لرزش و جدا شدن طبقات انجام می گیرد .

7- شیر یکطرفه (سوپاپ)

برای خروج آب از پمپ به داخل لوله ها تعبیه شده و یکطرفه می باشد تا در هنگام خاموش شدن موتور آب از



مخزن و لوله ها به داخل پمپ نشود و در مواردی که بشکله دچار نوسان است باعث سوختن موتور و آسیب دیدن پروانه ها نشود .

انواع نصب

الکتروپمپ های شناور علاوه بر نصب استاندارد عمودی بصورت افقی با زاویه ای اقبل نصب می باشد در حالت افقی دو پایه یا بیشتر موتور پمپ را نگه می دارند در صورت استفاده از موتور پمپ بصورت افقی یا زاویه باید تغییرات لازم در یاتاقان ها و پیچ های هوا و گاز آن انجام پذیرد.

نوع دیگری از نصب الکتروپمپ های شناور نصب با استفاده از پوشش های مکش می باشد این پوشش امکان پمپاژ آب را در چاه هایی که سطح آن پائین می باشد را میسر می سازد .

جهت گردش :

هنگامیکه الکتروپمپ را در حالت ایستاده قرار داده و از روبرو به آن نگاه میکنیم خلاف جهت گردش عقربه های ساعت میباشد گردش کند .

سرعت :

سرعت الکتروموتورهای دو قطب در حدود 2900 دور در دقیقه با فرکانس 50 هرتز میباشد .

رنگ :

داخل و بیرون کلیه قطعات چدنی با رنگ کوره ای مقاوم در برابر زنگ زدگی و خوردگی پوشش داده شده (2) و رنگ نهائی آبی پررنگ میباشد . ضخامت رنگهای مخصوص حدود 75 میکرون میباشد .

مشخصات آب قابل پمپاژ:

موتور پمپها برای آب زلال یا کمی ناخالص طراحی شده اند ، برای چاههای گازدار و اسیدی بنا به سفارش از آلیاژهای بخصوص استفاده میشود .

موتورها برای استفاده در درجه حرارت بخصوصی بر اساس جدول زیر طراحی شده اند .

موتورهای تا 22 کیلووات $30^{\circ}C$

موتورهای تا 73 کیلووات $25^{\circ}C$

موتورهای از 73 کیلووات به بالا $20^{\circ}C$

مقادیر فوق الذکر با در نظر گرفتن شرایط زیر داده شده اند :

الف-سرعت آب تقریباً 0/45 $\frac{\text{متر}}{\text{ثانیه}}$ بر سطح موتور برخورد نماید(آب در جریان)

فرمول ذیل محاسبه سرعت آب را بر روی بدنه موتور جهت ظرفیتهای مختلف نشان میدهد.

$$Q = Capiactiy \frac{m^3}{h} \text{ میزان آبدهی}$$

(رقم بدست آمده همیشه میباید بالاتر از 0/45 $\frac{m}{s}$ باشد) قطر چاه $D = mm$

$d = mm$

$$V = \frac{Q353.68}{D^2 - d^2} = \frac{m}{s} \text{ قطر موتور}$$

ب-سطح موتور در معرض رسوبات آهکی ، قلیائی و غیره نباشد . رسوبات از این قبیل بر روی سطح موتور باعث تاخیر در خنک شدن پوسته گردیده که نتیجتاً خرابی موتور را در پی خواهد داشت .

کیفیت آب :

جهت انتخاب مناسبترین نوع پمپ بهتر است قبلاً آب را تجزیه نموده و مقدار PH- سختی- دی اکسید

کربن-اسید کربنیک-اکسیژن-کلریدها-سولفاتها-مواد آهکی-هیدروکربنها و غیره مورد نظر قرار گیرد .

آب تمیز و تازه دارای مشخصات ذیل میباشد .

کلراید	500	ppm	max
جامدات کل	3000	ppm	max
PH	8/5 تا 6/5		

مقدار ماسه موجود :

آب دارای شن و ماسه زیاد باعث خرابی موتور پمپ میگردد ، مقدار خرابی بستگی به درجه درشتی و ریزی و شکل شن و ماسه دارد.

مقدار 25 گرم ماسه در هر متر مکعب آب برای پمپ بی ضرر بوده ولی بیشترش میبایست در ساختار پمپ از مواد متناسب استفاده گردد .

سایز لوله کشی :

قطر لوله انتخابی نبایست کمتر از قطر خروجی سوپاپ پمپ باشد .

توصیه میشود سرعت آب در داخل لوله الکترو پمپ شناور از 2/5 متر بر ثانیه بیشتر نباشد .

جدول ذیل با توجه به حجم آبدهی ، لوله مناسب را پیشنهاد مینماید .

440	280	160	110	71	42	30	17/5	12	7	میزان آبدهی m^3/h
10	8	6	5	4	3	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	قطر داخلی لوله به اینچ

عمق نصب الکتروپمپ :

پس از بکار انداختن پمپ برای مدت زمان نسبتا طولانی ممکن است سطح آب پائین رود . سطح آب میباید در تمام مواقع حداقل نیم متر بالاتر از شیر یکطرفه (سوپاپ) باشد این مقدار با توجه به میزان آبدهی الکتروپمپ و آبدهی چاه افزایش مییابند .

الکتروپمپ میباید در جایی نصب شده باشد که از خطر ماسه گرفتگی و لجن گرفتگی در امان باشد ، این عوامل باعث بالا رفتن درجه حرارت موتور و خرابی آن میگردند .

طرق مختلف روشن نمودن (استارت) الکتروموتورها :

کلیه الکتروموتورهای شناور را میتوان به صورت اتصال مستقیم به وسیله کلید اتوماتیک با ولتاژ 380 ولت استارت نمود، ولی بهتر است نظر برق منطقه ای را در مورد محدودیتهای خط انتقال جویا شود .
معمولا الکتروپمپهای تا ظرفیت 12HP با روش اتصال مستقیم (D-O-L) و الکتروپمپهای با ظرفیت بالاتر از 12HP با روش اتصال ستاره ، مثلث Δ/λ استارت میگردد.

جریان استارت (راه اندازی الکتروموتور) :

در اتصال مستقیم جریان راه اندازی حدود 5 برابر در اتصال ستاره مثلث حدود 2/5 برابر جریان نامی الکتروپمپ خواهد بود .

ملحقات الکتروپمپ :

- 1- نازل خروجی بجای سوپاپ پمپ
- 2- نگهدارنده های لوله و موتور پمپ در سر چاه
- 3- نگهدارنده های موتور پمپ در حالت افقی
- 4- پوسته مکش
- 5- پوسته خنک کننده
- 6- وسایل آپارات کابل تغذیه کننده از تابلو به کابل الکتروموتور
- 7- گیره کابل
- 8- کنترل کننده درجه حرارت موتور
- 9- تابلوی برق
- 10- کنترل سطح آب برای جلوگیری از خشک کار کردن الکتروپمپ

ویژگیهای الکتروپمپ شناور:

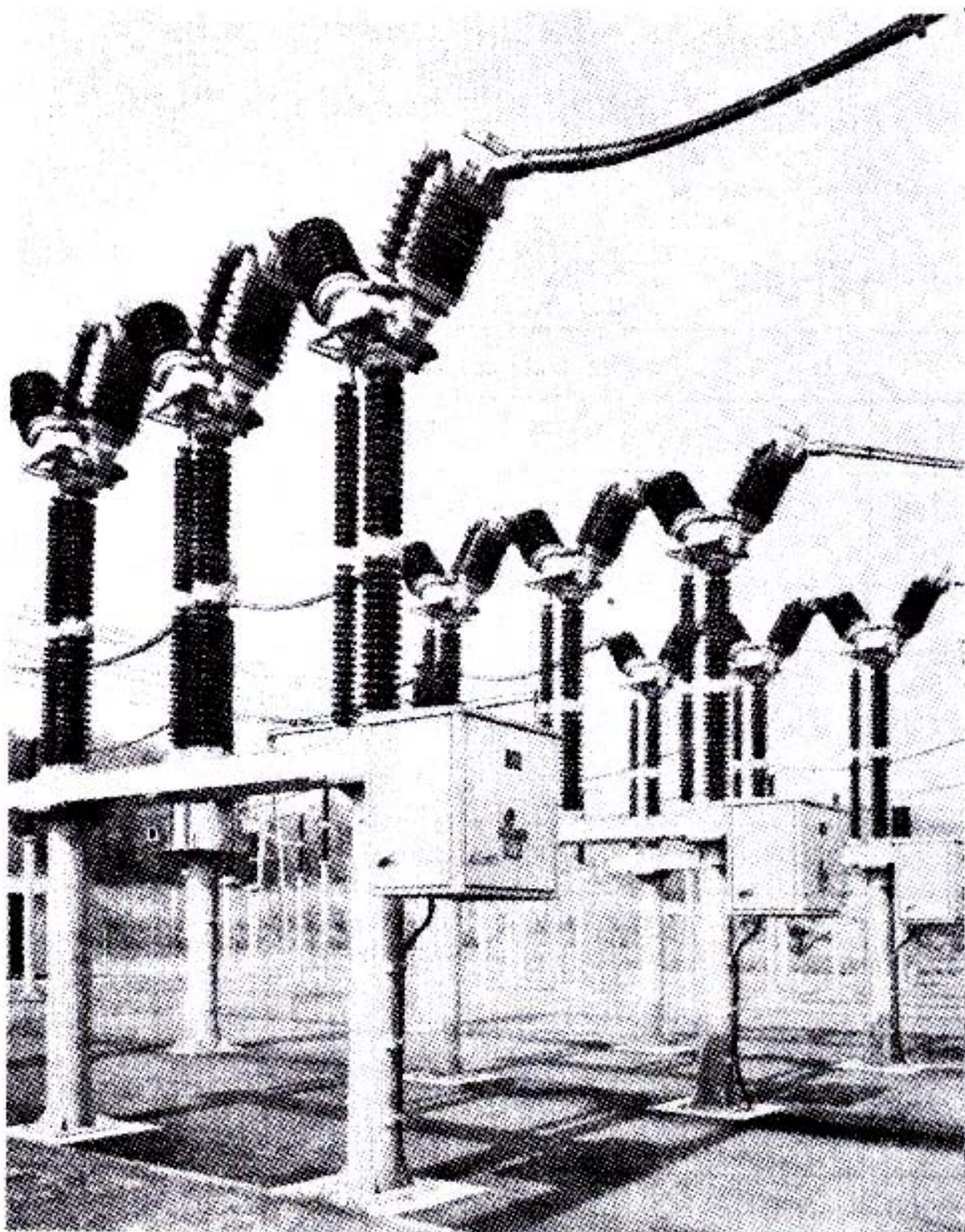
- 1- صرفه جویی در انرژی و بالا بودن راندمان و پائین بودن هزینه های راه اندازی
- 2- استحکام و بی صدا کار کردن و ندادن حرارت اضافی به محیط اطراف.
- 3- نگهداری بسیار کم هزینه ، سهولت در امر سرویس و نگهداری و عدم نیاز به روغنکاری
- 4- نصب سریع و اقتصادی و عدم نیاز به فونداسیون.

درجه حرارت سیال جهت خنک کنندگی الکتروموتور:

موتور پمپهای شناور طوری طراحی شده اند که با آب خنک میشوند و قابل استفاده در آب تا 30 درجه سانتیگراد میباشد. (حداکثر درجه حرارت آب 20 و 25 و 30 بر اساس ظرفیت الکتروموتورها تعیین می گردد)

فصل هفتم:

کلیدهای فشار قوی و فشار ضعیف



کلیدهای فشار قوی

مقدمه:

کلیدهای فشار قوی تنها یک وسیله ارتباط برقرار کردن بین مولدها و ترانسفورماتورها و مصرف کننده‌ها و سیمهای انتقال انرژی و یا جدا کردن آنها از یکدیگر نیستند. بلکه حفاظت دستگاهها و وسایل و سیستمهای الکتریکی را در مقابل جریان زیاد بار زیاد و جریان اتصال زمین نیز به عهده دارند. بدین جهت با چشم پوشی از بعضی حالت‌های استثنایی باید کلیدهای فشار قوی بتوانند هر نوع جریانی را اعم از جریان کوچک بار سیمها (جریان خازنی مخلوط) و یا جریان مغناطیسی ترانسفورماتور بدون بار تا بزرگترین جریانی که ممکن است در شبکه بوجود آید (جریان اتصال کوتاه) از خود عبور دهند بدون اینکه اثرات حرارتی و یا دینامیکی این جریانها خطراتی برای کلید فراهم سازد. در ضمن نوعی از کلیدها، (کلید قدرت) باید قادر باشند هر نوع جریان با هر شدتی را (جریانهای عادی و یا جریانهای اتصال کوتاه) در کوتاه‌ترین مدت قطع و وصل کنند و بالاخره کلیدهای فشار قوی باید قادر باشند در حالت قطع (جدا بودن تیغه‌ها) هر نوع ولتاژی که بین دو سرباز کلید (دو تیغه باز کلید) برقرار می‌شود بدون کوچکترین احتمال ایجاد قوس الکتریکی تحمل کنند.

به طور کلی باید کلیدهای فشار قوی در حالت‌های مختلف دارای شرایط و مشخصاتی به شرح زیر باشند:

1- در حالت بسته: انواع کلیدهای فشار قوی باید اولاً در مقابل عبور جریان بار و یا حتی جریان شدید اتصال کوتاه از خود مقاومت قابل ملاحظه‌ای نشان ندهند. در ثانی در مقابل اثرات حرارتی و دینامیکی این جریانها در یک زمان گسترده و طولانی باید کلیدهای فشار قوی دارای پایداری و ثبات قابل ملاحظه‌ای باشند. به عبارت دیگر باید کلیدهای فشار قوی از یک استقامت حرارتی و دینامیکی تعیین شده و مورد اطمینانی برخوردار باشند.

انتخاب صحیح مقاطع قسمت‌های هدایت کننده جریان کلید در کم کردن مقاومت عبور بسیار موثر است.

2- در حالت باز (قطع مدار): باید کلید قادر باشد اختلاف سطح الکتریکی موجود بین دو کنتاکت باز را به طور کاملاً مطمئن تحمل کند. مقدار و شدت این ولتاژ بستگی به وضعیت و کیفیت و محل نصب کلید دارد مثلاً اگر کلیدی وسیله ارتباط دو شبکه‌ای را فراهم می‌سازد که ممکن است نسبت به هم آسکرون نیز باشند، در حال قطع کلید هر دو طرف کلید زیر پتانسیل قرار دارد.

3- تمامی سمت‌های کلید که در شرایطی هم پتانسیل فشار الکتریکی شبکه هستند باید در موقع قطع و یا در حالت وصل به طور کامل مطمئن نسبت به زمین و نسبت به قطبها و تیغه‌های دیگر ایزوله و عایق باشند و متحمل فشار الکتریکی وارد شده گردند. شبنم و آلودگی‌های سطحی روی کلید و یا گازها و بخارات و مایعاتی

که از خود کلید متصاعد می‌شود نیز نباید باعث نقصان بیش از مجاز قدرت عایقی قسمتهای مختلف کلید گردد.

4- کلیدهای فشار قوی باید بتوانند مدار الکتریکی را زیر ولتاژ نامی به بندند. البته در بعضی کلیدها (قطع کننده‌ها) این شرط بدون عبور جریان صادق است (بدون توجه به جریانهای کوچک بارسیمها) و در برخی دیگر (کلید قدرت) شرط محدودیت جریانی وجود ندارد و باید بتوان آنها را در زیر هر جریانی حتی جریان اتصال کوتاه موجود در شبکه نیز بست.

5- کلید فشار قوی باید بتواند مدار الکتریکی را در ضمن عبور جریان باز کند. این شرط فقط قطع کننده لازم نیست مراعات شود (از جریان کوچک شارژ صرف نظر می‌شود).

نظر به اینکه شرایط 4 و 5 مشکلات اصلی کلیدهای قدرت فشار قوی را فراهم می‌کنند. ساختمان و مکانیسم کلید و چگونگی قطع و وصل کلید با توجه به شرایطی که در بند 4 و 5 به آن اشاره شد طرح ریزی می‌گردد.

از نقطه نظر کار با شبکه کمال مطلوب است، اگر هر یک از کلیدهای فشار قوی شامل کلیه شرایطی که فوقا به آن اشاره شد باشد. ولی چون از دیدگاه اقتصادی تجمع کلیه شرایط در یک کلید مقرون به صرفه نیست کلیدهای خاصی با شرایط بخصوص و محدودی طرح و ساخته می‌شود که عبارتند از:

الف - قطع کننده یا سکسیونر

قطع کننده وسیله‌ای است برای ارتباط دستگاهها و سیستمهای برقی و اصولا در جایی بکار برده می‌شود که بدون ولتاژ کردن آن قسمت مورد نظر باشد. قطع و وصل این کلید در صورتی که از جریان کوچک شارژها صرف نظر شود، نباید باعث قطع جریان و یا برقراری جریان گردد. به عبارت دیگر قطع و وصل سکسیونر باید بدون ایجاد جرقه انجام گیرد و در حالت وصل بودن کلید و ارتباط برقرار کردن بین دستگاهها نباید هیچ نوع جریانی با هر شدتی (جریان بار، جریان اتصال کوتاه ضربه‌ای و غیره) به کلید آسیبی وارد کند و یا باعث گرم کردن ارتعاش کردن و یا باز شدن تیغه کلید شود و یا اثرات دینامیکی آن موقعیت کلید را بخطر بیاندازد. در ضمن باید این کلید در حالت قطع دارای عایقی بسیار قوی در دو سر تیغه باز کلید باشد. زیرا سکسیونر باز در حقیقت حفاظت افرادی را که در شبکه بدون ولتاژ شده کار می‌کنند نیز به عهده دارد.

ب - کلید بار

کلید بار یک کلید فشار قویست که می‌تواند جریانهای کم و جریانهای بار و حتی چند برابر کوچکی از جریان نامی را نیز قطع کند و مورد استعمال آن در کلید موتوری و در انشعابهای کوچک و کم ارزش است.

این کلید بخصوص در انشعابهایی از شبکه بکار برده می‌شود که جریان قطع و وصل آن هیچگاه به شکل راکتیو کامل (اندوکتیو) نباشد، بلکه مقاومت بار همواره ترکیبی از مقاومت اهمی و سلفی ($\cos\phi \geq 0.7$) باشد زیرا بار اهمی در مدار همانطور که بعداً مشاهده خواهد شد باعث تسریع در عمل قطع و خاموش شدن جرقه می‌گردد.

قدرت وصل کلید بار تقریباً ده برابر قدرت قطع آن است و نظر به اینکه این کلید فاقد وسیله‌ای برای قطع جریان اتصال کوتاه و خاموش کردن جرقه ناشی از آن می‌باشد لذا این کلید در ضمن عبور جریان اتصال کوتاه نباید باعث قطع مدار گردد و بدین جهت این کلیدها، اغلب در رابطه با فیوز فشار قوی مورد استعمال پیدا می‌کنند. اگر کلید بار که دارای شرایط فوق است خواص سکسیونر را نیز دارا باشد، یعنی در حالت قطع دارای قدرت عایقی بسیار خوب نیز باشد و جریان خزنده و سطحی نیز بازمین نداشته باشد، به آن کلید قطع بار یا سکسیونر قابل قطع زیر بار گرفته می‌شود. این کلید در حقیقت یک کلید سکسیونر است که در ضمن دارای محفظه خاموش کننده جرقه برای جریان معینی نیز می‌باشد.

پ - کلید قدرت

این کلید قادر است مدار الکتریکی را در ضمن عبور هر نوع و هر شدت جریانی قطع و هر شبکه اتصالی شده را به مولد برق وصل کند، بشرط اینکه جریانی که از کلید در لحظه قطع و وصل می‌گذرد از مقدار مجازی که برای کلید در نظر گرفته شده است تجاوز نکند. لذا می‌توان گفت که در حقیقت کلید قدرت محدودیت جرائی ندارد و برای بزرگترین جریانهای اتصال کوتاه ساخته می‌شود و باید بتواند در مدارهای کاملاً اندوکتیو نیز به خوبی عمل کند.

ت - کلید قطع قدرت

این کلید رد ضمن اینکه دارای تمام مشخصات کلید قدرت است، کلیه خصوصیات قطع کننده را نیز شامل می‌باشد. این کلید به دلایل خاصی فقط برای قدرت‌های کم ساخته می‌شود.

کلیدهای فشار ضعیف برای جریان متناوب

در تاسیسات برق فشار ضعیف ($U \leq 1000V$) برای قطع و وصل مدارهای مختلف الکتریکی و همچنین برای حفاظت سیم‌ها، تاسیسات و مصرف کننده‌های بزرگ از کلیدهای فشار ضعیف مختلفی استفاده می‌شود که می‌توان آنها را به چهار دسته مهم زیر تقسیم کرد.

کلید دستی که عبارتند از:

1- کلید تیغه‌ای (چاقویی)

2- کلید پاكو (کلید گردان)

3- کلید فیوز

4- کلید خودکار

5- کلید محافظ موتور

6- کلید مغناطیسی (کنتاکتور)

1- کلید دستی

1- کلید تیغه‌ای

با تمام مزایایی که کلید خودکار نسبت به کلید تیغه‌ای دارد، این کلیدها نیز به علت سادگی و ارزانی بخصوص همراه با فیوز مورد استعمال زیاد دارد.

کلید تیغه‌ای در تاسیسات روباز برای جریانهای از 100 تا 4000 آمپر و تا یک کیلو ولت کار برده می‌شود و دارای این مزیت است که اولاً قطع کنتاکتهای کلید حتی از فاصله نسبتاً زیاد نیز به آسانی آشکار می‌شود. در ضمن رساندن برق از یک شین به شین دیگر را میسر و ممکن می‌سازد. (کلید تیغه‌ای دو طرفه یا تبدیل).

این کلیدها بخصوص برای برق رسانی به موتورهای یکفاز و وسایل برقی جریان دایم بسیار مناسب است.

در موتورهای سه فاز بهتر است از کلید تیغه‌ای استفاده نشود زیرا موتور در اثر سوختن یکی از فیوزها یکفاز کار می‌کند و ممکن است بسوزد. کلید تیغه‌ای مخصوص جریان دایم علاوه بر تیغه اصلی جریان رسان دارای یک تیغه اتصال لحظه‌ای نیز می‌باشد که عمل آن قطع و بریدن جرقه در موقع قطع کلید است.

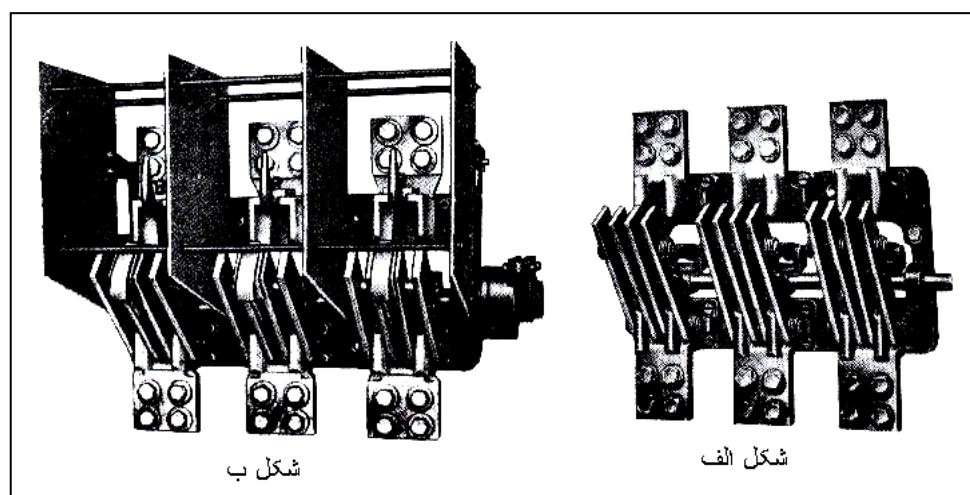
کلیدهای تیغه‌ای مخصوص جریان متناوب یکفاز و سه فاز فاقد چنین تیغه اضافی می‌باشند زیرا این کلیدها جریان متناوب را فقط در زمان عبور جریان از صفر قطع می‌کنند. کلیدهای تیغه‌ای مدرن امروزی طوری ساخته می‌شوند که تیغه و کنتاکت در یک امتداد قرار گیرند و ایجاد یک خم در مسیر جریان نکنند زیرا خم‌ها

در جریان اتصال کوتاه ایجاد نیروی دینامیکی بسیار شدیدی در کلید می‌کنند که اغلب باعث باز شدن بی‌موقع کلید می‌شود. در ضمن بخاطر بهتر کنتاکت کردن و بهتر خنک کردن تیغه‌ها و بالا بردن استقامت الکتریکی کلید تیغه متحرک از چند چاقوی موازی ساخته می‌شود. کلیدهای تیغه‌ای قادر به قطع جریان اتصال کوتاه نیستند. اگر در موقع عبور جریان اتصال کوتاه تیغه از کنتاکت رها شود جرقه بین دو کنتاکت مدتی می‌ایستد و باعث سوختن کلید می‌گردد. در موقع نصب کلید تیغه‌ای باید دقت شود تا آنجا که ممکن است همیشه جریان به کنتاکت ثابت وصل شود، به طوری که تیه‌ها در موقع قطع کلید بدون ولتاژ باشند. از کلیدهای تیغه‌ای می‌توان به عنوان کلید بار و یا کلید بدون بار در شبکه فشار ضعیف و برق رسانی از یک تابلو به تابلوی دیگر استفاده کرد. در صورتی که کلید تیغه‌ای فقط به عنوان کلید بدون بار استفاده شود، فاقد محفظه جرقه گیر خواهد بود.

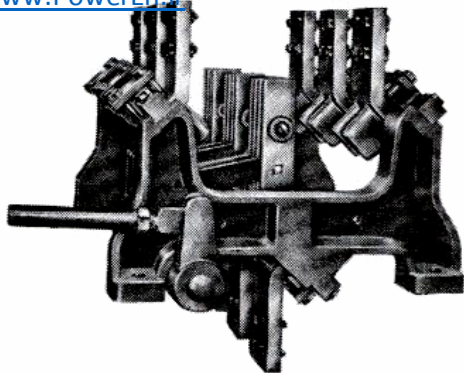
جدول زیر جریان نامی و استقامت الکتریکی اتصال کوتاه کلیدهای تیغه‌ای بدون بار و بار را نشان می‌دهد.

جریان مجار به‌مور	100 A	160 A	250 A	400 A	630 A
مور	6 – 100 A	63 – 160 A	80 – 250 A	125 – 400 A	300 – 630 A
ولتاژ	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V

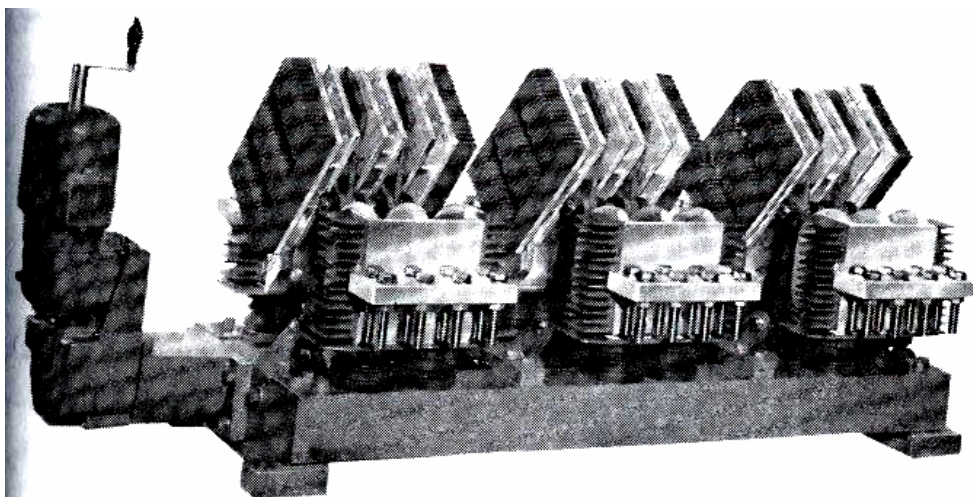
شکل زیر الف کلید تیغه‌ای بدون بار سه فاز را برای جریان نامی 3150 آمپر نشان می‌دهد.



شکل ب کلید تیغه‌ای سه فاز برای قطع زیر بار را برای جریان نامی 2000 آمپر نشان می‌دهد. چنانچه دیده می‌شود کلید بار دارای دیواره‌های عایقی جدا کننده بین کنتاکتهای جریان رسان

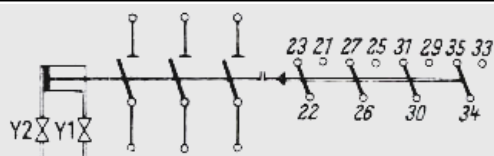


می‌باشد و شکل زیر کلید تبدیل بدون بار تیغه‌ای را نشان می‌دهد. این کلید برای ارتباط مصرف کننده با دوشین بسیار مناسب است. شکل بعدی یک کلید تیغه‌ای مخصوص نیروگاههای هسته‌ای را برای جریان 8000 آمپر و 3 هزار ولت نشان می‌دهد.

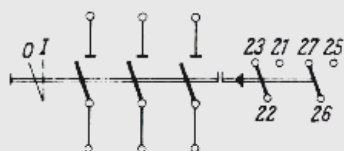


این کلید دارای فرمان از دور (فرمان موتوری) و فرمان از نزدیک (دستی اضطراری) می‌باشد.

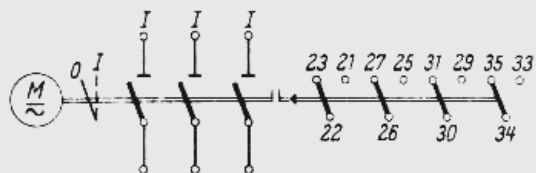
شکل مقابل کلید تیغه‌ای سه فاز با فرمان دستی کمپرسی و موتوری را به طور شماتیک نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)



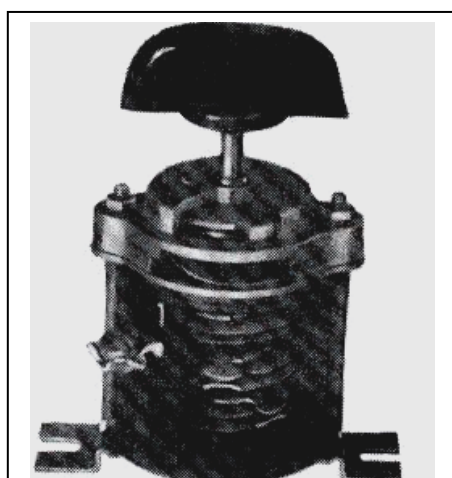
(پ)

جدول زیر مشخصات کلید تیغه‌ای بدون بار را نشان

جریان نامی A	400	630	1000	1600	2000	3150	4000	6000	8000	9000	12000
جریان صربه‌ای kA	60	95	120	140	160	200	200	200	200	200	260

این کلید که برای آمپرهای کم (تا 100 آمپر) ساخته می‌شود، یک کلید قابل قطع زیربار است و به همین جهت هر یک از کنتاکتهای جریان رسان مربوط به یک قطب در یک محفظه عایقی مخصوص به خود، به طور انفرادی نصب شده است. به طوری که هر محفظه جرقه گیر با کنتاکتهای خود یک عنصر مستقل (یک کنتاکتور) را تشکیل می‌دهد. و می‌توان با نصب تعداد زیادی از این کنتاکت دهنده‌ها روی یک محور، انواع اتصالاتی ها و برق رسانی‌های ممکن را به وجود آورد و در مدارهای پیچیده فرمان از آن به راحتی استفاده کرد. نصب کلید پاکو در تابلو (روی تابلو با در داخل تابلو) بسیار ساده است و به علت اینکه کنتاکت‌ها پشت سر هم قرار گرفته‌اند جایگیری آن در تابلو نسبت به کلیدهای تیغه‌ای مشابه خود بسیار کمتر است.

جدول زیر مشخصات کلید پاکو را نشان می‌دهد.



جریان نامی = جریان دائمی A	جریان مجاز وصل در					
	جریان مسابوب ($\cos \varphi = 0,7$ تا 1)			جریان دائم		
	125 V A	220 V 380 V A	500 V A	110 V A	220 V A	440 V A
16	16	16	10	16	16	10
25	25	25	20	25	25	20
40	40	40	30	40	40	25
63	63	63	45	63	63	45
100	100	80	63	100	80	63

جدول مقابل مشخصات فیوزهای

مختلف را که برای حفاظت شبکه در

مقابل جریان اتصال کوتاه بدنال کلید

نصب می‌شود

نشان می‌دهد

VDE 0102					
ماکسیموم I_k [kA] اتصال کوتاه مسابوب					
جریان نامی کلید A	5 kA	10 kA	15 kA	25 kA	30 kA
	تسوزنیکی				
16	35	35	35	35	35
25	63	50	35	35	25
40	63	63 | 50	50	50	35
63	80	80 | 63	80 | 63	63	63
100	— | 125	— | 125	100	100	100
	نیوز NH-				
	A	A	A	A	A
16	50	50	50	50	50
25	80	63	50	50	25
40	80	63	63	63	50
63	125	80	80	80	80
100	160	160	160	160	160

Cam - operated switches Standard diagram

Standard switches, available for prompt delivery in flush and rear mounting version A.... The diagram number forms part of the type number of the switches, in the last two positions.

For example a three-pole linechange-over switch (diagram 07) in 25 Amp. series (A.2500) is identified by the type number A.2507.

Designation	Diagram	Elements no. for series						
		1600	2000	2500	3200	4000	6300	10000
Single-pole switch	01	1	1	1	1	1	1	1
Double-pole switch	02	1	1	1	1	1	1	2
Three-pole switch	03	2	2	2	2	2	2	3
Four-pole switch	04	2	2	2	2	2	2	4
Single-pole change-over switch	05	1	1	1	1	1	1	2
Double-pole change-over switch	06	2	2	2	2	2	2	4
Three-pole line change-over switch	07	3	3	3	3	3	3	6
Three-pole reversing switch	08	3	3	3	3	3	3	5
Pole changing switch	09	4	4	4	4	4	4	7
Star-delta change-over switch	10	4	4	4	4	4	4	7
Pole changing and reversing switch	11	6	6	6	6	6	7	
Star-delta change-over and reversing switch	12	6	6	6	6	6		
Pole changing and star-delta change-over switch	13	6	6	6	6	6		
Amperometric change-over switch	14	5	5	5	5	5		
PHASE-NEUTRAL voltmetric change-over switch	15	2	2	2				
PHASE-PHASE voltmetric change-over switch	16	2	2	2				
PHASE-PHASE voltmetric change-over switch for 2 three-phase voltages	17	4	4	4				
PHASE-PHASE and PHASE-NEUTRAL voltmetric change-over switch	18	3	3	3				
PHASE PHASE and 1 PHASE-NEUTRAL voltmetric change-over switch	19	3	3	3				
Single-pole amperometric change-over switch for 1 divider	20	1	1	1	1	1		
Single-pole amperometric change-over switch for 2 dividers	21	2	2	2	2	2		
Single-pole amperometric change-over switch for 3 dividers	22	3	3	3	3	3		
Single-pole amperometric change-over switch for 4 dividers	23	4	4	4	4	4		
Two-pole amperometric change-over switch for 2 dividers	24	3	3	3	3	3		
Two-pole amperometric change-over switch for 3 dividers	25	5	5	5	5	5		
Two-pole amperometric change-over switch for 4 dividers	26	6	6	6	6	6		
Commutator for wattmeter	27	5	5	5	5	5		
Commutator for power-factor meter	28	5	5	5	5	5		
Commutator for remote control switch	29	1	1	1				
Commutator for remote control reverser operation	30	2	2	2				
Switch for single-phase motor with auxiliary phase	31	2	2	2				
Reverser for single-phase motor with auxiliary phase	32	3	3	3				
Pole changing switch for single-phase motor with auxiliary phase	33	3	3	3				
Reverser for single-phase motor with centrifugal cut-out switch	34	3	3	3				
Three-pole switch with break self-return	35	2	2	2				
Three-pole reverser with break self-return	36	3	3	3				
Star-delta starter with self-return to "0" position from star position	37	4	4	4				
Star-delta starter with counter-current braking	38	5	5	5				
1 pole change over switch 4 positions, without "O"	CM 14	2	2	2	2	2	2	
1 pole change over switch 8 positions, without "O"	CM 18	4	4	4	4	4	4	

استاندارد کلیدهای تولیدی که مونتاژ و تحویل سریع آنها قابل دسترسی است، به شرح ویژه زیر می باشد:

برای مثال: یک کلید سه فاز یکطرفه ۲۵ آمپر از سری A2500 که باکد 03 در ردیف ۳ جدول فوق می باشد به صورت A2503 خوانده می شود. برای انتخاب سایر حالت های کلید در آمپر های مختلف می توان از شرح و جدول فوق استفاده نمود.

Cam - operated switches Utilization table

کلیدهای گردان برق صنعتی
لوح کاربری

Utilization categories	V	A.1600		A.2000		A.2500		A.3200		A.4000		A.6300		A.100.00	
		KW	hp	KW	hp	KW	hp	KW	hp	KW	hp	KW	hp	KW	hp
AC1 Non-inductive or slightly inductive loads (resistance furnaces, lighting circuits)	110	2,5	-	3	-	3,5	-	4,4	-	5,5	-	8,2	-	13,2	-
	220	4,4	-	5,5	-	7	-	8,8	-	11	-	16,4	-	26,4	-
	380	7,5	-	9,5	-	12	-	15,2	-	19	-	28,5	-	45,6	-
	500	11	-	12,5	-	16	-	20	-	25	-	37,5	-	60	-
AC2 Slip-ring motors: starting and reversing the motor rapidly while the motor is running.	110	2,2	3	2,8	3,8	3,2	4,3	5	6,8	6,2	8,5	10	13,5	13	17,5
	220	4,5	6	5,5	7,5	6,6	9	10	13,5	12,5	17	20	27	26	35
	380	7,4	10	9	12	11,7	16	17	23	20	27	33	45	44	59,5
	500	10	13,5	11,7	16	15,4	21	22	30	28	37	44	60	60	81,5
AC3 Squirrel-cage motors: starting, switching off motors during running.	110	1,8	2,5	2,2	3	2,5	3,5	4	5,5	5,1	7	8	11	11	14,5
	220	3,7	5	4,4	6	5,5	7,5	8	11	10,3	14	16	22	22	29
	380	6,3	8,5	7,4	10	9,5	13	14	19	17,6	24	28	38	37	50
	500	8	11	9,5	13	12,5	17	18,4	25	23,5	32	37	50	50	68
AC4 Squirrel-cage motors: starting, plugging, inching	110	1,4	2	1,7	2,3	2	2,7	3	4	3,8	5,2	6,1	8,3	7	10
	220	2,7	3,7	3,3	4,5	4	5,5	6,1	8,3	7,7	10,5	12	16,5	17,5	24
	380	4,7	6,5	5,5	7,5	6,9	9,5	10,3	14	13,2	18	21,3	29	30	41
	500	6	8,2	7,1	9,7	9,2	12,5	14	19	17,6	24	28	37	40	54
SINGLE PHASE	110	1	1,4	1,3	1,8	1,6	2,2	2,3	3,2	3	4,2	5,1	7	3,5	5
	220	2,1	2,8	2,6	3,5	3,3	4,4	4,6	6,2	6,1	8,4	10,3	14	8,5	12
	380	3,6	4,9	4,5	6,2	5,7	7,7	8	10,8	10,7	14,5	17,6	24	15	20,5
	500	4,8	6,5	6	8	7,5	10	10,4	14	14	19	22,8	31	20	27

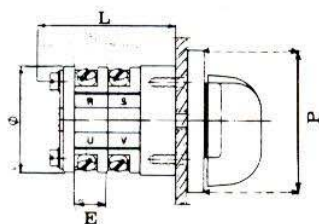
AC2: for utilizations if the heigher value of the making and breaking current is 2,5 I_e.

AC3: when the heigher value of the making current is 6 I_e and the heigher value of the breaking current is I_e.

AC4: for heavier duties, when the higher value of the making and breaking current is 6 I_e.

dimensios of the bodies

اندازه بدنه کلیدها



series	∅ .mm	L .mm	P .mm	E .mm
A.1600	39	51	52X52	12
A.2500-4000	57	64	75X75	17
A.6300	82	85	105X105	25
A.10.000	82	110	105X105	25

DIAGRAM FOR STANDARD SWITCHES CAM-OPERATED

کلید تک فاز یکطرفه

01

Single - pole switch
Einpoliger Ausschalter



		1	POS
		0	
1	2	CONT	
I		ELEM	

کلید دو فاز یکطرفه

02

Double - pole switch
Zweipoliger Ausschalter

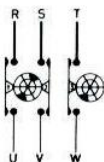


			1	POS
			0	
1	2	CONT		
I		ELEM		

کلید سه فاز یکطرفه

03

Three - Pole switch
Dreipoliger Ausschalter

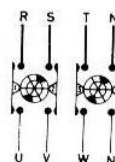


				1	POS
				0	
1	2	3	4	CONT	
I				ELEM	

کلید سه فاز و نول یکطرفه

04

Four - pole switch
Vierpoliger Ausschalter



					1	POS
					0	
1	2	3	4	CONT		
I				ELEM		

کلید تک فاز دو طرفه

05

Single - pole line change over switch
Einpoliger Umschalter

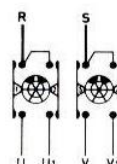


		2	POS
		0	
		1	
1	2	CONT	
I		ELEM	

کلید دو فاز دو طرفه

06

Double - pole line change over switch
Zweipoliger Umschalter

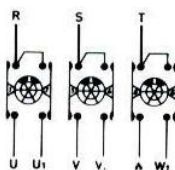


			2	POS
			0	
			1	
1	2	3	4	CONT
I				ELEM

کلید سه فاز دو طرفه

07

Three - Pole line change over switch
Dreipoliger Umschalter

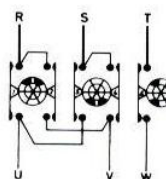


				2	POS
				0	
				1	
1	2	3	4	5	6
I					ELEM

کلید سه فاز چپ گرد و راستگرد

08

Three - pole reversing switch
Wendeumschalter dreipolig



				2	POS
				0	
				1	
1	2	3	4	5	6
I					ELEM

DIAGRAM FOR STANDARD SWITCHES CAM-OPERATED

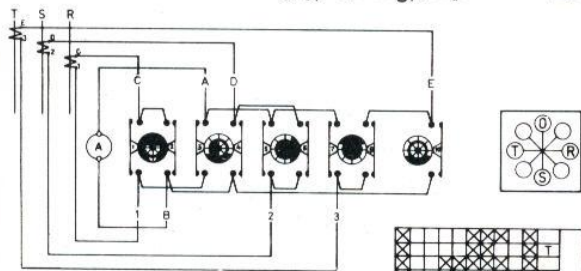
کلید سه فاز دو سرعت 09 Pole changing switch Polumschalter eine Drehrichtung <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>ELEM.</td><td colspan="9"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	ELEM.										کلید ستاره مثلث 10 Star-Delta starter Stern-Dreieckschalter eine Drehrichtung <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>ELEM.</td><td colspan="9"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	ELEM.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	ELEM.																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	ELEM.																																																							
کلید چپ گرد و راستگرد دوسرعت 11 Pole changing and reversing switch Polumschalter und Drehrichtungsumkehr <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td><td>ELEM.</td><td colspan="8"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	V	VI	ELEM.									کلید ستاره مثلث چپگرد و راستگرد 12 Star-Delta starting and reversing switch Stern-Dreieckschalter beide Drehrichtungen <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td><td>ELEM.</td><td colspan="8"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	V	VI	ELEM.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.																																																					
کلید دالاندر 13 Pole changing and Star-Delta starting Polumschalter SD-Anlauf <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td><td>ELEM.</td><td colspan="8"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	V	VI	ELEM.									کلید سنجش آمپر برای آمپر متر بدون ترانس کوران 14 Amperometric change over switch for direct measure Ampere-Umschalter zur direkten Strommessung <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td><td>ELEM.</td><td colspan="8"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	V	VI	ELEM.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.																																																					
کلید ولت بین فاز و نول 15 Voltmetric change over switch Phase - Neutral Voltmeter-Umschalter Phase - Null <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>ELEM.</td><td colspan="9"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	ELEM.										کلید ولت بین فاز و فاز 16 Voltmetric change over switch Phase - Phase Voltmeter-Umschalter Phase - Phase <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>CONT.</td><td>POS.</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>ELEM.</td><td colspan="9"></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.	I	II	III	IV	ELEM.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	ELEM.																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CONT.	POS.																																														
I	II	III	IV	ELEM.																																																							

DIAGRAM FOR STANDARD SWITCHES CAM-OPERATED

کلید ولت بین فاز و فاز برای دو ولتاژ سه فاز 17 Voltmetric change over switch Phase - Phase for 2 three-phase voltages Voltmeter - Umschalter Phase fur zwei Drehstromnetze <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM					کلید ولت بین فاز و فاز و هر فاز و نول 18 Voltmetric change over switch Phase - Phase - Neutral Voltmeter-Umschalter Phase - Phase - Mp <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM				
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
کلید ولت بین یک فاز با نول و فاز و فاز 19 Voltmetric change over switch Phase - Neutral - Phase - Phase Voltmeter-Umschalter P Phase - Mp - Phase - Phase <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM					کلید تکفاز آمپر متر 20 Single-pole amperometric change over switch for 1 divider Amperemeter-Umschalter fur 1 Phase Stromwandler-kreis oder 1 Phase <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM				
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
کلید دوفاز آمپر متر 21 Single-pole amperometric change over switch for 2 dividers Amperemeter-Umschalter fur 2 Stromwandlerkreise <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM					کلید سه فاز آمپر متر با ترانس کوران 22 Single-pole amperometric change over switch for 3 dividers Amperemeter-Umschalter fur 3 Stromwandlerkreise <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM				
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
کلید سه فاز و نول آمپر متر 23 Single pole amperometric change over switch for 4 dividers Amperemeter-Umschalter fur 4 Stromwandlerkreise <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM					کلید دوپل دو فاز آمپر متر 24 Two-pole amperometric change over switch for 2 dividers Amperemeter-Umschalter fur 2 Phasen direkt Stromwandlerkreise oder 2 Phasen direkt <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>CONT</td> </tr> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td colspan="4">ELEM</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	CONT	I	II	III	IV	ELEM				
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT																													
I	II	III	IV	ELEM																																	

DIAGRAM FOR STANDARD SWITCHES CAM-OPERATED

کلید دوپل سه فاز آمپر متر 25

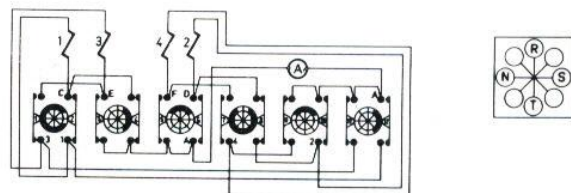


Two-pole amperometric change over switch
for 3 dividers

Amperemeter-Umschalter für 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

کلید دوپل سه فاز و نول آمپر متر 26



Two-pole amperometric change over switch
for 4 dividers

Amperemeter-Umschalter für 4

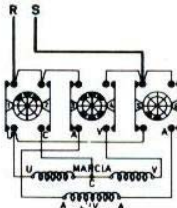
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

DIAGRAM FOR STANDARD SWITCHES CAM-OPERATED

Pole change switch for single-phase motor with auxiliary phase
Polumschalter für 1 Phasenmotor mit Hilfsphase

کلید تکفاز دو طرفه با فاز کمکی فرمان

33

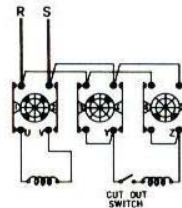


1	2	3	4	5	6	POS.
1	2	3	4	5	6	CONT.
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.

Reverser for single-phase motor with centrifugal cut-out switch
Drehrichtungs-Umschalter für 1 Phasenmotor mit Fliehkraftschalter

کلید تکفاز چپگرد و راستگرد با قطع کننده گریز از مرکز

34

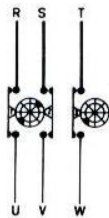


1	2	3	4	5	6	POS.
1	2	3	4	5	6	CONT.
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.

Three-pole switch with break self-return
Ausschalter dreipolig mit Rückzug nach Null

کلید سه فاز یکطرفه خودبرگشت

35

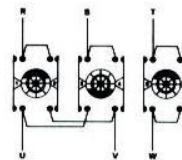


1	2	3	4	POS.
1	2	3	4	CONT.
I	II	III	IV	ELEM.

Three-pole reverser with break self-return
Umschalter dreipolig mit Rückzug nach Null

کلید سه فاز چپگرد و راستگرد خودبرگشت

36

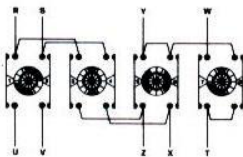


1	2	3	4	POS.
1	2	3	4	CONT.
I	II	III	IV	ELEM.

Star-Delta Starter with self-return to "O" position from Star position
Stern-Dreieckschalter mit Rückzug von Stern nach Null

کلید ستاره مثلث خودبرگشت از ستاره به صفر

37

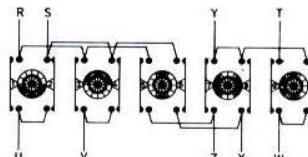


1	2	3	4	5	6	POS.
1	2	3	4	5	6	CONT.
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.

Star-Delta Starter with counter-current brake
Stern-Dreieckschalter mit Gegenstrombremse

کلید ستاره مثلث با ترمز در جهت مقابل جریان

38

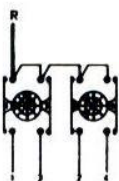


1	2	3	4	5	6	POS.
1	2	3	4	5	6	CONT.
I	II	III	IV	V	VI	ELEM.

1 pole change over switch
4 positions, without "O"
Stufenschalter ohne 0 einpolig, 4 Stufen

کلید تکفاز چهارحالتی بدون صفر

CM 14

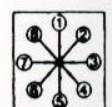
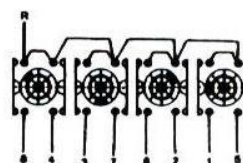


1	2	3	4	POS.
1	2	3	4	CONT.
I	II	III	IV	ELEM.

1 pole change over switch
8 positions, without "O"
Stufenschalter ohne 0 einpolig, 8 Stufen

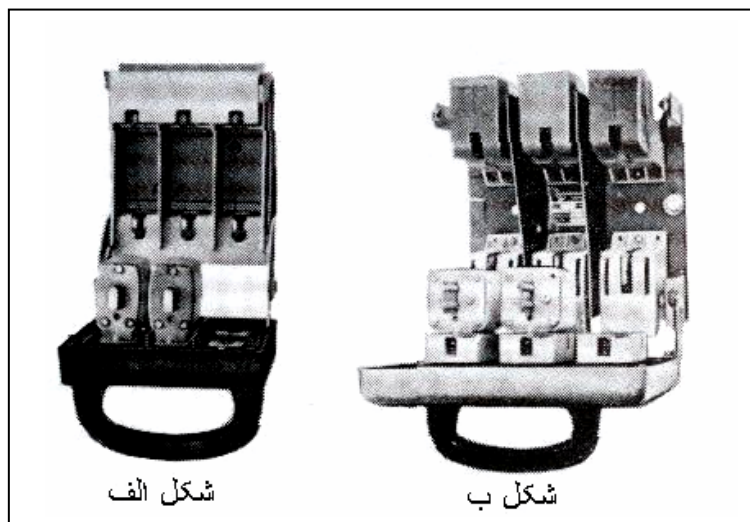
کلید تکفاز هشت حالتی بدون صفر

CM 18



1	2	3	4	5	6	7	8	POS.
1	2	3	4	5	6	7	8	CONT.
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	ELEM.

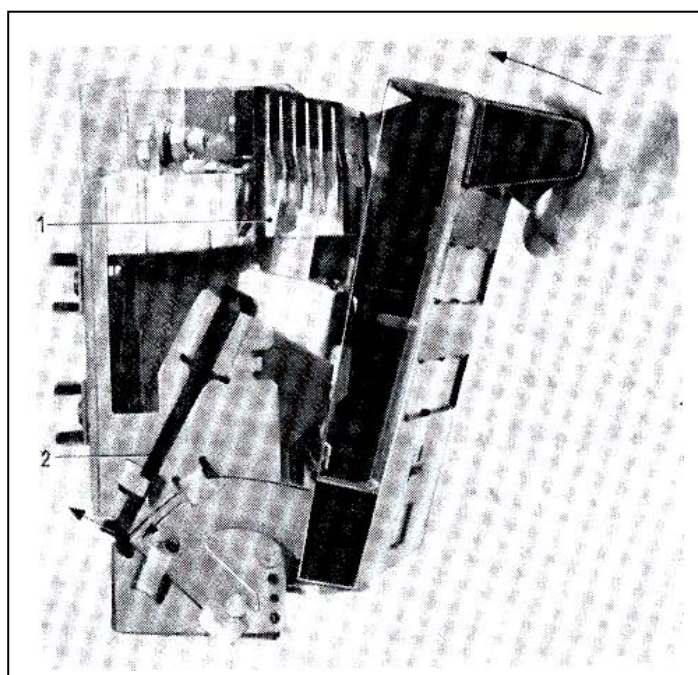
3- کلید فیوز



بیشتر حوادث در شبکه فشار ضعیف که منجر به برق گرفتگی می شود مربوط به قوس الکتریکی است که در موقع تعویض فیوز (در آوردن فیوز زیر بار و یا جا انداختن آن در زیر جریان اتصال کوتاه) به وجود می آید. لذا برای

جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می آید. لذا برای جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می آید بهتر و مناسبتر است بجای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود.

در ضمن در موقعی که جریان اتصال کوتاه شبکه یا مصرف کننده پشت فیوز خیلی زیاد باشد (تا $K A$ 100) اجبارا باید به جای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود. زیرا قدرت قطع فیوزهای $N H$ از 6 تا 600 آمپر همگی خیلی زاد و در حدود 100 KA موثر می باشد. کلید فیوز می تواند از نوع کلید بدون بار (شکل زیر الف) و یا کلید قابل قطع زیر بار (شکل زیر ب) باشد.



چنانچه شکل بالا ب نشان می دهد کلید فیوز قابل قطع زیر بار مجهز به محفظه جرقه گیر مخصوص در هر فاز می باشد و طروی طراحی شده است که تیغه ها قبل از خاموش شدن جرقه از محفظه جرقه گیر خارج نشوند. شکل زیر یک کلید فیوز قابل قطع زیر بار را در موقع قطع بار نشان می دهد . کلید فیوز نسبت به کلید خودکار ارزاتر و از نظر جایگیری و ابعاد کوچکتر است. لذا مورد استعمال آن در تاسیسات برق فشار ضعیف و توزیع برق در

کارخانجات روشنایی و پستهای ترانسفور ماتور و خطوط انتقال انرژی شعاعی و باز بسیار زیاد است.

یکی دیگر از محاسن فیوزهای NH محدود کردن جریان اتصال کوتاه است. به عبارت دیگر فیوز NH بخاطر ساختمان داخلی آن جریان اتصال کوتاه را قبل از رسیدن به ماکسیموم شدت جریان قطع می کند. $I_{SW} = 100KA$ باشد، ماکسیموم جریان ضربه ای اتصال کوتاه مدار با فرض $x = 1,5$ پایه های کلید فیوز طبق نرم VDE 0666 برای جریانهای 100 تا 630 آمپر ساخته می شود که در آنها طبق جدول زیر فیوزهای مختلفی می تواند کار گذارده شود.

2- کلید خودکار

الف - مقدمه

کلیدهایی که فوقا به آن اشاره شد فقط در ارتباط با فیوز برای حفاظت دستگاهها و سیستمهای مختلف برق رسانی بکار برده می شود ولی نظر به اینکه اولاً فیوز نمی تواند همیشه عمل حفاظت موضعی و سلکتیو را در انواع مختلف شبکه ها و رساناها به طور کامل و بدون خطا انجام دهد و در ثانی به علت اینکه در شبکه سه فاز در موقع عبور جریان زیاد و یا بار زیاد اغلب قطع سه فاز لازم و ضرور است نمی توان همیشه از کلید و فیوز استفاده کرد. در ضمن در بعضی از شبکه های برق رسانی باید به محض برگشت جریان و یا کم شدن و افت بیش از مجاز ولتاژ، مدار جریان به طور خودکار قطع گردد. در چنین حالاتی فقط می توان از کلید خودکار استفاده کرد.

کلید خودکار علاوه بر آنچه که فوقا به آن اشاره شد نسبت به کلید و فیوز دارای مزایای دیگری به شرح زیر می باشد.

1- کلید خودکار پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد و یا بار زیاد و یا هر عامل دیگری بلافاصله مجددا آماده برای بهره برداری می باشد.

2- با کمک کنتاکت های فرعی که در آن تعبیه شده می توان وضعیت کلید را در هر حالت (قطع و یا وصل) توسط زیگنال تعیین کرد و در اطاق فرمان منعکس نمود.

3- ساختمان این کلید طوری است که اگر کلید را به روی یک مدار اتصال کوتاه شده ای بندیم در ضمن بسته شدن نیز رله جریان زیاد کلید، به سرعت و بدون درنگ مدار را قطع می کند.

در اثر تحقیقات زیادی که در این اواخر روی این نوع کلید بخصوص در محفظه جرقه گیر آن شده است، این کلید قادر است جریان های اتصال کوتاه را که حتی به 100 برابر جریان نامی آن می رسد نیز بدون خسارت

دیدن کلید قطع کند و چنانچه دیده می شود این کلید از قدرت قطع فوق العاده ای برخوردار است و بدین جهت می توان به درستی به آن کلید قدرت در فشار ضعیف گفت.

بعضی از این کلیدها در جریانهای زیاد دارای سه کنتاکت به اسامی کنتاکت اصلی (کنتاکت جریان رسان) و کنتاکت فرعی و کنتاکت جرعه گیر می باشد. شکل زیر این سه کنتاکت را نشان می دهد. و برخی نیز فقط دارای یک کنتاکت برای قطع و وصل هستند که ممکن است در جریانهای زیاد از چند تیغه موازی تشکیل شده باشد. هر یک از تیغه های مربوط به یک قطب در یک محفظه سوفا لی (سرامیک) جداگانه قرار دارد. و در نتیجه هیچگاه جرعه بین کنتاکتهای یک قطب کلید موجب اتصال کوتاه شدن در کلید نمی شود.

در کلید خودکار بخصوص در جریانهای زیاد اغلب از بوبین دمنده استفاده می شود در بعضی از کلیدها تیغه ها طوری در موقع بسته شدن روی هم مالش پیدا می کنند که در ضمن خاص باعث تمیز شدن کنتاکتها و کم شدن مقاومت عبور نیز می گردد. در ضمن فنر مارپیچی محکمی که به مدار جریان رسان ربطی ندارد باعث فشردن کنتاکتها به هم می شوند. سرعت قطع و وصل فقط بستگی به سختی و نرمی فنر دارد.

ب - کلید خودکار با رله جریان زیاد و بار زیاد

این کلیدها در تاسیسات روشنایی و برق صنعتی بخصوص برای حفاظت کابل و سیم و ماشین آلات صنعتی در مقابل بار زیاد و جریان اتصال کوتاه و همچنین در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتورهای محلی برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل خطرات خارجی (اتصال کوتاه و بار زیاد) بکار برده می شود.

رله بار زیاد در این کلید یک رله حرارتی (بیمتال) است که ممکن است به طور مستقیم با جریان اصلی (در کلیدهای خودکار با جریان تا 400 آمپر) و یا به طور غیرمستقیم توسط جریان رکوندر ترانسفورماتور جریان تغذیه شود.

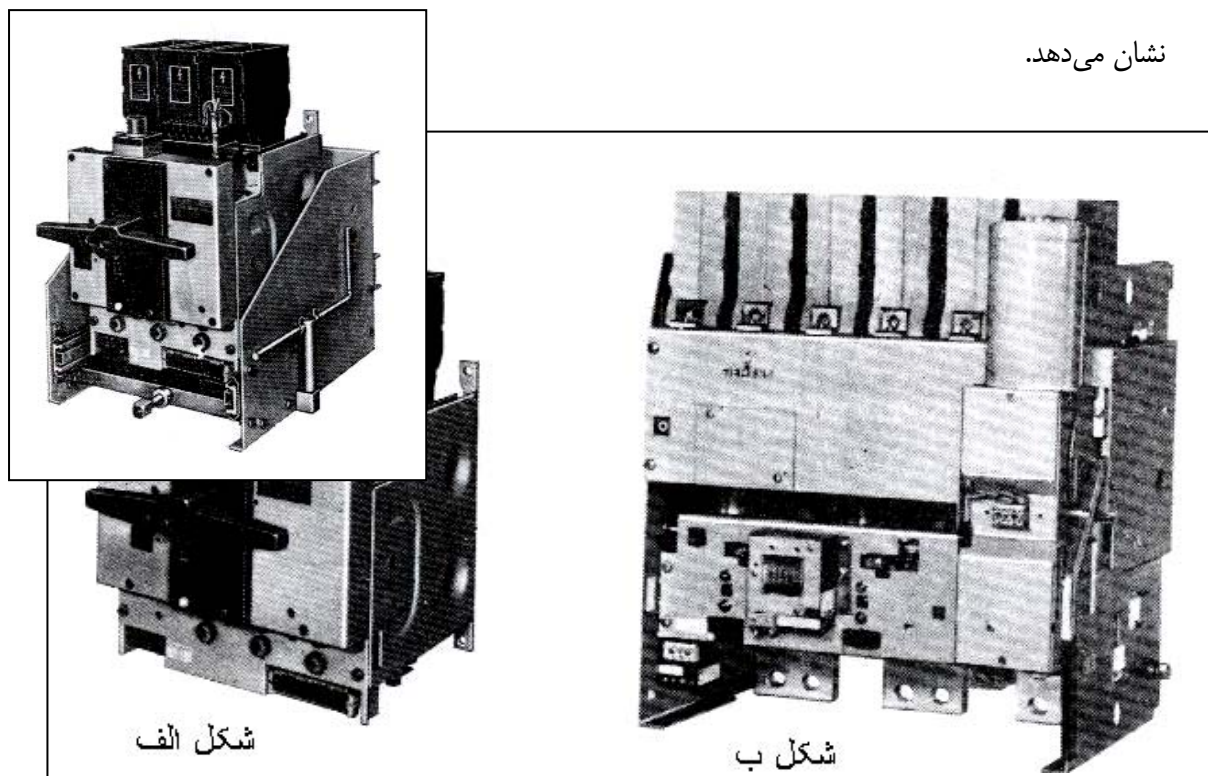
این رله در اثر تغییر شکل پیدا کردن (خم شدن) به کمک یک ارتباط مکانیکی باعث قطع کلید می شود. نقطه کار این رله بین $10/5$ تا $1/2$ برابر جریان نامی است.

با اینکه برای حفاظت شبکه و تاسیسات سه فاز در مقابل بار زیاد دو رله حرارتی کافی است ولی به خاطر اینکه به این کلید حفاظت در مقابل اتصال زمین نیز منظور گردد، همیشه از سه رله بار زیاد استفاده می شود. رله جریان زیاد کلید خودکار که بخصوص برای حفاظت سیستمها در مقابل اتصال کوتاه بکار برده می شود یک رله الکترومغناطیسی قابل تنظیم تا چند برابر جریان نامی (مثلا 2-3 برابر جریان نامی) است که با رله

حرارتی به طور سری قرار دارد و بخاطر قطع سریع کلید مستقیماً به روی مکانیسم قطع کلید (چفت و بست پشت فتر کلید) اثر می‌کند. را نشان می‌دهد. کلید خودکار جریان زیاد پرمصرف ترین کلیدهای جریان زیاد در شبکه و تاسیسات برقی است. این کلیدها با فرمان دستی (اهرمی) موتوری و کمپرسی و به صورت کشویی سه قطبه یا چهار قطبه ساخته می‌شوند.

شکل الف - کلید خودکار چهار قطبه با فرمان دستی 1250 آمپری را

نشان می دهد.



شکل ب - کلید خودکار با فرمان موتوری و 3150 آمپری را نشان می‌دهد.

شکل ج کلید خودکار کشویی، را نشان می‌دهد.

جدول صفحه بعد جریان نامی و استقامت الکتریکی کلید خودکار سه فاز را نشان می‌دهد.

شکل زیر یک کلید خودکار کشویی با فرمان موتوری ساخت زیمنس برای جریان 3150 آمپر را نشان می‌دهد.

[illegible]

80	80	60	50	50	40	40	30	22	10	14	5	/5	استقامت
						50	50	42	35	22		2	الکتریک
													ی بر
													حسب
													kA

در صورتی که اگر کلید خودکار علاوه بر رله بار زیاد و رله الکترومغناطیسی جریان زیاد بدون تاخیر در قطع، مجهز به رله قطع سریع نیز باشد که جریان قطع آن چند برابر است.

پ - کلید خودکار با رله ولتاژ کم

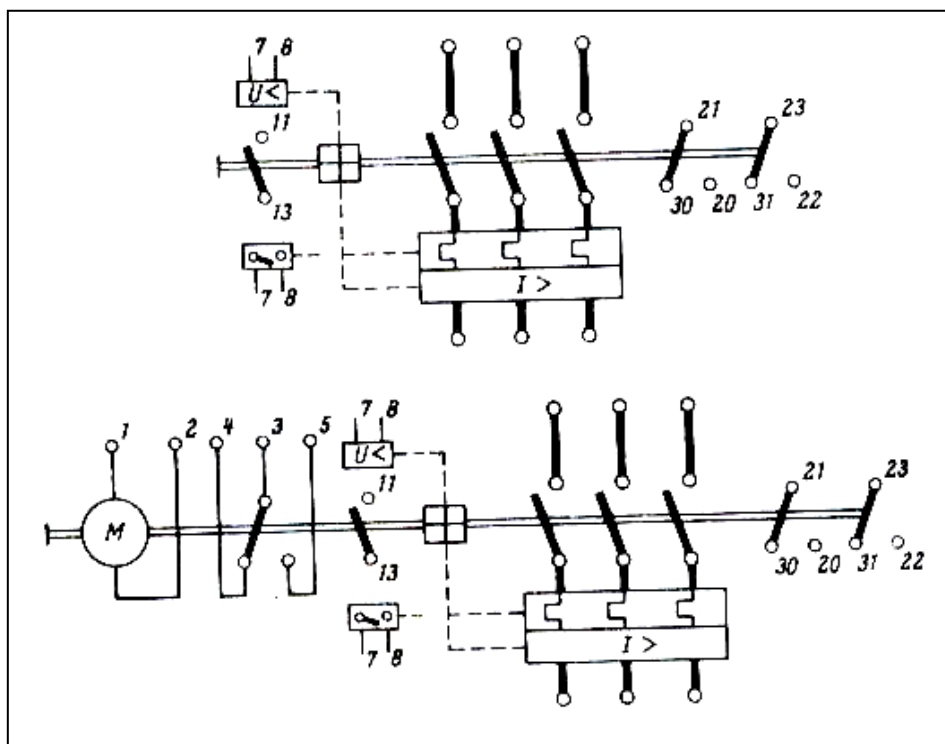
این کلید علاوه بر قطع کننده‌های جریان زیاد و بار زیاد مجهز به یک رله ولتمتری (رله ولتاژ کم) نیز می‌باشد.

مورد استعمال این کلید در محلی است که افت ولتاژ بیش از مجاز برای مصرف کننده الکتریکی خطرناک باشد و یا اصولاً در موقع قطع ولتاژ شبکه، ارتباط مصرف کننده‌ها با شبکه قطع گردد، تا در موقع برگشت مجدد و غیرمترقبه ولتاژ موتورهای الکتریکی موجود در شبکه خود سرانه و به طور ناگهانی بکار نیافتند. زیرا همانطور که می‌دانیم اغلب موتورها بخصوص موتورهای اسنکرون بار تور سیم پیچی شده احتیاج به یک راه اندازی صحیح دارند تا از سوختن آنها در موقع راه‌اندازی جلوگیری شود. برای جلوگیری از قطع بی موقع کلید در اثر تغییرات کوچک ولتاژ و تغییرات آنی و زودگذر اولاً نقطه کار رله ولتاژ کم در حدود 70% - 60 ولتاژ

نامی انتخاب می‌شود. در ثانی

کلید مجهز به یک رله تاخیری نیز می‌باشد.

شکل زیر کلید خودکار با رله جریان زیاد و بار زیاد و ولتاژ کم را به طور شماتیک با



فرمان دستی و موتوری نشان می‌دهد.

ت - کلید خودکار با قطع کننده برگشت جریان

این کلید بهترین وسیله برای اتصال موازی ژنراتورهای جریان دایم و یا یک سری باتری است که به طور موازی روی شبکه واحد کار می‌کنند و باعث می‌شود که در اثر افت اختلاف سطح در یکی از ژنراتورها یا افت ولتاژ در یک ردیف از باتری‌ها جریان به جهت عکس کشیده نشود و به اصطلاح ژنراتور موتور کار نکند. در این کلیدها علاوه بر رله جریان زیاد و بار زیاد یک رله مغناطیسی دیگری نیز نصب شده که با جهت جریان متاثر می‌شود. این قطع کننده دارای دو پیچک مختلف است که یکی با جریان اصلی و دیگری با ولتاژ ثابت (ولتاژ نامی شبکه) تغذیه می‌شود و برحسب جهت جریان، حوزه مغناطیسی این دستگاه با هم جمع و یا از هم کم می‌شود و در یکی از حالت‌های باعث قطع کلید به طور خودکار می‌گردد.

ث - کلید خودکار با رله جریان کم

این کلیدها برای شارژ باتری بکار برده می‌شوند. رد این کلید از یک بوبین مغناطیسی استفاده شده که جریان شارژ باتری از آن می‌گذرد و باعث نگهداشتن کلید می‌شود و به محض اینکه جریان شارژ باتری به علت پر شدن باتری قطع شد، مغناطیس نگهدارنده زبانه مخصوص را آزاد می‌کند که وسیله قطع کلید را به طور خودکار فراهم می‌سازد.

3- کلید محافظ موتور

کلید محافظ موتور یک نوع بخصوص از کلید خودکار با قطع کننده جریان زیاد است و می‌تواند جریان راه اندازی موتور را طبق VDE0665 در زمان راه اندازی تحمل کند بدون اینکه باعث قطع کلید شود. کلید محافظ موتور برای دو جریان راه اندازی مختلف ساخته می‌شود:

1- کلید محافظ موتور برای راه اندازی سبک:

این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتی که از 5 برابر جریان نامی تجاوز نکند تا 20 ثانیه نگه می‌دارد.

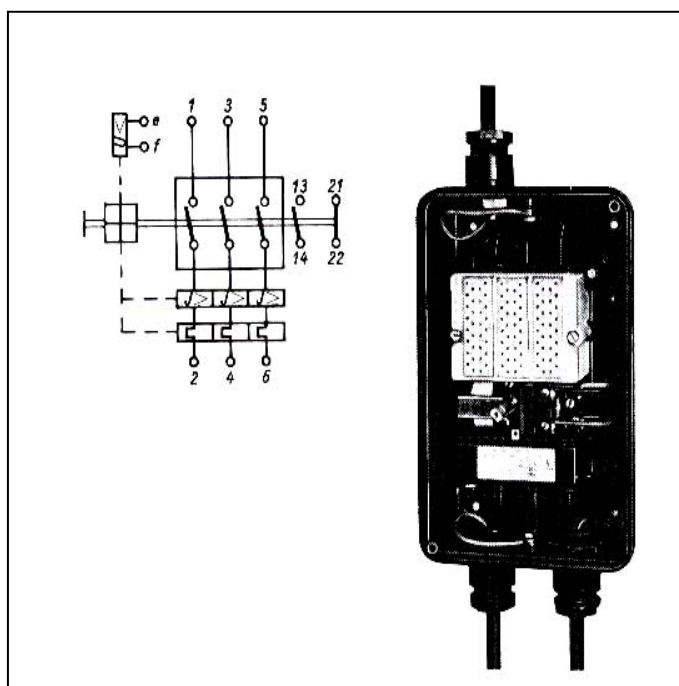
2- کلید محافظ موتور برای راه اندازی سنگین:

این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتی که از 10 برابر جریان نامی تجاوز نکند. به مدت 4 ثانیه نگه می‌دارد و چنانچه دیده می‌شود این کلید در شرایط مشکل تری از کلید خودکار معمولی با رله جریان زیاد کار می‌کند. برای شرایط مشکل تر راه اندازی می‌توان از یک قطع کننده حرارتی زکوند که به روی ترانسفورماتور

جریان سیر شده بسته می شود استفاده کرد. در چنین کلیدی جریان زکوندر از یک حد معینی نمی تواند تجاوز کند و در نتیجه می توان در موقع راه اندازی موتور تا 6 برابر جریان نامی را با زمان تاخیر در قطع در حدود 40 ثانیه به دست آورد بدون اینکه رله حرارتی آن وظیفه حفاظت موتور را در مقابل بار زیاد از دست بدهد . در کلید حفاظت موتور نیز همانند کلید خودکار برای حفاظت در مقابل بار زیاد از 2 یا 3 رله حرارتی قابل تنظیم و برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و جریان زیاد از سه رله الکترو مغناطیسی با قطع سریع استفاده می شود.

در این کلید حتی حفاظت در مقابل یک فاز شدن نیز پیش بینی شده است. به طوری که اگر احتمالاً فقط برق یک فاز قطع شود، کلید به طور خودکار قطع می شود و از کار کردن موتور با دو فاز جلوگیری می کند. جلوگیری از دو فاز کردن موتور بدین طریق است که به محض قطع یک فاز، جریان فازهای دیگر موتور زیر بار بالا می رود و این ازدیاد جریان باعث قطع سه قطبه کلید می شود. برخی دیگر از کلیدها برای جلوگیری از اتصال بدند و عدم تقارن جریان ها مجهز به یک ترانسفورماتور جریان جمع کننده می باشند.

کلید محافظ موتور را می توان با یک رله ولتاژ کم مجهز کرد تا در موقع کم شدن اختلاف سطح شبکه برق



موتور یکجا قطع گردد کلیدهای موتوری از 10_400 آمپر در جعبه های چدنی و یا فولادی و کائوچویی ساخته می شوند و همگی دارای محفظه جرقه گیر سوفا لی هستند و با برداشتن این محفظه ها نباید از کلید به هیچ وجه حتی در موقع آزمایش کلید استفاده کرد چون همیشه خطر پریدن جرقه از یک فاز به فاز دیگر و ایجاد اتصال کوتاه قوی موجود است. کلید محافظ موتور با فرمان قطع و وصل از محل و از راه دور ساخته می شود.

قدرت قطع کلید محافظ موتور خیلی زاد و در جریانهای کم

نیز در حدود هزار آمپر است با وجود این در صورتی که قدرت اتصال کوتاه کلید برای مصارف مخصوص کافی نباشد بهتر است علاوه بر کلید از فیوز نیز استفاده شود . در این صورت فیوز حفاظت اتصال کوتاه مدار را به عهده می گیرد.

1- محل اتصال ورود و خروج کابل

2- محفظه جرقه گیر

3- نگهدارنده کنتاکت

4- کنتاکت اصلی

5- چفت و بست کلید

6 و 7 - جعبه کلید

8- محور فرمان

9- دستگیره فرمان

10- رله حرارتی با تاخیر در قطع

11- رله مغناطیسی جریان زیاد بدون تاخیر

4- کلید مغناطیسی یا کنتاکتور

کلید مغناطیسی عبارت است از کلید با فرمان از دور و بدون نگهدارنده مکانیکی (فتر و چفت و بست نگهدارنده) این کلید فقط تا موقعی که از الکترو مغناطیس نگهدارنده آن جریان عبور می کند بسته است به محض قطع جریان یا ولتاژ کلید خودبخود مدار را قطع می کند و باز می شود. کلیدهای مغناطیسی دو نوع هستند، هوایی و روغنی و در هر دو حالت می توان کلید را با قطع کننده بی متال حرارتی مجهز کرد و به عنوان کلید محافظ موتور از آن استفاده نمود. بی متال در موقع عبور جریان زیاد باعث قطع برق الکترومغناطیس نگهدارنده می شود و در نتیجه کنتاکتها از هم رها می شوند.

چون کنتاکتورها برخلاف کلید محافظ موتور فاقد قطع کننده جریان زیاد (رله اتصال کوتاه) می باشند باید برای حفاظت در مقابل جریان زیاد اتصال کوتاه با فیوز مجهز و تکمیل شوند.

کنتاکتورها بر اساس قطع و وصل زیاد و متوالی ساخته شده اند (10 تا 15 میلیون قطع و وصل) و بدین جهت دارای قدرت قطع زیاد نیستند، لذا قطع جریان اتصال کوتاه و زیاد به عهده فیوز گذاشته می شود.

کلید مغناطیسی برای بکار انداختن موتورهای و دستگاههای الکتریکی و گرمکنها و شبکه روشنایی و غیره از راه دور بسیار مناسب است.

بخصوص این کلیدها برای دستگاههایی که در زمانهای مختلف و طبق برنامه مطمئن باید کار کنند وسیله بسیار خوب و مطمئنی هستند. زیرا کنتاکتورها می توانند فرمان قطع و وصل را توسط یک رله زمانی دریافت کنند.

شکل بالا الف یک کنتاکتور ساخت AEG و شکل ب کنتاکتور ساخت زیمنس را نشان می دهد.

کلیدهای فشار قوی

همانطوری که در مبحث کلیدهای فشار ضعیف گفته شد، کلیدها وسیله ارتباط سیستم های مختلف هستند و باعث عبور و یا قطع جریان می شوند.

کلید در حالت بسته (عبور جریان) و یا در حالت باز (قطع جریان) دارای مشخصاتی به شرح زیر می باشد.

1- در حالت قطع دارای استقامت الکتریکی کافی و مطمئن در محل قطع شدگی است.

2- در حالت وصل باید کلید در مقابل جریانهایی که امکان عبور آن در مدار هست، حتی جریان اتصال کوتاه، مقاوم و پایدار باشد و این جریانه ها و اثرات ناشی از آن نباید کوچکترین اختلالی در وضع کلید و هدایت صحیح جریان به وجود آورد.

بدین ترتیب باید کلید فشار قوی در مقابل اثرات دینامیکی و حرارتی جریانه ها مقاوم باشد. البته برای اینکه ساختمان کلید ساده تر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، اغلب استقامت الکتریکی و دینامیکی و حرارتی کلید را توسط دستگاههای حفاظتی تا حدودی محدود می کنند. کلیدهای فشار قوی را می توان برحسب وظایف که به عهده دارند به انواع مختلف زیر تقسیم نمود.

1- کلید بدون بار یا سکسیونر

2- کلید کلید قابل قطع زیر بار یا سکسیونر قابل قطع زیر بار

3- کلیدق درت یا دیژنکتور

1- کلید بدون بار (سکسیونر)

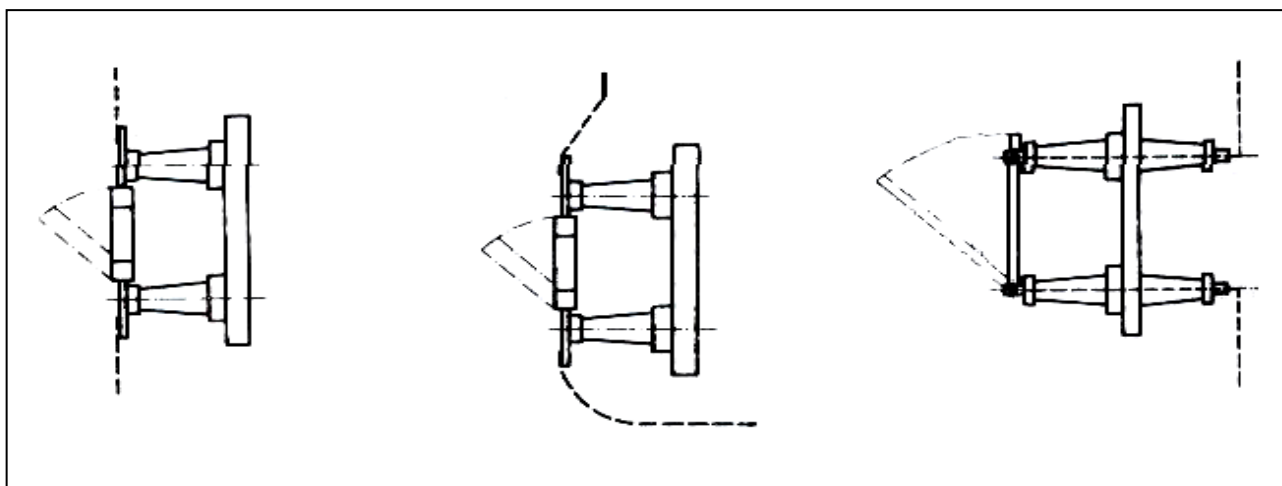
سکسیونر وسیله قطع و وصل سیستمهایی است که تقریباً بدون جریان هستند به عبارت دیگر سکسیونر قطعات و وسایلی را که فقط زیر ولتاژ هستند از شبکه جدا می سازد. تقریباً بدون بار بدان معنی است که می توان به کمک سکسیونر جریانه های کاپاسیتیو مفردها، ماشین ها و تاسیسات برقی و کابل های کوتاه و همین

طور جریان ترانسفورماتور ولتاژ را تیز قطع نمود و یا حتی ترانسفورماتورهای کم قدرت را با سکسیونر قطع کرد. نمودار شکل 91 حداکثر قدرتی را که می‌توان توسط سکسیونر مستقیماً قطع نمود نشان می‌دهد.

در این شکل A قدرت نامی ترانسفورماتور و B قدرت بدون بار ترانسفورماتور می‌باشد. علت بدون جریان بودن سکسیونر در موقع قطع یا وصل مجهز نبودن سکسیونر به وسیله جرعه خاموش کن است. لذا به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که عمل قطع و وصل سکسیونر باید بدون جرعه یا با جرعه ناچیزی صورت گیرد. برحسب این تعریف در صورتی که از سکسیونر جریان عبور کند ولی در موقع قطع اختلاف پتانسیلی بین دو کنتاکت آن ظاهر نشود، قطع سکسیونر بلامانع است. همین طور وصل سکسیونری که بین دو کنتاکت آن تفاوت پتانسیلی موجود نباشد گرچه به محض وصل باعث عبور جریان گردد نیز مجاز خواهد بود.

از آنچه که گفته شده چنین نتیجه می‌شود که سکسیونر یک کلید نیست بلکه یک ارتباط دهنده یا قطع کننده مکانیکی بین سیستمها است، بدون اینکه مداری بسته شود. سکسیونر باید در حالت بسته یک ارتباط گالوانیکی محکم و مطمئن در کنتاکت هر قطب برقرار سازد و مانع افت ولتاژ گردد. لذا باید مقاومت عبور جریان در محدوده سکسیونر کوچک باشد تا حرارتی که در اثر کار مدام در کلید ایجاد می‌شود از حد مجاز تجاوز نکند. این حرارت توسط ضخیم کردن تیغه و بزرگ کردن سطح تماس در کنتاکت و فشار تیغه در کنتاکت دهنده کوچک نگهداشته می‌شود. در ضمن باید سکسیونر طوری ساخته شود که در اثر جرم و وزن تیغه یا فشار باد و برف و غیره خود به خود بسته نشود. یا در موقع بسته بودن کلید نیروی دینامیکی شدیدی که در اثر عبور جریان اتصال کوتاه به وجود می‌آید باعث لرزش تیغه یا احتمالاً باز شدن آن نگردد. از این جهت در موقع شین کشی و نصب سکسیونر باید دقت کرد تا تیغه سکسیونر در امتداد شین قرار گیرد و بدینوسیله از ایجاد نیروی دینامیکی حوزه الکترومغناطیسی جریان اتصال کوتاه جلوگیری به عمل آید. شکل زیر چند نمونه از اتصال سکسیونر را نشان می‌دهد.

به همین منظور تیغه سکسیونر به صورت تسمه یا پروفیل‌های موازی ساخته می‌شود تا نیروی الکتروستاتیکی حاصل از جریان اتصال کوتاه باعث فشردن هر چه بیشتر تیغه در محل کنتاکت دهنده باشد و از لرزش آن که باعث کوچک شدن سطح تماس می‌گردد جلوگیری شود.



همین طور مقره‌هایی که پایه سکسیونر را تشکیل می‌دهند باید قادر به تحمل فشار وارده در اثر نیروی کشش الکترومغناطیسی دو فاز مجاوز و مربوط به یک فاز در زمان عبور جریان اتصال کوتاه باشند. (مراجعه شود به کتاب محاسبات اتصال کوتاه اثر همین مولف).

مورد استعمال سکسیونر

همانطور که گفته شد اصولاً سکسیونرها وسایل ارتباط دهنده مکانیکی و گالوانیکی قطعات و سیستم‌های مختلف می‌باشند و در جه اول به منظور حفاظت اشخاص و متصدیان مربوطه در مقابل برق زدگی بکار برده می‌شوند. بدین جهت طوری ساخته می‌شوند که در حالت قطع یا وصل، محل قطع شدگی یا چسبندگی به طور واضح و آشکار قابل رویت باشد. یعنی در هوای آزاد انجام گیرد.

از آنجا که سکسیونر باعث بستن یا باز کردن مدار الکتریکی نمی‌شود، برای باز کردن و بستن هر مدار الکتریکی فشار قوی احتیاج به یک کلید دیگری خواهیم داشت بنام کلید قدرت که قادر است مدار را تحت هر شرایطی باز کند و سکسیونر وسیله‌ای است برای ارتباط کلید قدرت به شین و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است. لذا طبق قوانین متداول الکتریکی جلوی هر کلید قدرتی از 1 KV به بالا و یا در هر دو طرف در صورتی که آن خط از دو طرف پتانسیل می‌گیرد، سکسیونر نصب می‌گردد.

برای جلوگیری از قطع و یا وصل به موقع و در زیر بار سکسیونر معمولاً بین سکسیونر و کلید قدرت چفت و بست (مکانیکی یا الکتریکی) به نحوی برقرار می‌شود که با وصل بودن کلید قدرت نتوان سکسیونر را قطع و یا وصل نمود (مراجعه شود به بخش هشتم اطاق فرمان).

انواع مختلف سکسیونر

سکسیونر را می‌توان از نظر ساختمانی به انواع مختلف زیر تقسیم نمود:

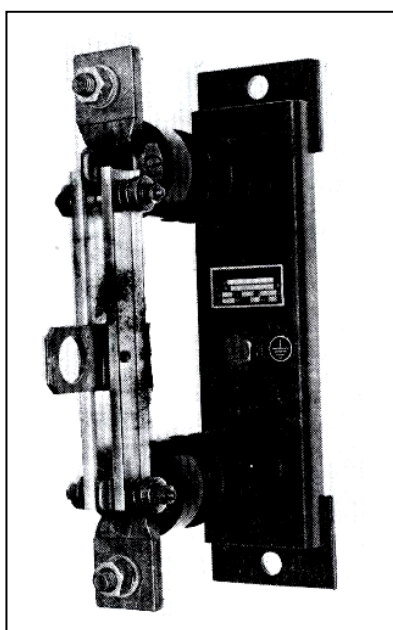
1- سکسیونر تیغه‌ای

2- سکسیونر کشویی

3- سکسیونر دورانی

4- سکسیونر قیچی‌ای

1- سکسیونر تیغه‌ای



این سکسیونرها که برای ولتاژهای تا 30 KV به صورت یک پل و سه پل ساخته می‌شوند دارای تیغه یا تیغه‌هایی هستند که در ضمن قطع کلید عمود بر سطح افقی (در سطح محور پایه‌ها) حرکت می‌کنند و در بالای ایزولاتور (پایه) قرار می‌گیرند تیغه‌های در جریان کم به صورت تسمه و در جریان‌های زیاد به صورت پروفیل و از مس ساخته می‌شوند و در هر حال تیغه‌ها بخاطر جلوگیری از ارتعاشات کلید در موقع عبور جریان اتصال کوتاه به طور دوتایی و موازی نصب می‌شوند.

قطع و وصل کلید ممکن است دستی توسط اهرم شکل زیر و یا

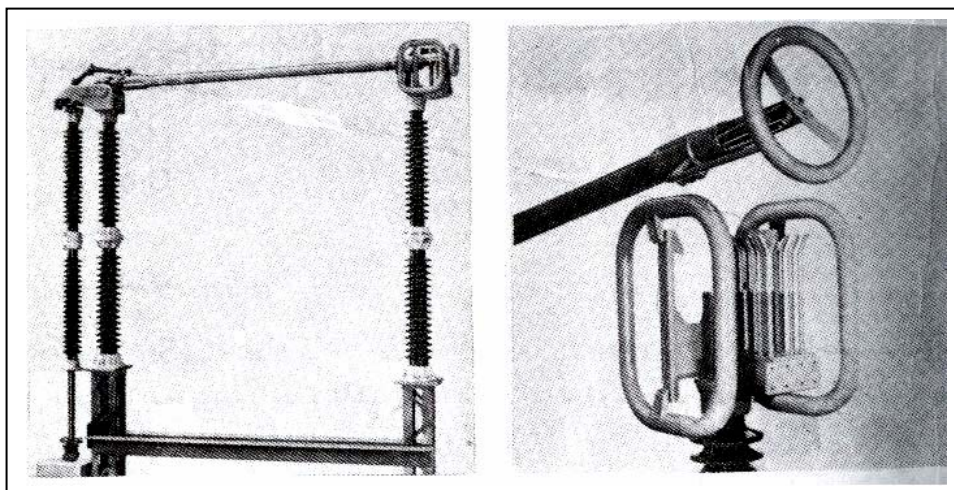
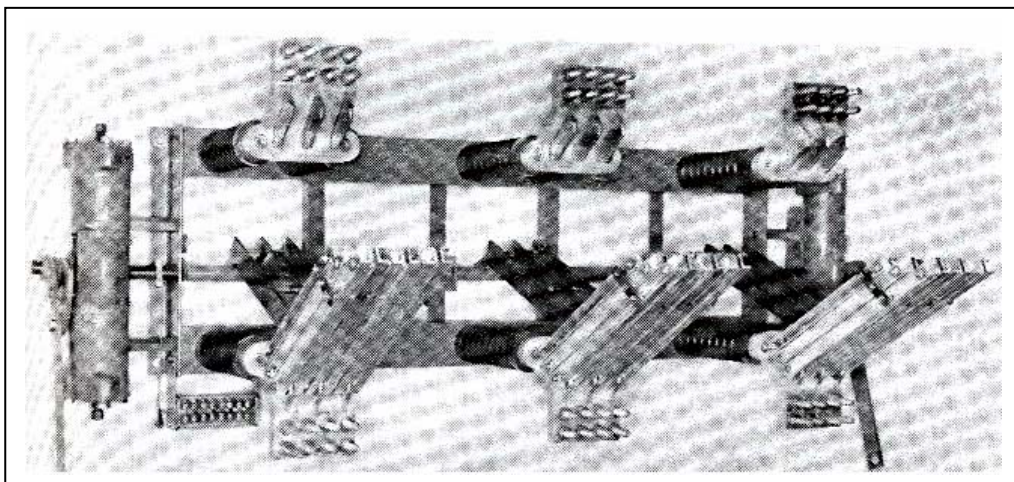
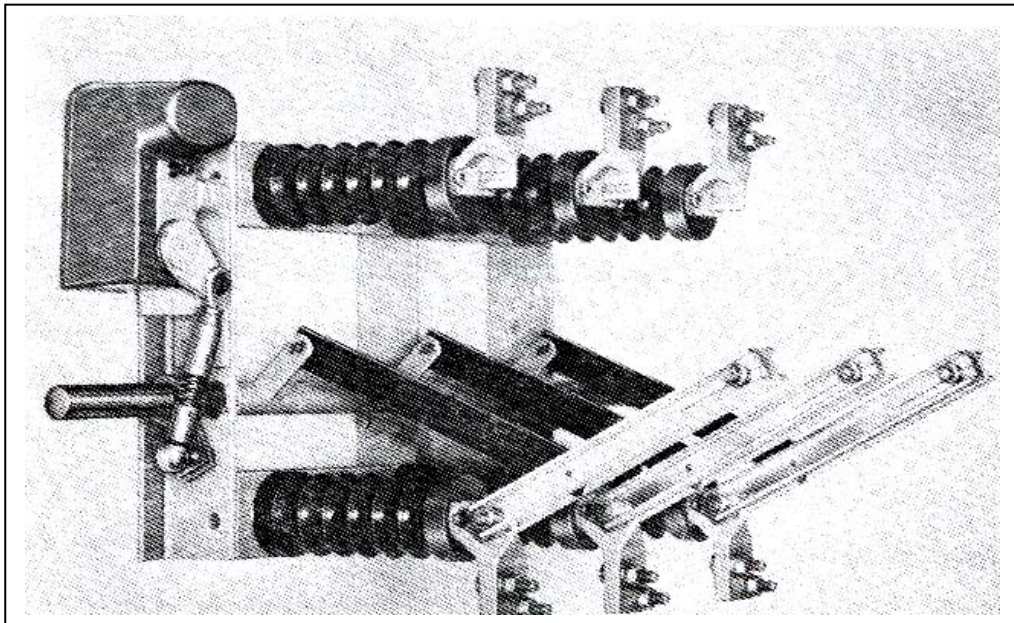
موتوری و از راه دور شکل بعدی و یا کمپرسی با هوای فشرده انجام می‌شود.

شکل زیر قسمت ب سکسیونر سه پل ساخت BBC را برای مصرف در شبکه محور و با فرمان کمپرسی

نشان می‌دهد. جریان نامی این سکسیونر $I_n = 6300A$ و ولتاژ نامی آن $U_n = 30KV$ است.

سکسیونر تیغه‌ای برای فشار قوی به صورت یک پل ساخته می‌شود و فرمان قطع و وصل آنها عموماً

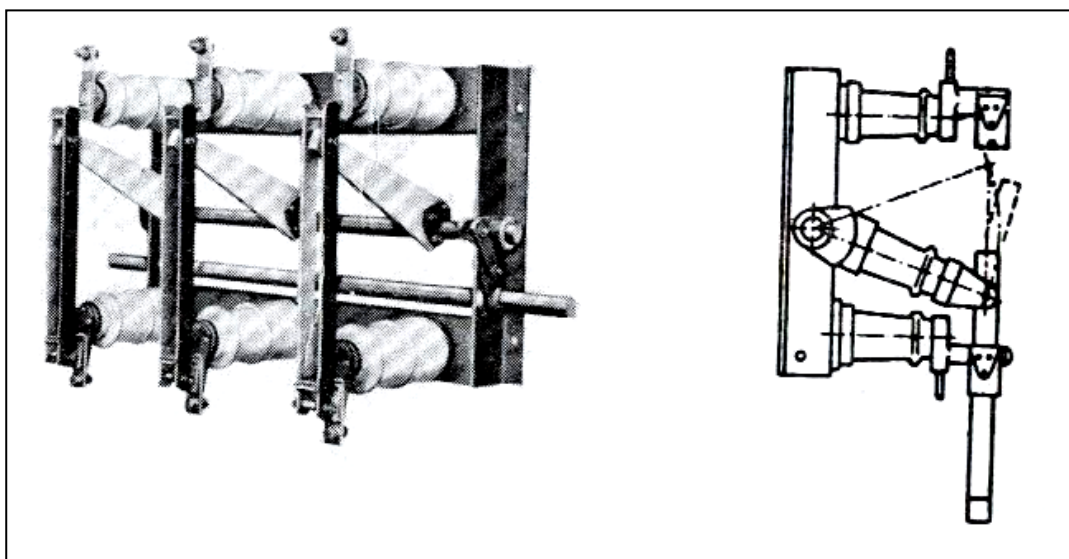
کمپرسی با هوای فشرده انجام می‌گیرد.



شکل بالا یک سکسیونر تیغه‌ای ساخت زیمنس را برای 220 کیلو ولت در حالت بسته و قبل از بسته شدن نشان می‌دهد

2- سکسیونر کشویی

سکسیونر کشویی برای کیوسک یا قفسه‌هایی که دارای عمق کم هستند بسیار مناسب است. در این سکسیونر تیغه متحرک در موقع قطع در امتداد خود (در امتداد سطح افقی یا عمود بر سطح محور پایه‌ها) حرکت می‌کند و بدین جهت فضای اضافی برای تیغه در حال قطع از بین می‌رود. شکل زیر چنین سکسیونری را برای جریان 400 آمپر و ولتاژ 20 KV نشان می‌دهد.



برای جریان‌های خیلی زیاد که هر قطب از چندین تیغه موازی تشکیل می‌شود سکسیونر کشویی دارای این مزیت است که می‌توان تیغه‌ها را به صورت لوله ساخت و در داخل هم جای داد. این طریقه باعث می‌شود که جریان در لوله‌ها که داخل هم قرار دارند بهتر از تیغه‌های پهلوی هم تقسیم شود.

3- سکسیونر دورانی

سکسیونر دورانی که برای ولتاژهای زیاد بخصوص 60 KV و 110 KV ساخته می‌شود بجای یک تیغه بلند و یک کنتاکت ثابت دارای دو تیغه متحرک و دورانی می‌باشد که با برخورد آنها به هم ارتباط الکتریکی برقرار می‌شود.

در این نوع کلید حرکت تیغه‌ها به موازات سطح افقی و یا عمود بر سطح محور پایه‌ها انجام می‌گیرد و دارای این مزیت است که با کوچک بودن طول بازوی تیغه فاصله هوایی لازم بین دو تیغه به وجود می‌آید و چون تیغه‌ها با گردش پایه‌ها باز و بسته می‌شوند، عوامل خارجی مثل فشار باد و برف و غیره نمی‌تواند باعث وصل بی موقع آن گردد. یا به علت یخ زدگی کنتاکت‌ها در زمستان احتیاج به نیروی اضافی برای باز کردن آنها نیست.

سکسیونر دورانی به صورت یک فاز ساخته می‌شود و بسته به نوع شین بندی شبکه سه تایی آن به صورت متوالی در کنار هم یا به طور سری پشت سر هم در شبکه سه فاز نصب می‌گردد. تمام قطبها توسط اهرم و

میله به طور مکانیکی به هم متصل و مرتبط می‌شوند و دارای فرمان واحد می‌باشند که معمولاً کمپرسی و در حال اضطراری دستی است.

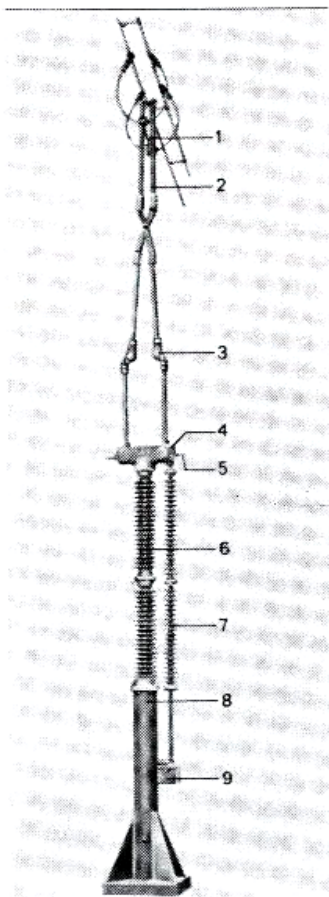
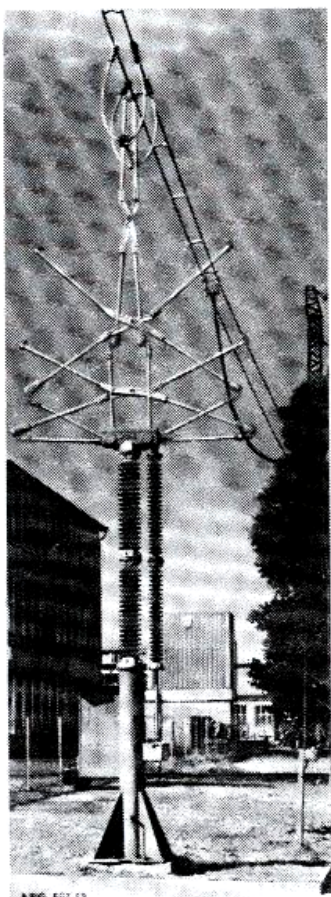
هر یک از سکسیونرهای یک فاز دارای دو پایه عایقی قابل گردش می‌باشند که تیغه‌ها در روی آنها نصب شده است. به طوری که در موقع قطع و یا وصل سکسیونر پایه‌ها حول محور خود در جهت خلاف یکدیگر به اندازه 90 درجه می‌چرخند و باعث قطع یا وصل کنتاکت‌ها می‌شوند.

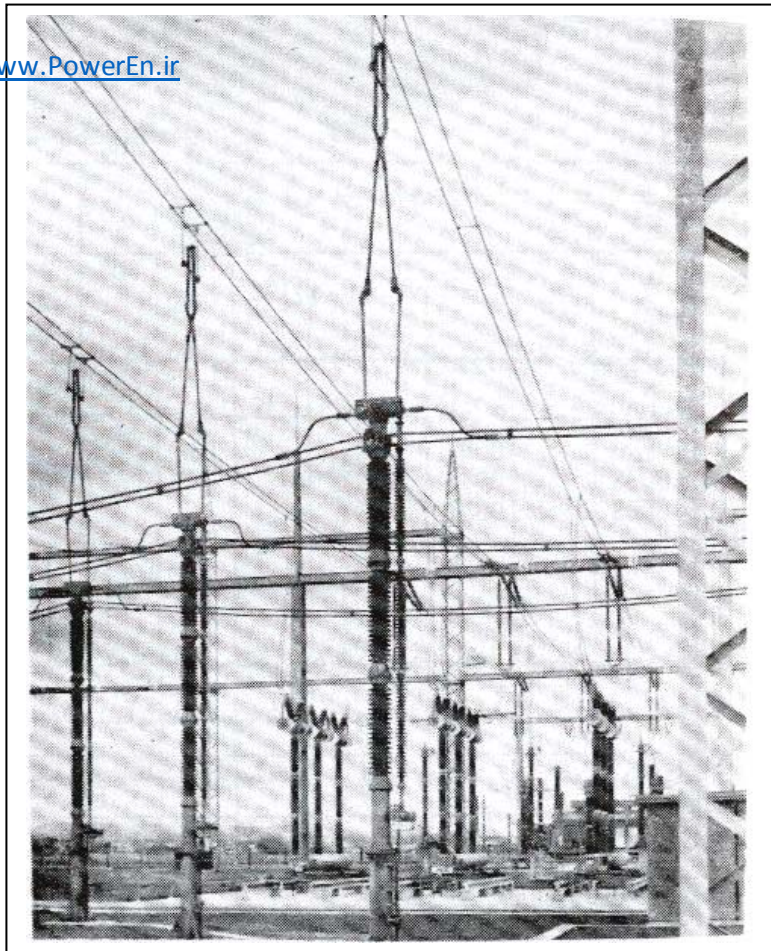


شکل مقابل یک کلید دورانی را نشان می‌دهد.

4- سکسیونر قیچی‌ای

سکسیونر قیچی‌ای برای فشارهای زیاد و خیلی زیاد بسیار مناسب است زیرا به علت اینکه کنتاکت ثابت آن را شین یا سیم هوایی تشکیل می‌دهد احتیاج به دو پایه عایقی مجزا از یکدیگر که در فشار قوی باعث بزرگی ابعاد و سنگینی وزن آن می‌شود ندارد و فقط شامل یک پایه عایقی است که چنگک یا تیغه قیچی مانند کنتاکت دهنده روی آن نصب می‌شود و با حرکت قیچی مانندی با شین یا سیم هوایی ارتباط پیدا می‌کند.





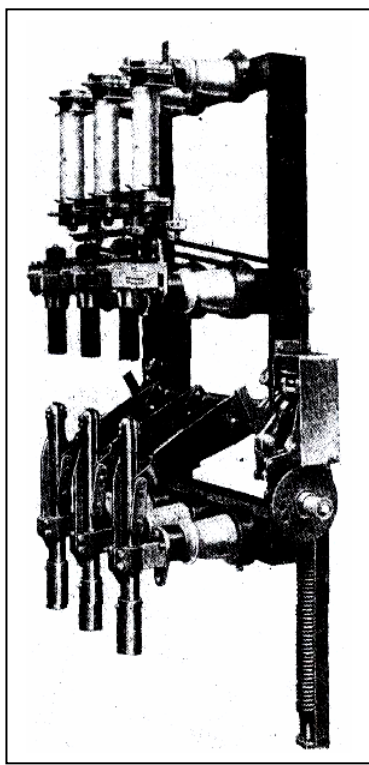
شکل قبل سکسیونر قیچی ساخت آگ را نشان می‌دهد. در شکل سمت چپ حرکت قیچی در ضمن بسته شدن در لحاظت مختلف مشخص شده است.

در شکل سمت راست: 1- عبارت است از کنتاکت ثابت که به شین یا سیم هوایی متصل است (آویزان است). 2- کنتاکت قیچی 3- مفصل قیچی 4- قوطی قیچی که روی ایزولاتور شماره 6 نصب شده است 5- محل اتصال سیم شین یا کابل خروجی 7- ستون دوار 8- پایه و نگهدارنده 9- وسیله

فرمان (راه انداز) می‌باشد که در داخل آن موتور راه انداز و کلیدهای کمکی و اتصالها نصب شده است. مورد استعمال سکسیونر قیچی‌ای که به آن سکسیونر یک ستونی نیز گفته می‌شود در شبکه‌ای است که دارای دو شین به ازای هر فاز در سطوح و ارتفاع مختلف نسبت به زمین و بالای هم باشد و سکسیونر ارتباط عمودی بین این دو شین را فراهم می‌سازد (شکل صفحه قبل)

2- کلید قابل قطع زیر بار

به علت اینکه در بیشتر شبکه‌ها و پست‌های کوچک، کلید قدرت و سکسیونر و وسایل اضافی مربوط به چفت و بست آنها مبالغ زیادی از مخارج و هزینه کل تاسیسات را شامل می‌گردد. و به علت اینکه در اغلب موارد نصب کلید قدرت با مزایای قطع و وصل سریع آن حتما لازم و ضروری نیست. کلید سکسیونر قابل قطع زیر بار طرح و ساخته شد.



کلید فشار قوی قابل قطع زیر بار در ضمن اینکه باید وظیفه یک سکسیونر را انجام دهد، یعنی در ضمن برداشتن ولتاژ یک قطع شدگی

قابل رویتو مطمئن در مدار شبکه فشار قوی به وجود آورد، باید قادر باشد مانند یک دیژنکتور، قدرتهای کوچک الکتریکی را نیز قطع کند. لذا هر سکسیونر قابل قطع زیرباری باید دارای وسیله‌ای برای قطع فوری جرقه باشد.

شکل مقابل یک سکسیونر قابل قطع زیر بار کشویی را با محفظه احتراق نشان می‌دهد. اساس کار خاموش کردن جرقه در این محفظه همانند کلید قدرت با گاز جامد است.

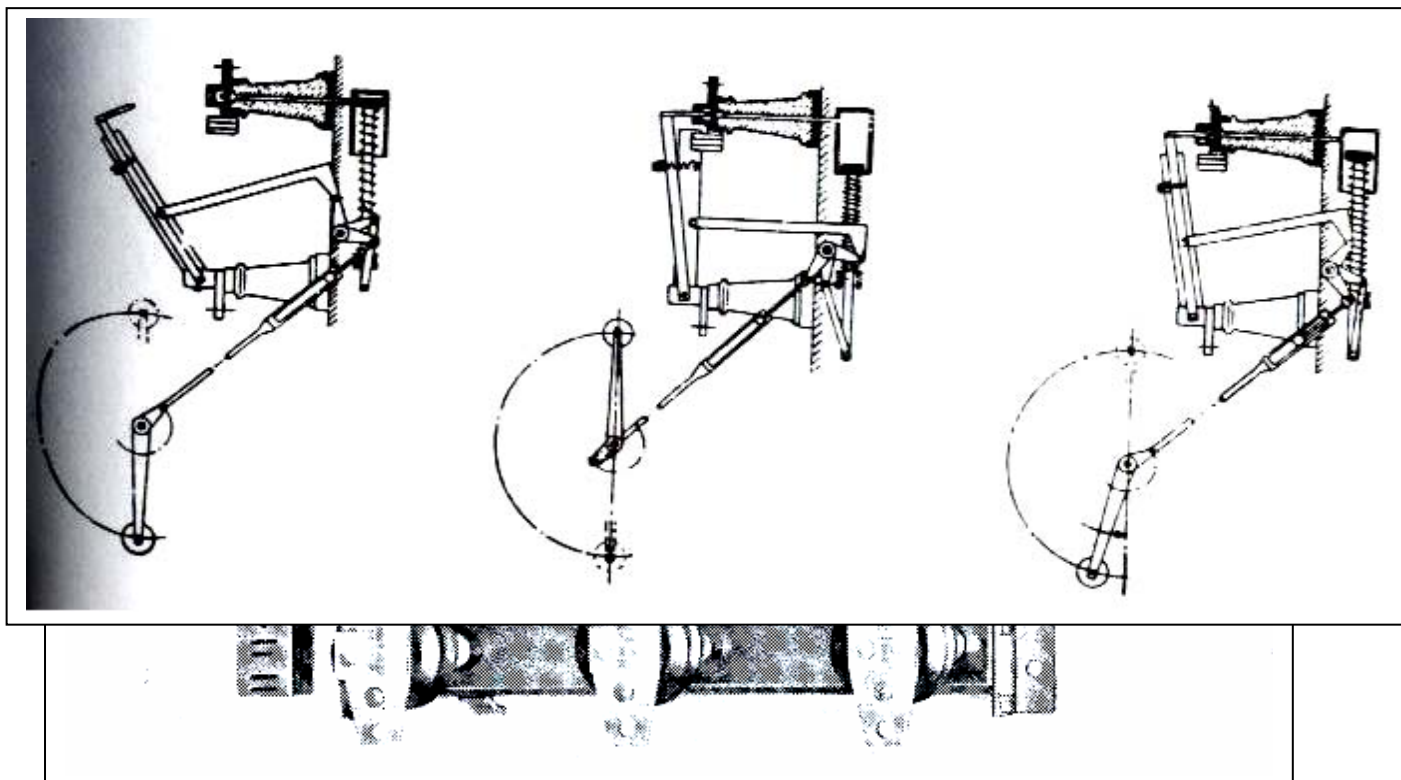
سکسیونر قابل قطع زیر بار اصولاً دارای قدرت وصل بسیار زیاد است و می‌تواند جریانهای با شدت 25_75 کیلو آمپر (ماکسیموم موثر) را به خوبی وصل کند ولی قدرت قطع آن کم و از 1500 - 400 آمپر یعنی در حدود جریان نامی آن تجاوز نمی‌کند. لذا نتیجه می‌شود که این کلیدها برای قطع جریان اتصال کوتاه ساخته نشده و مناسب هم نمی‌باشند.

به همین دلیل در صورتی می‌تواند سکسیونر قابل قطع زیر بار در شبکه فشار قوی مورد استفاده قرار گیرد که این کلید مجهز به قطع کننده جریان اتصال کوتاه گردد و یا اینکه جریان اتصال کوتاه شبکه از قدرت قطع کلید تجاوز نکند.

برای اینکه بتوان از این کلید در شبکه‌هایی که جریان اتصال کوتاه احتمالی آن بیش از قدرت قطع کلید است استفاده شود باید جریان قطع کلید توسط فیوز محدود و مهار شود. لذا در این گونه مواقع به همراه کلید از فیوز فشار قوی قدرت زیاد که در 6 تا 20 هزار ولت دارای قدرت قطعی در حدود 400 MVA می‌باشند و جریان اتصال کوتاه را در همان مراحل ابتدایی قطع می‌کنند، (مراجعه شود به کتاب رله و حفاظت سیستمها از انتشارات دانشگاه تهران) استفاده می‌شود. از آنچه که گفته شده نتیجه می‌شود که سکسیونر قابل قطع می‌کند نه کلید. البته باید متذکر شد که پس از قطع جریان اتصال کوتاه توسط سوختن فیوز ساتچمه فیوز باعث قطع کلید به طور خودکار و سه فازه می‌گردد.

از آنچه که گفته شده نتیجه می شود که سکسیونر قابل قطع زیر بار فقط برای قطع جریان نامی شبکه مناسب است و جریان اتصال کوتاه را فیوز قطع می کند نه کلید . البته باید متذکر شد که پس از قطع جریان اتصال کوتاه توسط سوختن فیوز ساچمه فیوز باعث قطع کلید به طور خودکار و سه فازه می گردد.

شکل زیر یک سکسیونر قابل قطع زیر بار را که در آن دمیدن هوا باعث خاموش شدن جرقه می گردد نشان



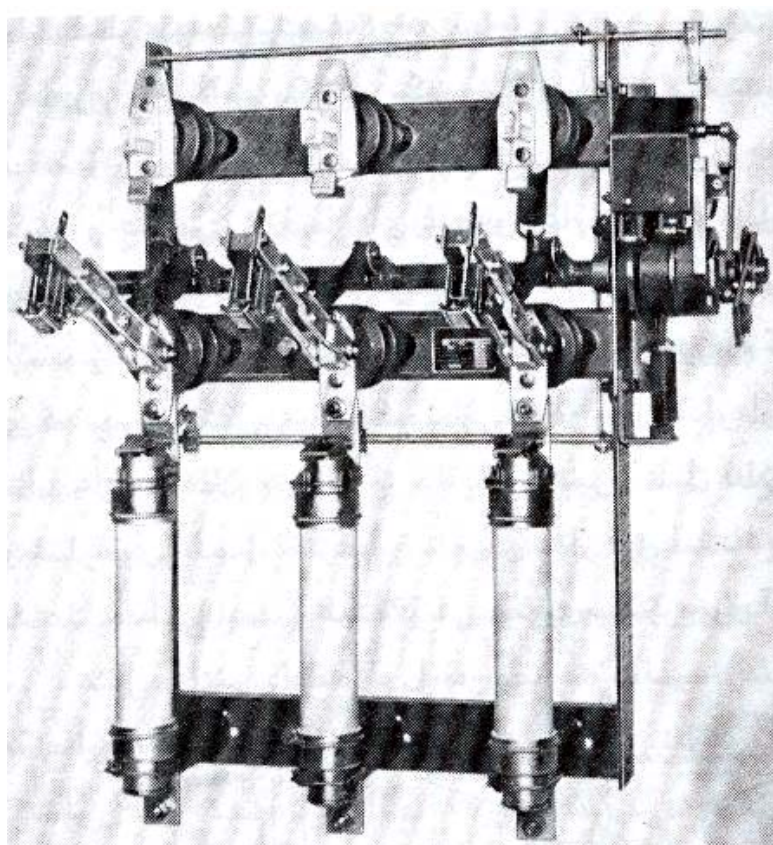
می دهد.

در این کلید یکی از پایه های هر قطب (در شکل مقره بالایی) دارای یک سوراخ سراسری است (مانند مقره عبور) که به یک تلمبه (کمپرسور) منتهی می شود و تیغه متحرک کلید در انتها دارای سوزنی است به اسم سوزن جرقه گیر. در موقع قطع کلید ابتدا تیغه اصلی بدون ایجاد جرقه از کنتاکت دهنده اصلی (قطب مقابل) جدا می شود ولی عبور جریان توسط قوس الکتریکی بین سوزن و کنتاکت دهنده برقرار می ماند. سپس قوس با فشار هوایی که کمپرسور به وجود می آورد به طرف خارج دمیده شده و در اثر ازدیاد طول قطع و جرقه خاموش می گردد. توسط این کلید می توان قدرتهای تا 15 MVA را قطع کرد. مدت دوام جرقه در حدود 0/01 ثانیه است و جرقه به محض رسیدن جریان به صفر قطع می شود. شکل زیر یک نوع کلید قابل قطع زیر بار ساخت AEG را نشان می دهد. در این کلید کنتاکت ثابت به روی پایه یا مقره ای نصب شده که در

داخل آن حفره استوانه‌ای شکل کوتاهی تعبیه شده است. در داخل این حفره محفظه احتراق قرار دارد که با پیچ و مهره به مقره محکم شده است.

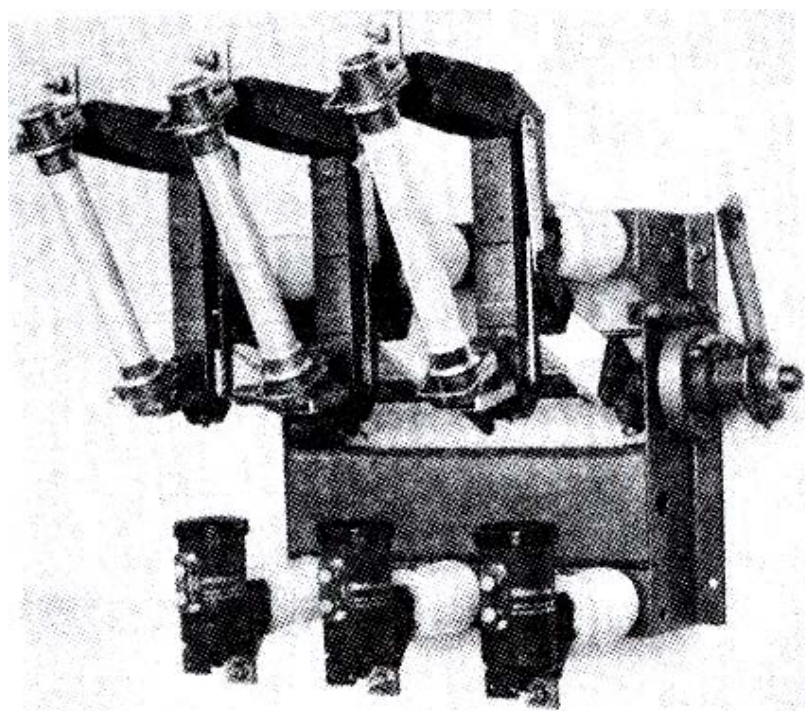
در داخل محفظه احتراق علاوه بر یک استوانه عایقی متحرک که در حالت وصل کلید سوزن جرقه گیر را در میان دارد، یک انبرک فلزی نیز نصب شده است. سوزن و انبرک کنتاکت فرعی کلید را تشکیل می‌دهند.

به محض فرمان قطع کلید تیغاه



اصلی از کنتاکت ثابت بدون ایجاد جرقه جدا می‌شود و سوزن جرقه گیر انبرک را با خود به طرف خارج می‌کشد بدون اینکه مدار جریان قطع گردد. در این حالت جمع شدن فنری که انبرک روی آن سوار است، باعث رها شدن سوزن از انبرک گردیده و در این لحظه قوس الکتریکی بین سوزن و انبرک برقرار می‌شود. در اثر حرارت جرقه اولاً مقداری گاز از

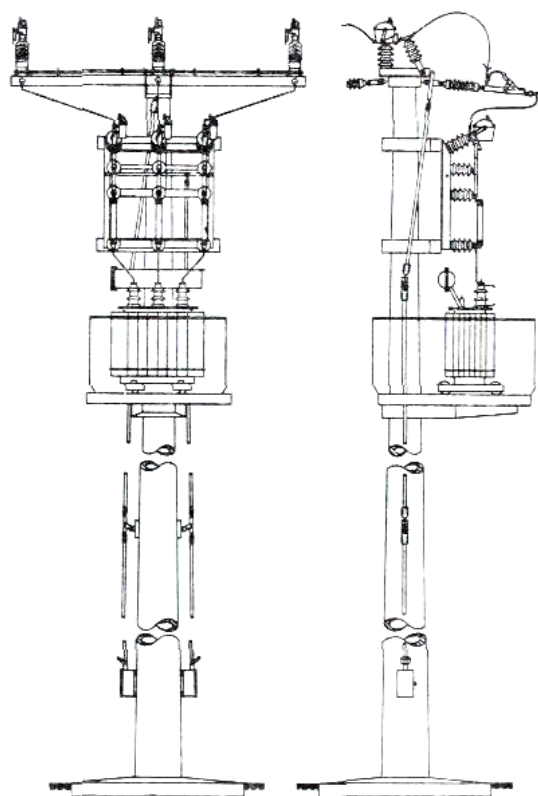
سطح داخلی عایق متصاعد می‌شود که باعث خنک شدن جرقه شده و عمل خاموش کردن جرقه را سهل تر می‌سازد. در ثانی به علت برگشت سریع انبرک در اثر باز شدن مجدد فنر، فاصله بین دو کنتاکتی که جرقه می‌زند به سرعت زیاد شده و این اضافه طول باعث قطع جرقه قبل از خارج شدن سوزن جرقه گیر از کنتاکت ثابت کلید می‌شود.



شکل صفحه قبل سکسیونر قابل قطع زیر بار را که برای محدود کردن جریان قطع مجهز به فیوز فشار قوی قدرت زیاد است نشان می‌دهد. شکل زیر کلید سکسیونر قابل قطع زیر بار با روغنی را نشان می‌دهد.

چنانچه دیده می‌شود کنتاکت ثابت این کلید مجهز به یک محفظه احتراق روغنی است و طرز کار آن مانند کلید روغنی با قدرت کم است.

مورد استعمال سکسیونر قابل قطع زیر بار



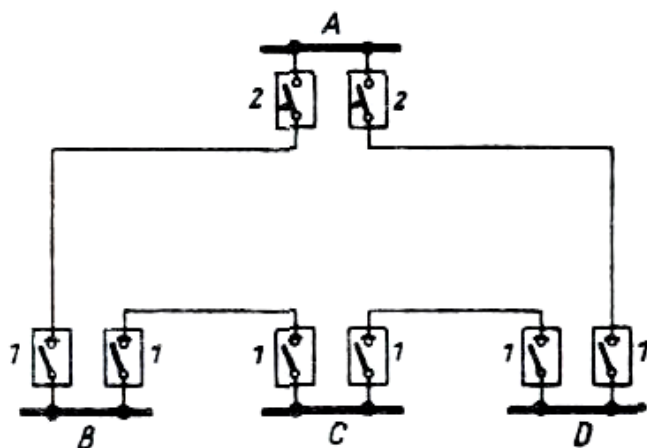
نظر به اینکه کلید قابل قطع زیر بار برای فشار نامی تا KV 20 ساخته می‌شود مورد استعمال آن فقط در تاسیسات فشار متوسط است.

کلید قابل قطع زیر بار بخاطر اینکه کار سکسیونر را نیز انجام می‌دهد بدون اینکه برای قطع آن احتیاج به برداشت بار باشد، برای صرفه جویی در وسایل چفت و بست بین سکسیونر و دیژنکتور و جلوگیری از فرمانهای غفلت و رعایت نوبت فرمان از آن بجایی سکسیونر در خطوط خروجی نیز استفاده می‌شود. در ضمن سکسیونر قابل قطع زیر بار برای وصل سیم‌های نقل انرژی، کابل‌های خروجی، ترانسفورماتورهای کم قدرت و همین طور قطع و وصل مدارها و شبکه‌های حلقه‌ای و مسدود

بسیار مناسب است. علاوه بر آن می‌توان از سکسیونر قابل قطع زیر بار برای راه اندازی موتورهای فشار قوی و اتصال خازنها و سلفهای فشار قوی استفاده کرد. وسیله قطع و وصل این کلیدها اغلب دستی است. البته فرمان موتوری و کمپرسوری آن نیز طبق سفارش امکان پذیر است.

کلید قابل قطع زیر بار فیوز دار را می‌توان در همه جا، جانشین سکسیونر و دیژنکتور کرد. به شرط آنکه قدرت قطع دیژنکتور از قدرت قطع فیوز فشار قوی موجود در صنعت بزرگتر نشود. این تعویض بخصوص در پست های قدیمی که مجهز به کلید روغنی هستند بسیار مناسب است به شرط اینکه در این پست وصل سریع کلید لازم و ضرور نباشد زیرا همانطور که می‌دانیم بدون تعویض فیوز سوخته شده نمی‌توان کلید را مجددا آماده بهره برداری کرد و این عمل از راه دور و یا با فرمان غیر ممکن است.

برای مثال شکل زیر را که دارای پست اصلی A با دیژنکتور (2) و قطع کننده جریان زیاد (رله جریان زیاد) است و استاسیون های فرعی B و C و D مربوط به یک رینگ را تغذیه می‌کند در نظر می‌گیریم. استاسیون های فرعی مجهز به سکسیونر قابل قطع زیر بار می‌باشند تا بتوان مدار حلقه ای را به طور دلخواه بدون برداشت بار قطع کرد. حال اگر دیژنکتور استاسیون A و سکسیونر مربوط را که در شکل رسم نشده با



یک سکسیونر قابل قطع زیر بار تعویض کنیم، در ضمن اینکه با این تعویض لطمه ای به حفاظت شبکه وارد نمی‌آید هزینه تاسیسات هم به طور قابل ملاحظه ای تنزل می‌کند.

از آنچه که گفته شد نتیجه می‌شود. به طور کلی در تمام مواقع که نصب سکسیونر و کلید قدرت مقرون به صرفه نباشد و قدرت اتصال کوتاه شبکه بحدی

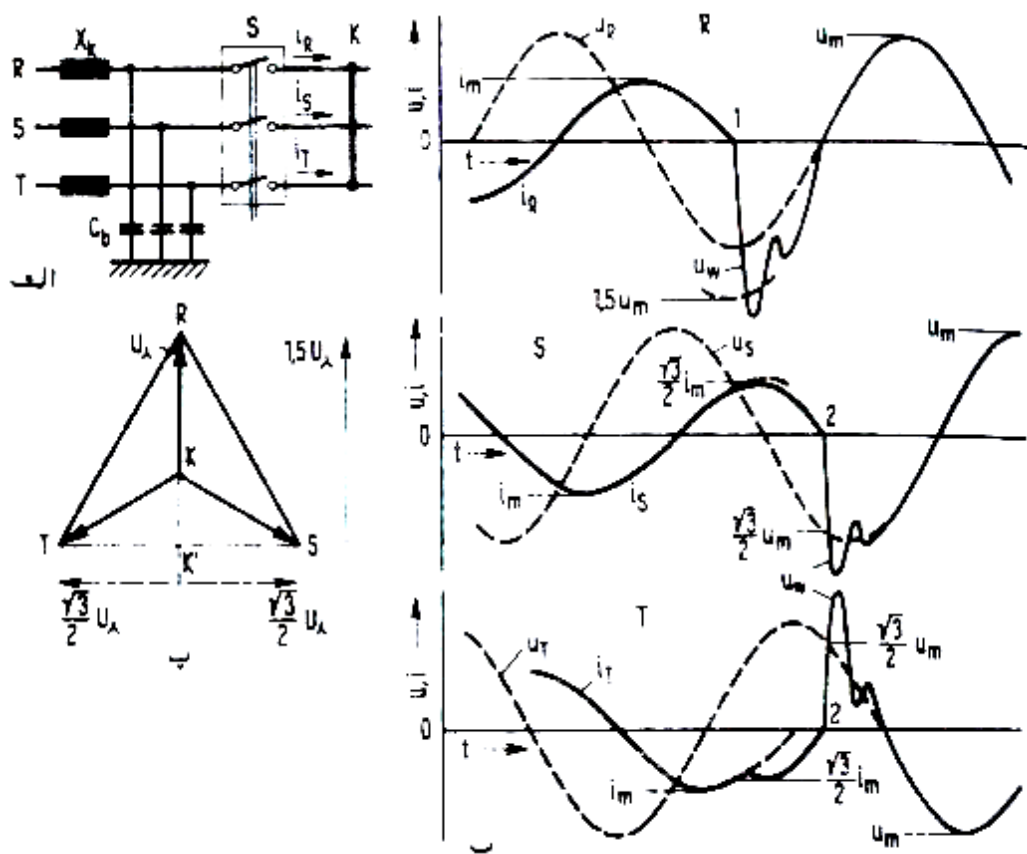
باشد که بتوان فیوز معادلی برای آن بدست آورد بهتر است از سکسیونر قابل قطع زیر بار استفاده شود. البته بشرطی که فرمان وصل فوری کلید مورد نظر نباشد.

3- کلید قدرت یا دیژنکتور

دیژنکتور کلیدیست که می‌تواند در موقع لزوم جریان عادی شبکه و در موقع خطا جریان اتصال کوتاه و جریان اتصال زمین و یا هر نوع جریانی با هر اختلاف فازی را سریع قطع کند.

در اتصال سه فاز که یک حالت خاصی از بار متعادل است با اینکه فرمان قطع به هر سه قطب کلید یکجا و در یک زمان داده می‌شود، ابتدا فقط یکی از قطب‌ها (در شکل قطب R) که جریان آن اول مرتبه از صفر می‌گذرد قطع می‌شود. (در شکل b نقطه 1).

در این لحظه اتصال کوتاه سه فاز تبدیل به یک اتصال کوتاه دو فاز می‌شود که پس از گذشت $\frac{1}{4}$ پریود جرقه در این دو قطب همزمان از بین می‌رود و اتصال قطع می‌گردد و زمان خاموش شدن جرقه در دو قطب بعدی



معادل صفر شدن جرقه با نقطه 2 مشخص شده است. در یک شبکه با صفر آزاد نقطه اتصال کوتاه شده K که قبل از خاموش شدن جرقه فاز R مرکز صفر ستاره را تشکیل می‌داد، بعد از خاموش شدن جرقه در فاز R از مرکز ستاره MP به نقطه K در وسط بردار همبستگی ولتاژ ST نقل مکان می‌یابد. (شکل پ)

در نتیجه ولتاژ دو سر قطبی از کلید که جرقه آن زودتر از قطبهای دیگر خاموش شده به مقدار ماکسیمم $15U_Y$ می‌رسد. که البته این ازدیاد ولتاژ آنقدرها در استحکام کلید موثر نیست. ولی جرقه طولانی تر در دو قطب دیگر در استقامت الکتریکی و حرارتی کلید بسیار موثر می‌شود. در یک شبکه با نقطه صفر زمین شده، اگر اتصال سه فاز با تماس در یک شبکه با نقطه صفر زمین شده، اگر اتصال سه فاز با تماس زمین

ایجاد شود، (مراجعه شود به کتاب محاسبات اتصال کوتاه در شبکه از انتشارات دانشگاه تهران) پس از خاموش شدن جرقه در یکی از فازها یعنی قطع یکی از اتصالاتی ها با زمین، ولتاژ بین دو کنتاکت آن قطب از U_Y تجاوز نمی‌کند. اگر اتصال کوتاه در نقطه دوری از کلید در شبکه باشد، ممکن است در موقع قطع کلید برگشت ولتاژ U_W (ولتاژ ضربه‌ای که با نوساناتی به ولتاژ اصلی با فرکانس 50 منتهی می‌شود) در تحت شرایط خاصی با ضریب زاویه زیاد شروع به نوسان کند (شروع جهش آن عمودی می‌باشد) در این حالت فاصله بین دو قطب کلید بیشتر تحت تاثیر ولتاژ قرار می‌گیرد تا جریان و طبیعی است در صورتی که دو شبکه با اختلاف فاز 180 درجه با هم کوپله شوند. در بین دو قطب هر فاز کلید کوپلاژ اختلاف سطح $2U_Y$ موثر خواهد افتاد. که عمل قطع جرقه را به مراتب مشکل تر می‌کند.

برای انتخاب کلید قدرت باید به نکات زیر توجه کرد:

1- ولتاژ نامی کلید که معمولاً برابر ولتاژ شبکه‌ایست که کلید در آن نصب می‌شود، و می‌تواند در حدود 15% هم از ولتاژ شبکه کوچکتر باشد. اغلب بخاطر بخ وجود آوردن اطمینان بیشتر در استحکام شبکه از کلیدی استفاده می‌شود که ولتاژ نامی آن از ولتاژ شبکه قدری بزرگتر باشد. مثلاً در شبکه 13 هزار ولت، از سری 20 KV به جای 10 KV.

2- جریان نامی که مسای با بزرگترین جریان کار معمولی شبکه است.

3- قدرت نامی قطع کلید که باید با قدرت اتصال کوتاه در محل کلید مطابقت کند.

برای محاسبه قدرت قطع کلید و جریان اتصال کوتاه شبکه می‌توان از کتاب محاسبه اتصال کوتاه در شبکه از انتشارات دانشگاه تهران کمک گرفت.

در ضمن با همین قدرت قطع، قدرت وصل نامی کلید نیز عملاً مشخص می‌شود. زیرا بر حسب تعریف VDE باید قدرت وصل کلید در حدود 2/5 برابر قدرت قطع آن باشد.

جدول زیر مشخصات کامل الکتریکی کلیدهای نرم شده را نشان می‌دهد در این جدول دیژنگتور برای نصب در شبکه سرپوشیده و F برای نصب در شبکه آزاد می‌باشد.

4- نوع فرمان وصل کلید : دستی - الکتریکی و یا کمپرسی توسط هوای فشرده

5- طریقه نصب کلید: کشویی - ثابت

6- نوع قطع کننده اتوماتیک: قطع کننده پریمر یا قطع کننده زکوندر

7- برای نصب در شبکه آزاد یا شبکه سرپوشیده

یکی دیگر از مشخصات مهم کلید، زمان تاخیر در قطع کلید است. این زمان بر حسب تعریف عبارتست از حد فاصل زمانی بین لحظه فرمان قطع توسط رله مربوطه و آزاد کردن ضامن قطع کلید تا خاموش شدن کامل جرقه.

این زمان در کلیدهای مدرن امروزی به 0/05 ثانیه می‌رسد که تقریباً 0/02 ثانیه آن برای قطع جرقه مصرف می‌شود.

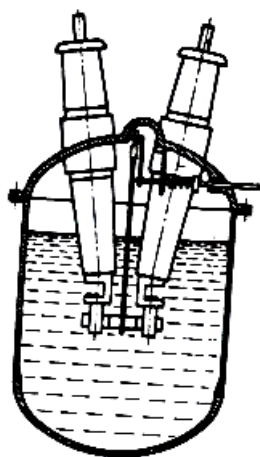
کلیدهای قدرت امروزی برای در حدود 25000 قطع و وصل ساخته می‌شوند و باید سالیانه یک بار یا پس از هر 3000 بار قطع و وصل یک بار سرویس و مورد بازدید اساسی قرار گیرند.

انواع کلیدهای قدرت

الف - کلید روغنی

این کلید که در سالهای 1910 تا 1925 از متداولترین کلیدهای فشار قوی با قدرت زیاد به شمار می‌رفت امروزه توسط کلیدهای مدرن دیگر (گازی و کم روغن) بخصوص در اروپا بکلی کنار زده شده است. در این نوع کلیدها از روغن به عنوان عایق استفاده می‌شود و بدین جهت هر چه فشار الکتریکی شبکه بیشتر باشد حجم روغن داخل کلید نیز زیادتر می‌گردد به طوری که وزن روغن در کلید روغنی 220 KV نزدیک به 20 تن می‌رسد و همین حجم زیاد روغن یکی از بزرگترین معایب این نوع کلید بخصوص در موقع آتش سوزی است.

نحوه خاموش شدن جرقه در کلیدهای روغنی



در موقع قطع کلید و جدا شدن تیغه از کنتاکت تراکم جریان در یک نقطه از کنتاکت‌ها بقدری زیاد می‌شود که باعث شروع جرقه در آن محل می‌گردد در اثر حرارت شدید جرقه روغن تجزیه شده و ایجاد گاز می‌کند که به صورت حبابی اطراف جرقه را می‌پوشاند با جدا شدن هر چه بیشتر تیغه از کنتاکت ثابت و طویل شدن جرقه حباب گازی نیز بزرگتر و بزرگتر می‌گردد و در ضمن اینکه مقداری از حرارت جرقه مصرف بخار کردن و تجزیه روغن می‌شود در اثر ازدیاد شدن طول جرقه قوس می‌شکند و جرقه قطع می‌شود.

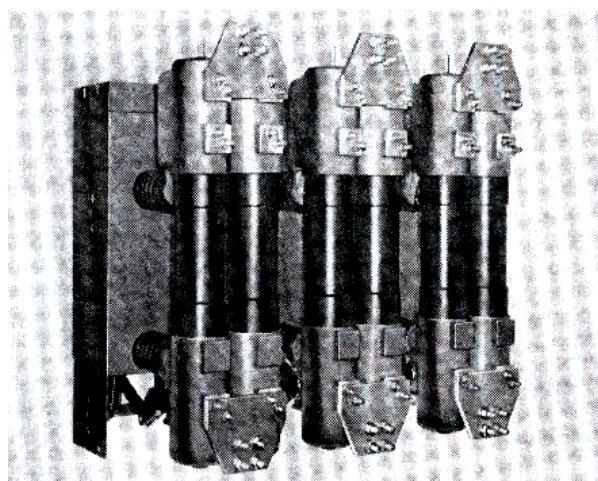
نظر به اینکه حجم حجاب بستگی به شدت جرقه و شدت جرقه مستقیماً بستگی به شدت جریانی دارد که کلید قطع می‌کند باید فضای خالی بالای روغن متناسب با شدت جریان اتصال کلید شبکه باشد زیرا در صورتی که شدت جریان اتصال کوتاه به حدی می‌باشد که جرقه قبل از رسیدن سطح روغن به زیر در پوش منبع خاموش نشود امکان ترکیدن منبع در اثر ازدیاد فشار داخلی بسیار زیاد است.

ب - کلید کم روغن

روغن در کلیدهای کم روغن به عنوان ایزولاسیون و با عایق کننده بین فازها و یا فاز و زمین بکار برده نمی‌شود بلکه از آن فقط به عنوان خاموش کننده جرقه استفاده می‌شود و به همین جهت مقدار روغن که در کلیدهای کم روغن به کار برده می‌شود نسبت به کلیدهای روغنی خیلی کمتر است مثلاً مقدار روغن در یک کلید کم روغن با همان مشخصات فقط 6 کیلوگرم روغن کافی است.

تراکم گاز در محفظه احتراق در موقع عبور جریان از صفر برابر است با نسبت مقدار گازی که قبلاً به وجود آمده به فضایی که برای این مقدار گاز موجود است این فضا در ابتدا توسط خارج شدن کنتاکت متحرک از محفظه والاستیسیه روغن داخل محفظه احتراق تعیین می‌شود ولی بعداً که روغن اطراف گاز به جریان می‌افتد و گاز به طرف مخزن بالای کلید راه پیدا می‌کند حجم گاز نیز زیاد می‌شود ایجاد فشار و به جریان انداختن گاز در یک زمان معین و حساب شده تنها راه حل صحیح قطع جرقه در روغن است. اکثر کلیدهای کم روغن نیز بر این پایه ساخته شده‌اند قطع سریع جرقه در زمان یک نیم پریود علاوه بر اینکه برای تاسیسات برقی بسیار مهم و با ارزش است در ساختمان خود کلید نیز بسیار موثر است زیرا به علت قطع فوری جرقه اثرات حرارتی و مکانیکی آن نیز بر روی کنتاکت‌ها و محفظه احتراق کوچکتر می‌شود و علاوه بر اینکه دوام کلید را بالا می‌برد خود کلید نیز ارزان تهیه می‌شود.

محفظه احتراق کلیدهای کم روغن کوچک و حجم آن خیلی کم است زیرا به علت خواص خوب هیدروژن



جهت خاموش کردن جرقه و قطع جریان فقط به مقدار خیلی کمی از گاز نیاز است.

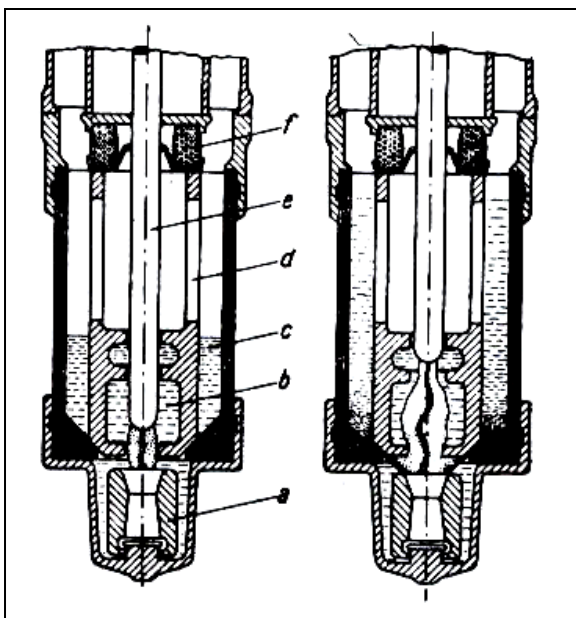
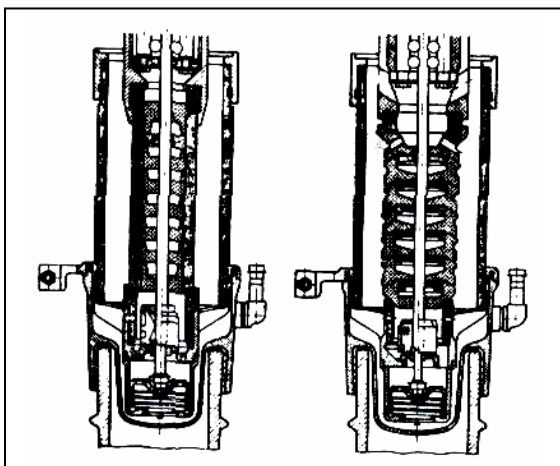
در کلید کم روغن با جاسازی مخصوص که در محفظه احتراق شده است گاز سرد به طور عرضی و عمود بر محور جرقه به جریان انداخته می‌شود

بدون اینکه مسیر جرقه تغییر کند بدین طریق که پس از جدا شدن کنتاکت‌ها در یک فضای خیلی کوچک بین دو کنتاکت جرقه می‌زند و به علت بسته بودن مجرای ورود و خروج روغن فشار بسیار زیادی در محفظه به وجود می‌آید که باعث بالا بردن استقامت الکتریکی عایق می‌شود موقعی که کنتاکت میله‌ای و متحرک کلید حداقل فاصله لازم را برای خاموش شدن جرقه پیدا کرد کانال‌های عرضی باز می‌شوند و روغن تازه برای خاموش کردن جرقه (خنک کردن و شستشو دادن) به داخل محفظه جریان پیدا می‌کند.

در موقع قطع جریان کم که مسلماً باعث می‌شود جرقه نیز قدرت کمی داشته باشد ممکن است مقدار گازی که در این زمان بسیار کوتاه حداکثر نیم پریود ایجاد می‌شود آنقدر کم باشد که نتواند فشار لازم برای بالا بردن استقامت الکتریکی بین دو کنتاکت را به وجود آورد لذا در اثر برگشت ولتاژ جرقه مجدداً شروع می‌شود و تا حدود چند پریود نیز ادامه خواهد داشت در این زمان باید دو کنتاکت به اندازه کافی از هم جدا شده باشند.

قطع جریان در یک چنین کلیدی تابع شدت جریان می‌شود به طوری که هر چه جریان اتصال کوتاه بیشتر باشد جرقه زودتر خاموش می‌گردد از این جهت در اغلب کلیدها برای کوتاه کردن زمان جرقه در جریان کم قسمت فوقانی محفظه را خیلی کوچک درست می‌کنند در نتیجه تراکم گاز زیاد شده جرقه زودتر قطع

می‌گردد و به همین منظور با خارج شدن میله کنتاکت دهنده از محفظه جرقه گیر به اندازه فضای هم حجم آن روغن از مجراهای عرضی وارد محفظه می‌شود در بعضی از کلیدهای کم روغن از مجراهای عرضی وارد محفظه می‌شود در بعضی از کلیدهای کم روغن ساخت کارخانجات دیگر برای قطع سریع جریان کم از یک پمپ مخصوص استفاده می‌شود.



چون فشاری که باعث انزکسیون (تزریق) روغن می‌شود بستگی به شدت جریان دارد لذا قطع کلید تابع شدت جریان است بدین جهت در اغلب کلیدها عمل تزریق روغن توسط پمپ مخصوص تشدید می‌شود کلید کم روغن برای هر ولتاژی تا 765 کیلو ولت و قدرت قطع زیاد 50 KVA ساخته می‌شود کلیدهای

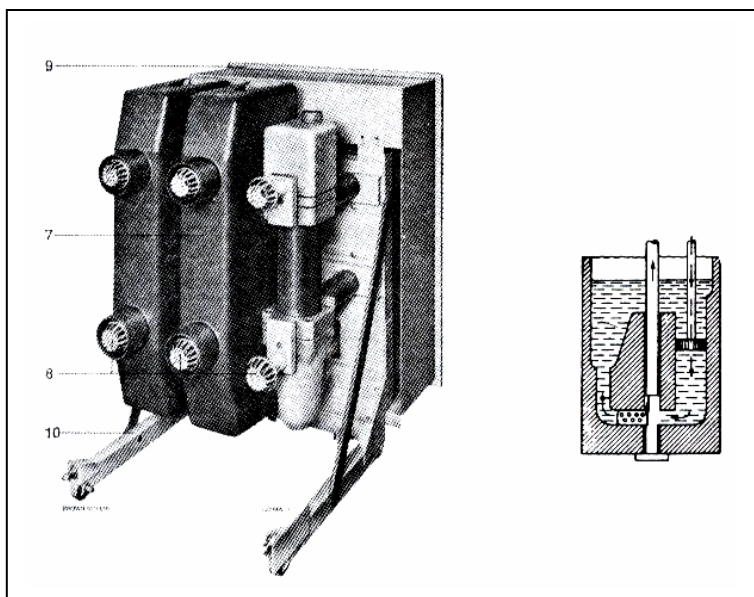
ولتاژ زیاد از 60 تا 110 هزار ولت اغلب دارای قطع متوالی هستند و محفظه احتراق آنها معمولاً در یک ایزولاتور قرار دارد در ولتاژهای بالاتر می‌توان تعدادی از این کلیدها را به طور متوالی (سری) نصب کرد.

پ - کلید اکسپانزیون

کلید اکسپانزیون کلیدیست که در آن به عنوان ماده خاموش کننده جرقه استفاده شده است و به همین جهت اغلب کلید آبی نیز نامیده می‌شود یکی از بهترین خواص این کلید این است که چون آب داخل محفظه احتراق قابل اشتغال نیست هیچگونه انفجاری کلید را تهدید نمی‌کند و مانند کلیدهای روغنی باعث آتش سوزی نمی‌شود.

هر قطب کلید دارای یک محفظه احتراق مخصوص خود است که با مقداری آب و ماده ضد یخ پر شده است در موقع جدا شدن کنتاکت میله ای از کنتاکت ثابت لایه‌ای شکل یک قوس الکتریکی بین این دو کنتاکت برقرار می‌شود که در اثر حرارت زیاد آن آب داخل محفظه احتراق را تبخیر و تجزیه می‌کند محفظه احتراق

توسط دورینگ الاستیکی در محل خود به صورت ثابت نگهداشته می‌شود و در صورتی که فشار داخل محفظه به علت تراکم گاز از حد معینی تجاوز کرد محفظه احتراق قدری به طرف بالا کشیده می‌شود و مقداری از گاز داخل محفظه به بیرون راه پیدا می‌کند و در آب سرد محفظه، تقطیر می‌شود.



زیمنس برای جلوگیری از تجزیه آب در موقع

وصل کلید آن را ملودی می‌سازد که در ضمن وصل کردن کلید محفظه احتراق بدون آب است و فقط در موقع قطع کلید آب به داخل محفظه تزریق می‌گردد.

در کلیدهای اکسپانزیون با ولتاژ زیاد به جای آب از روغن مخصوص که نقطه اشتغال آن خیلی بالا است استفاده می‌شود.

ت - کلید هوایی

در تمام کلیدهایی که تا به حال شرح داده شد ماده اولیه خاموش کننده جرقه مایع است و چون در این نوع

کلیدها عواملی که در خاموش کردن جرقه

موثر هستند در اثر انرژی خود جرقه از

تجزیه روغن تهیه و آماده می شوند همه

آنها کم و بیش تابع شدن جریان زمان قطع

هستند به عبارت دیگر قدرت قطع جرقه

تابع شدت جریان است ولی در کلید هوایی

اولا برای خاموش کردن جرقه و خارج

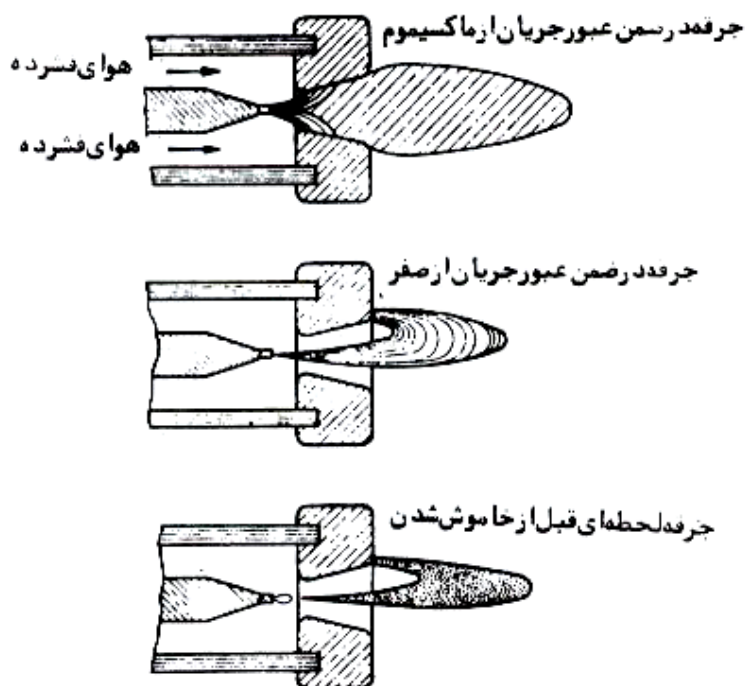
کردن ایون ها و خنک کردن جرقه از هوای

سرد تحت فشار ایجاد می شود و در ثانی

این تنها کلیدیست که قدرت خاموش

کنندگی آن مستقل از جریان است و فقط

تابع هوای کمپرس شده ایست که قبلا در



یک منبع ذخیره شده و با فشار ثابت و مقدار ثابت برای هر شدت جریانی به داخل محفظه احتراق هدات

می شود لذا این کلیدها برخلاف کلیدهای دیگر که خود وسیله خاموش کردن جرقه را به وجود می آورند دارای

زمان قطع بسیار کوتاهی هستند زیرا زمان لازم برای به وجود آوردن عامل موثر گرچه کوتاه مدت هم باد از

بین می رود در کلیدهای هوایی بخصوص در فشار کم و متوسط کنتاکت ثابت معمولا به صورت قیف ساخته

می شود که در داخل آن کنتاکت میله ای متحرک جای می گیرد و با تماس با آن کلید بسته می شود.

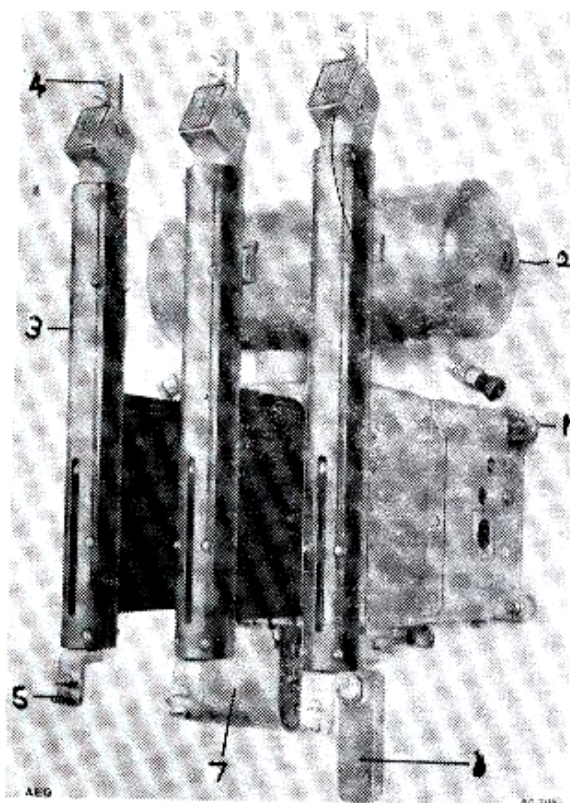
در موقع قطع کلید کنتاکت میله‌ای از کنتاکت ثابت جدا می‌شود و بین این دو کنتاکت ابتدا در هوای ساکن موجود در محفظه جرقه حاصل می‌گردد طول این قوس راحتی الامکان کوتاه نگه می‌دارند تا کار کلید کوچک شود در ضمن باید فاصله دو کنتاکت به حدی باشد که پس از خاموش شدن جرقه این فاصله بتواند فشار برگشت شده روی دو کنتاکت به حدی باشد که پس از خاموش شدن جرقه این فاصله بتواند فشار برگشت شده روی دو کنتاکت را حفظ کند به عبارت دیگر باید فاصله هوایی دو کنتاکت استقامت الکتریکی کافی برای ولتاژ شبکه را داشته باشد بدین جهت وقتی قوس طول مناسب را پیدا کرد میله متحرک از حرکت

باز می‌ایستد و هوای فشرده توسط باز شدن سوپاپ

مربوطه به محل جرقه راه پیدا می‌کند و باعث می‌شود که جرقه پس از اولین یا دومین موج به محض صفر شدن جریان قطع شود. جریان هوا تا موقعی ادامه می‌یابد که محفظه احتراق کاملاً از گازهای یونیزه شده پاک شده باشد در این موقع سوپاپ دریچه مخزن هوا راه می‌بندد و میله کنتاکت دهنده تا انتهای مسیر خود پایین می‌آید و فاصله لازم برای اختلاف سطح شبکه را پیدا می‌کند.

از معایب کلید هوایی می‌توان قطع جریان کوچک را در زمانی غیر از موقعی که جریان از صفر می‌گذرد نامید زیرا در این حالت امکان به وجود آمدن ولتاژهای ضربه‌ای خیلی زیاد است.

در ضمن چون ماده خاموش کننده از خارج هدایت می‌شود باید قبلاً آماده باشد و بدین جهت باید کلید و متعلقات آن دائماً تحت مراقبت و کنترل شدید قرار گیرند



۱ - جعبه تقسیم و فرمان

۲ - منبع هوای فشرده

۳ - سنوهای، عایق شابل کماکور و محفظه احتراق

۴ و ۵ - محل اتصال سیم‌های ورودی و خروجی

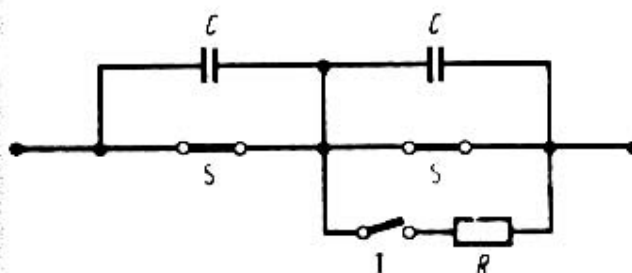
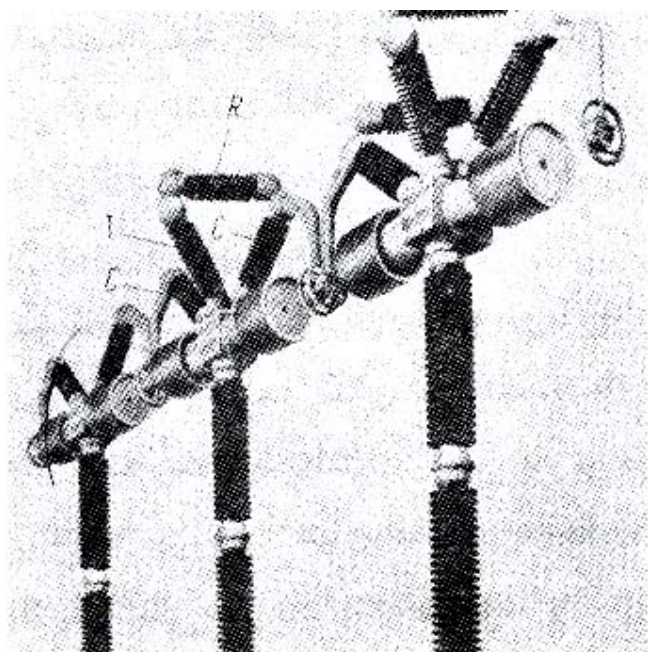
۶ - سرده‌گیر و تنظیم کننده سرعت

۷ - کلید کمکی

بجاست که گفته شود کلید هوایی هر سال یکبار یا حداقل پس از 3000 قطع و وصل احتیاج به یک سرویس و روغن کاری کامل دارد و پس از 25000 - 10000 قطع و وصل باید به کلی از هم جدا شده و بعضی از قسمتهایی متحرک آن تعویض و مرمت گردد.

برای روغن کاری کلید از روغن کاملاً تمیز و بی‌رنگ استفاده می‌شود.

برای بالا بردن قدرت قطع کلیدهای هوایی فشار قوی معمولاً از مقاومت‌ها و خازن‌های موازی استفاده می‌شود مقدار این مقاومت ما تقریباً در حدود $100\Omega/kV$ است. مقاومت موازی با جرقه باعث می‌شود که برگشت ولتاژ به کندی انجام گیرد و این فرصت بسیار خوبی است برای خارج کردن حاملهای باردار موازی بستن خازن با مدار جرقه در زمان برگشت ولتاژ خیلی موثر است زیرا تا موقعی که جرقه ادامه دارد خازن



اتصال است و به محض قطع جرقه و برگشت ولتاژ باید خازن با این ولتاژ بار الکتریکی گیرد.

$$Uc = \frac{1}{C} \int_0^b I - dt$$

زمان قطع از موقعی که فرمان قطع صادر می‌شود تا باز شدن کلید در اینگونه کلیدها تقریباً 0/04 ثانیه به طور می‌انجامد زمان جرقه خیلی کوتاه است و تقریباً 0/01 تا 0/02 ثانیه است به طوری که زمان تاخیر در قطع این کلیدها بین 0/05 - 0/06 ثانیه برآورده شده است با سری بستن چند محفظه احتراق به طور پی پی می‌توان از این کلید برای ولتاژهای زیاد 380 KV و بالاتر با قدرت قطع بسیار زیاد 16000 KVA

استفاده کرد کلید هوایی از 3 KV تا 765 KV و بالاتر و جریان‌های تا 90000 A و جریان قطع تا 50 KA ساخته می‌شود.

ث - کلید گاز سخت (جامد)

در پست‌ها و شبکه‌های برق کوچک که دارای تاسیسات محدود و فاقد دستگاه کمپرسور و تهیه هوای فشرده می‌باشند نصب کلیدهای هوایی مقرون به صرفه نیست و بدین جهت اغلب از کلید اکسپانزیون آبی و یا از کلید دیگری به اسم کلید گاز جامد استفاده می‌شود.

در کلید گاز جامد نیز مانند کلیدهای روغنی و کم روغن گازی که باعث خاموش کردن و برگشتن جرقه می‌شود توسط خود جرقه به وجود می‌آید لذا قدرت قطع این کلید نیز تابع شدت جریان قطع است محل قطع شدگی در این کلید قابل رویت است که این خود از محاسن کلید است و به آن حالت سکسیونر قابل قطع زیر جرسان اتصال کوتاه را می‌دهد.

در این کلید به جای میه کنتاکت دهنده از یک لوله استفاده شده است این لوله که در موقع وصل میله عایقی را در میان دارد توسطه لو عایقی نیز احاطه شده است این در لوله و میله عایقی از ماده‌ای ساخته شده‌اند که ر

اثر حرارت جرقه بدون ایجاد دوده

مقدار زیادی گاز تولید می‌کنند پس از

صدور فرمان قطع به کلید کنتاکت

لوله‌ای از کنتاکت جرقه زن جدا

می‌شود جرقه حاصل بین این دو

کنتاکت با لوله و میله عایقی تماس

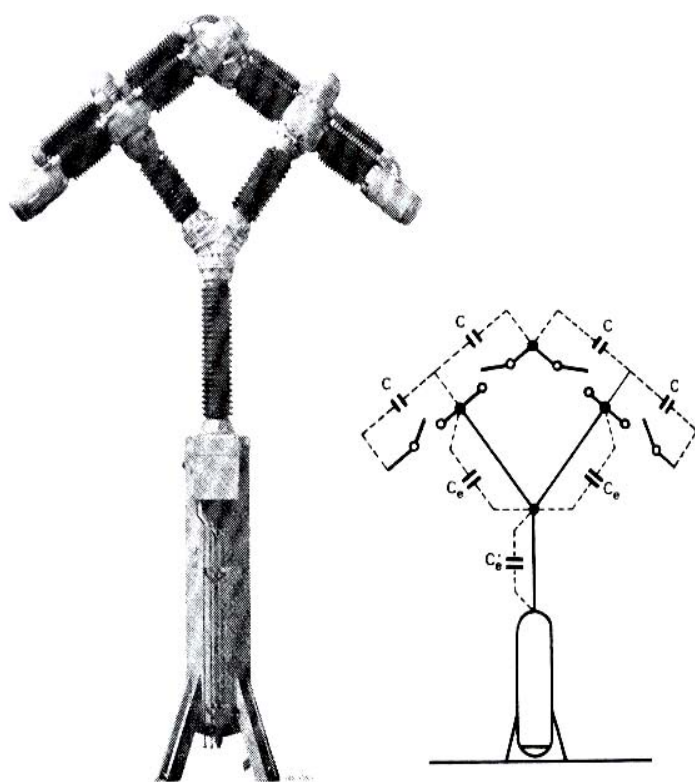
پیدا می‌کند و باعث می‌شود قسمتی از

سطوح خارجی آن تبخیر شود این

گازها در حد فاصل بین لوله و میله

عایقی ایجاد فشار زیاد می‌کنند.

در ضمن خنک کردن جرقه خیلی

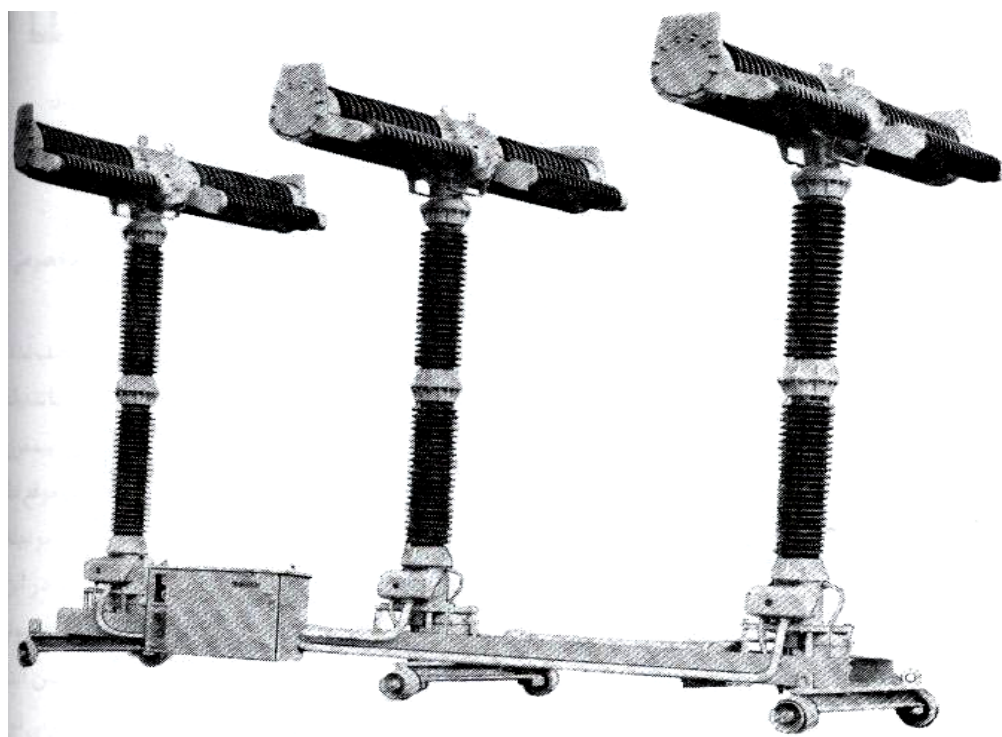


زیاد را در اولنی نیم پریود به محض عبور جریان از صفر و درست در همان موقعی که لوله کنتاکت دهنده

مجرای خروج گاز را باز می کند قطع می کند در صورتی که جرقه جریان های کم در فاصله بیشتر دو کنتاکت و در زمان دومین نیم موج قطع می شود این کوتاه بودن زمان جرقه به علت گاز شدیدی است که از عایق ها متصاعد می شود و به همین جهت سطوح میله و لوله جرقه گیر عایقی نیز خیلی زود فرسوده و مستعمل نمی شود و معمولا پس از هر چند صد بار قطع احتیاج به تعویض پیدا می کند این کلیدها برای اختلاف سطح تا 20 KV و قدرت قطع تا 200 NVA ساخته می شوند.

ج) کلید SF6

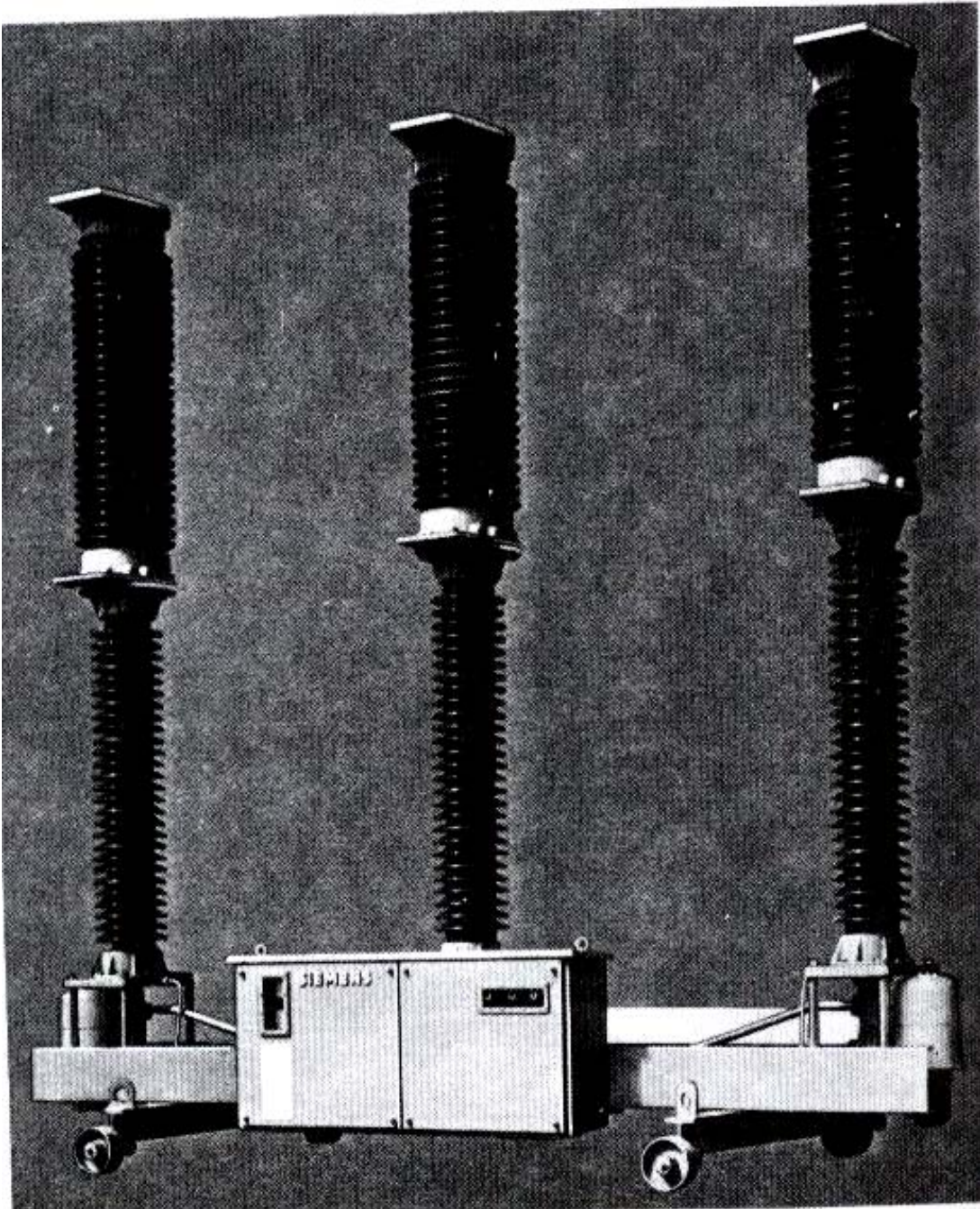
در این نوع کلید از گاز SF6 (هگزا فلورید گوگرد) به عنوان ماده خاموش کننده جرقه و عایق بین دو کنتاکت و نگهدارنده ولتاژ استفاده شده است گاز SF6 الکترون های آزاد را جذب می کند و ایجاد ایون منفی بدون تحرک می کند در نتیجه مانع ایجاد ابر همین الکترون ها که باعث شکست عایق و ایجاد جرقه می شود می گردد به طوری که استقامت الکتریکی گاز SF6 به 2 تا 3 برابر استقامت الکتریکی هوا می رسد گاز SF6 از نظر شیمیایی کاملا با ثبات است و میل ترکیبی آن خیلی کم و غیر رسمی می باشد و تقریبا 5 برابر هوا



وزن دارد و
در مقابل
حرارت
زیاد نیز
پایدار و
غیرقابل
اشتغال
است در
ضمن این
گاز دارای

قابلیت هدایت حرارتی بسیار زیاد است لذا علاوه بر اینکه در خاموش کردن جرقه بسیار موثر واقع می شود عایق بسیار با ارزش نیز می باشد . طرز استفاده از این گاز در کلیدهای فشار قوی عموما بر مبنای انژکسیون

گاز متراکم شده SF6 به محل قوس الکتریکی (محفظه احتراق) است. در زیر دو نمونه از کلیدهای SF6 را مشاهده می کنید.



چ - کلید خلاء

اصولا حامل‌های باردار باعث هدایت جریان در فلزات و ایجاد قوس الکتریکی در عایق‌ها می‌شوند لذا در خلاء کامل چون هیچ عنصری وجود ندارد که حامل الکترون‌ها باشد برای جدا شدن دو کنتاکت فلزی جریان دار به احتمال قوی دون ایجاد حرقه انجام نمی‌گیرد.

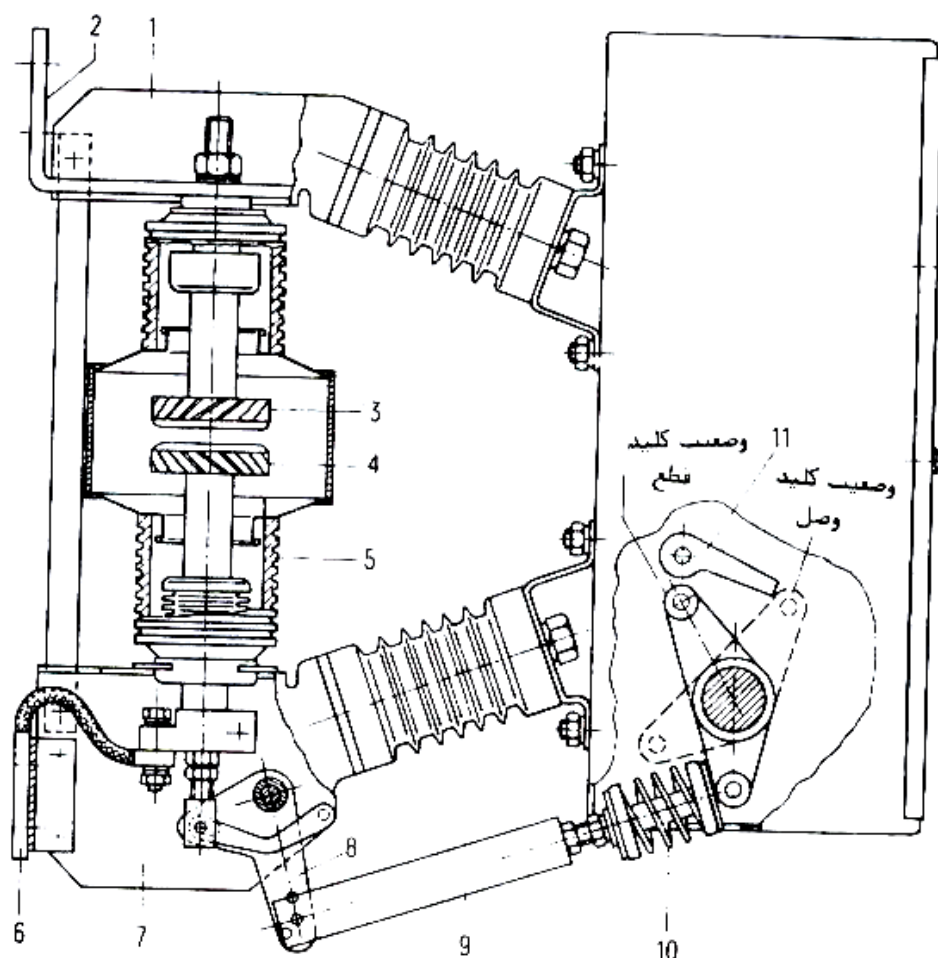
با توجه به این اصل مهم کلیدهای فشار قوی که کنتاکت‌های آن در خلاء از هم جدا می‌شوند ساخته شده است:

کلید خلاء به طور کلی از سه قسمت اصلی زیر تشکیل شده است.

1- کپسول خلاء از فولاد نیکل با کنتاکتورها

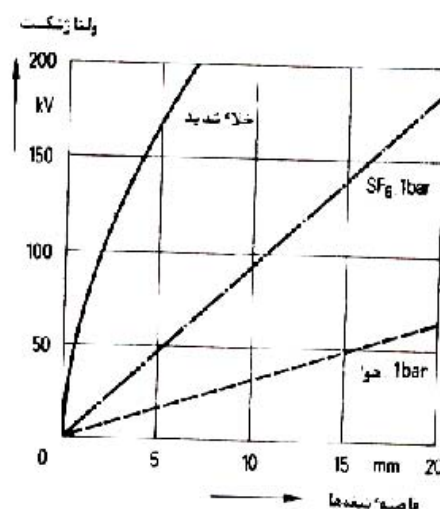
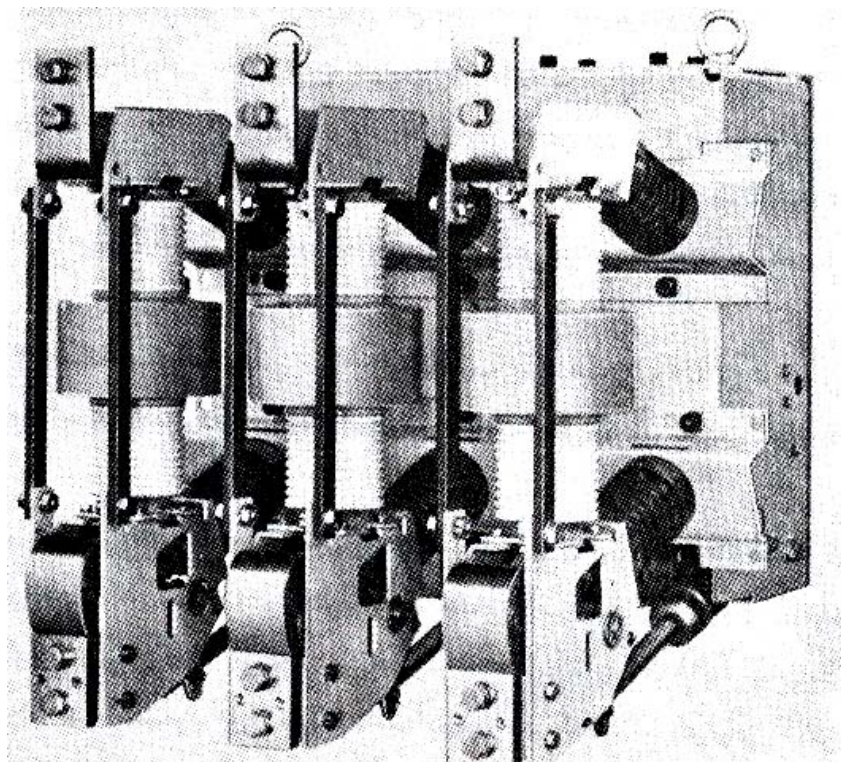
2- نگهدارنده کنتاکتورها و ایزولاتورها

3- وسایل مکانیکی رسانای فرمان قطع و وصل



کنتاکت های 3 و 4 در یک کپسول فلزی خلاء شده قرار دارند و عمل قطع و وصل کلید در این کپسول و در خلاء کامل انجام می گیرد میله 3 که کنتاکت ثابت کلید است پس از عبور از ایزولاتور 5 به صفحه فلزی که در ضمن باعث هدایت جریان به محل اتصال کابل یا شین 2 می شود محکم شده است میله 4 کنتاکت متحرک کلید را تشکیل می دهد که پس از عبور از ایزولاتور 5 در ضمن تماس فلزی با پایه ثابت 7 به کمک میله عایقی 9 و فنر 10 به دستگاه فرمان دهنده قطع و وصل کلید متصل می شود در موقع فرمان وصل (دستی یا موتوری) کنتاکت متحرک 4 به کنتاکت 3 می چسبد و در ضمن هدایت جریان باعث جمع شدن فنر 10 و ذخیره انرژی مکانیکی می شود که در موقع قطع ملید از آن استفاده می شود در موقع قطع و جدا شدن تیغه متحرک 4 از تیغه 3 مقداری از فلز کنتاکت ها (آلیاژی از مس) در ناحیه آخرین تماس سوزنی تبخیر می شود و این پلاسمای بخار فلز گه دارای هدایت الکتریکی بسیار خوبی است با دور شدن کنتاکت متحرک از کنتاکت ثابت باعث ادامه عبور جریان و ایجاد قوس الکتریکی می گردد.

این قوس تا موقعی که جریان از صفر نگذشته است می‌تواند وجود داشته باشد زیرا به محض عبور جریان از صفر (قطع خود به خود جریان) پایه فلزی جرقه خنک می‌شود و تبخیر قطع می‌گردد و بخارات فلز در پلاسما توسط دیفوزیون و دکمبیناسیون دیونیزه می‌شود و بر روی کنتاکتورها می‌نشیند در نتیجه فضلی خالی بین دو



کنتاکت که اکنون فاقد حامل‌های بادار است برگشت ولتاژ را به خوبی تحمل می‌کند و جرقه برای همیشه خاموش می‌شود. علت فشار خیلی کم داخل کپسول (در حدود 10^{-9} bar) فاصله دو کنتاکت کلید خلاء در حالت قطع برای فشار تا 30 هزار ولت خیلی کم و در حدود 20 میلیمتر است در نتیجه به علت کوچک بودن طول جرقه در حدود 20 میلیمتر و هدایت خوب پلاسما و کوتاه بودن زمان جرقه که ماکسیمم از 6 میلی ثانیه تجاوز نمی‌کند انرژی قوس الکتریکی در این کلید خیلی کوچکتر از کلیدهای مشابه دیگر است و با توجه به اینکه اغلب قوس قبل از رسیدن جریان به صفر قطع می‌شود می‌توان کلید را با وسیله قطع و وصل سریع نیز مجهز کرد کلید خلاء امروزه بخاطر دارا بودن مزایایی از قبیل دوام زیاد مراقبت کم، امکان قطع و وصل سریع مکرر در شبکه‌های فشار متوسط تا 30 KV بخصوص برای وصل شبکه‌های کاپاسیتیو بسیار مناسب است.

مدارات فرمان کنترل اکتوری

فصل لول:

اجزاء تشکیل دهنده مدارات کنتاکتوری

وساختمان آنها



مدارهای فرمان الکتریکی

مقدمه

بهره برداری مطمئن و بی وقفه از تاسیسات الکتریکی و مراکز تولید نیرو و تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز تجهیزات برقی کارخانجات صنعتی و مراکز اقتصادی تا حدود زیادی به خصوصیات ویژگی‌ها و طرز عمل کلیدها و وسایل کنترل اتوماتیک مدارها بستگی دارد. در این فصل منظور از مدارهای کنترل اتوماتیک، مدارهای فرمان الکتریکی با استفاده از کلیدهای مغناطیسی یا کنتاکتورها هستند.

در مدارهای فرمان الکتریکی وسایل مختلفی به کار می‌رود که از مهمترین آنها کنتاکتور یا کلید مغناطیسی است. استفاده از کنتاکتور در مدارهای الکتریکی اتوماتیک تنوع طراحی‌های مختلف را به وجود می‌آورد.

اجزای تشکیل دهنده مدارهای کنترل اتوماتیک

برای طراحی مدارهای اتوماتیک و کار با آنها باید وسایل تشکیل دهنده آن را به طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده این وسایل آشنا شد.

وسایلی که در مدارهای فرمان به کار می‌روند و در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارت اند از : 1- کنتاکتور (کلید مغناطیسی) 2- شستی استاپ استارت، 3- رله حرارتی 4- رله مغناطیسی 5- لامپ‌های سیگنال

6- فیوزها، 7- لیمیت سویچ‌ها، 8- کلیدهای تابع فشار، 9- کلیدهای شناور، 10 چشم الکتریکی (سنسورها)، 11- ترمیستور و انواع آن، 12- ترموستات، 13- کلیدهای تابع دور.

کنتاکتور یا کلید مغناطیسی

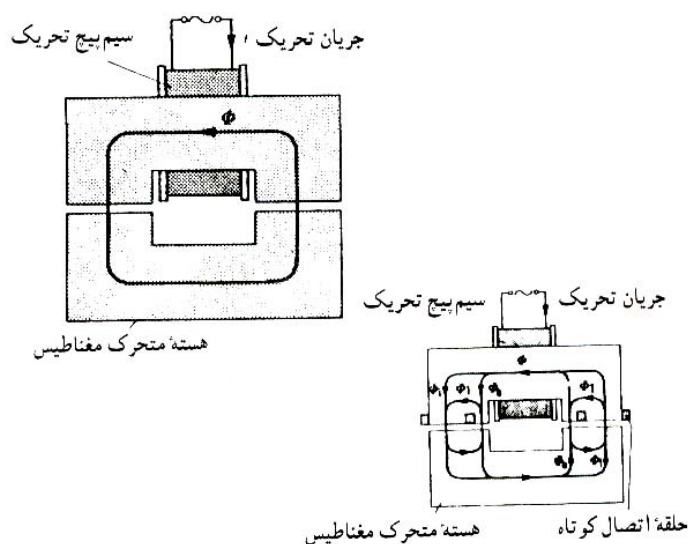
کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیسی - مانند رله‌ها تعدادی کنتاکت را به یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می‌کند. از این خاصیت جهت قطع و وصل یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود.

ساختمان کنتاکتور

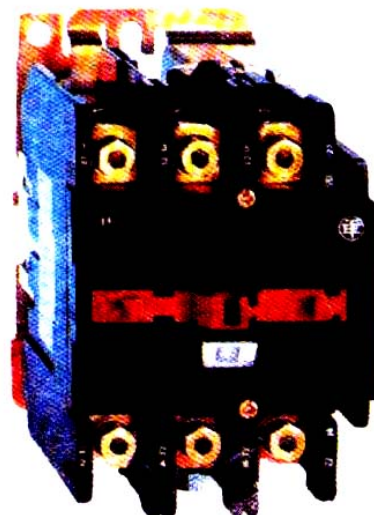
این کلید از دو هسته به شکل E که یکی ثابت و دیگری متحرک است و در میان هسته ثابت یک بوبین یا سیم پیچی قرار دارد، تشکیل شده است. وقتی به برق متصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثی می‌کند و هسته فوقانی را به هسته تحتانی متصل کرده باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت

عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود یا باز شدن کنتاکت‌های بسته، مدار کنتاکتور وصل گردد.

در صورتی که مدار تغذیه بوبین کنتاکتور قطع شود در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد اتصالات



چگونگی مسیر فوران حاصل در هسته مغناطیس کنتاکت.



شکل چند نمونه از کنتاکتورها و چگونگی عملکرد کنتاکتور

برقرار می‌شود و دوباره به حالت اول باز می‌گردد.

اجزای تشکیل دهنده کنتاکتور در شکل زیر نشان داده شده است. این اجزا عبارت‌اند از

- 1- قاب نگاه دارنده کنتاکت‌های قسمت فوقانی
- 2- فلز نگاه دارنده پیچ کنتاکت بر روی قاب
- 3- بوبین کنتاکتور
- 4- هسته
- 5- حلقه اتصال کوتاه برای جلوگیری از لرزش
- 6- فنر برگشت کنتاکت‌ها به وضعیت عادی
- 10- نگاه دارنده فنر
- 11- نگاه دارنده فنر
- 12- کنتاکت‌های متحرک مربوط به مدار فرمان
- 13- فنر پشت کنتاکت فرمان
- 14- نگاه دارنده فنر کنتاکت فرمان
- 15- بست متصل کننده قاب تحتانی به فوقانی

7- قاب نگاه‌دارنده کنتاکت‌های تحتانی

16- کانال و پیچ مربوط به کنتاکت مدار فرمان

8- کانال یا معبر کنتاکت‌های متحرک

17- ترمینال اتصال سیم

بوبین

9- فنر پشت قاب متحرک

مزایای استفاده از کنتاکتورها

کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی

مزایایی به شرح زیر دارند:

1- مصرف کننده از راه دور کنترل می‌شود.

2- مصرف کننده از چند محل کنترل می‌شود.

3- امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای

مراحل مختلف کار مصرف کننده وجود دارد.

4- سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن

کم است.

5- از نظر حفاظتی مطمئن ترند و حفاظت مناسب

تر و کامل تر دارند.

6- عمر موثرشان بیش تر است.

7- هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند در نتیجه از

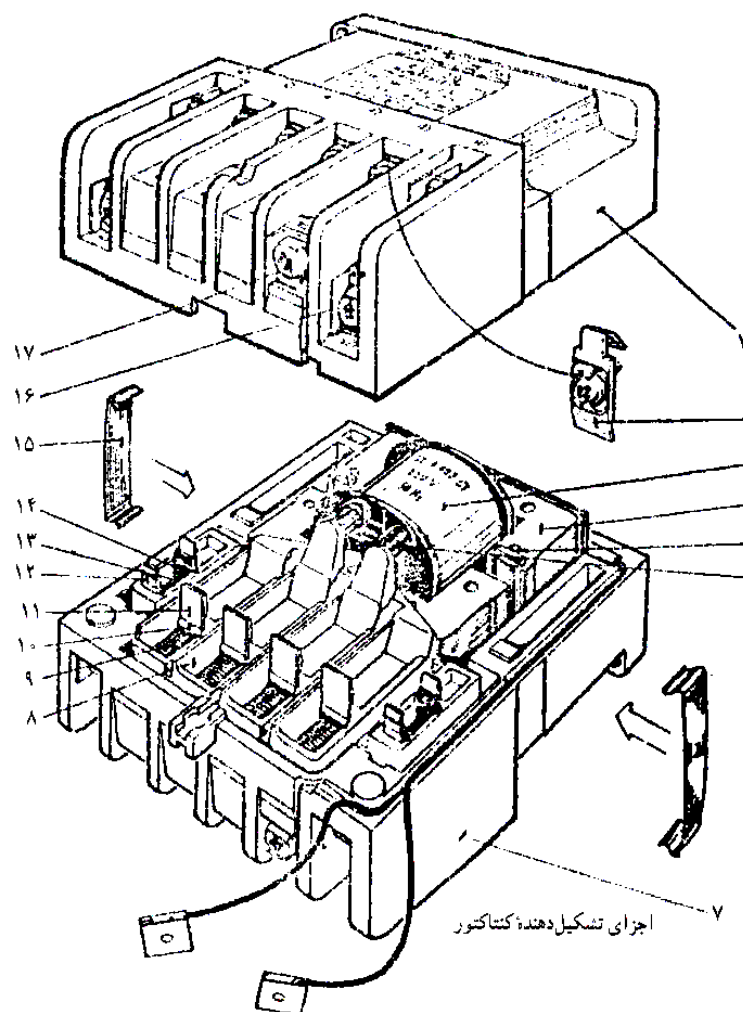
خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می‌گردد.

کلید کنتاکتور برای جریان‌های AC و DC ساخته می‌شود.

تفاوت این دو نوع کنتاکتور در آن است که در کنتاکتورهای AC از یک حلقه اتصال کوتاه برای

جلوگیری از لرزش حاصل از فرکانس برق استفاده می‌گردد. نیروی کششی یک مغناطیس الکتریکی جریان

متناوب متناسب با مجذور جریان عبوری از آن و در نتیجه متناسب با مجذور اندکسیون مغناطیسی است. چون



مقدار جریان لحظه‌ای با توجه به رابطه $i = I_{\max} \sin \omega t$ تغییر می‌کند، مقدار نیروی کششی مغناطیسی نیز برابر با

$$F = F_{\max} \sin^2 \omega t$$

خواهد شد و تعداد دفعاتی که این نیرو ماکسیمم و صفر می‌شود به اندازه دو برابر فرکانس شبکه خواهد گردید در نتیجه در لحظاتی که مقدار نیروی کششی بیشتر از نیروی مقاومت فنرهای کنتاکتور باشد، هسته کنتاکتور جذب می‌شود و در لحظاتی که مقدار نیروی کششی کمتر از مقدار نیروی فنرها شود، هسته کنتاکتور نیز آزاد شده به محل اول خود باز می‌گردد. بدین ترتیب در هسته متحرک لرزش و صدا ایجاد خواهد شد این نوسانات را می‌توان به وسیله یک حلقه بسته که از سطح قطبها جاسازی شده و حدود نصف تا $\frac{2}{3}$ سطح هر قطب را پوشانده است از بین برد و لرزش آن را برطرف کرد. عمل این حلقه آن است که مانند سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتوری که در حالت اتصال کوتاه قرار گرفته است. از آن جریان القایی عبور می‌کند و باعث ایجاد فوران مغناطیسی فرعی در مدار هسته می‌شود. این فوران فرعی با فوران اصلی اختلاف فاز دارد و در زمانی که نیروی کششی حاصل از فوران اصلی صفر باشد، نیروی کششی حاصل از فوران فرعی ماکزیمم خواهد بود و در حالتی که نیروی حاصل از فوران ماکزیمم باشد، این نیرو صفر خواهد بود و چون جمع این دو نیرو مانند شکل زیر به هسته متحرک اثر می‌کند، نیروی کششی در هر لحظه از نیروی مقاومت فنر بیشتر خواهد بود. ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتورها متفاوت است و از 24 تا 380 ولت ساخته می‌شود. در اکثر کشورهای صنعتی

برای حفاظت

بیشتر، تغذیه

بوبین کنتاکتورها

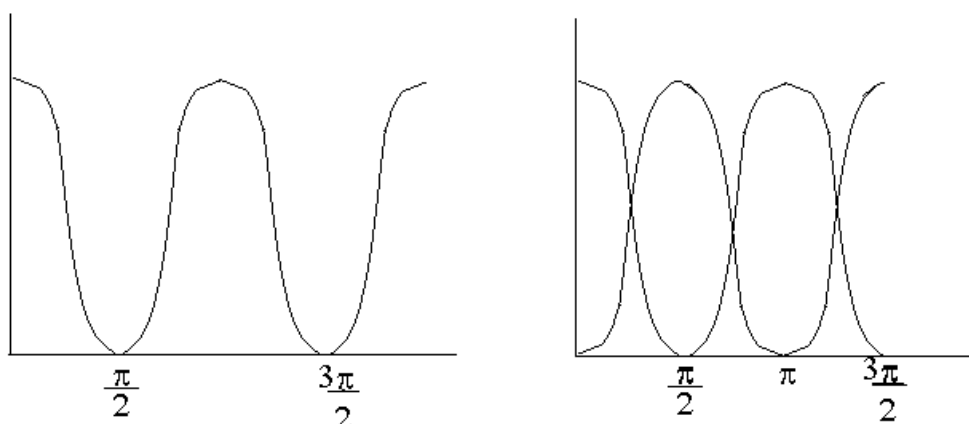
را زیر ولتاژ

حفاظت شده

(65 ولت)

انتخاب می‌کنند

و یا برای تغذیه



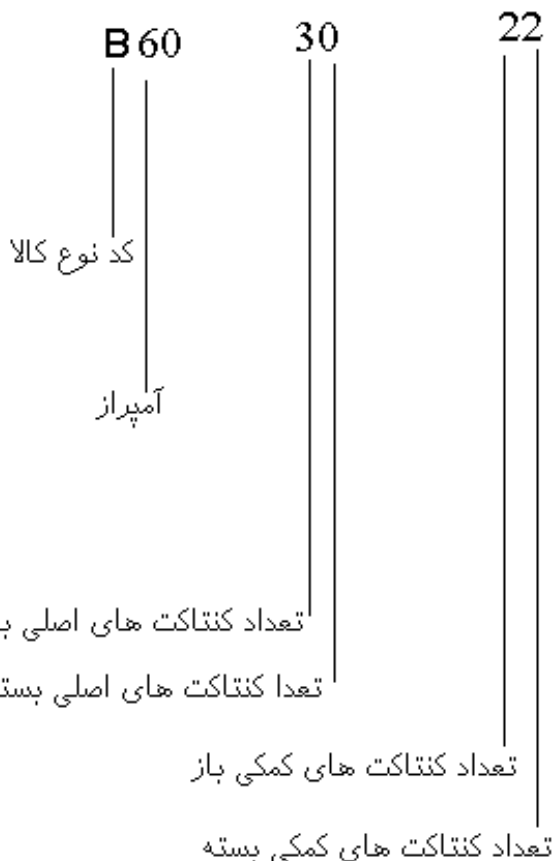
مدار فرمان ترانسفورماتور مجزا کننده به کار می‌برند.

شناسایی علائم اختصاری کنتاکتورها:

به عنوان مثال

تعداد از مدلهای کنتاکتوری BBC آلمان را مشاهده می کنید.

B9	B45
B12	B60
B16	B85
B22	B115
B30	



ITH: جریانی است که با اتصال یکبار (در هر 8 ساعت در شرایط کار نرمال می تواند از کنتاکت های اصلی (کنتاکت های قدرت) عبور کرده و تغییر و صدمه ای به کنتاکتور وارد نکند.

Ith1: جریانی که بعد از وصل کنتاکتور به مدت یک هفته می تواند از کنتاکت های اصلی کنتاکتور عبور کند و اشکالی در کار کنتاکتور ایجاد نکند.

Ith2: جریانی که در کار نرمال در زمان نامحدود بدون قطع شدن از کنتاکت ها عبور کرد و صدمه ای به مدار وارد نشود و حرارت در تیغه کنتاکت ها از حد مجاز تجاوز نکند.

Ie: جریانی است که شرایط استفاده از کنتاکتور را بیان می کند و در رابطه با نوع و مقدار ولتاژ بار می باشد. در صورت استفاده مداوم از کنتاکتور Ie= Ith2 می باشد.

Ue: (ولتاژ کار نامی): مقدار ولتاژ تحملی کنتاکت های اصلی در جریان کار نامی Ie

Ug: (ولتاژ تغذیه نامی): ولتاژ تغذیه بوبین کنتاکتور که بر روی بین کنتاکتور نوشته می شود.

Ui: (ولتاژ عایق نامی): ولتاژ استحکام عایقی ما بین قطعات اتصال دهنده یعنی کنتاکت ها

A یا F: طول عمر کلیدهای مختلف یا در اصطلاح کلاس A تا F معادل 10^3 تا 10^8 بار عمر

مکانیکی کنتاکتور می باشد به عنوان مثال 3 D یعنی 3×10^6 بار

$$E3 = 3 \times 10^7 \text{ بار}$$

نحوه انتخاب کنتاکتور:

به عنوان مثال برای راه اندازی ساده یک موتور 3 فاز 10 KV 380V چه کنتاکتوری لازم است؟
چون توان 10KW است. جریان مصرفی موتور در بار کامل 20 A بوده و کنتاکتوری را انتخاب کرده که

انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها

نوع جریان	استاندارد و طبقه بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی – بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف – گرم کن برقی با ضریب توان حدود $\cos \phi = 0.95$
	AC2	برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
	AC2'	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف
	AC3	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای – هنگام قطع جریان نامی از تیغه های کنتاکتور عبور می کند – تحمل جریان راه اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی
	AC4	برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای – به کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه ای – تعداد دفعات قطع و وصل در فواصل زمانی اندک
	AC11	کنتاکتور کمکی – کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت کوپل مغناطیسی – استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی – بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف – گرم کن برقی
	DC2	راه اندازی موتور شنت – قطع کردن موتور هنگام کار
	DC3	برای راه اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک – مدار ترنر
	DC4	راه اندازی موتور سری – قطع موتور هنگام کار
	DC5	راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک – تغییر جهت گردش موتور – مدار ترنر
	DC11	کنتاکتور کمکی – کنتاکتور فرمان – کوپل مغناطیسی

$I_{th2} = 20A$ بوده و در ردیف AC3 در زیر ولتاژ 380 ولت 10 KW را نوشته باشد.

تعداد دفعات قطع و وصل کنتاکتور: عمر کنتاکتورها تا حدود 10^8 (صد میلیون بار) می‌رسد عمر مکانیکی قطعات مکانیکی کنتاکت‌ها به علت گرم شدن و جرقه کاهش می‌یابد.

به علت این که کنتاکتورها را بیشتر برای راه‌اندازی الکتروموتورها به کار می‌برند، آشنایی با پلاک نصب شده روی موتورهای لازم است شکل پلاک یک موتور آسنکرون را نشان می‌دهد و در آن:

1- مشخص کننده کارخانه سازنده آن است.

۱	MACHINE SAZI TABRIZ	
۲	3 ~ MOT.	TYPE 100/28 - 2
۳	Δ/Y FRAM B ₃ NO - 20/6982	
۴	3 KW 220/380 V 50 Hz	
۵	10.9/6.22 A 2850 R.P.M	
۶	cos ϕ 0.87 1 SOLE 3.4 KG	
۷	P ₃₃	

2- موتور سه فاز - شماره ای که کارخانه

سازنده نوع و مشخصات فنی الکتروموتور را

در کاتالوگ‌های خود اعلام می‌کند و برای

خرید و انتخاب الکتروموتور مورد استفاده قرار

می‌گیرد.

3- این موتور می‌تواند به صورت مثلث یا

ستاره کار کند.

طریقه نصب موتور افقی است و مطابق

استاندارد شماره 20 / 6782 به کار می‌رود.

4- قدرت موتور سه کیلو وات است و برای اتصال مثلث (Δ) با ولتاژ خطی 220 ولت و اتصال ستاره با ولتاژ

380 ولت و فرکانس 50 هرتز کار می‌کند.

5- در اتصال مثلث با ولتاژ کار 220 ولت جریان جذب شده موتور 10/9 آمپر و در اتصال ستاره با ولتاژ کار

380 ولت جریان جذب شده موتور 6/22 آمپر است. تعداد دور موتور 2850 دور در دقیقه است.

6- ضریب قدرت نامی موتور ($\cos \phi = 0.87$) و درجه استاندارد عایقی موتور E و وزن آن 3/4 کیلوگرم

است.

7- حرف P₃₃ مشخص کننده درجه حفاظت بدنه نسبت به نفوذ آب است. برای گرفتن اطلاعات بیشتر باید به

جدول حفاظت بدنه طبق استاندارد مراجعه شود.

برای استفاده موتورهایی که به صورت مستقیم (یک ضربه) به شبکه متصل می شوند

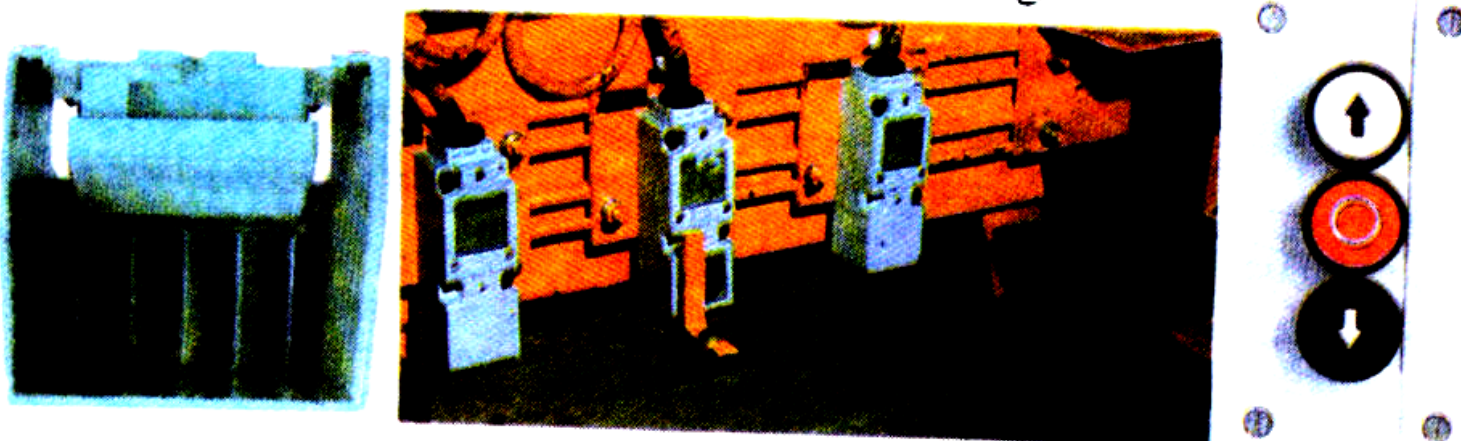
ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		ولتاژ ۴۱۵-۴۴۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	KW	HP	A	A	A
		۰/۳۷	۰/۵			۹	۱-۱/۶	۲
۰/۳۷	۰/۵	۰/۵۵	۰/۷۵			۹	۱/۶-۲/۵	۲-۴
		۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱	۹	۱/۶-۲/۵	۲-۴
۰/۵۵	۰/۷۵	۱/۱	۱/۵	۱/۱	۱/۵	۹	۲/۵-۴	۴-۶
۰/۷۵	۱	۱/۵	۲	۱/۵	۲	۹	۲/۵-۴	۴-۶
۱/۱	۱/۵	۲/۲	۳	۲/۲	۳	۹	۴-۶	۶-۸
۱/۵	۲	۳	۴	۳	۴	۹	۴-۶	۸-۱۲
				۳/۷	۵	۹	۵/۵-۸	۸-۱۲
۲/۲	۳	۴	۵/۵			۱۶	۷-۱۰	۱۰-۱۲
۳	۴	۵/۵	۷/۵	۵/۵	۷/۵	۱۶	۱۰-۱۳	۱۲-۱۶
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۱۰	۱۶	۱۳-۱۵	۱۶-۲۰
				۹	۱۲/۵	۱۶	۱۳-۱۸	۱۶-۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵			۲۵	۱۸-۲۵	۲۰-۲۵
		۱۱	۱۵	۱۱	۱۵	۲۵	۱۸-۲۵	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	۴۰	۲۳-۳۲	۳۲-۴۰
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۴۰	۳۰-۴۰	۴۰
۱۱	۱۵			۲۲	۳۰	۴۰	۳۰-۴۰	۴۰
		۲۲	۳۰	۲۵	۳۵	۶۳	۳۸-۵۰	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۳۰	۴۰	۶۳	۴۸-۵۷	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۳۳	۴۵	۶۳	۴۸-۵۷	۶۳
				۳۷	۵۰	۶۳	۵۷-۶۶	۶۳
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰	۴۵	۶۰	۸۰	۶۶-۸۰	۸۰
		۴۵	۶۰	۵۰	۷۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۵۹	۸۰	۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵
				۶۵	۹۰	۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵
۳۷	۵۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰-۱۶۰	۱۶۰
۴۵	۶۰					۲۰۰	۱۲۰-۱۶۰	۱۶۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵	۹۰	۱۲۵	۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰
		۱۱۰	۱۵۰	۱۱۰	۱۵۰	۲۶۰	۱۶۰-۲۵۰	۲۵۰
				۱۳۲	۱۷۵	۲۶۰	۱۶۰-۲۵۰	۲۵۰
۷۵	۱۰۰	۱۳۲	۱۷۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۶۰	۲۰۰-۳۱۵	۲۵۰
۹۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۲۰	۱۶۵	۲۲۵	۴۵۰	۲۵۰-۴۰۰	۳۱۵
۱۱۰	۱۵۰			۱۸۵	۲۵۰	۴۵۰	۲۵۰-۴۰۰	۴۰۰
		۲۰۰	۲۷۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۵۰	۳۱۵-۵۰۰	۴۰۰
۱۳۲	۱۷۵	۲۲۰	۳۰۰	۲۵۰	۳۵۰	۴۵۰	۳۱۵-۵۰۰	۵۰۰
۱۶۰	۲۲۰	۲۵۰	۳۵۰	۲۹۰	۴۰۰	۶۳۰	۴۰۰-۶۳۰	۶۳۰
		۳۱۵	۴۳۰			۶۳۰	۵۰۰-۸۰۰	۶۳۰

شکل مقابل نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل شونده

شستی استاپ استارت و سلکتور سوئیچ‌های فرمان

شستی‌ها از جمله وسایل فرمان هستند که فرمان آنها به وسیله دست انجام می‌گیرد و در انواع مختلف و برای کاربردهای متفاوت طراحی می‌شوند.

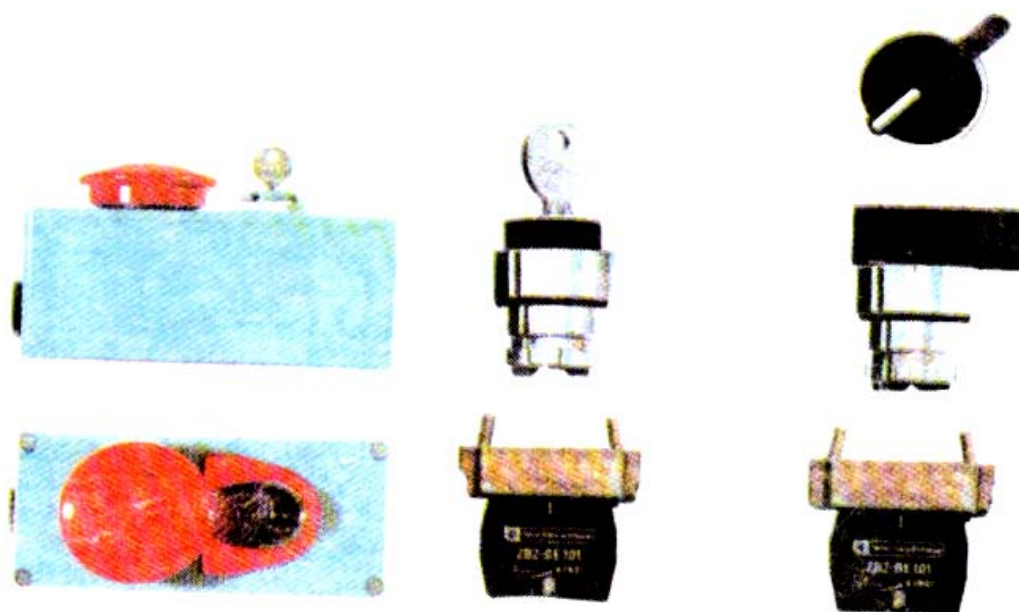
نوع (a) مخصوص بالابرها و جرثقیل‌های سقفی



نوع c شستی پدالی

b - چپ‌گرد راست‌گرد

شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت وصل را قطع می‌کنند شستی استوپ (قطع) و شستی‌هایی که پس از تحرک دو کنتاکت قطع را وصل می‌کنند شستی استارت (وصل) نامیده می‌شوند. شستی‌های که هر دو عمل را در یک زمان انجام می‌دهند به شستی استوپ و استارت معروف هستند.



نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل شونده

رله حرارتی (بی متال)

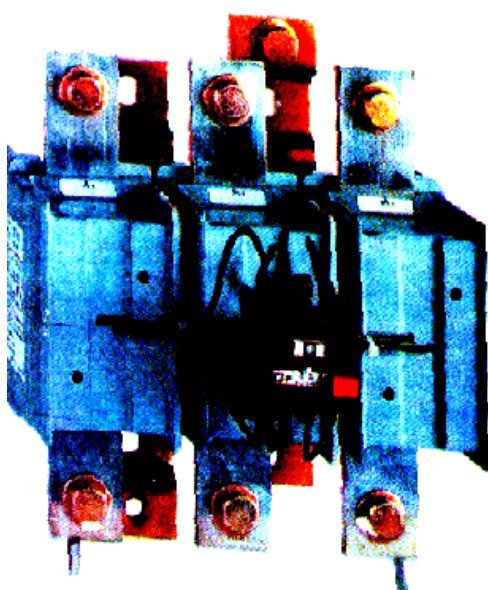
دستگاههای الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راههای حفاظت موتورها الکتریکی استفاده از رله حرارتی و رله مغناطیسی است.

رله حرارتی، موتور را در مقابل اضافه بار (بار زیاد) حفاظت می کند.

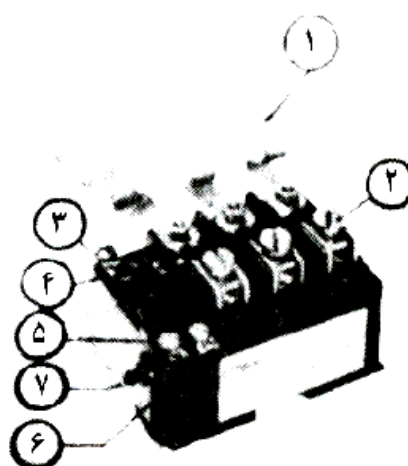
اصول ساختمان آن از دو فلز که دارای ضریب انبساط طولی مختلف هستند تشکیل شده است.

این دو فلز در حالت گرم به وسیله غلتک پرس شده و به صورت یک تکه دیده می شود. این دو فلز تشکیل یک بی متال می دهد. در اثر عبور جریان هر دو فلز گرم و طول آنها زیاد می شود و چون ازدیاد طول یکی از فلزات بیشتر از دیگری است از این رو دو فلز با هم خم می شوند. این حرکت به طور مستقیم و یا به وسیله اهرمهایی به یک کنتاکت منتقل شده مدار را قطع یا وصل می کند. از خاصیت بی متال در فیوزها، رلههای بی متال استفاده می شود. رلههای بار زیاد (بی متال) قابل تنظیم است و در مقابل اضافه بار از 1/5 تا 10 برابر جریان موتور را قطع می کند.

در نمونه سه فاز آن رله حرارتی از سه پل قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف کننده تشکیل شده و دغارای دو کنتاکت فرمان است: یکی کنتاکت بسته جهت قطع مدار تغذیه کنتاکتور و دیگری کنتاکت باز که پس از عمل بی متال بسته می شود و برای اطلاع دادن از خطای حاصل در مدار به کار می رود. بعضی از این رلهها کلیدی دارند که برای دو حالت دستی و اتوماتیک طراحی شده اند. در حالت دستی پس از عمل رله باید با



نمای داخلی و خارجی و شکل اتصال بی متال

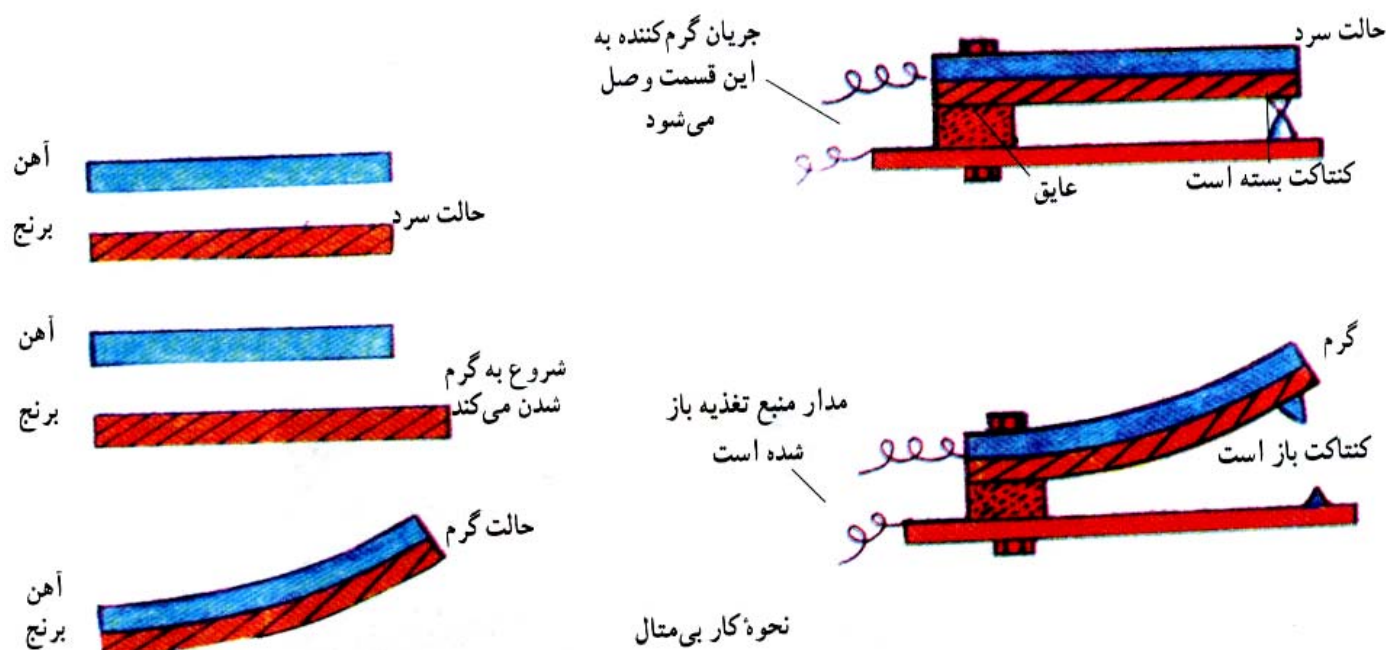


- ۱- اتصالی به کنتاکتور
- ۲- اتصالی به موتور
- ۳- ترمینال مشترک مدار فرمان
- ۴- پیچ تنظیم جریان
- ۵- ترمینال باز و بسته مدار فرمان
- ۶- پیچ تغییر وضعیت
- ۷- دگمه برگشت وضعیت

دست آن را به حالت اول برگرداند. در حالت اتوماتیک رله پس از مدت زمانی معین به حالت اول باز می‌گردد در شکل چند نمونه رله بی‌متال نشان داده شده است.

طرز کار بی‌متال:

اگر جریانی که از مصرف کننده عبور می‌کند از جریان نامی بیشتر باشد به طور مستقیم و یا توسط مبدل جریان بی‌متال را گرم و تغییر حالت بی‌متال باعث قطع شدن مدار خواهد شد مدت زمانی که طول می‌کشد تا در اثر اضافه بار قطع کننده حرارتی مدار را قطع کند بستگی به مقدار اضافه بار و شرایط راه‌اندازی نرمال یا سخت دارد.



جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز
برای استفاده موتورهایی که به صورت ستاره مثلث راه اندازی می شوند

ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		ولتاژ ۴۱۵-۴۴۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	KW	HP	A	A	A
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۱۰	۱۲	۷-۱۰	۱۶
				۹	۱۲/۵	۱۲	۷-۱۰	۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵			۱۲	۱۰-۱۳	۲۰
		۱۱	۱۵	۱۱	۱۵	۱۶	۱۳-۱۸	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	۱۶	۱۳-۱۸	۳۲
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
۱۱	۱۵					۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
				۲۲	۳۰	۲۵	۱۸-۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰			۴۰	۲۳-۳۲	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۲۵	۳۵	۴۰	۲۳-۳۲	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۳۰	۴۰	۴۰	۳۰-۴۰	۶۳
				۳۳	۴۵	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
				۳۷	۵۰	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰			۶۳	۳۸-۵۰	۸۰
				۴۵	۶۰	۶۳	۳۸-۵۰	۱۰۰
		۴۵	۶۰	۵۰	۷۰	۶۳	۴۸-۵۷	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۵۸	۸۰	۶۳	۵۷-۶۶	۱۲۵
۳۷	۵۰			۶۵	۹۰	۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۵
۴۵	۶۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۶۰
				۹۰	۱۲۵	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵			۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۲۰۰

یک قطع کننده حرارتی مناسب باید مطابق استاندارد دارای شرایط زیر باشد:

الف - دربار خاص نباید مدار را قطع کند.

ب - اگر جریان عبوری به اندازه 5٪ بیشتر از مقدار جریان تنظیم شده روی بی متال باشد در مدت زمان

بیشتر از 2 ساعت مدار را قطع کند.

ج - اگر جریان عبوری به اندازه 20٪ بیشتر از مقدار جریان تنظیم شده باشد باید در زمان کمتر از 2 ساعت مدار را قطع کند.

د - اضافه بار بیشتر از 50٪ برای کلید حفاظتی مدار را در زمان کمتر از 2 دقیقه قطع کند.

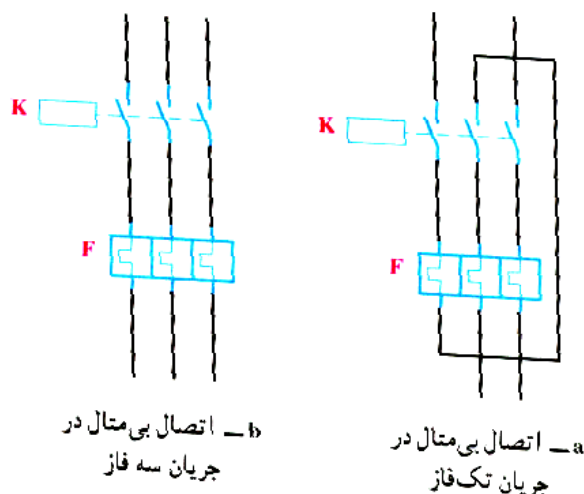
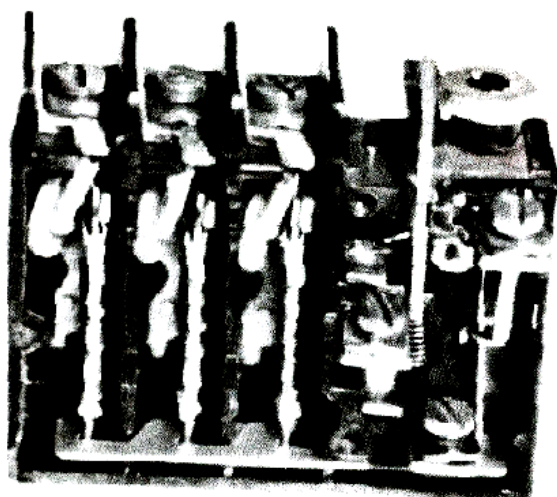
ه - اگر جریان عبوری از بی متال 6 برابر جریان تنظیم باشد در زمان بیشتر از 2 ثانیه و در راه اندازی های سخت در زمان بیشتر از 5 ثانیه مدار را قطع کند. در مدارهای با کنتاکتور باید برای استفاده از بی متال به منظور حفاظت موتور در برابر اضافه بار جریان هر فاز را در مدار قدرت از یک عضو گرم کننده بی متال عبور داد به طوری که افزایش جریان در هر فاز باعث گرم شدن بی متال مربوطه شده و خم شدن یکی از آنها به تنهایی باعث قطع هم زمان سه فاز شود در قطع کننده های حرارتی که در مدارهای با کنتاکتور بکار برده می شود تغییر حالت بی متال ها توسط یک اهرم باعث باز شدن یک کنتاکت بسته می گردد که با سری کردن این کنتاکت

ت بسته در مدار فرمان یا بوبین کنتاکتور می توان مدار بوبین کنتاکتور در نتیجه هر سه فاز را به طور همزمان قطع نمود پس از قطع شدن مدار کنتاکتور بی متال ها مجددا سرد شده به حالت اول خود بر می گردند در اغلب قطع کننده های حرارتی کنتاکت باز شده آن پس از سرد شدن بی متال به همان حالت باقی می ماند و بسته نمی شود در این صورت پس از رفع عیب موتور باید به دکمه ای که بر روی بی متال نصب شده فشار وارد آورد تا کنتاکت باز شده آن مجددا بسته شود ولی در برخی بعد از قطع و سرد شدن دکمه اتوماتیک به حالت اول بر می گردد و له بعد از سرد شدن تیغه به حالت اول بر می گردد.

رنج های بی متال

0/16-0/25	5/5-8
0/25-0/4	7-10
0/4-0/63	10-13
0/63-1	13-18
1-1/6	18-25
1/6-2/5	25-32
	30-40
2/5-4	38-50

نکته: هر چقدر بی متال ها با جریان مجاز بالاتر باشند حساسیت شان کمتر است و باید سعی نمود رنج حداقل و حداکثر نزدیک هم باشند.



نمای داخلی و خارجی و شکل اتصال بی متال (ادامه)



کنترل فاز

مزایای کنترل فاز

- تشخیص قطع یک یا دو فاز
 - تشخیص تغییر توالی فازها
 - حساسیت در برابر عدم تقارن ولتاژ سه فاز
 - تشخیص کاهش ولتاژ، اعلا توسط نشانگر ($U >$)
 - تشخیص افزایش ولتاژ، اعلام توسط نشانگر ($U <$)
- U)
- قابلیت انتخاب زمان قطع از 1 تا 15 ثانیه
 - زمان تاخیر در وصل از 1 الی 30 ثانیه

- دارای 5 نمایشگر (LED) برای سیگنال‌های مختلف خطا و حالت عادی

- دارای فیوز در مسیر کنتاکت 15

حفاظت الکترو موتورها در مقابل اختلالات شبکه

- قطع فاز

- جابجایی فازها

- افزایش و کاهش بیش از حد مجاز ولتاژ شبکه

- عدم تقارن بیش از حد ولتاژ سه فاز

- شوک‌های ناشی از قطع و وصل توالی برق

- پس از وصل شدن سه فاز و نول به ترمینالهای $(M, P), L1, L2, L3$ در صورت مناسب بودن ولتاژها

و صحیح بودن ترتیب فازها چراغ U (نشانگر وجود ولتاژ تغذیه) به تنهایی روشن شده و بعد از زمان انتظار با

روشن شدن چراغ R کنتاکت 15 رله از 16 قطع و به کنتاکت 18 وصل شده و اجازه عمل به کنتاکتور

اصلی را می‌دهد.

- در صورت بروز هرگونه اشکالی در شبکه مانند دو فاز شدن، جابجایی فاز افزایش یا کاهش ولتاژ سیگنال

خطای مربوطه روشن شده و با خاموش شدن سیگنال خروجی (R) رله داخلی قطع می‌شود (اتصال 15

از 18 جدا شده و به 16 وصل می‌شود) و به این عمل به کنتاکتور اصلی فرمان قطع می‌دهد.

$U > U, U < U$ صورت می‌پذیرد.

- سه دکمه تنظیم بر روی کنترل MICRO 101 در نظر گرفته شده است:

1- زمان عکس العمل با این دکمه می‌توان زمان تاخیر در قطع را از 1 تا 15 ثانیه تنظیم نمود. این دکمه

برای پوشش دادن به زمان استارت و جلوگیری از عمل رله در مواقع نامطلوب به کار می‌رود.

2- زمان تاخیر در وصل قابل تنظیم تا 30 ثانیه

3- حساسیت قطع فاز: با این دکمه می‌توان نامتقارنی و ولتاژ برگشت را جهت قطع خروجی انتخاب نمود.

در اکثریت موارد حساسیت بین 15 تا 20 درصد مناسب می‌باشد.

- در موتورهای که ولتاژ برگشت زیادی دارند می‌توان از حساسیت 5% استفاده نمود و در صورتی که عدم

تقارن ولتاژ موجود در شبکه مزاحم عمل عادی رله باشد می‌توان از حساسیت‌های 25% تا 30% استفاده نمود.

برای اطمینان از صحت تنظیم رله می‌توان هنگام کارکرد موتور با قطع یک فیوز شبکه را دو فاز نموده و عملکرد کنترل فاز را مشاهده نمود.

طریقه نصب کنترل فاز

ترمینال‌های L1, L2, L3 از سه فاز ورودی کنتاکتور تغذیه می‌شوند.

– ترمینال MP به نول متصل می‌باشد. دقت شود نول تابلو حتماً به نول شبکه و صفر ترانسفورماتور پست متصل باشد. زیرا خطای نول باعث عدم دقت کنترل فاز می‌شود.

– کنتاکت 15 و 18 رله کنترل فاز مانند شستی استیپ، کنتاکت بی‌متال یا کنترل بار به صورت سری در مدار تغذیه بوبین کنتاکتور قرار می‌گیرد.

– بعد از نصب در صورت مناسب بودن ولتاژها اگر چراغ سیگنال (P) روشن شود حاکی از جابجا بسته شدن فازها می‌باشد. در این صورت کافی است جای دو فاز را بر روی رله کنترل فاز عوض نمود تا رله عادی خود را شروع نماید.

کلید محافظ

کلید محافظ می‌تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت کند. برای عمل رله، معمولاً آن را روی جریان معینی تنظیم می‌کنند ($1/5$ تا $1/8$ برابر جریان نامی) وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیشتر شود، عضو حرارتی رله عمل کرده مدار را قطع می‌کند. عضو مغناطیسی این رله از یک هسته آهنی ثابت و یک هسته متحرک و یک بوبین تشکیل شده است به طوری که هسته متحرک از طریق نیروی یک فنر به طرف بالا کشیده شده است. وقتی که جریان از حد تنظیم شده بالاتر رود یا در مدار اتصال کوتاه به وجود آید، بوبین مغناطیس شده هسته متحرک را به سمت پایین می‌کشد و باعث قطع کنتاکت‌های متصل به هسته متحرک می‌شود در نتیجه رله مدار را قطع می‌کند. مدت زمان عمل رله بسیار کم است به همین دلیل این رله را رله سریع می‌گویند.

لامپ‌های سیگنال

لامپ‌های علامت دهنده یا لامپ سیگنال در کلیه دستگاه‌های صنعتی و تابلوهای توزیع و تابلو فرمان به کار می‌رود و نشانگر وصل مدار است. نوع استفاده از لامپ متفاوت است گاهی به عنوان لامپ خبر استفاده می‌شود. در مواقعی که در مدار عیب به وجود آید یا رله حرارت عمل کند لامپ خبر روشن می‌شود. لامپ‌های

سیگنال را قبل از هر بار کار انداختن دستگاه صنعتی باید به وسیله کلید مخصوص امتحان کرد و از سالم بودن مدار و همچنین لامپ آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به خوبی عمل کند.

فیوزها

فیوز عبارتست از یک سیک حرارتی که در سر راه جریان قرار می‌گیرد و به ازاء جریان بخصوص در زمان

معینی عمل کرده و

مدار را قطع می‌کند در

کلیه تاسیسات

الکتریکی برای

جلوگیری از صدمه

دیدن و معیوب شدن

وسایل و نیز برای

قطع کردن

دستگاههای معیوب از

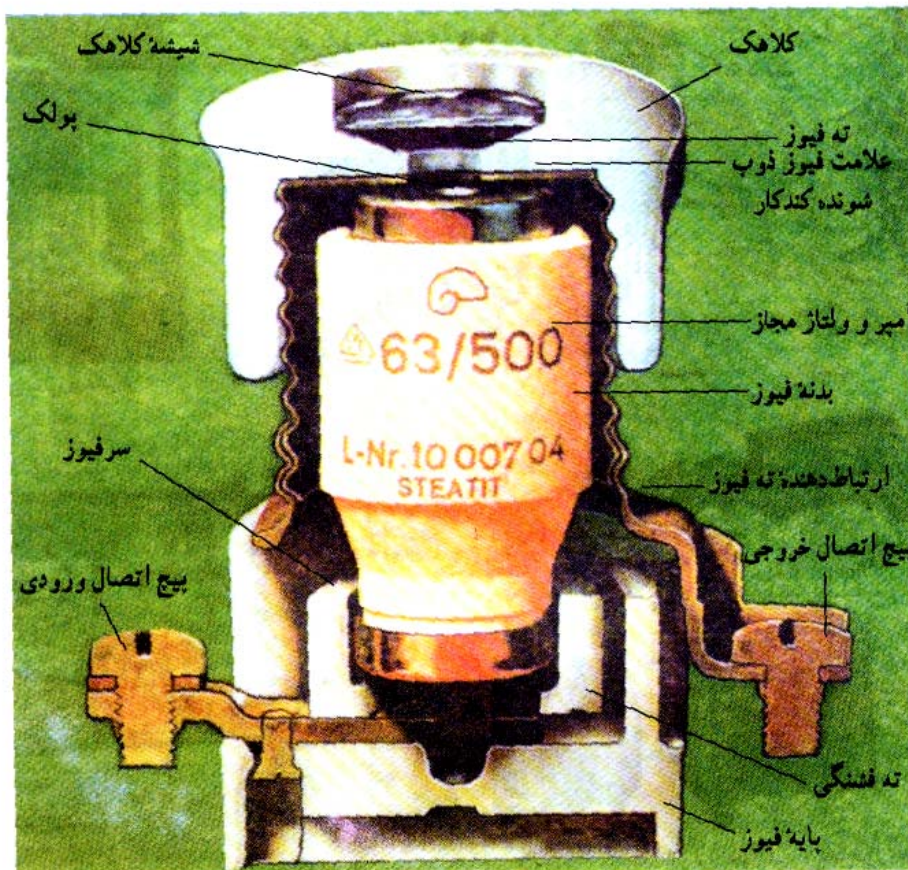
شبکه که بر اثر عوامل

مختلف از قبیل نقصان

عایق بندی، ضعف

استقامت الکتریکی یا

مکانیکی و ازدیاد بیش



ساختمان یک فیوز کامل

برش نوعی فیوز که اغلب در سیم‌کشی ساختمان‌ها و مدارهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از حد جریان مجاز (اتصال کوتاه) وسایل حفاظتی مختلف به کار می‌رود. این وسایل باید طوری انتخاب شوند

که در اثر اضافه بار یا اتصال کوتاه در کوتاه‌ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیم‌ها و تجهیزات

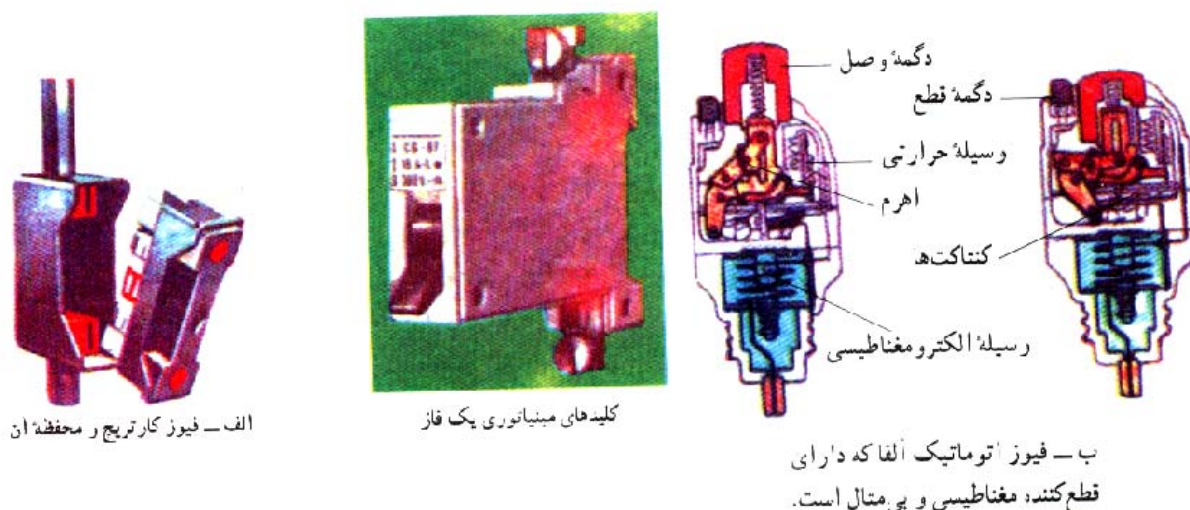
الکتریکی شبکه برسد، مدار قسمت معیوب را قطع کنند یکی از این وسایل حفاظتی فیوز است.

فیوزها از نظر زمان قطع بر حسب منحنی ذوب سیم حرارتی داخل آنها به دو نوع تندکار و کندکار تقسیم

می‌شوند.

فیوزهای تند کار زمان قطع کمتری نسبت به فیوزهای کندکار دارند و به همین دلیل در مصارف روشنایی به کار می‌روند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی‌تری هستند و در نتیجه برای راه‌اندازی موتور الکتریکی به کار می‌روند. تحمل جریان راه‌اندازی موتور در حدود 3 تا 7 برابر جریان نامی است که بر روی کلیه فیوزها جریان نامی آنها نوشته می‌شود. این جریان کمتر از جریان ماکسیمم تحمل فیوز است.

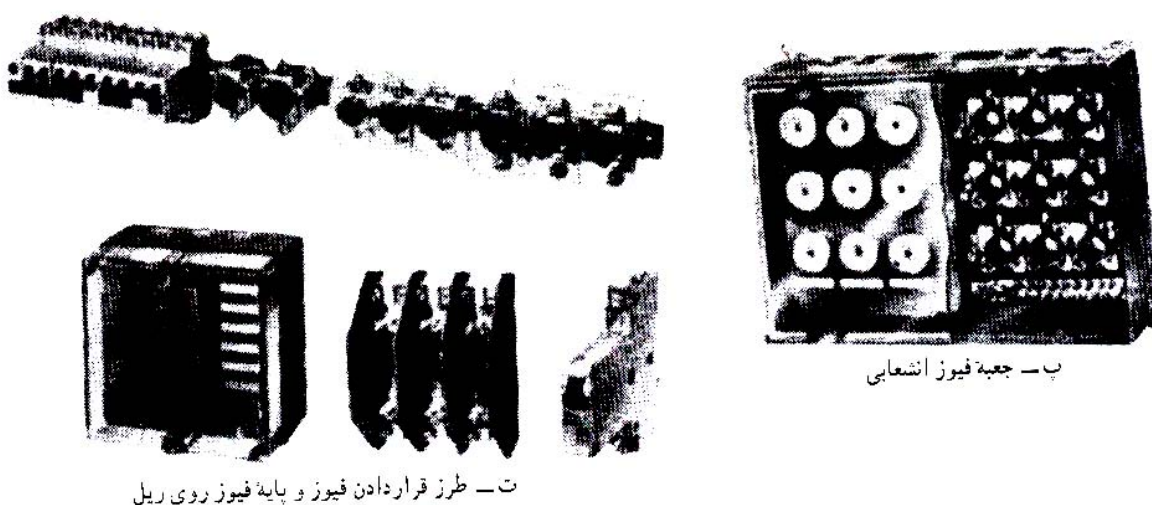
فیوزها در انواع فشنگی، اتوماتیک (آلفا)، مینیاتوری، استوانه‌ای، بکس، کاردی (تیغه‌ای) شیشه‌ای یا کارتریج و فیوزهای فشار قوی ساخته می‌شوند در شکل چند نمونه از این فیوزها نشان داده شده است. معمولاً فیوزهایی که در مدار قدرت به کار می‌روند، مدار کنتاکتور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می‌کنند؛ یعنی در واقع حفاظت سیم‌های رابط مدار را نیز به عهده دارند. بنابراین در مدارهایی که مثلاً فیوز 25 آمپری به کار می‌رود، ممکن است در مدار فرمان آنها از سیم یک یا یک و نیم استفاده شود. پس لازم است مدار فرمان با



فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود. فیوزهای اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود؛ اما می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشرد تا ارتباط برقرار گردد. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان زیاد و بار زیاد را در مدارهای کنترل می‌کنند اما پس از قطع شدن باید پس از مدت کمی دوباره شستی مربوط به آن را فشار داد تا مدار را وصل کند.

در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که قسمت مغناطیسی آن اتصال کوتاه یا جریان زیاد و قسمت حرارتی آن (بی متال) بار زیاد (افزایش جریان تدریجی) را قطع می‌کند.

کلید مینیاتوری نوعی فیوز اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی به فیوز آلفا شباهت دارد و از سه قسمت رله مغناطیسی (رله جریان زیاد زمان سریع)، رله حرارتی یا رله بی متال (رله جریان زیاد تاخیری) و کلید تشکیل شده است. این مجموعه را کلید موتور نیز می نامند. این کلیدها در دو نوع L و G ساخته شده است نوع L در مصارف روشنایی به کار می رود و تندکار است (Light) و نوع G در راه اندازی وسایل موتوری مورد استفاده قرار می گیرد و کندکار است این کلیدها در انواع تک فاز، دو فاز و سه فاز ساخته می شود.



نمونه فیوزهای مختلف

در جداول دو ستون اول سطح مقطع سیم های مسی و آلومینیومی بر حسب میلیمتر مربع داده شده است.

گروه اول: سیم های تک رشته ای تا سه سیم در یک لوله سیم های رشته ای کابل مانند در لوله.

گروه دوم: سیم های رشته ای کابل مانند خارج از لوله سیم های متحرک.

گروه سوم: سیم های یک لا در فضای آزاد (حداقل فاصله سیم ها به اندازه قطر سیم).

باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیطی با درجه حرارت 25 درجه سانتیگراد تهیه شده است و در صورت بالا بودن درجه حرارت محیط باید از فیوزهایی با نمره کوچک تر استفاده شود زیرا در درجه حرارت بالاتر جریان مجاز سیم ها کم می شود و با توجه به جریان مجاز جدید فیوز را انتخاب کرد. اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده اند حداکثر جریان نامی فیوز است.

فیوزهای کتابی به علت دارا بودن زمان طولانی جرقه در موقع سوختن فقط در آزمایشگاه‌ها و محل‌های

مقدار جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی، با ۲۵ درجه سانتی‌گراد حرارت محیط

جریان نامی فیوز حفاظت‌کننده سیم		سطح مقطع سیم		
گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	آلومینیومی	مس
[A]	[A]	[A]	mm ²	mm ²
۱۰(۱۵)	۱۰(۱۰)	—	—	۰/۷۵
۱۵(۲۰)	۱۰(۱۵)	۶(۱۰)	—	۱
۲۰(۲۵)	۱۵(۲۰)	۱۰(۱۵)	۲/۵	۱/۵
۲۵(۳۵)	۲۰(۲۵)	۱۵(۲۰)	۴	۲/۵
۳۵(۵۰)	۲۵(۳۵)	۲۰(۲۵)	۶	۴
۵۰(۶۰)	۳۵(۵۰)	۲۵(۳۵)	۱۰	۶
۶۰(۸۰)	۵۰(۶۰)	۳۵(۵۰)	۱۶	۱۰
۸۰(۱۰۰)	۶۰(۸۰)	۵۰(۶۰)	۲۵	۱۶
۱۰۰(۱۲۵)	۸۰(۱۰۰)	۶۰(۸۰)	۳۵	۲۵
۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰(۱۲۵)	۸۰(۱۰۰)	۵۰	۳۵
۱۶۰(۲۰۰)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰(۱۲۵)	—	۵۰
۱۶۰(۲۰۰)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰()	۷۰	—
۲۰۰(۲۶۰)	۱۶۰(۲۲۵)	—	—	۷۰
۲۰۰(۲۲۵)	۱۶۰(۲۰۰)	—	۹۵	—
۲۲۵(۳۰۰)	۲۰۰(۲۶۰)	—	—	۹۵
۲۲۵(۲۶۰)	۲۲۵(۳۰۰)	—	۱۲۰	—
۲۶۰(۳۵۰)	۲۲۵(۳۰۰)	—	—	۱۲۰
۲۶۰(۳۰۰)	۲۲۵(۲۰۰)	—	۱۵۰	—
۳۰۰(۴۳۰)	۲۶۰(۳۵۰)	—	—	۱۵۰
۳۰۰(۳۵۰)	۲۶۰(۳۰۰)	—	۱۸۵	—
۳۵۰(۴۳۰)	۳۰۰(۳۵۰)	—	۲۴۰	۱۰۵
۴۳۰(۵۰۰)	۳۵۰(۴۳۰)	—	—	۲۴۰
۴۳۰()	۳۵۰()	—	۳۰۰	—
۵۰۰()	۴۳۰()	—	۴۰۰	۳۰۰
۶۰۰()	—	—	۵۰۰	۴۰۰
۷۰۰()	—	—	—	۵۰۰

موقتی و استثنایی بکا برده می شود.

فیوزهای شیشه‌ای معمولاً در وسایل اندازه‌گیری و در جاهایی که جریان کم باشد استفاده می‌شود و در نوع پایه بلند و پایه کوتاه وجود دارد.

در فیوزهای استوانه‌ای سیلندری به جای و پوش شیشه‌ای از سرامیک استفاده شده است فیوز بکس (مورد استفاده در تابلوها)

معمولاً این فیوزها یکبار مصرف بوده و آمپراژ آنها از رنگ پولک آنها قابل تشخیص است.

معمولاً فیوزها باید با پایه فیوز مختص خویش در مدار قرار گیرند.

پایه 63A

سیاه مشکی 35

نقره‌ای 50

قرمز 63

پایه 25A

صورتی 2

قهوه‌ای 4

سب 6

قرمز 16

خاکستری 16

آبی 20

زرد 25

پایه 200A

زرد 125

قرمز 160

آبی 200

پایه 100A

سفید - نقره‌ای 80

قرمز 900

فیوزهای کاردی (چاقویی) نیز از نوع پایه بلند و پایه کوتاه ساخته می‌شوند.

6-10-16-20-25-32-36-50-53-80-100-125-160 = آمپراژ فیوزهای پایه کوتاه

50-63-80-100-125-160-250-315-400-630-800 = آمپراژ فیوزهای پایه بلند

فیوزهای اتوماتیک آلفا در رنج‌های پایین 6-10-16-20-25A ساخته می‌شود.

فیوز مخصوص LS برای حفاظت‌های با قدرت قطع کم:

فیوزهای LS در هر قسمت از سیم که مقطع آن تغییر می‌کند و همیشه در نزدیکترین محل به انشعاب در

روی سیم نازکتر نصب می‌شود.

فیوزهای فشار قوی (فیوزهای با رنج بالاتر از A200)

فیوز NH (فیوزهای فشار ضعیف با قدرت قطع زیاد)

فیوزهای NH دارای قدرت قطع زیاد می‌باشند و می‌توانند جریان‌هایی تا 25KA را با اطمینان کامل قطع کنند.

این فیوزها برای جریان‌های با قدرت‌های زیاد بکار برده می‌شود این فیوز دارای دسته‌ای می‌باشد که توسط

آن فیوزها را در جای خود جا می‌اندازد و یا خارج می‌کند و به آن فیوزکش می‌گویند.

فیوز فشار قوی با قدرت قطع زیاد (فیوز HH)

این فیوز را می‌توان در شبکه‌های با قدرت اتصال کوتاه 400 MVA بکار برده می‌شود و بیشتر برای

حفاظت دستگاهها و تاسیسات الکتریکی در مقابل اثرات دینامیکی و حرارتی جریان اتصال کوتاه بکار برده

می‌شود در صنعت به فیوز فشار قوی فیوز کات - اوت نیز گفته می‌شود.

عیب عمده فیوزها آن است که نمی‌توان آنها را از دور کنترل نمود و مدار را قطع و وصل کرد هنگام انتخاب

فیوزها باید به چهار عامل مهم توجه نمود.

1- ولتاژ نامی فیوز: ولتاژی است که فیوز می‌تواند چه در حالت سالم و چه در حالت سوخته تحمل کند این ولتاژ معمولاً قدری بیشتر از ولتاژ نامی مدار است.

2- جریان نامی پیوسته در فیوز:

فیوز بایستی قادر باشد بدون آنکه بسوزد این جریان را تحمل کند.

3- جریان نامی قطع در فیوز:

مقدار جریانی است که تحت آن عنصر فیوز می‌سوزد و برابر یا بیشتر از حداکثر جریان موثری است که مدار می‌تواند از خود عبور بدهد.

4- پاسخ زمانی فیوز:

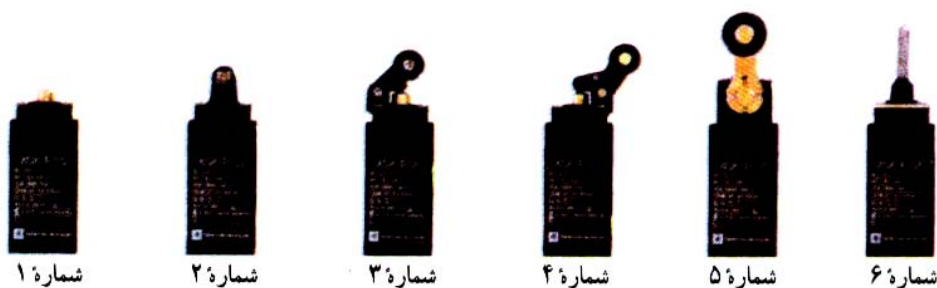
فیوزها نسبتاً اقتصادی بوده و به رله یا ترانسفورماتورهای اندازه گیری CT , Pr نیازی ندارند فیوزها در اندازه‌های مختلف در دسترس اند و قابلیت اطمینان آنها نیز خوب است.

کلیدهای خودکار 3 نوع هستند: 1- مکانیکی مانند میکروسویچ - لیمیت سویچ 2- توری مانند سنسور و 3- مغناطیسی کنتاکتورها می‌باشند.

لیمیت سوئچ‌ها (سویچ‌های محدود کننده)

این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاهی به کار می‌روند. ساختمان داخلی آنها مانند استاپ استارت‌ها است و به صورت ساده و دابل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. در شکل A و B انواع این کلیدها مشخص شده است.

کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سویچ‌ها متفاوت بوده بستگی مستقیم به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه دارد.



a - انواع لیمیت سویچ ساده

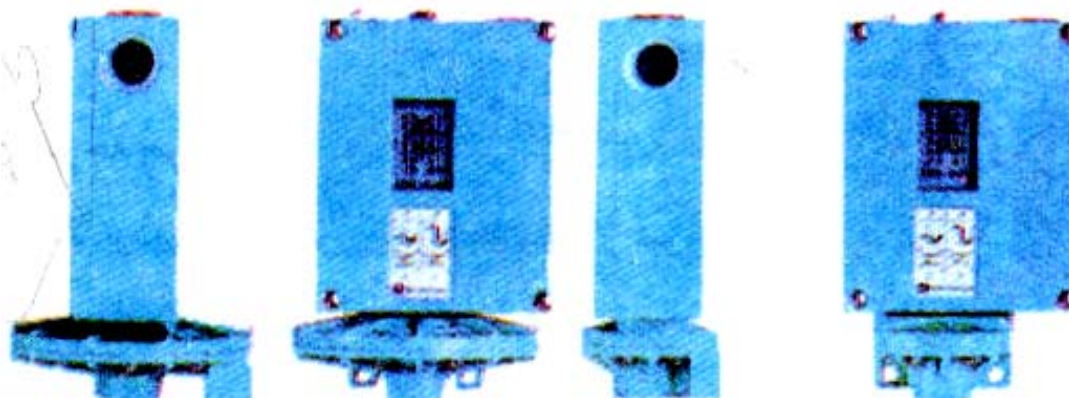


- ۱ - کلید محدودکننده فشاری انتهایی
۲ - کلید محدودکننده قرقره‌ای
۳ - کلید محدودکننده قرقره‌ای از راست
۴ - کلید محدودکننده قرقره‌ای یک طرفه از چپ
۵ - کلید محدودکننده قرقره‌ای دو طرفه
۶ - کلید محدودکننده آنتنی دو طرفه

b - انواع لیمیت سویچ صنعتی

کلیدهای تابع فشار (کلیدهای گازی)

این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاهها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است.

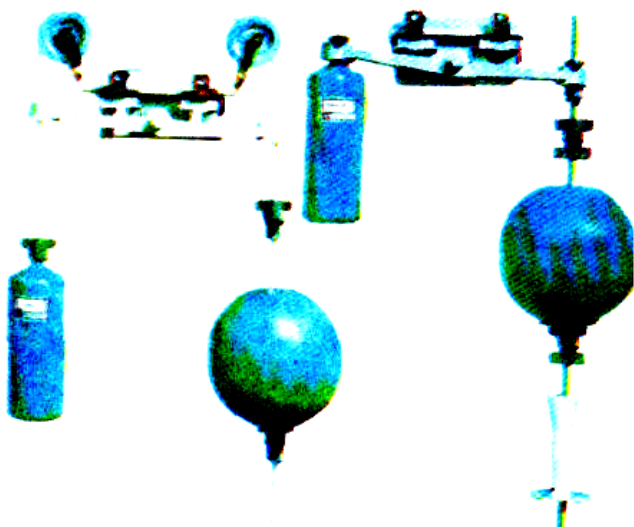


نمای کلید تابع فشار

فشار گاز موثر بر صفحه داخلی کلید نیرویی وارد می کند که باعث تحریک کلید شده یک کنتاکت باز را بسته و یا کنتاکت بسته ای را باز می کند. حرکت برگشت را می توان به وسیله فنر تامین کرد.

کلیدهای شناور

کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یا مایعات داخل منبع ها، استخرها و مخازن مورد استفاده قرار می گیرد.

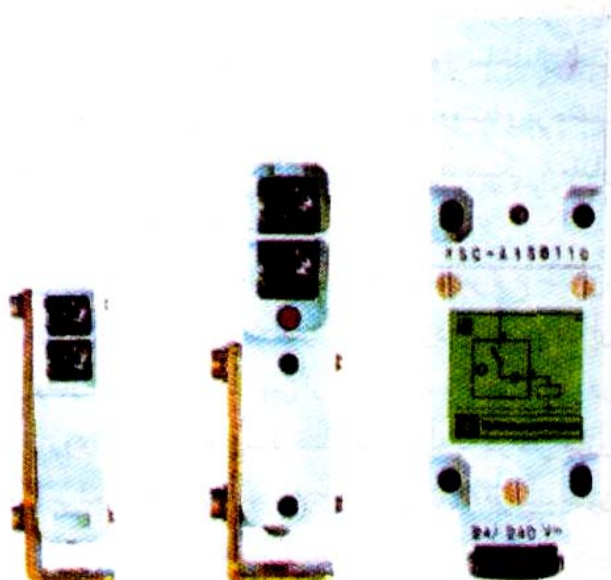


در نمونه کلید شناور

ساختمان این کلید از وزنه تعادل، یک قسمت شناور و یک میکروسویچ تشکیل شده است. هنگامی که قسمت شناور را با توجه به شکل کار تنظیم می کنند با تغییر سطح مایع داخل مخزن شناور تغییر مکان داده به میکروسویچ داخل کلید فرمان می دهد و باعث قطع و وصل مدار می شود. در شکل نمونه ای از این کلید نشان داده شده است.

چشم های الکتریکی (سنسورها)

این وسیله نوعی کلید فرمان دهنده است که بدون برخورد فیزیکی با دست یا هر وسیله دیگری توسط سیستم



چشم الکتریکی از فاصله حداقل یک میلی متر و حداکثر هشت متر واکنش نشان می دهد و فرمان صادر می کند همچنین به وسیله رله ای که در داخل آن به کار رفته ، کنتاکت هایی را باز می کند یا می بندد و در نتیجه به دستگاه های مورد نظر فرمان می دهد. از این کلید در دستگاه های صنعتی و خطوط تولید استفاده فراوان می شود. شکل مقابل چند نمونه از این کلید را نشان می دهد.

رله زمانی (تایمر) و انواع آن



یکی از وسایل فرمان دهنده مدارهای کنترل اتوماتیک ، تایمرها یا رله‌های زمانی هستند که وظیفه کنترل مدار را برای مدت زمانی معین به عهده دارند. رله‌های زمانی در انواع مختلف ساخته می‌شوند:

الف - رله زمانی موتوری یا الکترومکانیکی

ب - رله زمانی الکترونیکی

پ - رله زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا)

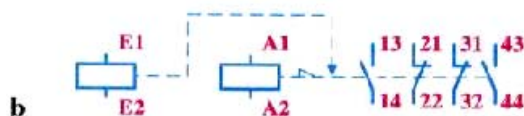
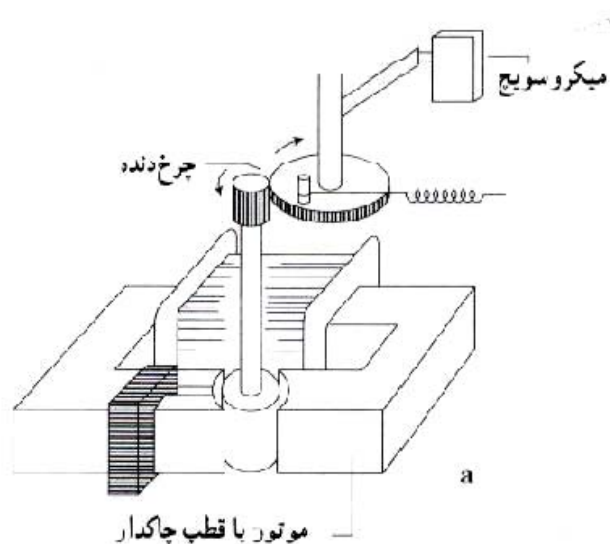
ت - رله زمانی بی متال یا حرارتی

ث - رله زمانی هیدرولیکی

الف - رله زمانی موتوری یا الکترومکانیکی

این نوع تایمر از یک موتور کوچک با قطب چاکدار تشکیل شده است که از طریق چرخ دنده یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می‌چرخاند.

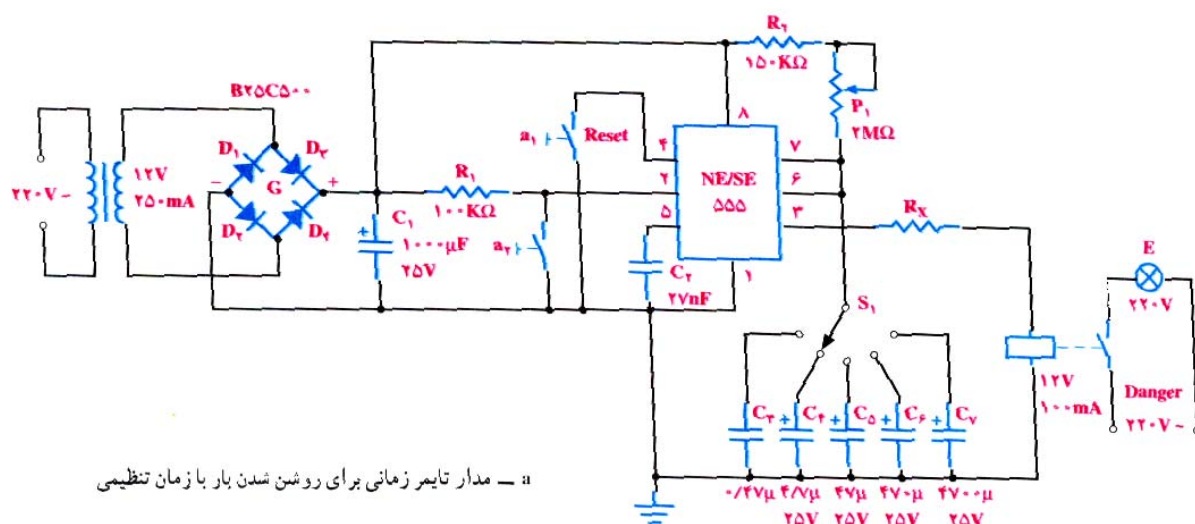
ساختمان داخلی تایمر موتوری: محل دیسک در لحظه شروع به کار، قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زائده خارجی) و تغذیه تایمر، موتور با دور ثابت به گردش در می‌آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می‌شود. پس از گردش به علت برخورد با زائده دیسک، متوقف می‌شود و به میکروسویچ داخلی فرمان می‌دهد و کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کنند و به طور اتوماتیک قطع می‌شوند و موتور از کار می‌افتد.



زمان وصل این رله‌ها از دهم ثانیه تا به طور دایم قابل تنظیم است.

ب - رله زمانی الکترونیکی

از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کم تر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده شده است. در شکل مدار الکترونیکی یک تایمر نشان داده شده است.



در نوعی از این تایمرها با شارژ و دشارژ شدن یک خازن بوبین یک رله کوچک تحریک می‌شود. اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدار RC (خازن و مقاومت) و بر حسب تاخیر زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها بستگی به مقدار مقاومت سر راه خازن دارد.

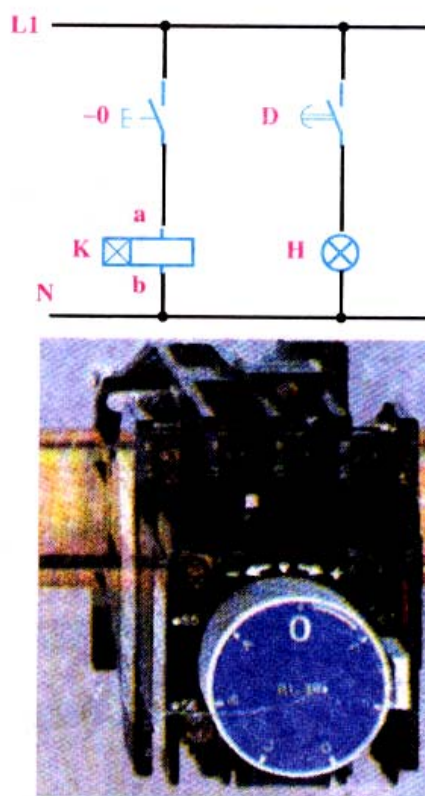
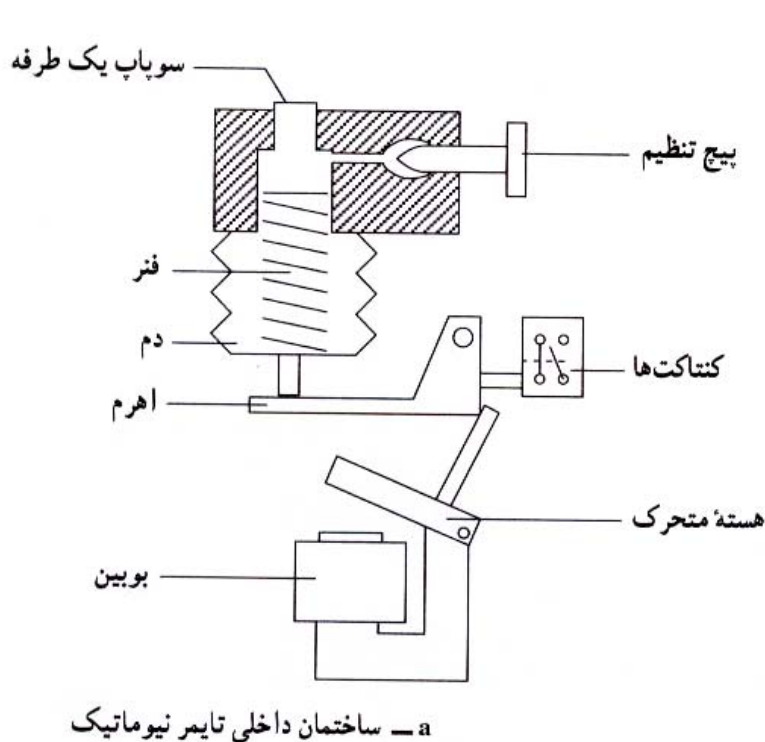
در ساده‌ترین نوع تایمر الکترونیکی در تایمر نوع خازنی، رله هنگامی وصل می‌شود که خازن شارژ بشود و ولتاژ دو سر آن برابر ولتاژ وصل رله گردد. پس از وصل رله، بار ذخیره شده در خازن روی مقاومتی که توسط کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می‌شود تخلیه می‌گردد. در این نوع با تغییر ظرفیت خازن می‌توان زمان تایمر را تنظیم کرد. در شکل نوعی تایمر نشان داده شده که در مدار آن از دو عدد ترانزیستور و یک S.C.R استفاده گردیده است.

پ - رله زمانی نیوماتیکی

در این تاملر از خاصیت ذخیره سازی و فشرده‌گی هوا استفاده می‌شود. به این ترتیب که رله در موقع رها شدن خیلی راحت رها می‌شود.

وقتی که بوبین تحریک قسمت متحرک را جذب می کند اهرم قطعه ای را که به شکل دم آهنگری است فشار خواهد داد. هوای داخلی دم از طریق سوپاپ یک طرفه خارج می شود. وقتی که بوبین از تحریک خارج می شود، فنر دم را منبسط می کند. دم، از طریق سوپاپ تنظیم از هوا پر می شود. سرعت انبساط دم در رابطه با پیچ تنظیم تفاوت می کند. وقتی که دم به حالت عادی برگشت، کنتاکت ها عمل می کنند. بنابراین به وسیله میزان کردن پیچ تنظیم عمل کردن کنتاکت ها را می توان تغییر داد. کار این زمان سنج شبیه تایمر موتوری است با این تفاوت که زمان سنج موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ شروع به کار می کند ولی زمان سنج نیوماتیکی پس از قطع بوبین آن از ولتاژ شروع به کار می کند.

ت - رله زمانی بی متال یا حرارتی (تایمر حرارتی)

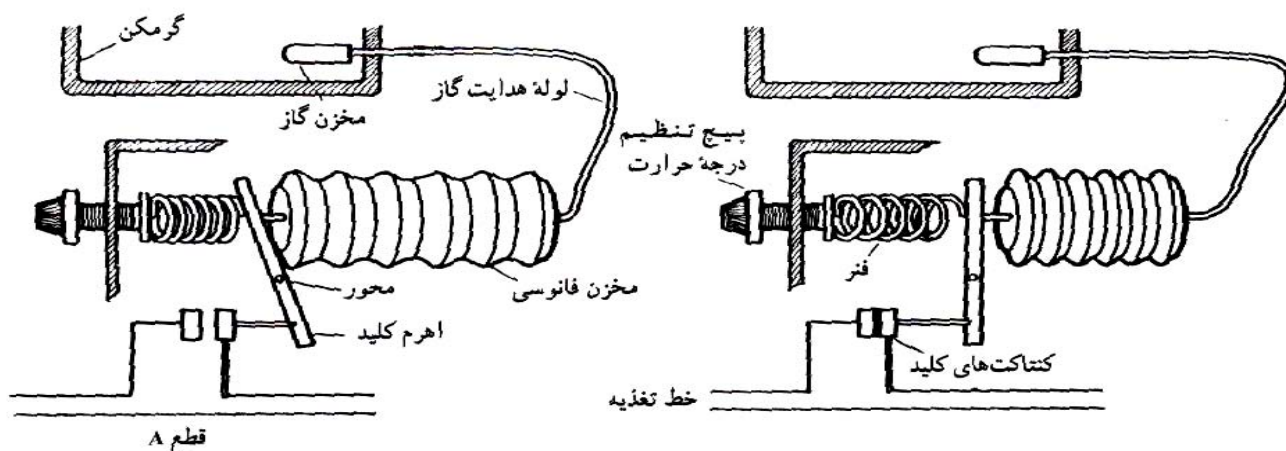


b - نمای تایمر نیوماتیکی

این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی متال کار می کند و در انواع رله حرارتی ذوب شونده ، رله حرارتی بی متال و رله حرارتی منعکس کننده میله ای ساخته می شوند. زمانی که جریان از بی متال عبور می کند گرم می شود و پس از مدتی در اثر تغییر شکل عمل کرده مدار را قطع یا وصل می کند. دقت این نوع تایمر زیاد

نیست واب و هوای محیط بر روی آن اثر می‌گذارد به طور کلی رله‌های زمانی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

- 1- **رله‌های تاخیر در وصل (ON-DELAY)** : به رله‌ای گفته می‌شود که باید به رله انرژی داده شود و سپس رله عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند مثل رله زمانی موتوری.
- 2- **رله‌های تاخیر در قطع (OFF - DELAY)** : به رله‌ای گفته می‌شود که بعد از قطع شدن انرژی عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته می‌کند؛ مثل رله زمانی نیوماتیکی.



چگونگی قطع و وصل یک رله حرارتی در دستگاه گرم‌کن

ث - رله زمانی هیدرولیکی

در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی جهت تاخیر در مدار استفاده می‌شود. طرز کار آن طوری است که وقتی جریان برق به رله وصل می‌شود، مقداری روغن در داخل آن جابه‌جا می‌گردد. برای بازگشت روغن به محل اولیه زمانی لازم است که این زمان را به عنوان زمان تایمر در نظر می‌گیرند این رله‌ها را در مدارهای مختلف به کار می‌برند.

ترموستات

ترموستات نوعی رله حرارتی است که در مقابل درجه حرارت محیط حساس بوده و عمل می‌کند. این وسیله در دستگاه‌های مختلف صنعتی دارای کاربرد فراوان است و وظیفه تعادل حرارتی دستگاه را به عهده دارد. در صورتی که درجه حرارت از حد تنظیمی فراتر رود کلید عمل کرده یک کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از ترموستات بیشتر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ، یخچال و چیلر استفاده می‌شود.

کلیدهای تابع دور (کلید گریز از مرکز)

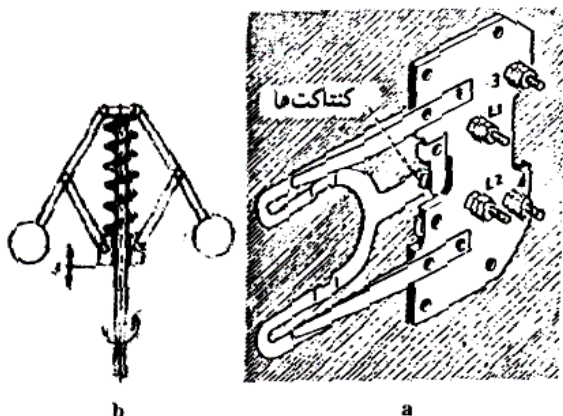
کلیدهای تابع دور در الکتروموتور جهت خارج کردن سیم پیچ کمکی از مدار به کار می‌رود. ساختمان آنها از یک محور و دو وزنه تشکیل شده که به وسیله یک طوق و یک فنر حول محور حرکت می‌کند و با کم و زیاد

شدن سرعت محور موتور یا وسیله چرخنده

وزنه‌های دو طرف به محور نزدیک می‌شود به

این ترتیب طوق روی محور حرکت می‌کند و

باعث قطع و وصل کلید می‌شود (شکل مقابل)



انواع فولیتر :

1- غلطکی (الاکلنگی) از قوانین ازشمیدس

تبعیت می‌کنند (هر جسمی که در مایعی فرو رود به اندازه حجم مایع هم از جسمش کاسته می‌شود).

2- کپسولی (گازی) (از خاصیت جیوه داخل یک کپسول استفاده می‌شود).

3- الکترونیکی ...

حفاظت پمپ از کارکرد خشک و استفاده حداکثر از ظرفیت چاه

زمانی که چاه پر از آب باشد فلوتر با استفاده از کنتاکتهای 15 و 18 به پمپ فرمان وصل می‌دهد و با کشیده

شدن آب از چاه و پایین رفتن سطح آن از پایین‌ترین سطح در نظر گرفته شده (سطح E_2) فلوتر پمپ را

خاموش کرده و تا هنگامی که آب به مقدار کافی در چاه جمع نشود (بالتر از سطح E_1) فرمان تخلیه مجدد

را صادر نمی‌کند.

دقت شود که برای کنترل سطح آب در مخازن ذخیره به همراه حفاظت پمپ از کارکرد خشک باید از دو

دستگاه فلوتر مجزا استفاده نمود.

استفاده از الکتروود تک سیمه برای کنترل یک سطحی

با قطع ترمینال E_2 و استفاده تنها از الکتروود E_1 به همراه الکتروود M می‌توان از فلوتر به عنوان نشاندهنده

و کنترل کننده یک سطحی استفاده نمود.

- طریق نصب

ترمینالهای A_1 و A_2 به ولتاژ 220 ولت متناوب شبکه متصل می‌شوند ترمینال M به الکتروود مشترک در پایین ترین سطح یا به بدنه مخزن اتصال پیدا می‌کند ترمینال E_1 به الکتروود موجود در سطح بالا و ترمینال E_2 به الکتروود موجود در سطح پایین متصل می‌گردند. در مورد استفاده فلوتر به عنوان کنترل سطح در مخازن کنتاکتهای 15 و 16 با بوبین کنتاکتور سری می‌شوند و در موارد استفاده از فلوتر به عنوان حفاظت پمپ چاه کنتاکتهای 15 و 18 با بوبین کنتاکتور سری می‌شود.

تنظیم حساسیت

حسایت رله کنترل سطح مایعات بوسیله دکمه تنظیم از 1 الی 20 کیلو اهم قابل تنظیم می‌باشد برای محلولهای با قابلیت هدایت زیاد مانند محلولهای قلیایی، اسیدی و یا محلولهای نمک دار بهتر است از حدود حداقل حساسیت (1 کیلو اهم) استفاده شود. برای محلولهای با قابلیت هدایت کم مانند آب مقطر بهتر است از حدود حساسیت زیاد (20 کیلو اهم) استفاده شود برای آبهای معمولی متوسط حساسیت مناسب می‌باشد. بهتر است برای تنظیم حساسیت هر سه الکتروود، E_2 و E_1 و M را در مایع مورد نظر فرو برده و دکمه تنظیم حساسیت را از کم بع طرف زیاد تغییر دهید تا رله عمل کرده و چراغ LED خروجی روشن شود. مشخصات فنی:

ولتاژ تغذیه : تکفاز 220 ولت 50 هرتر

تلفات داخلی: تقریباً 2 وات

حساسیت: قابل تنظیم از 1 الی 20 کیلو اهم

جریان الکتروودها: حداکثر 5 میلی آمپر AC - ایزوله از شبکه

رله خروجی: یک کنتاکت دو طرفه

جریان کنتاکت: حداکثر 10 آمپر

عمر کنتاکت: 10 میلیون بار قطع و وصل

اصول کار و موارد کاربرد:

با توجه به اینکه مایعات مختلف مانند آب، فاضلاب محلولهای اسیدی و قلیایی کم و بیش هادی الکتریسته می‌باشند، رله الکترونیکی کنترل سطح مایعات (فلوتر الکترونیک) با عبور جریان بسیار ناچیزی از بین الکتروودهای معلق در محلول می‌تواند به تشخیص سطح مایع و کنترل آن اقدام نماید. واضح است که این

جریان باید کاملاً ایزوله از برق شبکه باشد و بهتر است که برای جلوگیری از خوردگی الکترودها از جریان متناوب استفاده نمود.

این رله عموماً برای کنترل پمپها جهت پر کردن اتوماتیک مخازن آب و حفاظت پمپهای شناور از کارکرد خشک و بدون آب و به حداکثر رساندن راندمان چاه و همچنین تشخیص سطح مایعات بکار می‌رود.

کنترل سطح آب در مخازن ذخیره

بر روی دستگاه سه ترمینال E_1 , E_2 , M وجود دارد ترمینال M در پایین تری سطح مایع و یا بدنه مخزن متصل می‌شود ترمینال E_2 به الکتروود معلق در سطح پایین و ترمینال E_1 به الکتروود معلق در سطح بالا اتصال پیدا می‌کند.

بر روی دستگاه سه چراغ LED برای تشخیص سطح پایین E_2 و سطح بالای E_1 و حالت رله خروجی وجود دارد.

با رسیدن سطح مایع به الکتروود E_2 چراغ LED مربوطه روشن شده و نشاندهنده بالا رفتن منابع از سطح پایین می‌باشد. با افزایش مایع در مخزن و رسیدن سطح آن به الکتروود E_1 چراغ سطح بالا روشن شده و همزمان به رله خروجی فرمان قطع پمپاژ را می‌دهد. در این حالت چراغ رله خروجی خاموش گردیده و کنتاکت 15 از 16 قطع می‌شود. با شروع تخلیه مخزن و پایین آمدن سطح مایع از سطح الکتروود E_1 چراغ مربوطه خاموش می‌شود ولی رله همچنان قطع می‌ماند تا اینکه سطح مایع از سطح پایین E_2 نیز پایین تر برود در این صورت دوباره رله عمل کرده و با اتصال کنتاکت 15 به 16 پمپ شروع به پر نمودن مخزن می‌نماید.

بنابراین با استفاده از فلوتر می‌توان با تنظیم الکترودها در دو سطح دلخواه E_1 , E_2 حداقل و حداکثر مایع موجود در منبع را کنترل نمود.

فصل دوم:

انتخاب رنگ قطع‌ات مدار کنتاکتوری

مراحل طراحی مدارات کنتاکتوری

برای انتخاب وسایل مورد نیاز یک مدار کنتاکتوری مراحل زیر را طی می کنیم :

- 1- مشخص کردن شرایط کاری مصرف کننده مورد نظر
- 2- طراحی مدار فرمان و قدرت کنتاکتوری با توجه به شرایط کاری خواسته شده
- 3- در نظر گرفتن لوازم مورد نیاز حفاظتی مدار و تعیین رنج آنها
- 4- محاسبه جریان نامی مصرف کننده
- 5- طریق راه اندازی (یک ضرب یا دو ضرب) (راه اندازی ستاره مثلث)
- 6- محاسبه کابل مورد نیاز برای وصل تابلو به شین و مصرف کننده (در بخش های قبلی توضیح داده شده است)
- 7- **محاسبه فیوز** : برای محاسبه فیوز با توجه به جریان نامی مصرف کننده فیوز کند کار مناسبی را انتخاب می کنیم و سپس با توجه به استاندارد جدول فیوز مناسب را انتخاب می کنیم (فیوز را با توجه به جریان خلاء محاسبه می کنیم)
- 8- باید زمان تحمل فیوز انتخاب شده از زمان استارت و جریان راه اندازی که معمولاً 2/5 تا 6 برابر جریان نامی موتور است شیر باشند اگر زمان تحمل فیوز انتخابی کمتر از زمان استارت باشد فیوز را یک پله (رنج) بالاتر انتخاب می کنیم تا زمان تحمل فیوز بیشتر از زمان استارت باشد .
- در شرایطی که زمان استارت - جریان راه اندازی و منحنی های مربوطه هموار موجود نباشد برای اطمینان از نحوه انتخاب فیوز - فیوز انتخابی را یک پله بالاتر انتخاب می کنیم .
- 8-معمولاً به جای فیوز و کلید 9-0 از کلید های اتوماتیک که به صرفه تر می باشد و وظایف کلید ها و فیوز ها را نیز بر عهده دارد استفاده می شود که انتخاب کلید اتومات نیز شبیه مراحل انتخاب فیوز ها می باشد .

9-انتخاب کنتاکتور

برای انتخاب کنتاکتور در راه اندازی یکضرب جریان نامی کنتکتور را برابر جریان نامی مصرف کننده انتخابی می کنیم.

$$(I_{th} = I_L)$$

در راه اندازی بصورت دو ضرب (راه اندازی ستاره - مثلث) به علت اینکه جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور

عبور می کند بنابراین هر کنتاکتور جریان $\sqrt{3}$ برابر کمتر از جریان نامی را تحمل می کند. $I_{th} = \frac{I_n}{\sqrt{3}}$

10- بی مثال

برای انتخاب بی مثال در راه اندازی یکضرب رنج بی مثال را در رابطه با جریان نامی کنتاکتور انتخاب می

کنیم مثلاً برای کنتاکتور 40A بی مثال 30 - 40A را در نظر می گیریم .

برای انتخاب بی مثال در راه اندازی دو ضرب می توان بی مثال را بر حسب جریان خط محاسبه می کنیم و یا

بر حسب جریان فازی در نظر گرفت که البته روش دوم مطلوب تر خواهد بود زیرا هر چقدر رنج بی مثال

پایین تر باشد حساسیت آن بیشتر و قابلیت اطمینان مدار بالاتر می رود .

مثال : جهت راه اندازی یک الکتروموتور $3ph - 100HP$ روتور قفسه ای $380V\Delta$ و فرکانس $50hz$ با

راندمان $\eta = 0.9$ - $PF = 0.8$ پس فاز $\eta = 145.R.P.M$ تابلویی می خواهیم که به صورت دستی و

اتوماتیک مدار روشن شود و مشخصات زیر را دارا باشد :

1- حفاظت در مقابل اتصال کوتاه

2- حفاظت در مقابل اضافه بار

3- حفاظت در مقابل خطر دو فاز شدن

4- حفاظت در مقابل خطر معکوس کار کردن

لوازم مورد نیاز و رنج لوازم را اعلام نمایید- فرمان - قدرت را ترسیم کنید؟ ($1HP = 750w$) مدار

فرمان و قدرت در ادامه ترسیم شده است:

معمولاً موتورهای $12HP$ به بالا را بصورت ستاره مثلث راه اندازی می کنند . البته طریقه اتصال موتور در

پلاک آن ذکر شده است که از طریق اتصال آن می توان به طریقه راه اندازی را مشخص نمود .

برای حفاظت موتور در مقابل اتصال کوتاه از فیوز استفاده می کنیم

$$\eta = \frac{p_z}{p_1} \Rightarrow p_1 = \frac{p_z}{\eta} = \frac{7500}{0.19} = 83333A$$

$$P_1 = \sqrt{3}VL.IL.\cos\phi$$

$$IL = \frac{P_1}{\sqrt{3}.VL.\cos\phi} = \frac{83333}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 158A$$

$$F = \eta 60A$$

$$\Rightarrow F = 600A \quad \text{برای اطمینان بیشتر}$$

$$I_{ph} = \frac{IL}{\sqrt{3}} = \frac{158}{\sqrt{3}} = 91A \quad \text{انتخاب کنتاکتور}$$

$$I_{th} 125AC_3$$

V	110	380	660
Ac ₃	55		

برای حفاظت موتور جهت اضافه بار از بی متال استفاده می کنیم .

اگر بی متال در مسیر جریان خط یعنی محل قرار گرفتن بی متال بعد از فیوز و قبل از تقسیم شدن جریان باشد ، رنج آن باید تناسب با جریان خط در نظر گرفته شود .

$$= \text{رنج بی متال } 140 \text{A} \text{ Pik } 120 - 160$$

رنج بی متال را روی 158A تنظیم می کنیم

اگر بی متال در مسیر جریان فازی قرار گیرد ، یعنی بعد از کنتاکتور برق اصلی موتور یا قبل از کنتاکتور حالت ستاره مثلث قرار گیرد باید بر حسب جریان فازی در نظر گرفته شود .

$$\text{A } 75-105 \text{ Pik } 90$$

را انتخاب می کنیم . رنج بی متال را روی 90A تنظیم می کنیم .

برای حفاظت موتور در مقابل خطر دو فاز شدن - خطر معکوس کارنکردن از کنترل فاز و برای حفاظت بیشتر از سوپر کنترل استفاده می کنیم .

جهت راه اندازی یک پمپ شناور $380\text{V} / 50\text{hz} - \eta = 0.9 - \cos \phi = 0.8$ و 90HP

تابلوی ساخته شده جهت راه اندازی موتور باید دارای مشخصات زیر باشد ($1\text{HP}=750\text{w}$)

1- حفاظت در مقابل اتصال کوتاه

2- حفاظت در مقابل خطر دو فاز شدن

3- حفاظت در مقابل اضافه بار

4- حفاظت در مقابل خطر خشک کار کردن پمپ

5- حفاظت در مقابل پر شدن منبع

مدار فرمان و قدرت در صفحه بعد ترسیم شده است

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{7500}{0.9} = 8333/3$$

$$P_1 = \sqrt{3}VL.IL.\cos \phi$$

$$IL = \frac{P_1}{\sqrt{3}.VL.\cos \phi} = \frac{8333/3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 15/8\text{A}$$

$$F = 16\text{A}$$

$$I_F = 20\text{A}$$

$$I_{th} = 16$$

$$AC_3$$

V	110	380	660
Ac3			

بی متال

18-13

58Pik

رنج بی متال را روی A 16 تنظیم می کنیم

برای حفاظت موتور در مقابل خطر دو فاز شدن از کنترل فاز استفاده می کنیم .

برای حفاظت موتور در مقابل خطر خشک کار کردن پمپ و حفاظت در مقابل پر شدن منبع از فولیتر

الکترونیکی استفاده می کنیم .

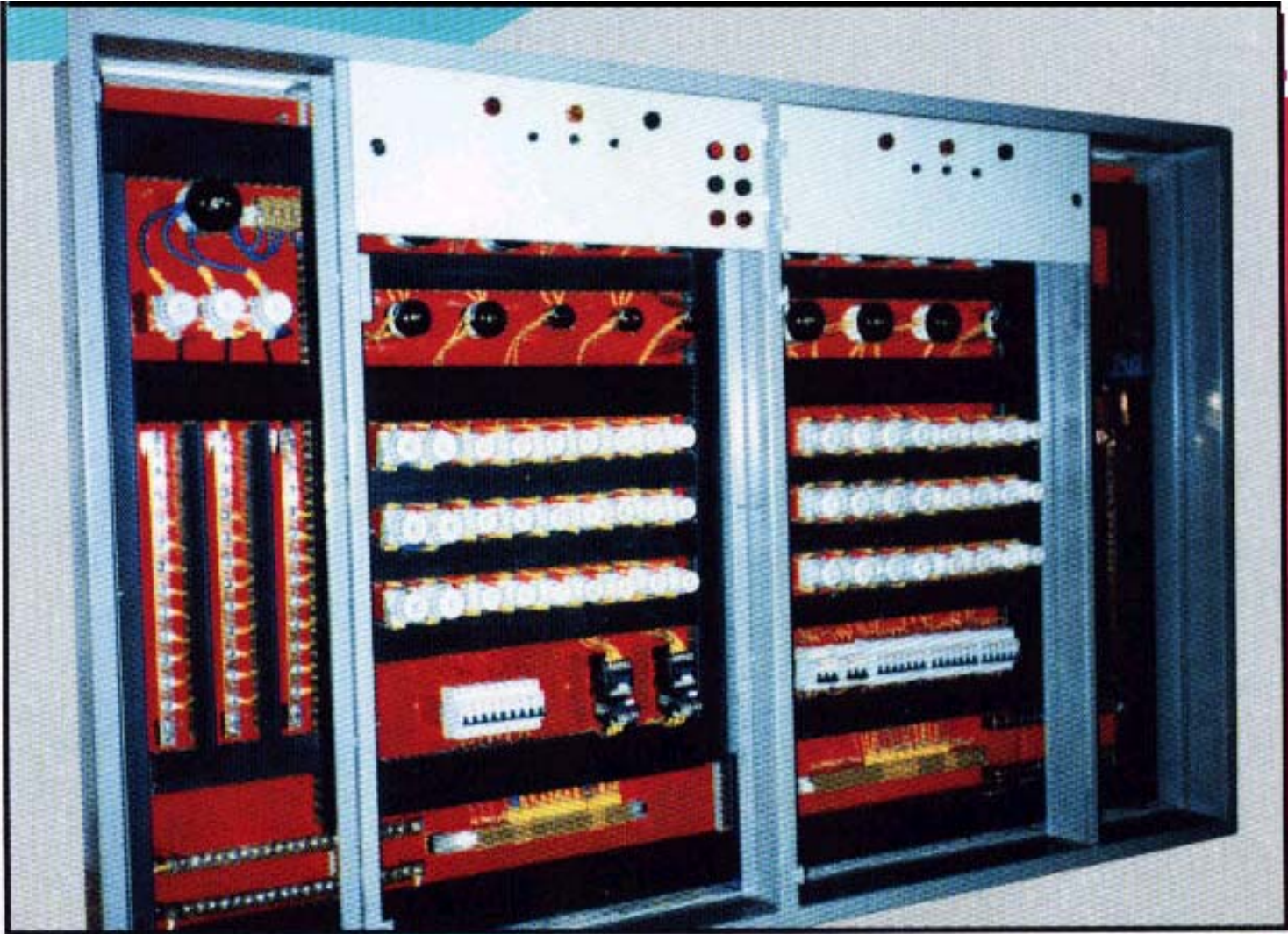
جدول انتخاب بی متال AE6 و جریان راه اندازی قابل تحمل توسط بی متال

جریان راه اندازی قابل تحمل	$I_{max(A)}$	$I_{min(A)}$	PIK
0/75	0/18	0/12	0/15
1	0/28	0/18	0/23
2	0/4	0/28	0/34
2	0/63	0/4	0/56
2	0/8	0/56	0/63
4	1	0/63	0/8
4	1/2	0/8	1
6	1/5	1	1/25
6	1/8	1/2	1/5
6A	2/3	1/5	1/8
6	2/8	1/8	2/3
10	3/5	2/3	2/9
10	4	2/8	3/4

4/2	3/5	5	16
5/2	4	6/3	16
6/8	5/6	8	20
8/5	7	10	25
10/25	8	12/5	25
14	11	17	40
19	15	23	50
21	16	25	50
26	20	32	63
36	32	40	80
45	40	50	100
54	50	57	100
64	57	70	125
68	55	80	125
72	63	80	160
77	63	90	200
95	80	110	200
105	90	120	224
117/5	110	135	315
135	120	150	315
148	135	160	315
165	150	180	315

فصل سوم:

مدارات کنتاکتوری



نامگذاری قطعات در مدار قدرت و فرمان (حروف شناسایی علائم قدیم)

h	کلید فیوز
TFC	کنترل فاز
e	بی متال
b o	شاسی استوپ
b 1	شاسی استارت
C m	کنتاکتور
d	تایمر
d	تیغه‌های تایمر
C h	کنتاکتور کمکی
H	لامپ خبر
e	فیوز

انواع نقشه‌ها

شمای فنی یا تک خطی

این نوع نقشه دید کلی درباره تاسیسات برقی ارائه می‌دهد.

شمای مسیر جریان

یکی از مهمترین نقشه‌هایی که در مدارهای فرمان به کار می‌رود نقشه‌های مسیر جریان است. این نقشه علاوه بر استفاده در مونتاژ کاری در عیب یابی مدار نیز بسیار مفید است. نقشه مسیر جریان معمولاً به دو قسمت مدار قدرت و مدار فرمان تقسیم می‌شود.

کلیه وسایل با حروف استاندارد مشخص می‌گردد که در سمت چپ علائم اختصاری نوشته می‌شود. مسیر جریان هر خط به طور کامل معلوم است. شماره گذاری مسیر جریان‌ها از چپ به راست بوده و زیر خط افقی مدار، جدولی ترسیم می‌شود که معلوم می‌کند کنتاکت‌های این وسیله در کدام خطوط مدار فرمان قرار دارند. خط تیره در این جدول نمایش دهنده عدم استفاده از کنتاکت آن وسیله است. وضعیت باز و بسته بودن و نوع کنتاکت‌ها در بالای جدول مشخص می‌شود.

برای ترسیم نقشه مدار فرمان (مسیر جریان) باید به نکات زیر توجه کرد:

الف - عدد خط (شماره مسیر جریان) که در نقشه‌ها عدد خط به دو روش اجرا می‌شود: روش سری؛ روش ذخیره ای .

روش سری: در این روش ابتدا خطوط مدار قدرت شماره می‌گردد و سپس دنباله اعداد به خطوط مسیر جریان مدار فرمان داده می‌شود 0 مثلاً از 1 تا 8 شماره خطوط مدار قدرت بوده و از 8 تا 23 شماره مسیر جریان‌های مدار فرمان). عیب این روش بسته شدن شماره‌های مدار قدرت است که نمی‌توان وسیله‌ای را به نقشه اضافه کرد یعنی بلافاصله بعد از شماره 8 در مدار قدرت شماره 9 در مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این روش در مدارهایی به کار می‌رود که امکان توسعه برای آن وجود نداشته باشد.

روش ذخیره‌ای: در این روش ابتدا مسیر جریان‌های مدار فرمان را از عدد 1 شماره گذاری کرده تا آخر مدار مثلاً تا 21 ادامه می‌دهیم. سپس با ذخیره اعدادی مثلاً از 21 تا 41 ($41 - 21 = 20$) شماره خطوط مدار قدرت را از شماره 42 شروع می‌کنیم. پس جهت توسعه مدار 20 خط فرمان ذخیره شده است. این روش در مواقعی استفاده می‌شود که احتمال توسعه مدار وجود داشته باشد (تفاوت دو روش گفته شده، در تعداد ارقام مسیر جریان قدرت و فرمان است).

ب - نشان دادن نقاط انشعاب در نقشه فرمان (عدد انشعاب): عدد انشعاب نیز به دو روش به

کار می‌رود: روش سری ؛ روش تابع خط

روش سری: در این روش از مسیر جریان شماره 1 در مدار فرمان شروع می‌کنیم و تا آخر مسیر جریان‌ها این اعداد را ادامه می‌دهیم (... 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1) عیب این روش آن است که اگر سیمی در تابلو برق قطع شود، مشخص نمی‌شود که مربوط به کدام مسیر جریان است.

روش تابع خط: در این روش عدد انشعاب را با توجه به شماره مسیر جریان خطوط انتخاب می‌کنند.

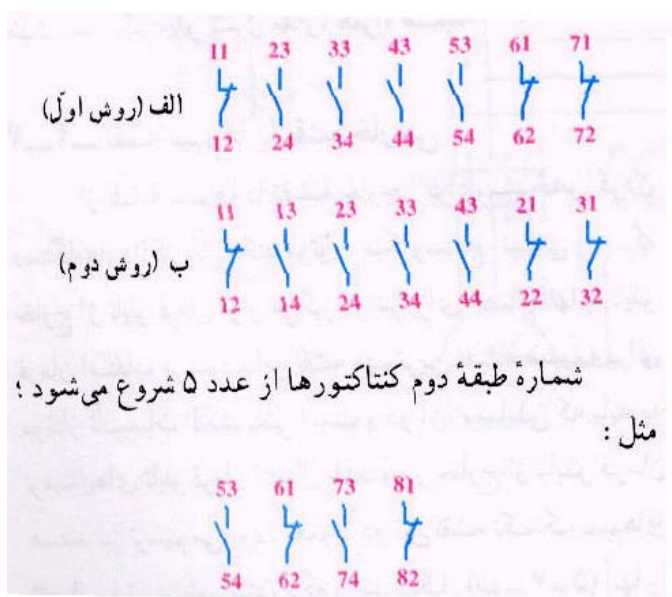
برای مثال عدد 12 یعنی خط اول انشعاب دوم یا عدد 35 یعنی خط سوم انشعاب پنجم هرگاه عددهای خط زیاد شوند و به سه رقم یا چهار رقم برسند، برای مشخص کردن شماره خط و شماره انشعاب از فاصله یا نقطه استفاده می‌ود؛ مثلاً 1201 خط 12 انشعاب اول یا 24012 یعنی خط 24 انشعاب 12.

ب - عدد وسیله: هر وسیله‌ای که در مدار کنترل به کار برده شود به وسیله حروف و اعداد معرفی می‌شود. بنابراین روش عددگذاری آنها باید مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی می‌توان وسایل را به دو دسته تقسیم کرد: وسایل دستی و مکانیکی؛ وسایل اتوماتیکی.

وسایل دستی و مکانیکی؛ کلیه وسایلی که با دست فرمان می‌گیرند (مانند استاپ استارته‌ها) و یا به طور مکانیکی فرمان می‌گیرند (مانند میکروسویچ‌ها یا لیمیت سویچ‌ها) با اعداد تک رقمی مشخص می‌شوند. برای کنتاکت‌های بسته این وسایل از اعداد 1 و 2 و برای کنتاکت‌های باز آنها از اعداد 3 و 4 استفاده می‌شود. هرگاه از یک نوع وسیله به تعداد زیاد استفاده شود به حروف مشخص کننده وسیله اندیس عددی می‌دهیم.

وسایل اتوماتیکی مثل کنتاکتورها، تایمرها و بی متال‌ها

آن قسمت از کنتاکتورها که در مدار قدرت به کار می‌روند با اعداد تک رقمی مشخص می‌شوند. بدین صورت که ورودی تیغه‌ها با اعداد 1، 3 و 5 و خروجی آنها با اعداد 2، 4 و 6 نمایش داده می‌شوند. کنتاکت‌های فرمان کنتاکتور به دو روش مشخص می‌شوند. در روش اول عدد سمت چپ معرف چندمین کنتاکت کنتاکتور است و رقم سمت راست اگر 2 و 1 باشد به معنی بسته بودن و اگر 4 و 3 باشد به معنی باز بوده است. کنتاکت اعداد در این روش به دنبال هم و به صورت سری نوشته می‌شوند. در روش دوم کنتاکت‌های باز و بسته، دسته بندی می‌شوند و جداگانه شماره می‌گیرند و همچنین مدار قدرت بی متال، مثل کنتاکتورها با اعداد تک رقمی مشخص می‌شوند. 1، 3 و 5 ورودی و 2، 4 و 6 خروجی قسمت قدرت بی متال را نشان می‌دهد.



شماره طبقه دوم کنتاکتورها از عدد 5 شروع می‌شود

مثال:

شماره ترمینال: در نقشه مسیر جریان روبروی نقاط انشعاب عددی در داخل پرانتز نوشته می‌شود که مشخص می‌کند نقطه انشعاب مورد ظنر به کدام ترمینال خارجی وصل شده است.

در داخل پرانتز شماره ترمینال‌ها مشخص می‌گردد.

عدد بوبین : روبروی کنتاکت کلیه وسایل مدار فرمان عددی داخل پرانتز نوشته می شود که مشخص می کند بوبین این کنتاکت در کدام خط از خطوط مسیر جریان قرار دارد.

در زیر خطوط مدار فرمان مسیر جریان در مدار فرمان جدول ها یا علامت هایی ترسیم می شود که مشخص

جدید ۱			قدیم ۲			۳
			H	Ö	S	
۲۱	۲	۳	۲۱	۲	۳	(21)
۲۱	۴	۵	۲۱	۴	۵	(21)
۲۱	—	—	۲۱	—	—	(2)
						(4)
						(3)
						(5)

کننده وضعیت تیغه های کنتاکتور یا تایمر در خطوط مختلف مسیر جریان است. با استفاده از آنها می توان ضمن کسب اطلاع از تمامی کنتاکت های یک کنتاکتور یا تایمر از چگونگی قرار گرفتن تیغه ها در مسیر جریان های مختلف مطلع شد. این جدول ها ممکن است به سه شکل مقابل خطوط مسیر جریان ترسیم شود.

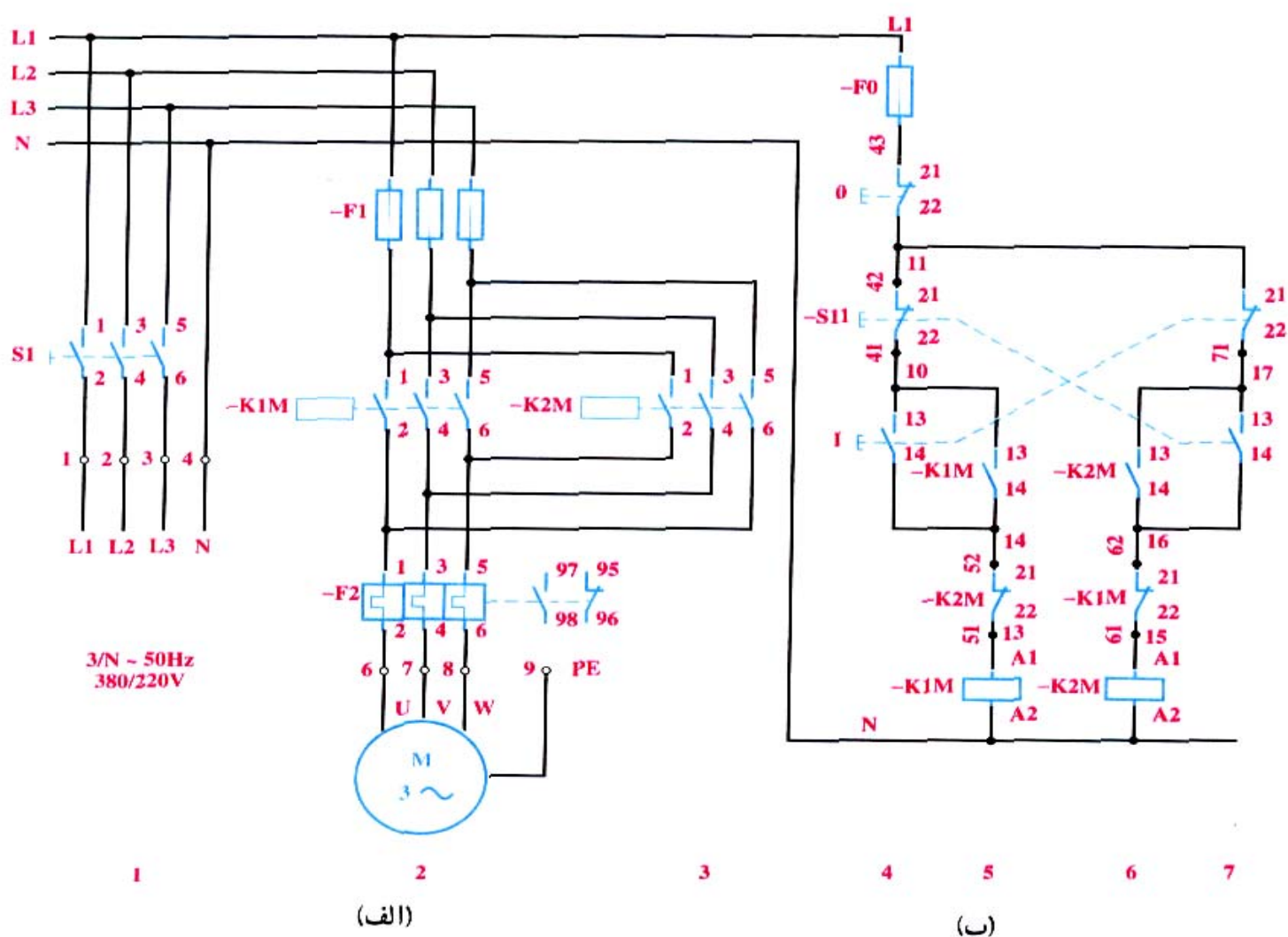
نقشه مدار قدرت

آن قسمت از مدار حقیقی را که انرژی الکتریکی را از شبکه دریافت و به مصرف کننده منتقل می کند و جریان جذب شده موتور را از خود عبور می دهد مدار قدرت می نامند.

در نقشه های صنعتی مدار قدرت با لوازم و وسایل الکتریکی جهت اندازه گیری و کنترل مدار همراه هستند (شکل الف).

نقشه سیم ها یا نقشه خارجی

از نقشه سیم‌ها یا نقشه خارجی برای مشخص کردن دستگاه‌های الکتریکی مانند موتور، میکروسویچ، شستی و ... که خارج از تابلو فرمان قرار می‌گیرد و نیز برای اتصال آنها به تابلو فرمان استفاده می‌شود. این نقشه مهمترین نقشه ضمیمه برای مونتاژ تاسیسات الکریکی است و در آن، وسایلی که باید به ترمینال‌های تابلو فرمان اتصال یابند و در خارج از تابلو فرمان هستند نیز ترسیم می‌شود. معمولاً در این نقشه تک تک سیم‌های اتصال را ترسیم نمی‌کنند بلکه مانند شکل (ب) آنها را به صورت یک دسته (یک خط) ترسیم کرده در روی آن تعداد سیم‌ها را در داخل یک پرانتز می‌نویسند و همچنین در ابتدا و انتهای آن نیز تک تک سیم‌ها را با



شماره مشخص می‌کنند. هنگام

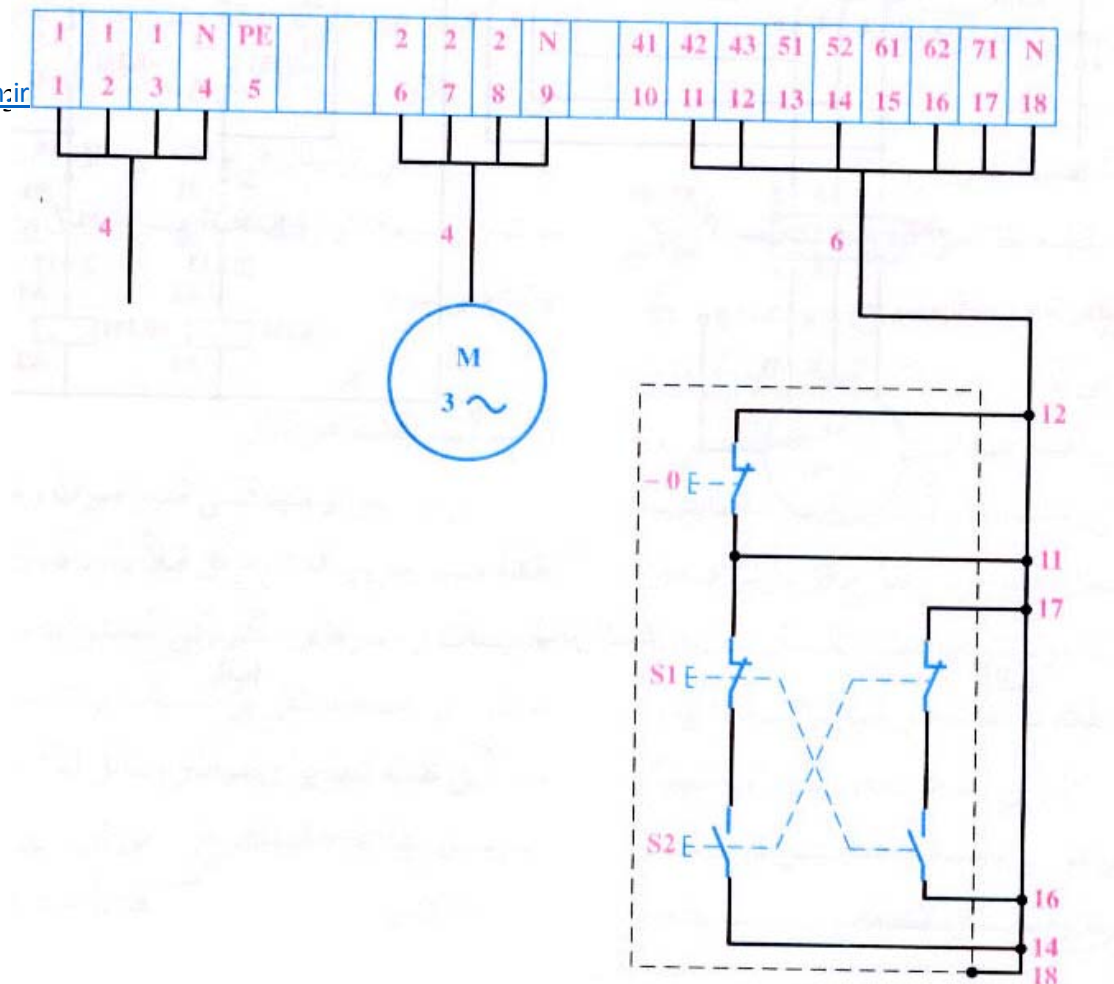
مونتاژ نیز سیم‌های اتصال در دسته‌های جدا از هم و یا به وسیله کابل کشیده می‌شود.

دستگاههای الکتریکی خارج از تابلو فرمان، به ترمینالهای تابلو فرمان اتصال پیدا می‌کند. از این رو در نقشه خارجی باید سیم‌های ورودی و خروجی هر ترمینال مشخص باشد.

همان طور که در نقشه مسیر جریان توضیح داده شد برای این کار علاوه بر شماره گذاری ترمینال‌ها که به ترتیب از چپ به راست در پایین ترمینال‌ها نوشته می‌شود، در قسمت بالای آنها نیز شماره سیم‌های از روی نقشه مسیر جریان ورودی ترمینال مربوط نوشته می‌شود.

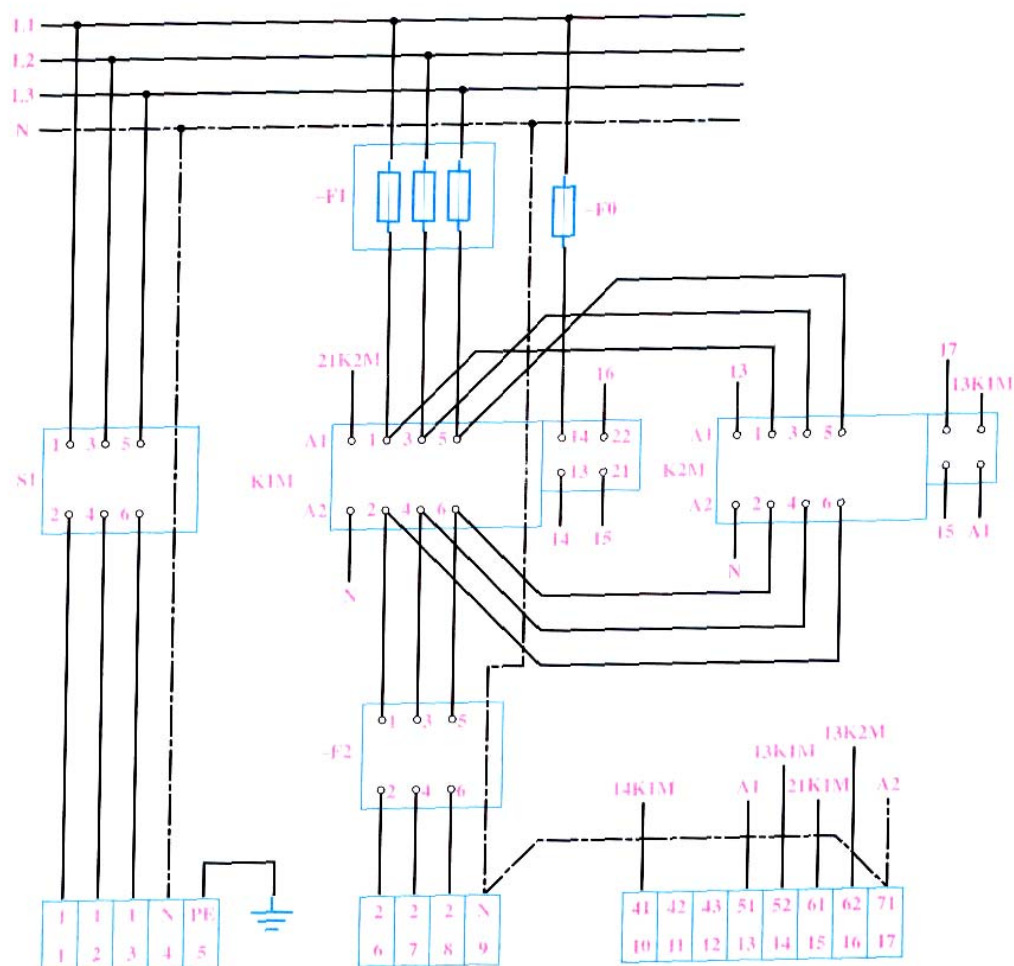
نقشه مونتاژ

برای اجرا و سیم کشی مدار قدرت و مدار فرمان، اغلب از نقشه مسیر جریان که شرح آن قبلاً داده شده است می‌شود در تاسیسات و مدارهای الکتریکی گسترده علاوه بر نقشه مسیر جریان از نقشه مونتاژ نیز استفاده می‌شود. همان طور که گفته شد این نقشه تنها برای مونتاژ وسایل الکتریکی در تابلو فرمان و سیم بندی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای ترسیم نقشه مونتاژ شکل ظاهری هر یک از دستگاهها را با در نظر گرفتن موقعیت مکانی آنها در داخل تابلو مکانی آنها در داخل تابلو، رسم می‌کنند و سپس برای اتصالات داخلی بین هریک از آنها نیز این کار را انجام می‌دهند. جهت نمایش هر یک از دستگاهها، از علائم اختصاری آنها نیز می‌توان استفاده کرد اما باید به طریقی آنها را ترسیم کرد که بتوان هر یک از ترمینال‌های دستگاه را همان طور که در روی تابلو نصب شده‌اند، نشان داد.



نقشه ترمینال‌ها 6

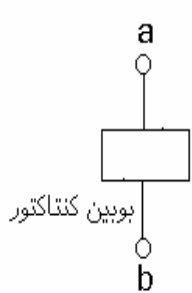
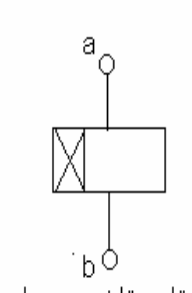
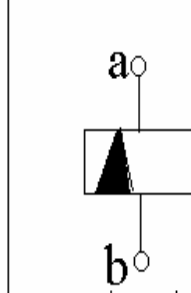
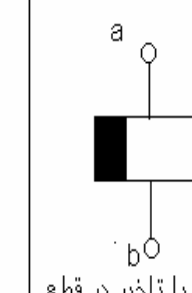
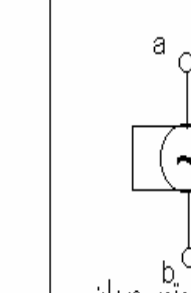
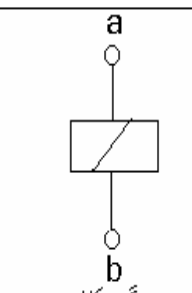
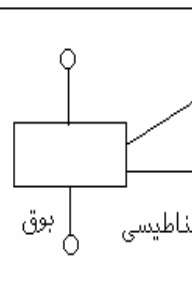
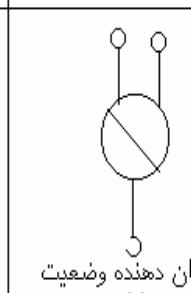
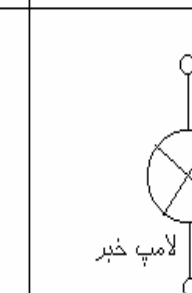
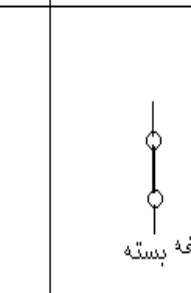
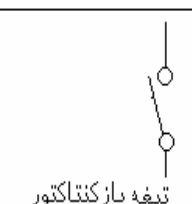
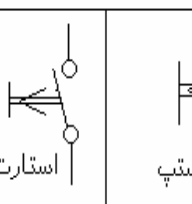
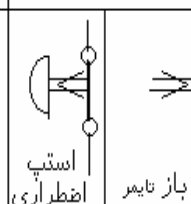
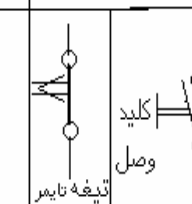
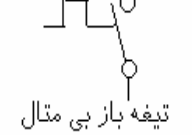
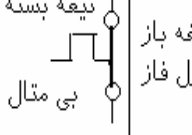
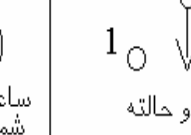
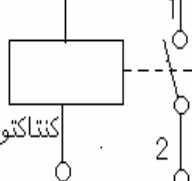
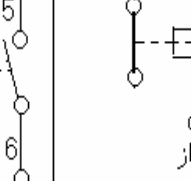
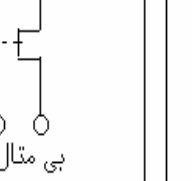
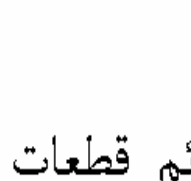
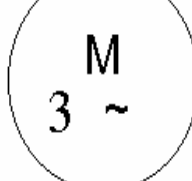
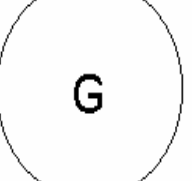
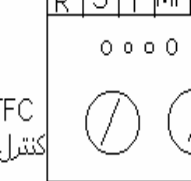
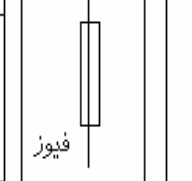
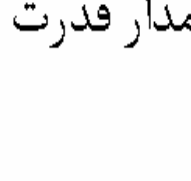
به جای نقشه خارجی و نقشه مونتاژ می‌توان به خوبی از نقشه ترمینال‌ها استفاده کرد. در این نقشه، تنها



ترمینال‌های تابلو فرمان به همراه سیم‌های ورودی و خروجی ترسیم می‌گردد و مطابق توضیحی که قبلاً در مورد نقشه خارجی و نقشه مونتاژ داده شد، شماره گذاری شده شماره سیم‌های نقشه مسیر جریان در روی ترمینال‌ها نوشته می‌شود. در روی هر یک از سیم‌های ورودی و خروجی به ترمینال‌ها، محل اتصال سر دیگر آنها نوشته می‌شود.

همچنین سطح مقطع هر یک از سیم‌ها یا کابل‌ها نیز مشخص می‌گردد.

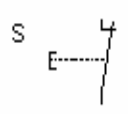
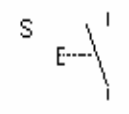
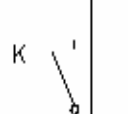
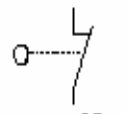
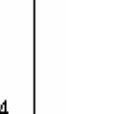
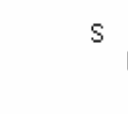
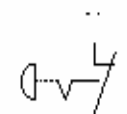
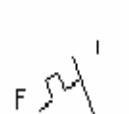
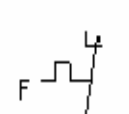
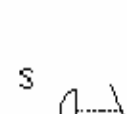
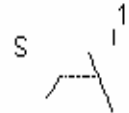
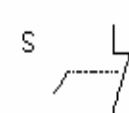
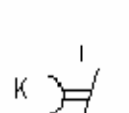
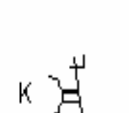
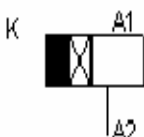
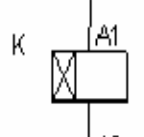
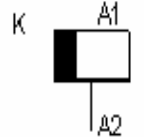
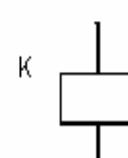
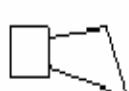
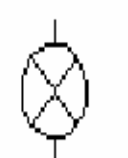
علائم اختصاری قطعات مدار فرمان (بکار برده شده در مدارات این فصل) علائم قدیمی

 بوپین کنتاکتور	 تایمر تاخیر در وصل	 تایمر حرارتی	 تایمر با تاخیر در قطع	 تایمر با موتور جریان متناوب
 در گیر کننده مغناطیسی	 ت مغناطیسی	 نشان دهنده وضعیت مغناطیسی	 لامپ خبر	 تیغه بسته کنتاکتور
 تیغه باز کنتاکتور	 استارت	 استپ	 تیغه باز تایمر	 کلید وصل
 تیغه باز بی مثال	 تیغه بسته بی مثال	 TFC	 تیغه باز کنترل فاز	 میکرو سوئیچ بسته
 کلید سه فاز	 کنتاکتور	 بی مثال سه فاز	 میکرو سوئیچ باز	 ساعت شمار
 موتور سه فاز	 ژنراتور	 TFC	 فیوز	 کلید دو حالت

علائم قطعات

مدار قدرت

جدول علائم جدید

 شاستی فشاری قطع	 شستی فشاری وصل	 تیغه باز کنتاکتور	 تیغه بسته کنتاکتور	 میکرو سوئیچ بسته	 میکرو سوئیچ باز
 کلید وصل	 کلید قطع اضطراری	 تیغه باز بی مثال	 تیغه بسته بی مثال		
 باز میکرو سوئیچ دابل	 بسته میکرو سوئیچ دابل	 تیغه باز تایمر	 تیغه بسته تایمر		
 فیوز سه فاز	 رله با تاخیر در قطع و وصل	 رله با تاخیر دروصل	 رله با تاخیر در قطع		
 کنتاکتور	 بوق	 زمین	 لامپ خبر		

1-مطلوبست طراحی مدار راه اندازی یک موتور سه فازه توسط:

الف-توسط دو کلید تبدیل

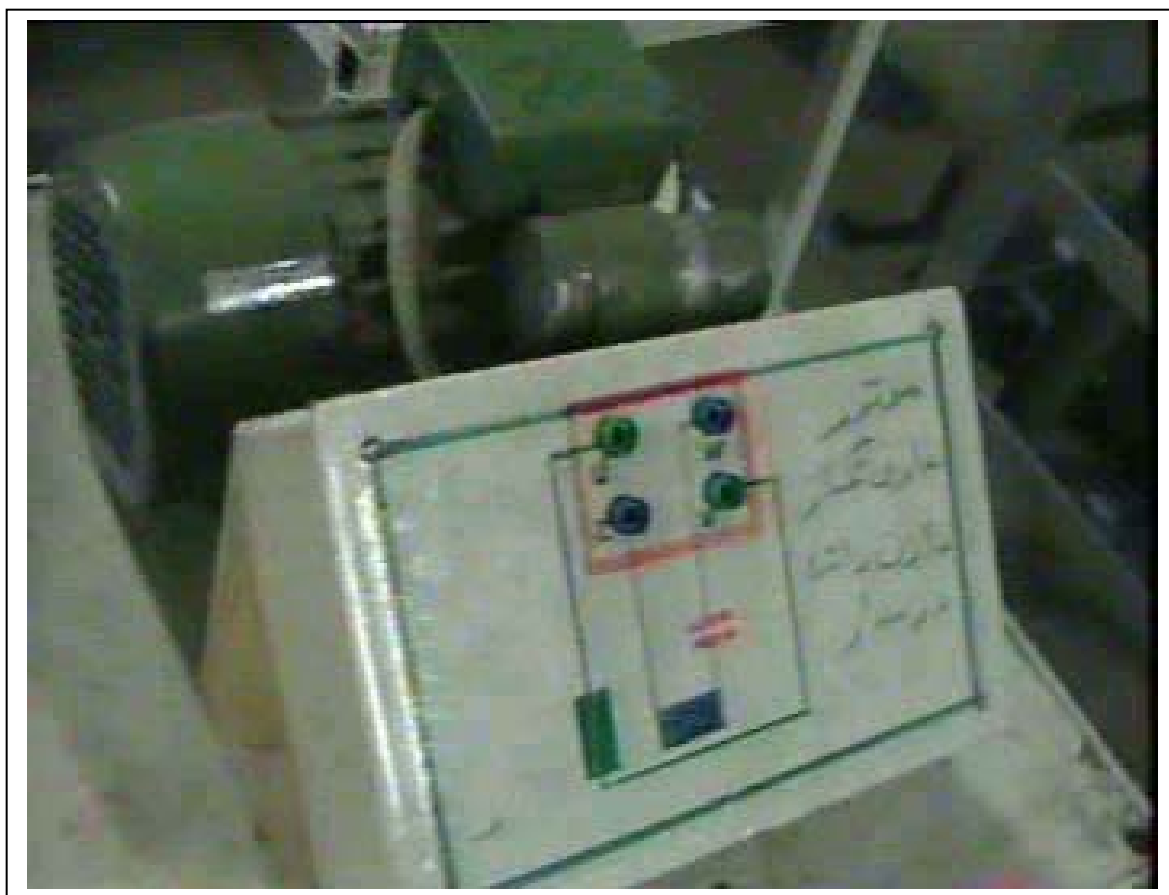
ب-توسط کلید 0-I

ج-توسط کنتاکتور

2-مطلوبست طراحی مدار راه اندازی یک موتور سه فاز اتصال ستاره بصورت چپگرد راستگرد



3-مطلوبست رسم مدار چپگرد راستگرد یک موتور تکفاز



4-مطلوبست طراحی مدار کنتاکتور چراغ راهنما

5-مطلوبست طرح مداری با شرایط کاری زیر:

راهروی طولی توسط یکسری لامپ روشنائی خود را تأمین می کند روشن و خاموش شدن این لامپها توسط

یک شاستی استارت انجام می گیرد

6-مطلوبست طراحی مداری با شرایط کاری زیر

در یک کارگاه سه موتور موجود می باشد به علت کمبود برق و شرایط کاری همیشه از سه موتور یک موتور

باید خاموش باشد یعنی به شرح زیر:

الف- باتحریک شاستی b_1 موتور m_1, m_2 راه اندازی شوند

ب- باتحریک شاستی b_2 موتور M_1 خاموش و M_2, M_3 مشغول به کار شوند

ج- باتحریک شاستی b_3 موتور m_2 از مدار خارج و m_1, m_3 در مدار قرار گیرد

د- باتحریک شاستی b_0 موتورها از مدار خارج شوند

7-مطلوبست طراحی مدار تسه نقاله با شرایط کاری زیر:

باتحریک شستی b_1 تسه نقاله راستگرد و باتحریک شستی b_2 چپگرد می شود وقتی که بارروی تسه نقاله

به انتهای مسیر رسید متوقف شود بعد از چند ثانیه به طور اتوماتیک جهت چرخش آن عوض شود و با زدن

شستی b_3 اگر بار در امتداد خط بود بعد از اینکه به انتهای مسیر رسید کل مدار را قطع کنند .

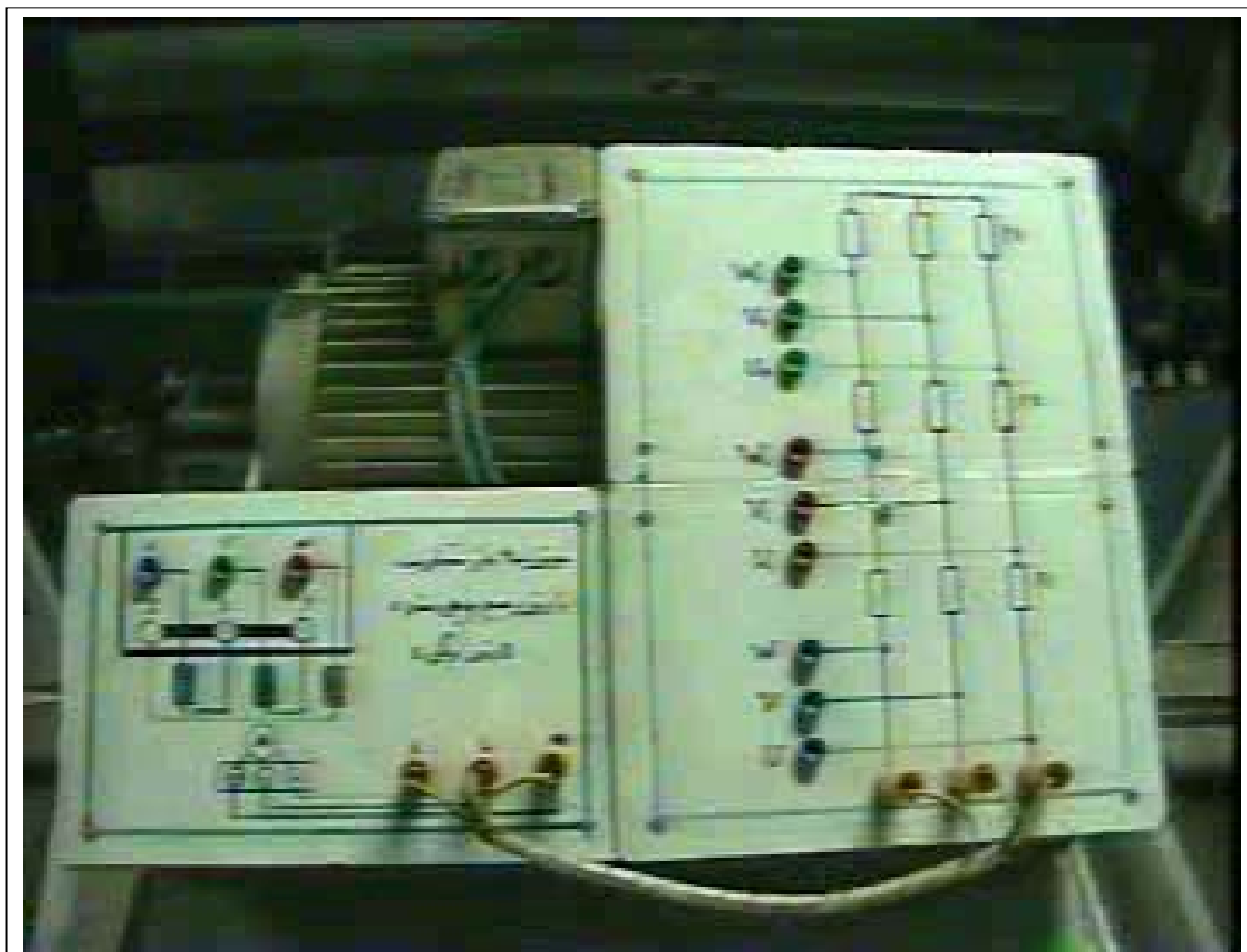
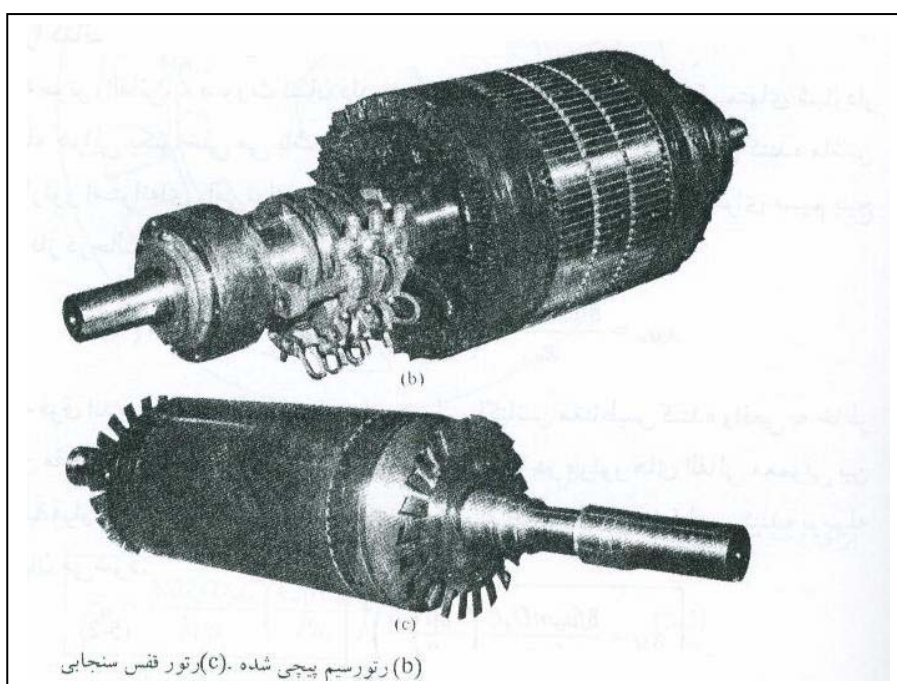
موتور القائی

موتورهای القائی چند فاز استفاده شده در صنعت متناظر با تعدد فازهای شبکه های قدرت تجاری بدون استثناء سه فاز هستند. در موتورهای القائی معمول سیم پیچی استاتور به منبع وصل می شوند و سیم پیچی روتور در بعضی کاربدها اتصال کوتاه می شود و یا ممکن است روی مقاومت های خارجی بسته شود. با اینکه موتورهای سنکرون دارای مزایای معینی مثل سرعت ثابت، توانائی تولید توان راکتیو بوسیله میدان فوق تحریک، و هزینه کم برای موتورهای با سرعت پائین است، دارای معایب نیاز به منبع dc (تحریک کننده) برای تحریک میدان و هزینه نسبی بالاتر برای موتورها با سرعت بالا می باشد. ولی موتور القائی چند فاز به غیر از خط a c به تحریک کننده نیاز ندارد. ساخت موتورهای القائی برای سرعت های بالا اقتصادی بوده و سرعت یک نوع آن (یعنی موتورها با روتور سیم پیچی شده) در محدوده نسبتاً خوبی قابل کنترل است.

موتورهای القائی با سرعت کمتر از سرعت سنکرون می چرخند و به همین دلیل کاشین آسنکرون نیز نامیده می شود. سرعت آن با افزایش گشتاور بار کاهش می یابد. در بیشتر حالت ها سرعت بار کامل موتورهای القائی چند فاز کمتر از هفت درصد زیر سنکرون غیر معمول نیست. موتورهای القائی ذاتا دارای وسیله ای برای تولید تحریک نمی باشد. نیازمند توان راکتیو بوده و جریان پس فاز می کشد. با اینکه ضریب توان نامی بیشتر از 80 درصد است، ضریب توان در بارهای سبک دارای مقدار پائین بوده و دارای این عیب است که اگر در تاسیسات صنعتی ضریب توان پس فاز از مقدار معینی کمتر می شود، قیمت مطلوب توان الکتریکی کاهش می یابد، برای محدود کردن توان راکتیو، باید راکتانس مغناطیس کننده زیاد باشد و بنابراین فاصله هوایی موتورهای القائی کوتاهتر از فاصله هوایی موتورهای سنکرون هم اندازه و هم قدرت می باشد (به جز موتورهای کوچک تر) ملاحظات مکانیکی، صدای موتور و تلفات مغناطیسی در سطوح دندانه های عواملی هستند که طول حداقل هوایی را محدود می کنند. فاصله هوایی خیلی کوتاه تر ممکن است در لحظه راه اندازی مانع شتاب گیری موتور تا سرعت نامی شده و موجب شود که موتور در کسری از سرعت نامی بچرخد.

سیم پیچی استاتور موتورهای چند فاز اساساً مشابه سیم پیچهای استاتور ماشینهای سنکرون چند فاز می باشد. شکل زیر استاتور موتورهای القائی سه فاز را نشان می دهد که قسمتی از آن سیم پیچی شده است. موتورهای القائی چند فاز بسته به نوع روتور استفاده شده، در دو گروه کلی روتور قفسی سنجابی و روتور سیم پیچی شده قرار می گیرند. آهن استاتور و همچنین آهن روتور مورق بوده و برای قرار دادن سیم پیچ ها شیار دار می باشند. موتورها بار تور سیم پیچی شده دارای یک روتور سیم پیچی سه فازی مشابه با سیم پیچی استاتور دارای همان تعداد قطب های سیم پیچی استاتور می باشد همچنان که در شکل دیده می شوند. جاروبک ها روی حلقه های لغزان موتور با روتور سیم پیچی شده سوار می شوند. و در طول راه اندازی به سه مقاومت خارجی مساوی که هر کدام در یک فاز اتصال ستاره قرار دارند، وصل می شوند و بعد از دور گرفتن موتور این سه مقاومت در یک یا چند مرحله اتصال کوتاه می شوند. مقاومت های خارجی اغلب در کنترل دور در کاربردهائی همچون جرثقیل ها و بالا برها مورد استفاده قرار می گیرد.

مدار راه اندازی کنتاکتوری این نوع موتور ها در ادامه آمده است..



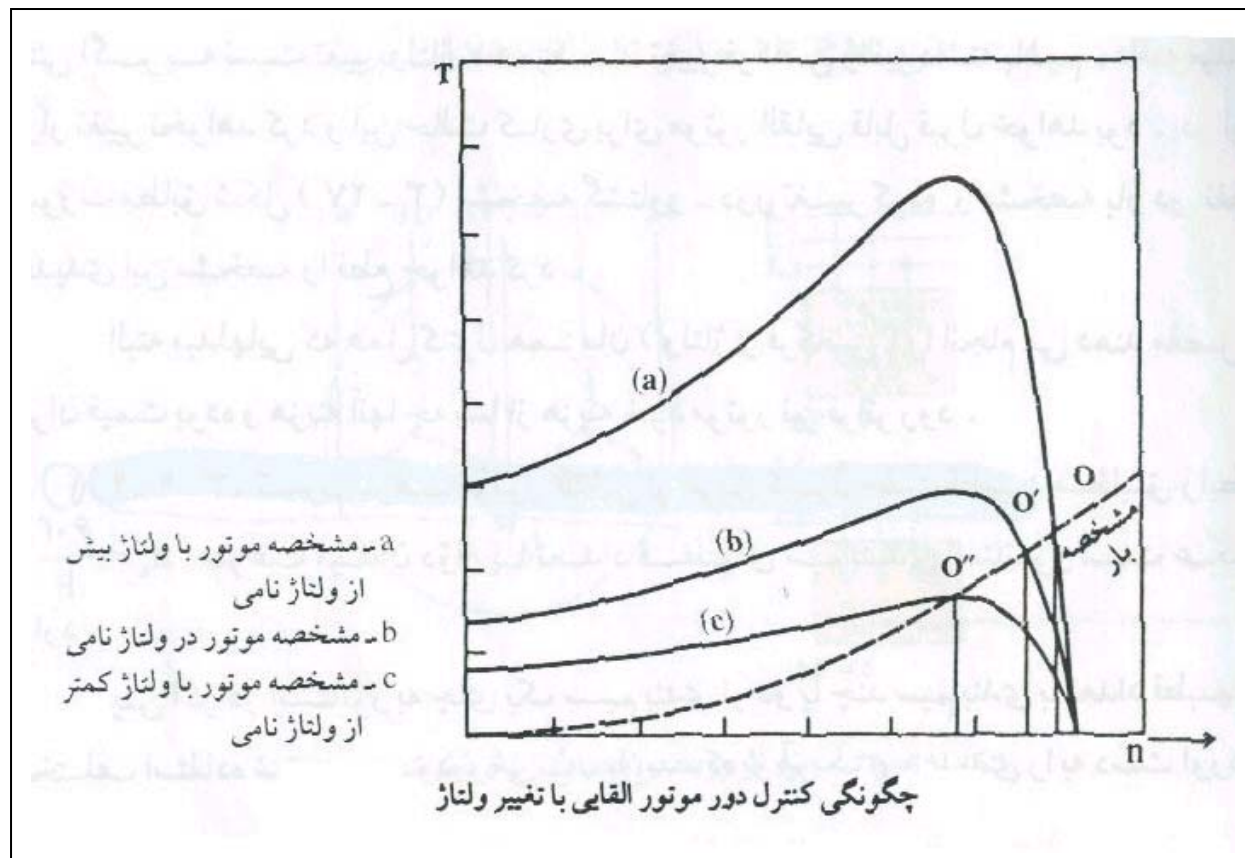
روشهای کنترل سرعت موتورهای القایی

که موتورهای القایی از نظر کنترل سرعت نسبت به موتورهای جریان مستقیم قابلیت‌های کمتری دارند و در کاربردهای صنعتی که کنترل دور در یک محدوده وسیع و با دقت زیاد مورد نظر است (خصوصاً اگر گشتاور راه‌اندازی زیادی هم لازم باشد)، غالباً از موتورهای d.c استفاده می‌شود. اما موتورهای القایی هم تا اندازه‌ای می‌توانند کنترل سرعت بار را انجام دهند که در این بخش روشهای این کنترل بررسی می‌شود.

کنترل دور موتور القایی از طریق کنترل ولتاژ گشتاور یک موتور القایی با مجذور ولتاژ متناسب است و تغییرات ولتاژ مشخصه گشتاور دور یا گشتاور - لفرش موتور را تغییر می‌دهد.

از سوی دیگر باید توجه داشت که نقطه کار یک الکتروموتور علاوه بر ویژگیهای منبع تغذیه آن تابع مشخصات بار مکانیکی آن نیز هست و اصولاً نقطه کار یک موتور الکتریکی نقطه‌ای است که مشخصه‌های گشتاور دور موتور و اریکدیگر را قطع کنند.

با تغییر ولتاژ یک موتور القایی، تمام نقاط مشخصه گشتاور دور آن متناسب با مجذور ولتاژ جا به جا می‌شوند. در این صورت مشخصه بار (که ربطی به ویژگیهای منبع تغذیه موتور نداشته مشخصات مکانیکی بار آن را



تعیین می کند) مشخصه گشتاور دور جدید را در نقطه جدیدی (متفاوت با نقطه کار قبلی) قطع خواهد کرد.

(نقاط O, O'', O' در شکل بالا)

بنابراین، با تغییر ولتاژ موتور القایی دور تا حدودی قابل تنظیم است. ضمن اینکه افزایش ولتاژ از مقدار نامی

مجاز نبوده کاهش ولتاژ به تنهایی نیز موجب تغییرات فوران و میدان دوار می شود که اثر نامطلوبی بر کار موتور دارد.

کنترل سرعت موتور القایی از طریق کنترل فرکانس : بر اساس رابطه سرعت میدان دوار موتور القایی با فرکانس تناسب مستقیم دارد.

$$n_s = \frac{60F}{P}$$

یعنی به کمک یک منبع تغذیه با فرکانس متغیر می توان با تغییر فرکانس، به طور پیوسته دورهای مختلف را به دست آورد. اما باید توجه داشت که تغییرات فرکانس نیز همچون تغییرات ولتاژ باعث تغییر در مدار مغناطیسی ماشین و میدان دوار آن می شود و در کار عادی آن مشکلاتی ایجاد می کند.

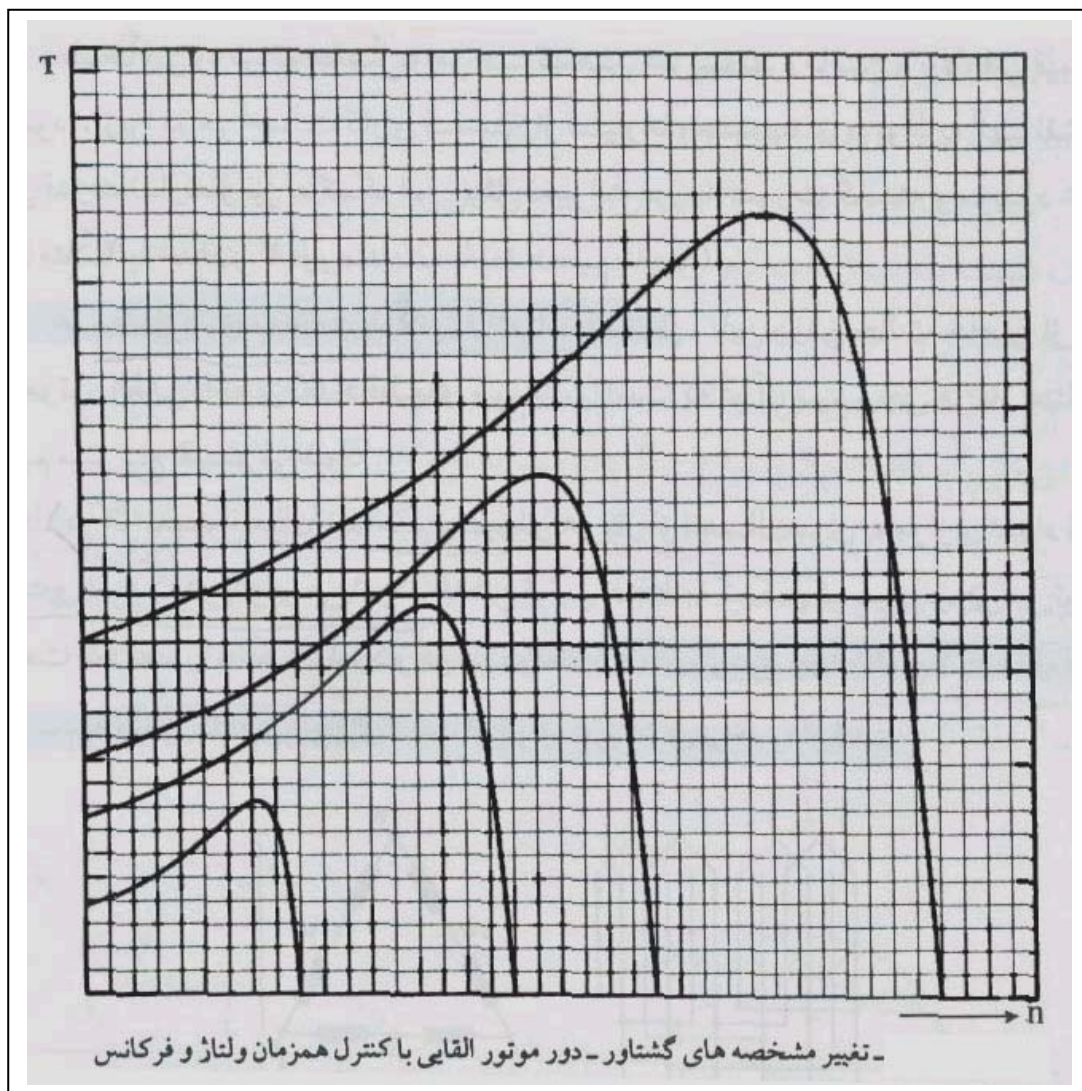
ضمن اینکه مبدل های فرکانس نسبتاً مفصل و گران قیمت هستند (خصوصاً اگر بخواهیم شکل سینوسی موج حفظ شود).

کنترل سرعت موتور القایی از طریق تنظیم همزمان ولتاژ و فرکانس: فوران و میدان مغناطیسی دوار موتور القایی متناسب است با نسبت: ولتاژ به فرکانس

$$\phi \propto \frac{V}{F}$$

یعنی اگر به نسبت تغییر ولتاژ ، همزمان تغییر فرکانس را نیز داشته باشیم، دامنه میدان دوار تغییر نخواهد کرد و این حالت کاری برای موتور القایی قابل قبول خواهد بود. در این صورت مطابق شکل مشخصه گشتاور دور تغییر کرده ، مشخصه بار در نقطه جدیدی این مشخصه را قطع خواهد کرد.

البته مبدلهایی که عمل کنترل همزمان (ولتاژ و فرکانس) را انجام می دهند مفصل و گران قیمت بوده و هزینه آنها چه بسا از هزینه خود موتور نیز فراتر رود.



کنترل سرعت موتور القایی از طریق کنترل جفت قطب: مطابق رابطه $(n_s = \frac{60f}{p})$ سرعت میدان دوار با

تعدادی قطبهای سیم بندی استاتور نسبت عکس دارد.

پس اگر در استاتور به جای یک سیم بندی از دو یا چند سیم بندی با تعداد قطبهای مختلف استفاده شود،

می توان با استفاده از هر یک از آنها دور جدیدی را به دست آورد.

مثلا می توان با تعبیه دو سیم بندی جداگانه یکی 6 قطبی و دیگری 8 قطبی در فرکانس 50 هرتس به دو

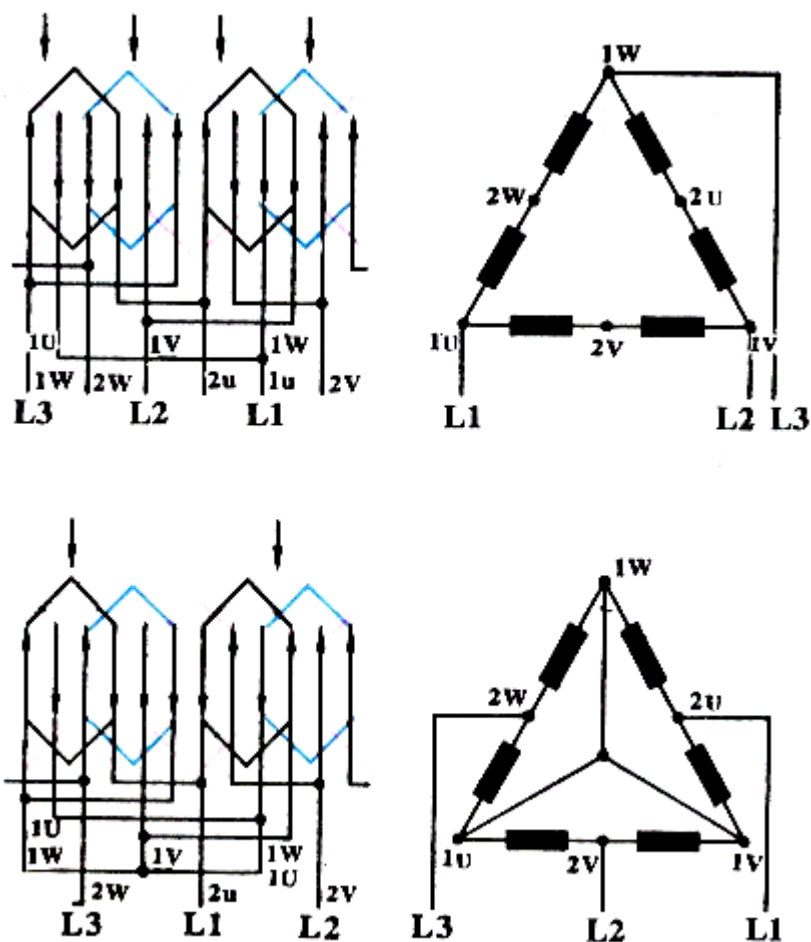
سرعت حدود 1000 R.P.M. و 750 R.P.M. دست یافت.

طبیعتا این روش نیز مفصل و موجب کاهش ضریب بهره ماشین و بالا رفتن قیمت آن می شود. زیرا در هر

حالت کاری قسمتی از شیارها و سیم بندی مربوط به آنها نقشی در تامین قدرت ندارند و نیز به کمک این

روش تغییرات دور به صورت گسسته و محدود خواهد بود (مثلا 2 یا حداکثر دور متناسب با تعداد سیم بندیها).

سیم پیچی توزیع شده در استاتور (اتصال دالاندر): این روش حالت خاصی از کنترل دور موتور القایی با تغییر تعداد قطبهای سیم بندی است که در آن سیم پیچی هر فاز استاتور به دو نیم سیم پیچ تقسیم می شود.



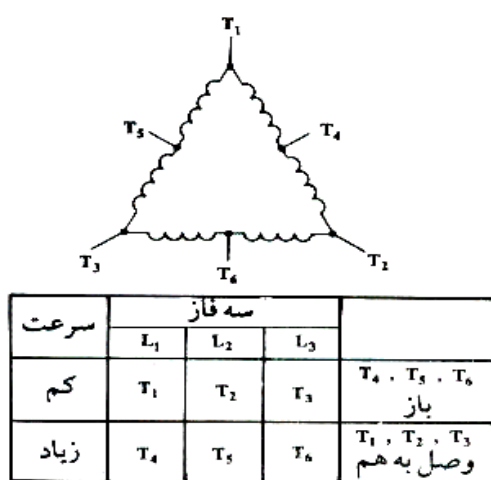
نمایش چگونگی تغییر قطبها با اتصال دالاندر.

در اثر تغییر اتصال نیم سیم پیچهای هر فاز از اتصال سری به موازی تعداد قطبها نصف و سرعت دو برابر می شود. به این ترتیب فقط به کمک یک سیم پیچی می توان دو سرعت مختلف را به دست آورد و در هر دو حالت تمام سیم پیچها و تمام شیارها فعال بوده و نسبت به موتور با سیم پیچهای مجزا از ظرفیت بیشتری برخوردار است.

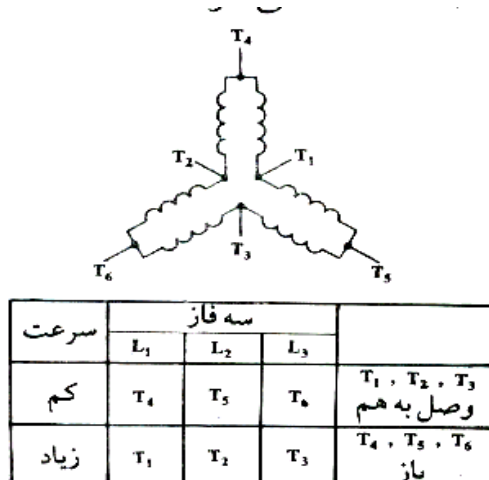
دو حالت اتصالات موتور القایی که در شکل نشان داده شده اند، مثلث ستاره دابل نامیده می شوند. $(\Delta/\lambda \lambda)$ در اتصال سری نیم سیم پیچ، اتصال موتور به صورت مثلث و در اتصال موازی نیم سیم پیچها، اتصال موتور به صورت ستاره است که باعث می شود با دو برابر شدن سرعت قدرت موتور نیز تقریباً $1/5$ برابر

شود و گشتاور تقریباً ثابت بماند. به همین دلیل اتصال دالاندر برای محرکه‌های با گشتاور ثابت مناسب است مثلاً در ماشینهای ابزار و ...

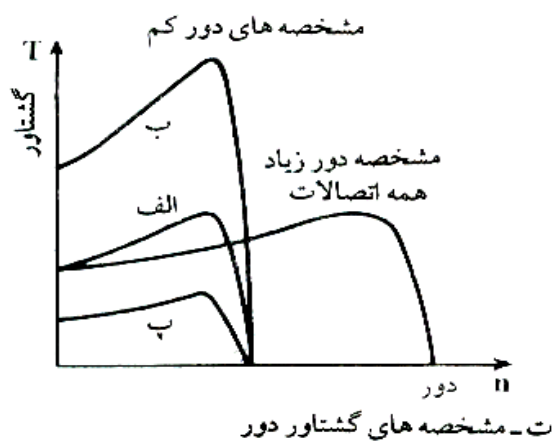
جعبه اتصالات موتور دالاندر برای هر حالتی سه ترمینال جداگانه دارد و موتور فقط در یک شبکه با ولتاژ ثابت (برای هر دو حالت) به کار می‌رود. ترمینالهای مربوط به سرعت کمتر با حروف 1W, 1V, 1U و ترمینالهای مربوط به سرعت بیشتر با حروف 2W, 2V, 2U مشخص می‌شوند و باید طوری روی جعبه اتصالات (تخته کلم) قرار گیرند که برای کار راستگرد L_3, L_2, L_1 به ترتیب به W, V, U متصل شوند.



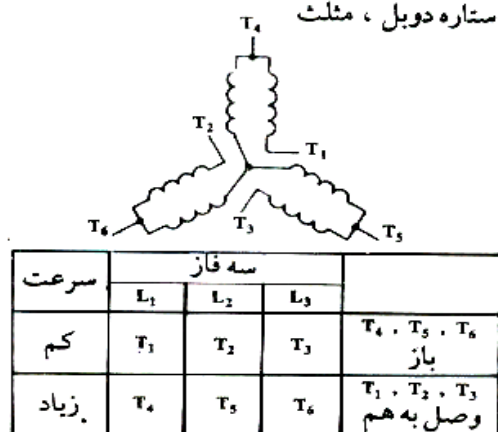
الف - مثلث، ستاره دوبل



ب - ستاره دوبل، مثلث



انواع اتصالات موتور دالاندر



پ - ستاره دوبل

علاوه بر روش مورد اشاره مثلث: ستاره دوبل که نوع رایج اتصال دالاندر است روشهای دیگری نیز وجود دارد که نقشه و نحوه اتصالات دو نمونه (ستاره دوبل - مثلث و ستاره - ستاره دوبل) همراه مشخصه گشتاور - دور جدید هر یک از اتصالات در شکل بالا نشان داده می‌شود.

در نوع متقارن سیم پیچی دالاندر تعداد قطب‌ها و دورها بدین صورت می‌باشد.

سرعت زیاد	سرعت کم	تعداد قطب‌ها
3000-1500		2-4
1500-750		4-8
1000-500		6-2

در نوع نامتقارن در مواقع استثنایی 1500-1000 4-6 نیز دیده شده است اگر موتور دالاندی در

اختیار داشته باشیم و ندانیم که کدام سرها تند و کدام سرها کند است به صورت زیر عمل می‌کنیم.

در این موتورها معمولاً سه سر دور تند را با یک رنگ مثلاً آبی و سرهای دور کند را با قرمز نشان می‌دهند.

ابتدا 3 سر از 6 سر را انتخاب کرده که با یک رنگ مشخص شده‌اند و سپس برقرار نموده و 3 سر دیگر را

آزاد نگه می‌داریم اگر موتور به راحتی شروع به کار کند و به خوبی کار کند این سرها سرهای کند می‌باشد.

اگر به 3 سری که برق داده‌ایم موتور با صدای نهیب شروع به کار کند این 3 سر حالت تند می‌باشد و 3 سر

دیگر حالت کند می‌باشد.

1- مطلوبست طراحی مدار راه اندازی یک موتور دالاندی:

2- مطلوبست طراحی مدار راه اندازی یک موتور دو دالاندی

3- مطلوبست طراحی مدار چپگرد راستگرد دالاندی

4- مطلوبست طراحی مدار راه اندازی یک موتور دو سرعت (دو سیم پیچ جداگانه)

5- مطلوبست طراحی مدار چپگرد راستگرد یک موتور دو سرعت

روشهای ترمز کردن موتورهای القایی

در بسیاری از بارهای صنعتی لازم است بلافاصله پس از قطع موتور، محور آن متوقف شود مانند بالابر ها و ماشینهای ابزار روشهای مورد استفاده برای ترمز موتورهای القایی به اختصار در جدول معرفی شده‌اند.

هنگام ترمز کردن موتور القایی، اغلب انرژی جنبشی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و به ندرت قسمتی از انرژی جنبشی به انرژی الکتریکی قابل مصرف تبدیل می‌شود.

در زمان راه اندازی موتورهای القایی انرژی الکتریکی دریافتی از شبکه به صورت تلفات حرارتی ظاهر می‌شود زیرا هنوز قدرتی در خروجی وجود ندارد اما پس از به راه افتادن رتور و کاهش لغزش قسمت زیادی از انرژی دریافتی موتور، به صورت انرژی جنبشی در رتور ظاهر می‌شود. هنگام ترمز موتور القایی باید این انرژی جنبشی رتور تبدیل به نوع دیگری از انرژی بشود.

در ترمزهای با فشار فنر و نیز در ترمزهای زیر سنکرون و جریان مستقیم انرژی جنبشی رتور کاملاً به حرارت تبدیل می‌شود. اگر از ترمز فوق سنکرون استفاده کنیم، ماشین در ناحیه مولدی کار خواهد کرد و انرژی جنبشی رتور با تبدیل به انرژی الکتریکی به شبکه داده می‌شود توجه داشته باشید که این نوع ترمز فقط می‌تواند مانع افزایش سرعت بار شود و قادر به توقف کامل محور نیست.

در موتورهای دو سرعته اگر از ترمز با فشار فنر استفاده شود، باید سیستم ترمز روی سرعت کمتر عمل کند و از طریق سرعت کمتر رتور متوقف شود، تا انرژی جنبشی کمتری به حرارت تبدیل شود.

در ترمز با جریان مخالف انرژی تلف شده هنگام ترمز بسیار زیاد است چرا که لغزش موتور یکباره به حوالی 200% می‌رسد. (چون جهت گردش میدان دوار یکباره عوض می‌شود).

در بعضی ماشینهای الکتریکی هنگام کاهش بار نیز با روشهای انرژی جنبشی اضافی رتور را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده به شبکه بر می‌گردانند.

ترمز فوق سنکرون مناسبترین و ترمز با جریان مخالف نامناسبترین روش ترمز موتورهای القایی هستند.

یکی دیگر از روشهای ترمز موتورهای AC که زیاد موارد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از ترمز DC که از

- روشهای ترمز بارهای صنعتی متصل به موتورهای القایی

	نیروی ترمزی توسط فنر: وقتی سیم پیچ تحریک، وصل می‌شود ترمز آزاد می‌شود. کاربرد: ماشینهای ابزار و بالابرها	ترمز با مغناطیس الکتریکی (اعمال ترمز با فشار فنر)
	نیروی ترمز از طریق خود موتور ظاهر می‌شود، زیرا در اثر تغییر محل اتصال دو فاز جهت میدان دوار عوض می‌شود و در نتیجه جهت گردش موتور نیز تغییر می‌کند. پس از اینکه دستگاه به حالت سکون درآمد، باید مدار فوراً قطع شود. در غیر این صورت دستگاه در خلاف جهت اولیه می‌چرخد. برای این کار یک رله خود کار لازم است. کاربرد: آره‌های نواری	ترمز جریان مخالف
	موتور از ماشین کارها می‌شود و در اثر شتاب به صورت مولد القایی در می‌آید و برای موتورهایی که در آنها بر نیروی وزن غلبه می‌شود قابل استفاده است. کاربرد: موتورهای با تغییر قطب مثلاً در بالابرها و آسانسورها هنگام پایین آمدن	ترمز فوق سنکرون
	موتورهای القایی با رتور سیم پیچی با مقاومت زیاد رتور در مدار و به صورت موتور یکفاز به شبکه وصل می‌شود و یک گشتاور ترمزی ظاهر می‌شود که پس از سکون موتور از بین می‌رود. کاربرد: بالابرها	ترمز زیر سنکرون
	سیم پیچ استاتور را به یک ولتاژ پایین جریان مستقیم وصل می‌کنند که با ادامه حرکت رتور جریان ترمزکننده در آن القا می‌شود. کاربرد: ماشینهای ابزار و وسایل نقلیه	ترمز با جریان مستقیم

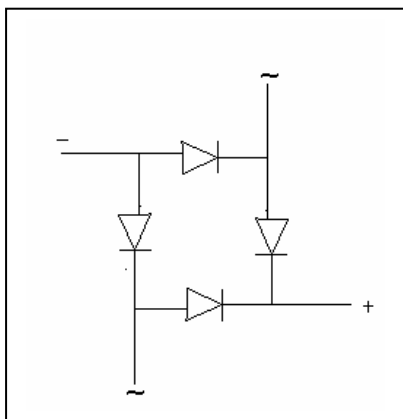
یک بوبین با جریان مستقیم و دیسک تشکیل شده است می‌باشد.

برق بوبین این ترمز معمولاً از برق خود موتور تامین می‌شود و همراه با موتور در مدار قرار می‌گیرند هنگام

استارت مورد و راه اندازی بوبین ترمز نیز برق دار شده و میدان مغناطیسی بوبین دیسکی را که روی محور

موتور قرار گفته را به طرف خود می کشد و بدین ترتیب دیسک از محور جدا شده و محور را آزاد کرده و موتور شروع به دور گرفتن می گیرد با قطع جریان موتور جریان بوبین ترمز نیز قطع گردیده و میدان مغناطیسی بوبین نیز از بین رفته و دیسک توسط نیروی فنر جمع شده به حالت اول برگشته و با محور درگیر شده و

محور را از حرکت باز می دارد همانطور که گفته شد ترمز موتورها



DC می باشد زیرا اگر AC باشد با توجه به متغیر بودن شکل موج (سینوسی) و متغیر بودن جریان سبب قطع و وصل شدن جریان بوبین و در نتیجه عمل ترمز به خوبی انجام نمی گیرد و در مواقعی سبب بروز مشکلات عدیده ای می شود اگر ولتاژ بوبین ترمز V 220 باشد می توان از یک فاز و نول برای کتیفایر و از برق DC

«رکتیفایر به بوبین ترمز می رسد.»

اگر اتصال موتور ستاره باشد می توان از برق موتور برای ترمز استفاده کنیم.

اگر برق ترمز 110 و یا پایین تر و اتصال موتور به صورت اتصال ستاره باشد می توانیم از تناسب دور بر ولت استفاده کنیم.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

به عنوان مثال اگر ولتاژ فازی 220 ولت

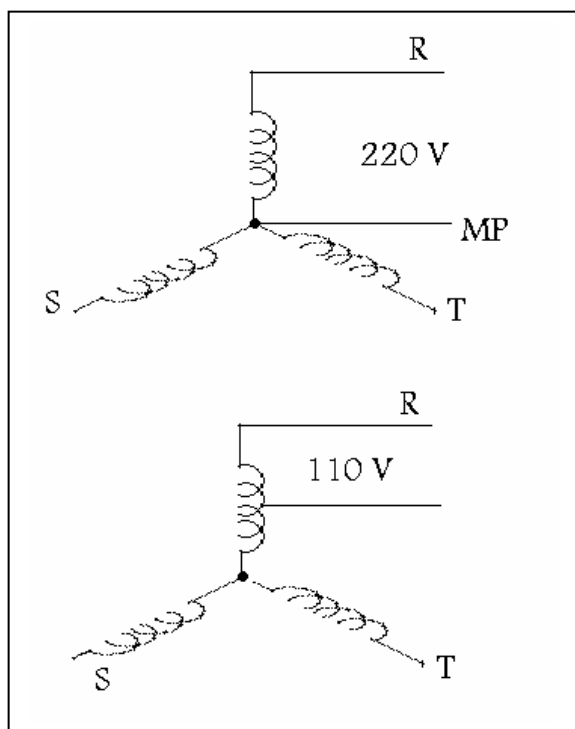
و تعداد دور بوبین هر فاز 200 دور باشد برای ولتاژ 110

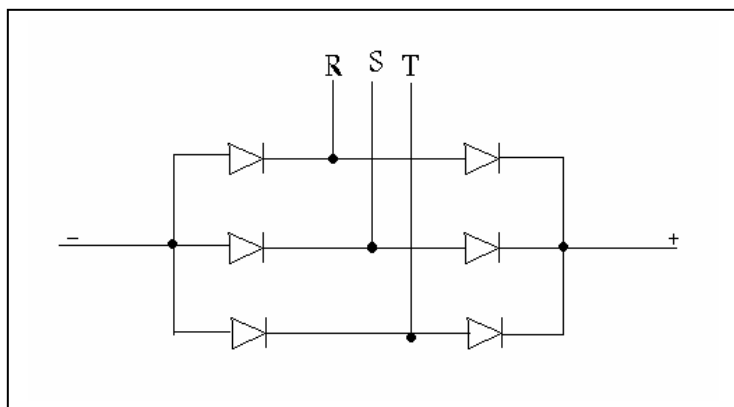
ترمز DC با استفاده از رابطه :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{200}{X} = \frac{220}{110}$$

دور 100 X =





در بعضی اوقات دیده شده که برق ترمز 380 V بوده که بدین ترتیب از رکتیفایر 3 فاز یا پل کرتز استفاده می کنیم.

منابع

-ماشین های مخصوص

- 1- ماشین های الکتریکی پرفسور بیم بهارا
- 2- ماشین های الکتریکی استفن ج. چاپمن (مؤلفان: محمود دیانی - علیرضا صدوقی)
- 3- ماشین های الکتریکی AC (مؤلفان: محمد حیدری و ...)
- 4- ماشین های الکتریکی DC (مؤلفان: محمد حیدری و ...)
- 5- ماشین های الکتریکی دکتر لسانی
- 6- استفاده از تجربیات و مطالب ارائه شده توسط استاد ایزدی

-اطلاعات عمومی

- 1- کارگاه تکنولوژی برق صنعتی (مؤلفان: محمود اعتضادی، ناصر ساعتچی، عباس یوسفی)
- 2- مطالب ارائه شده توسط استاد سمیع واستاد ایزدی
- 3- جزوات آموزشی دانشگاه تهران
- 4- تجهیزات نیروگاهی (مؤلف: مسعود سلطانی)