مجتمع فنی و آموزشی پالس

دپارتمان برق و ابزار دقیق

مجتمع فنی و آموزشی پالس

جزوه آموزشی

برق صنعتی

تهیه و تدوین : **مهندس دهقانی**

فهرست

فصل اول : معرفی اجزای شبکه های الکتریکی سه فاز

خط های فشار ضعیف ۷

معرفی ولتاژها و جریان های شبکه سه فاز ۷

پلاک اتصالات موتور (تخته کلم) ۸

اتصال ستاره ۹

اتصال مثلث ۱۰

جریان و ولتاژهای فازی و خطی ۱۱

اندازه گیری کمیت های الکتریکی در مصرف کننده ها ۱۲

آشنایی با پلاک مشخصات موتورهای سه فاز ۱۶

فصل دوم : فیوزها

تقسیم بندی فیوزها ۲۱

فیوز حرارتی ذوب شونده یا فیوز فشنگی ۲۲

فیوز آلفا (اتوماتیک) ۲۵

فیوز مینیاتوری ۲۶

فیوز کاردی یا چاقویی ۲۷

فیوزهای شیشه ای ۳۰

فیوزهای کارتریج ۳۰

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

کلید فیوز ۳۱
نحوه فیوز بندی مدارات ۳۲
رله های حفاظتی ۳۵
کلید محافظ موتور ۳۹
کلیدهای اتوماتیک ۳۹

فصل سوم : انواع کلید ساده و راه اندازی موتورها

کلید اهرمی ۵۰
کلید غلطکی ۵۰
کلید زبانه ای ۵۱
اتصال موتورهای سه فاز به شبکه برق با کلید قطع و وصل ۵۳
تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز ۵۴
راه اندازی موتورهای سه فاز بصورت ستاره مثلث ۵۵
تغییر سرعت موتورهای سه فاز ۵۷

فصل چهارم : موتورهای تکفاز و ترانسفورماتورها

انواع موتورهای تکفاز ۶۱
ترانسفورماتورها ۶۴
اتوترانس ۶۴
ترانس جریان یا CT ۶۵
ترانس ولتاژ یا PT ۶۵

فصل پنجم : معرفی تجهیزات تابلوهای برق صنعتی

کنتاکتورها ۶۶
رله ۷۲
لیمیت سوئیچ ۷۳
سنسور و انواع آن ۷۴
رله زمانی (تایمر) ۷۵
کلیدهای تابع فشار ۷۹
کلیدهای شناور (فلوتر) ۷۹
شستی ها ۸۱
لامپ سیگنال ۸۱

فصل ششم : نقشه و نقشه خوانی مدارات برق صنعتی

انواع نقشه های الکتریکی صنعتی ۸۲
علایم اختصاری قطعات ۸۵
مدار شماره ۱ : راه اندازی الکترو موتور القایی رتور قفسی به طور لحظه ای ۸۸
مدار شماره ۲ : راه اندازی الکترو موتور سه فاز القایی رتور قفسی به طور دائم (بدون استپ) ۸۹
مدار شماره ۳ : راه اندازی الکترو موتور سه فاز القایی رتور قفسی به طور دائم ۹۰
مدار شماره ۴ : راه اندازی موتور بصورت یکی پس از دیگری ۹۱
مدار شماره ۵ : راه اندازی موتور یکی پس از دیگری با استفاده از تایمر ۹۲
مدار شماره ۶ : راه اندازی موتور بصورت یکی به جای دیگری ۹۳

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

مدار شماره ۷ : راه اندازی الکترو موتور بصورت چپگرد راستگرد سریع با حفاظت کامل ۹۴

مدار شماره ۸ : راه اندازی الکترو موتور بصورت چپگرد راستگرد کند با حفاظت کامل ۹۵

مدار شماره ۹ : راه اندازی الکترو موتور ستاره مثلث دستی ۹۶

مدار شماره ۱۰ : راه اندازی الکترو موتور ستاره مثلث اتوماتیک ۹۷

مدار شماره ۱۱ : راه اندازی الکترو موتور بصورت ستاره مثلث چپگرد راستگرد ۹۸

مدار شماره ۱۲ : راه اندازی الکترو موتور دو دور بصورت دو سیم پیچ جداگانه ۹۹

فصل هفتم : کابل و کابل کشی

تعریف کابل ۱۰۳

کابل ها از نظر سطح مقطع هادی و تعداد رشته ۱۰۳

عایق کابل ها ۱۰۴

غلاف کابل ۱۰۵

عوامل موثر در انتخاب نوع کابل ها ۱۰۵

نحوه استخراج اطلاعات از روی کابل ها ۱۰۹

لوازم و تجهیزات کابل کشی ۱۱۱

اتصال کابل شو به کابل ۱۱۴

شرایط نصب کابل روی دیوار و سقف ۱۱۵

نصب کابل روی سینی کابل ۱۱۵

نصب کابل در داخل کانال ۱۱۶

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

فصل هشتم : روش اصلاح ضریب توان توسط خازن

مزایای استفاده از خازن ۱۲۰
اصول محاسبات توان اکتیو و راکتیو، ظاهری و ضریب توان ۱۲۲
چرا جبران سازی؟ ۱۲۵
روش های استفاده از خازن (روش های جبران سازی) ۱۲۵
تعرفه های برق ۱۲۸
محاسبه توان خازن مورد نیاز به وسیله اندازه گیری ۱۲۹
جبران سازی انفرادی موتورها ۱۳۳
جبران سازی انفرادی آسانسورها و بالابرها ۱۳۵
کلیدهای ستاره مثلث ۱۳۵
اجزای تابلوهای خازن اتوماتیک ۱۳۷
کاربرد بانک های خازنی اتوماتیک ۱۳۸
اتصال خازن به شبکه ۱۳۸
انواع خازن های قدرت ۱۳۸
مدار بانک خازنی اتوماتیک ۶ پله ۱۴۰

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

ب – با توجه به این که در شبکه های سه فاز در موقع ازدیاد جریان اغلب قطع هر سه فاز به طور همزمان لازم و ضروری است که کلیدهای اتوماتیک قطع همزمان سه فاز را انجام داده و مانع از دو فاز شدن موتورها و سوختن سیم پیچی ها آن ها می شوند .

ج – در بعضی از شبکه های توزیع می بایست به محض برگشت جریان (ولتاژ) یا افت بیش از حد مجاز ولتاژ، مدار به طور خودکار قطع و آلارم های لازم را ایجاد کند . همچنین در بعضی موارد ورود اتوماتیک یا دستی ژنراتور اضطراری یا ترانسفورماتور در شبکه توزیع، جهت تداوم کار شبکه یا انجام تعمیرات دوره ای شبکه اجتناب ناپذیر می باشد .

کلیدهای اتوماتیک : کلیدهایی هستند که دارای رله بوده و هر کدام برای کاربردهای خاصی مورد استفاده قرار می گیرند. به طور مثال کلید اتوماتیک هوایی دارای رله های بسیار هوشمندی از نوع الکترونیکی می باشند .

کلیدهای غیر اتوماتیک : کلیدهایی هستند که صرفا برای قطع و وصل مورد استفاده قرار می گیرند و فاقد رله هستند. مانند کنتاکتور که یک کلید غیر اتوماتیک است که از آن برای قطع و صل های گوناگون با کاربردهای مختلف یک مشخصه ای می باشد . مثل کنتاکتور AC3 که مخصوص راه اندازی بارهای القائی است .

یکی دیگر از مزیت های کلیدهای اتوماتیک نسبت به فیوزها و کلید-فیوزها این است که پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد و یا هر عامل دیگری بلافاصله مجددا آماده بهره برداری می باشند .

با کلیدهای اتوماتیک به خاطر داشتن کنتاکت های فرعی یا فرمان می توان وضعیت کلید را در هر حالت

(قطع و وصل یا وقوع خطا) توسط سیگنال تعیین و در اتاق فرمان منعکس نمود .

معمولا در کاتالوگ های کلیدهای فشار ضعیف دو مشخصه فنی به نام های Icu و Ics مشخص شده که دانستن مفهوم آن ها در انتخاب کلید مهم است .

Icu : جریان اتصال کوتاهی است که کلید تنها یک بار بدون این که آسیبی ببیند قادر به قطع آن می باشد و برای دفعات بعدی نیاز به تعمیر و سرویس و یا تعویض دارد .

Ics : جریان اتصال کوتاهی است که کلید به تعداد دفعات قادر به قطع آن می باشد ، بدون این که آسیبی ببیند و یا نیاز به تعمیر و یا تعویض پیدا کند .

انواع کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف :

الف – کلیدهای مینیاتوری (Miniature circuit breaker – MCB)

ب – کلیدهای اتوماتیک محافظ موتور (Motor protection circuit breaker – MPCB)

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

ج – کلیدهای اتوماتیک کمپکت (Moulded case circuit breaker – MCCB)

د – کلیدهای اتوماتیک هوائی (Air circuit breaker – ACB)

و – کلیدهای اتوماتیک محافظ جان (Residual current circuit breaker – RCCB)

الف – کلیدهای اتوماتیک مینیاتوری (MCB)

❋ از کلیدهای فشار ضعیف است که معمولا از آن ها در جریان های پایین و در تابلوهای روشنایی و تابلوهای توزیع با توان کم و یا جهت حفاظت مدارهای کنترل و فرمان تجهیزات و تاسیسات برقی مورد استفاده قرار می گیرد .

❋ جریان قطع اتصال کوتاه این کلیدها معمولا چندان بالا نیست ، این جریان به صورت استاندارد از 10KA تا 25KA می باشد .

❋ حداکثر جریان مورد استفاده با کلید مینیاتوری 63A است .

❋ کلیدهای مینیاتوری در استاندارد IEC با دو نوع کاربرد مختلف ساخته می شوند :
۱- کاربرد صنعتی IEC60947
۲- کاربرد مسکونی یا روشنایی IEC60898
در شکل زیر نمونه ای از کلیدهای مینیاتوری تک فاز ، دو فاز و سه فاز را مشاهده می کنید .

ب – کلیدهای اتوماتیک محافظ موتور (MPCB)

❋ از این کلید برای حفاظت از موتورهای الکتریکی در برابر جریان اتصال کوتاه و اضافه بار یا جریان اضافی استفاده می شود . در واقع کلید حفاظت از موتور ترکیبی است از یک رله حرارتی و یک رله مغناطیسی .

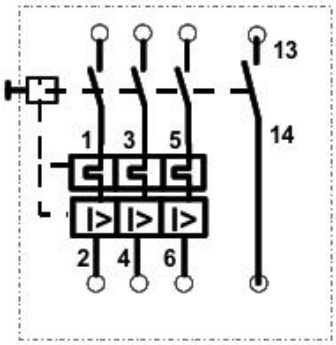
❋ در صورت استفاده از کلید MPCB در سر راه موتورها ، اگر سیستم دوفاز شود یا به عبارتی یکی از فازها قطع شود جریان نامتقارن شده و کلید مدار را قطع می کند . این ویژگی مخصوص کلید MPCB بوده و سایر کلیدها این ویژگی را ندارند .

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

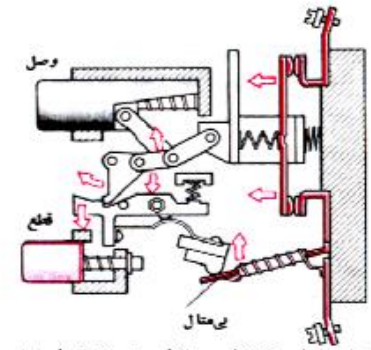
❋ بر روی این کلید یک پیچ تنظیم جریان وجود دارد که می توان جریان آن را از ۱/۵ تا ۱/۸ برابر جریان نامی موتور تنظیم نمود . وقتی جریان عبوری از کلید در اثر اضافه بار موتور از حد تنظیم شده بیشتر شود عضو حرارتی عمل کرده و مدار را قطع می کند . و در صورت بروز اتصال کوتاه در مدار ، بوبین رله مغناطیس
مغناطیس شده و هسته متحرک را به سمت پایین می کشد و باعث قطع کنتاکت های متصل به هسته متحرک می شود. در نتیجه رله مدار را قطع می کند .
❋ مدت زمان عمل رله مغناطیسی کلید بسیار کم است ، لذا به این رله ، رله قطع سریع می گویند .

❋ در مدارات صنعتی به جای رله حرارتی و یک رله مغناطیسی جداگانه می توان از یک کلید حفاظت موتور استفاده کرد.
❋ بعضی از کلیدهای MPCB فقط دارای رله مغناطیسی جهت حفاظت در برابر اتصال کوتاه می باشند ، از این کلید می توان برای حفاظت موتورهایی با قدرت بالاتر از 55KW استفاده کرد . در این صورت برای حفاظت موتور در برابر اضافه بار یا جریان اضافی از رله حرارتی یا بی متال به طور جداگانه استفاده می شود .
❋ کلید MPCB باید روی جریان نامی موتور set شود .
❋ شکل زیر سه نمونه کلید محافظ موتور را به همراه شمای حقیقی و ساختمان داخلی یک کلید محافظ موتور که فقط دارای رله حرارتی می باشد را نشان می دهد .

نمونه هائی از کلید حفاظت موتور



شمای حقیقی یک کلید حفاظت موتور



ساختمان داخلی یک کلید محافظ موتور که فقط دارای رله حرارتی است

ج – کلیدهای اتوماتیک کمپکت (MCCB)

یکی دیگر از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف کلید کمپکت می باشد که استاندارد جریان دائم (Iu) آن از 160 تا 1600A است . اما تا جریان 3200A ساخته می شوند .

چند نمونه کلید اتوماتیک کمپکت را در شکل زیر مشاهده می کنید .

چند نمونه از کلیدهای اتوماتیک کمپکت (MCCB)

د – کلیدهای اتوماتیک هوایی (ACB)

❋ یکی دیگر از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف بوده که در آمپراژ بالا از آن ها استفاده می شود . حد بالای جریان این کلیدها تا 6300A می باشد .

❋ در این کلید عمل قطع و وصل کنتاکت ها در هوا انجام می شود یا به عبارتی پس از برداشتن روپوش کلید کنتاکت ها دیده می شوند .

❋ در کلید ACB عمل قطع و وصل توسط فنر انجام می شود که نحوه عملکرد فنر در کلید نسبت به سایر کلیدها متفاوت است . در این کلید فنر توسط یک دستگیره شارژ می شود و پس از شارژ کامل چراغی روشن می شود . پس از شارژ فنر اگر کلید سبز رنگ روی کلید را فشار دهیم کنتاکت های کلید وصل می شود و همزمان فنر قطع شارژ می گردد . (البته در بعضی از کلیدهای ACB دستگیره ، هر دو فنر قطع و وصل را همزمان شارژ می کند .)

❋ شارژ فنر به دو طریق انجام می گیرد :

الف – شارژ فنر به صورت دستی

ب – شارژ فنر توسط موتور (از موتور فقط در جهت شارژ فنر استفاده می شود)

❋ جریان دائم این کلیدها (Iu) از 630 تا 6300 A است .

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

❋ کلیدهای ACB جریان دهی بالاتری نسبت به MCCB دارند .

❋ وضعیت کلید ACB پس از عمل ، در حالت خطا قرار نمی گیرد و روی حالت قطع می رود و آماده وصل بعدی است اما در کلید MCCB پس از قطع ،کلید در حالت خطا قرار گرفته و برای وصل مجدد ابتدا باید روی حالت OFF (reset) برده شود و سپس به حالت وصل برود و توانایی وصل کردن را پیدا کند یعنی MCCB پس از حالت قطع به خاطر ، توانایی و آمادگی وصل ندارد و ابتدا باید OFF یا Reset شود .

❋ از کلیدهای اتوماتیک هوایی در ورودی تابلوها استفاده می شود . چون هم جریان بالایی دارند و هم برای سلکتیو کامل بین کلیدهای ورودی و خروجی که معمولا از نوع کمپکت می باشند ضروری است .

نکته : سلکتیو ، همان پدیده تقدم قطع در خروجی ها نسبت به ورودی هاست . به این معنی که اگر خطایی در یک فیدر خروجی رخ داد ، ابتدا کلید خروجی قطع شود و تنها در صورت تداوم خطا روی مدار و عمل نکردن کلید خروجی ، کلید ورودی با تاخیر کل تابلو را بی برق می کند . اهمیت این موضوع در این است که در صورت وقوع خطا در یکی از خروجی ها کل تابلو بی برق نشود .

❋ در داخل کلیدهای هوایی رله هایی جاسازی شده اند که خاصیت تاخیری (Time Delay) دارند که وظیف آن ها تامین سلکتیو کامل بین کلیدهای ورودی و خروجی از طریق صدور فرمان قطع با تاخیر است .

نکته : استفاده از کلیدهای کمپکت در هر دو مدار خروجی و ورودی در تابلو حتی اگر کلید ورودی دو سایز بالاتر از بالاترین سایز کلید در خروجی ها انتخاب شود ، تنها در محدوده کوچکی از جریان اتصال کوتاه ، سلکتیو را تامین می کند و به هر حال سلکتیو کامل به دست نمی آید .

چند نمونه کلید اتوماتیک هوایی را در شکل زیر مشاهده می کنید .

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن تماس : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

نوع جریان	استاندارد و طبقه بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی – گرم کن برقی با ضریب توان حدود $\cos\varphi=0.95$
	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 موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی ، با ترمز جریان مخالف
	AC3	برای راه اندازی موتورهای 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 موتورهای آسنکرون روتور قفسه ای ، بکار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکترو موتور روتور قفسه ای ، تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک
	AC11	کنتاکتور کمکی ، کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت (کویل مغناطیسی) ، استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی – 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 درفواصل زمانی اندک ، مدار ترمز
	DC4	راه اندازی موتور سری – قطع موتور هنگام کار
	DC5	راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد ، با فواصل زمانی اندک ، تغییر جهت گردش موتور ، مدار ترمز
	DC11	کنتاکتور کمکی ، کنتاکتور فرمان ، کویل مغناطیسی

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

جریان نیوز	جریان بی‌متال	جریان کنتاکتور	ولتاژ ۳۸۰ V		ولتاژ ۲۲۰_۲۴۰ V	
A	A	A	HP	KW	HP	KW
۲	۱_۱/۶	۹	۰/۵	۰/۳۷		
۲_۴	۱/۶_۲/۵	۹	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۳۷
۲_۴	۱/۶_۲/۵	۹	۱	۰/۷۵		
۴_۶	۲/۵_۴	۹	۱/۵	۱/۱	۰/۷۵	۰/۵۵
۴_۶	۲/۵_۴	۹	۲	۱/۵	۱	۰/۷۵
۶_۸	۴_۶	۹	۳	۲/۲	۱/۵	۱/۱
۸_۱۲	۴_۶	۹	۴	۳	۲	۱/۵
۸_۱۲	۵/۵_۸	۹				
۱۰_۱۲	۷_۱۰	۱۶	۵/۵	۴	۳	۲/۲
۱۲_۱۶	۱۰_۱۳	۱۶	۷/۵	۵/۵	۴	۳
۱۶_۲۰	۱۳_۱۵	۱۶	۱۰	۷/۵	۵/۵	۴
۱۶_۲۰	۱۳_۱۸	۱۶				
۲۰_۲۵	۱۸_۲۵	۳۵	۱۳/۵	۱۰	۷/۵	۵/۵
۲۵	۱۸_۲۵	۳۵	۱۵	۱۱		
۳۲_۴۰	۲۳_۳۲	۴۰	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵
۴۰	۳۰_۴۰	۴۰	۲۵	۱۸/۵	۱۳/۵	۱۰
۴۰	۳۰_۴۰	۴۰			۱۵	۱۱
۵۰_۶۳	۳۸_۵۰	۶۳	۳۰	۲۲		
۶۲	۴۸_۵۷	۶۳			۲۰	۱۵
۶۲	۴۸_۵۷	۶۳	۴۰	۳۰	۲۵	۱۸/۵
۶۲	۵۷_۶۶	۶۳				
۸۰	۶۶_۸۰	۸۰	۵۰	۳۷	۳۰	۲۲
۱۰۰	۷۵_۱۰۵	۱۲۵	۶۰	۴۵		
۱۲۵	۱۵_۱۲۵	۱۲۵	۷۵	۵۵	۴۰	۳۰

این جدول از ۷ ستون تشکیل شده است. ستو نهای اوّل و دوم قدرت موتورها را برحسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان می دهد. ستون سوم و چهارم قدرت موتورها را برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت مشخص می کند. ستون پنجم جریان کنتاکتور را برای قدرت های موردنظر و ستون ششم جریان بی متال لازم را برای موتور موردنظر معلوم

می کند و بالاخره ستون هفتم فیوز موردنیاز را مشخص می نماید. این جدول برای موتورهایی مورد استفاده قرار میگیرد که به صورت مستقیم به شبکه ی برق متصل شوند.

برای مثال، موتور 22KW یا 30HP موردنظر است. برای انتخاب وسایل موردنیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده، عدد 22KW یا 30HP را پیدا می کنیم. سپس روبه روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰ الی ۳۸ را برای جریان بی متال و ۶۳ الی ۵۰ را برای جریان فیوز معلوم می نماییم.

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه ای مورد استفاده قرار می گیرد که راه اندازی آن به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال قبل، یعنی موتور 22KW یا 30HP را در نظر می گیریم. طبق روش قبلی، کنتاکتور موردنیاز ۴۰ آمپر و بی متال آن ۲۳-۳۲ آمپر و فیوز موردنیاز ۶۳ - ۵۰ آمپر خواهد بود. علت کاهش آمپر

کنتاکتور و بی متال نسبت به حالت راه اندازی مستقیم این است که در اتصال مثلث، که اتصال دائم کار موتور است، جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می کند.

بنابراین، هر کنتاکتور باید حدود ۰/۵۸ جریان اصلی را تحمل کند. به همین ترتیب چون بی متال، روی یکی از کنتاکتورها قرار می گیرد، جریان تنظیمی آن کاهش می یابد.

جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز برای موتورهایی که بصورت ستاره مثلث انتخاب می شوند .

ولتاژ ۲۲۰_۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی‌متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	A	A	A
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۲	۷_۱۰	۱۶
				۱۲	۷_۱۰	۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵	۱۲	۱۰_۱۳	۲۰
		۱۱	۱۵	۱۶	۱۳_۱۸	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۶	۱۳_۱۸	۳۲
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۲۵	۱۸_۲۵	۴۰
۱۱	۱۵			۲۵	۱۸_۲۵	۴۰
				۲۵	۱۸_۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰	۴۰	۲۳_۳۲	۵۰_۶۳
۱۵	۲۰			۴۰	۲۳_۳۲	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۴۰	۳۰_۴۰	۶۳
				۴۰	۳۰_۴۰	۸۰
				۴۰	۳۰_۴۰	۸۰
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰	۶۳	۳۸_۵۰	۸۰
				۶۳	۳۸_۵۰	۱۰۰
		۴۵	۶۰	۶۳	۴۸_۵۷	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۶۳	۵۷_۶۶	۱۲۵
۳۷	۵۰			۸۰	۶۰_۸۰	۱۲۵
۴۵	۶۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۷۵_۱۰۵	۱۶۰
				۱۲۵	۷۵_۱۰۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵	۱۲۵	۹۵_۱۲۵	۲۰۰

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

رله:

اگر بخواهیم با یک فرمان کنترلی ارتباط الکتریکی بین دو یا چند نقطه را برقرار کنیم از وسیله ای بنام رله الکترومکانیکی استفاده میکنیم.

قسمتهای اصلی تشکیل دهنده یک رله:

- هسته سیم پیچی شده
- کنتاکتها

عملکرد یک رله به اینصورت است که با اعمال ولتاژ به دو سر هسته سیم پیچی شده هسته به آهنربا تبدیل میشود. این آهنربا وضعیت کنتاکتها را تغییر می دهد به طوریکه کنتاکتهای باز را می بندد و کنتاکتهای بسته را باز می کند.

ولتاژ و جریانی که یک رله در کنتاکتهایش قطع و وصل می کند می تواند کاملا متفاوت با ولتاژی باشد که در بوبین وجود دارد در حقیقت قسمت بوبین و کنتاکتها هیچ ارتباط الکتریکی با هم ندارند و نسبت به هم ایزوله هستند.

مثلا یک رله 24v DC در بوبین میتواند یک لامپ 220v AC را روشن کند.

نحوه انتخاب یک رله :

تعیین نوع و سطح ولتاژ بوبین (220v AC – 24v AC- 24v DC)

مشخص کردن مقدار جریان قابل تحمل کنتاکتهای رله

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

فصل هشتم : روش اصلاح ضریب توان توسط خازن

همان طور که می دانید در شبکه های جریان متناوب توان ظاهری که از مولدها دریافت می شود به دو بخش توان مفید و غیر مفید تقسیم می شود . نحوه این تقسیم به شرایط مدار بستگی دارد به این معنی که هر قدر ضریب توان ($Cos\Phi$) به یک نزدیکتر باشد سهم توان مفید بیشتر است . این اتفاق در مدارتی رخ می دهد که مصارف اهمی آن بیشتر است .مانند سیستمهای روشنایی یا تولید گرما توسط انرژی برق . اما می دانیم که سهم عمده مصارف شبکه ها را مصرف کننده های(اهمی – سلفی) دریافت می کنند . مانند الکتروموتورها – ترانسفورماتورهای توزیع – چوکها و .... که درآنها سیم پیچ یا سلف نقش اصلی را ایفا می کند . در سیمپیچها به علت خاصیت ذخیره سازی انرژی الکتریکی بصورت میدان مغناطیسی توان همواره بین شبکه و سلف رد و بدل می شود . سلف در یک چهارم زمان تناوب توان دریافت می کند و در یک چهارم بعدی زمان ، توان را به شبکه پس می دهد . درست است که نتیجه ریاضی این عمل یعنی عدم مصرف انرژی زیرا توان داده شده به سلف با توان دریافت را برای مولد ایجاد نمی کند و این توان در هر حالتی از مولد دریافت شده است . و برای رسیدن به مصرف کننده اهمی – سلفی از شبکه توزیع شامل : سیمها – کابلها و ... عبور کرده است. نتیجه اینکه سلف توانی را از مولد دریافت می کند اما این توان را به شبکه پس می دهد . این توان قابل استفاده نیست و در مسیر عبور تلف می شود . پس مقداری از توان تلف می شود . مصرف کننده های فوق برای انجام اینکار به توان مذکور نیاز دارند اما این توان برای شبکه مضر است و زیانهای زیر را در پی دارد:

- اضافه شدن جریان مولد و درنتیجه نیاز به مولدهایی با توانهای بیشتر
- چون جریان شبکه زیاد می شود به سیمها و کابلهایی با سطح مقطع بالاتر برای کاهش افت ولتاژ نیاز است که این موضوع هزینه اولیه شبکه را افزایش میدهد.
- اتلاف توان در شبکه های توزیع بصورت حرارت روی می دهد در نتیجه هر کاری کنید نمی توانید از این اتلاف جلوگیری کنید . نتیجه این اتلاف توان ،کاهش ولتاژ مصرف کننده می باشد که این موضع راندمان مصرف کننده را پایین می آورد.
- نمی توان این توان را به مصرف کننده های اهمی سلفی تحویل نداد زیرا کار آنها مختل می شود.

مزایای استفاده از خازن :

خازنهای مورد استفاده در شبکه های برق دارای اثرات مختلفی هستند که از جمله میتوان به این موارد اشاره کرد:

- کاهش مولفه پس فاز جریان مدار
- تنظیم ولتاژ و ثابت نگهداشتن آن به منظور جلوگیری از وارد آمدن خسارت به دستگاهها
- کاهش تلفات سیستم ($RxI2$) به دلیل کاهش جریان
- کاهش توان راکتیو در سیستم به دلیل کاهش جریان
- بهبود ضریب توان شبکه

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

- به تعویق انداختن و یا به طور کلی حذف کردن هزینه های لازم برای ایجاد تغییرات در سیستم
- افزایش درآمد ناشی از افزایش ولتاژ و جبران بار راکتیو

چرا خازن؟

اغلب دستگاه ها و مصرف کنندگان الکتریکی برای انجام کار مفید نیازمند مقداری توان راکتیو برای مهیا کردن شرایط لازم برای انجام کار می باشند . به عنوان مثال موتورهای الکتریکی AC برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی، نیازمند تولید شار مغناطیسی در فاصله هوایی موتور هستند . ایجاد شار تنها توسط توان راکتیو امکان پذیر و با افزایش بار مکانیکی موتور مقدار توان راکتیو بیشتری مصرف می گردد . عمده مصرف کنندگان انرژی راکتیو عبارتند از :

۱- سیستم های الکترونیک قدرت
الف- مبدل های AC/DC (Rectlfirs)
ب- مبدل های DC/AC (Inverters)
ج - مبدل هایAC/AC (Converters)
د) چاپرها(Choppers)
۲- مصرف کنندگان یا تجهیزاتی که دارای مشخصه غیر خطی هستند.
۳- مصرف کنندگانی که در شکل موج ولتاژ محل تغذیه خود اعوجاج(هارمونیک) ایجاد می نمایند.
۴- متعادل سازهای بارهای نامتعادل
۵- تثبیت کننده های ولتاژ
۶- کوره های القایی
۷- کوره های قوس الکتریکی
۸- سیستم های جوش کاری AC ، DC

همانگونه که ذکر شد مصرف انرژی راکتیو اجتناب ناپذیر است . انتقال انرژی راکتیو ، انتقال جریان الکتریکی است و انتقالش نیازمند به کابل با سطح مقطع بزرگتر ، دکل های فشار قوی مقاوم تر و در نتیجه هزینه های مازاد است . همچنین تلفات الکتریکی و کاهش راندمان شبکه را نیز به همراه دارد . در مواردی مانند کاربردهای الکترونیک قدرت و متعادل سازی بارهای نامتعادل حتی انتقال انرژی راکتیو هم کار ساز نبوده و باید انرژی در محل تولید گردد . خازن اصطلاحا تولید کننده انرژی راکتیو است ، اما خازن توان راکتیو تولید نکرده بلکه مصرف کننده آن نیز می باشد . فقط در زمانی که القاگر انرژی راکتیو در خود ذخیره می نماید (از شبکه می کشد) خازن انرژی دخیره شده خو د را به شبکه تحویل می دهد و در زمانی که القاگر انرژی دخیره شده اش را به شبکه پس می دهد خازن از شبکه انرژی می کشد . حال اگر القاگر و خازن در کنار هم قرار گیرند هنگامی که خازن انرژی می دهد القاگر آن انرژی را میگیرد و زمانی که خازن انرژی می دهد موجب تعادل انرژی بین القاگر و خازن گشته تبادل انرژی بین مصرف کننده و شبکه صورت نمی گیرد .

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

اصول محاسبات توان اکتیو و راکتیو، ظاهری و ضریب توان

پیش از پرداختن به جزییات جبران سازی و چگونگی کنترل سیستم جبران سازی لازمست تا اطلاعات اولیه ای درباره جریان متناوب ارائه شود.

توان اکتیو :

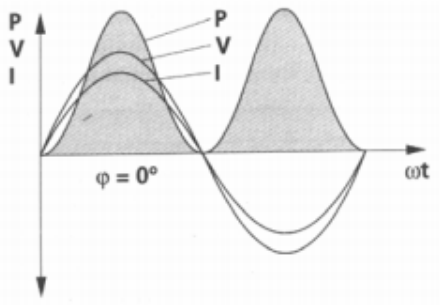
در یک بار اهمی خالص بدون قسمت سلفی یا خازنی، مثل بخاری برقی، عبور از صفر جریان و ولتاژ روی هم قرار می گیرد. (شکل۱) جریان و ولتاژ در این حالت اصطلاحا **هم فاز** هستند .از ضرب مقادیر لحظه ای ولتاژ (U) و جریان (I) توان اکتیو لحظه ای محاسبه می شود . فرکانس توان دو برابر فرکانس شبکه است.

چون حاصلضرب دو عدد منفی همیشه عددی مثبت است $(+P) = (-1).(-V)$

توان اکتیو به فرمی غیر الکتریکی (مثل حرارت، نور، توان مکانیکی) تغییر شکل می یابد و از طریق کنتور ثبت می شود.

در بار اهمی خالص توان اکتیو از حاصلضرب مقدار موثر جریان(I) و ولتاژ (U) محاسبه می شود.

$$P = U.I$$
$$[W] = [V] . [A]$$



شکل ۱: ولتاژ، جریان و توان در بار اهمی ($\varphi = 0°$)

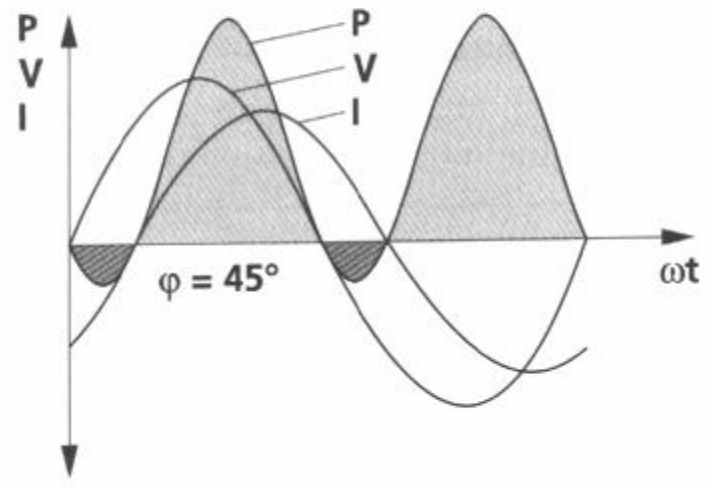
توان اکتیو و راکتیو :

در عمل، بیشتر اوقات بار خالص اهمی وجود ندارد .بلکه قسمت سلفی نیز به آن اضافه م یگردد .این مطلب در تمامی مصرف کنندگانی که به میدان مغناطیسی احتیاج دارند مثل موتور آسنکرون، راکتور و ترانسفورماتور صادق است. همچنین مبدلها و یکسو سازها برای کموتاسیون محتاج توان راکتیو هستند. جریانی که میدان مغناطیسی را به وجود می آورد و باعث تغییر قطب های آن می گردد، مصرف نشده بلکه به عنوان جریان راکتیو بین بار و ژنراتور رفت و آمد می کند . همانطوری که در شکل ۲ نشان داده شده است، عبور از صفر ولتاژ و جریان دیگر بر روی یکدیگر قرار نمیگیرند و تاخیری بین آن دو وجود دارد .در فاصله بارهای اندوکتیو جریان بعد از ولتاژ حرکت کرده و در بارهای خازنی جریان جلوتر از ولتاژ حرکت می کند. در این وضعیت از رابطهٔ $(P) = (I).(U)$ مقدار توان لحظه ای محاسبه می شود. چرا که اگر یکی از دو عدد منفی باشد، حاصل منفی می گردد.

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹

مثالی با تاخیر فاز ($\varphi=45^\circ$) انتخاب شده این اختلاف فاز برابر ضریب توان 0,707 است . بخشی از منحنی توان در محدودهٔ منفی قرار می گیرد در این حالت توان اکتیو اینگونه محاسبه می شود:

$$P=U.I.Cos\varphi$$
$$[W] = [V] . [A]$$



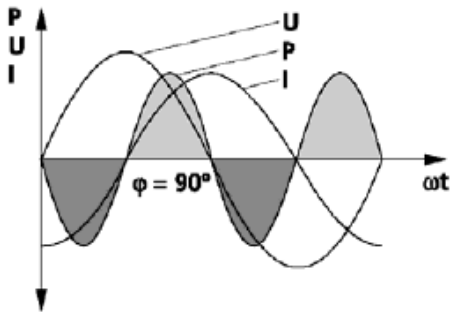
شکل ۲: ولتاژ ، جریان و توان در بار اهمی سلفی ($\varphi = 45°$)

توان راکتیو:

در موتورها و ترانسفورموتورهای بی بار، اگر تلفات کابل ها، آهن و اصطکاک نادیده گرفته شود، آنچه باقی می ماند تنها توان راکتیو سلفی است.

در صورتی که منحنی های ولتاژ و جریان با یکدیگر 90° اختلاف فاز داشته باشند نیمی از منحنی توان در ناحیه مثبت و نیمی دیگر در ناحیه منفی قرار می گیرد .در این حالت توان اکتیو صفر است چون ناحیهٔ مثبت و ناحیه منفی برابر هستند .توان راکتیو که برای به وجود آوردن میدان الکترومغناطیسی بین ژنراتور و مصرف کننده در حال نوسان است، از رابطهٔ درون کادر زیر به دست می آید:

$$Q = U.I.Sin\varphi$$
$$[VAr] = [V] . [A]$$



شکل ۳: ولتاژ، جریان و توان در بار کاملا سلفی ($\varphi = 90°$)

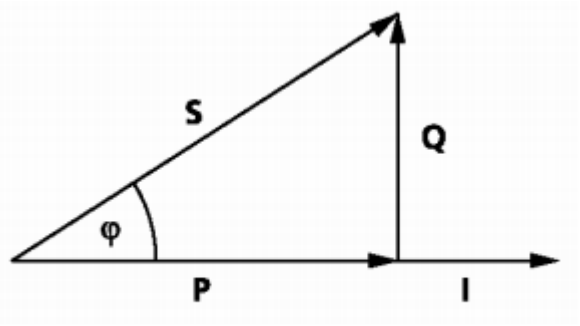
توان ظاهری :

توان ظاهری یک شبکه مشخص کننده میزان بار پذیری آن شبکه است. ژنراتور، ترانس ها، کلیدها، فیوزها و مقاطع سیم ها و کابلها می بایستی برای توان ظاهری شبکه انتخاب گردند.

توان ظاهری حاصلضرب مقدار ولتاژ و جریان بدون در نظرگرفتن اختلاف فاز آنها است.

توان ظاهری از جمع هندسی توان موثر و توان راکتیو به دست می آید.

$$S = U.I$$
$$[VA] = [V] \,.\, [A]$$
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$[VA] = [W][VAr]$$



شکل ۴: دیاگرام قدرت

ضریب توان :

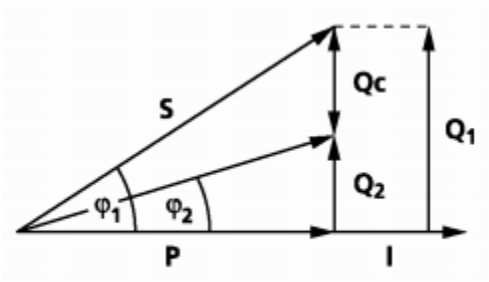
از کسینوس زاویه اختلاف فاز جریان و ولتاژ می توان اجزاء ظاهری و موثر توانها، ولتاژها و جریانها را محاسبه نمود در عمل ضریب توان بدین صورت تعریف می شود :

$$Cos\varphi = \frac{P}{S}\frac{[W]}{[VA]}$$

در دستگاههای الکتریکی اصولا ضریب توان برای بار کامل نوشته می شود .از آنجایی که شبکه برای توان ظاهری خاصی طراحی شده است، لذا سعی بر این است که مقدار توان ظاهری حتی الامکان پایین نگهداشته شود .در صورتی که خازنهای مناسب به صورت موازی و درکنار مصرف کننده نصب شوند بخشی از توان راکتیو بین خازن و مصرف کننده نوسان کرده و باقی مانده از شبکه کشیده می شود که میزان بارگذاری راکتیو شبکه را کاهش می دهد .در صورتی که به وسیله جبران سازی، ضریب توان به ۱ برسد در شبکه تنها جریان موثر وجود خواهد داشت.

Q_c توان راکتیوی که از خازن گرفته می شود، از اختلاف توان اکتیو Q_1 قبل از جبرا ن سازی و بعد از جبران سازی Q_2 به دست می آید. لذا : $Q_C = Q_1 - Q_2$

$$Q_C = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$
$$[VAr] \quad [W]$$

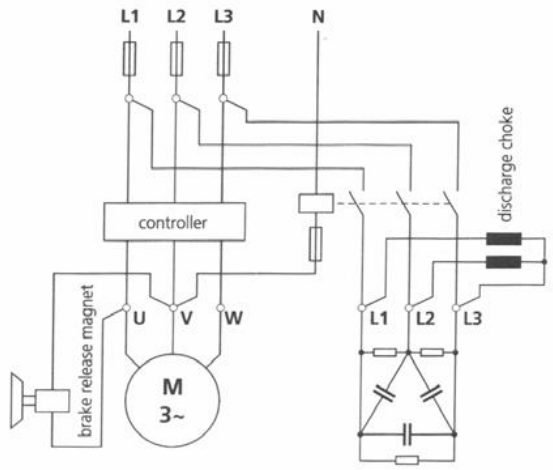


شکل ۵: دیاگرام اثر جبران‌سازی

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

جبران سازی انفرادی آسانسور ها و بالابرها:

آسانسورها و بالابر ها به تجهیزات ایمنی ویژه ای مجهز هستند :به عنوان مثال ترمز مغناطیسی که هنگام قطع برق به سرعت فعال می شود .این خازن که مستقیما به صورت موازی با موتور نصب شده، احتمال دارد به دلیل انرژی باقی مانده در آن باعث تاخیر در عملکرد ترمز مغناطیسی شده و ایست با تاخیر صورت پذیرد. به همین دلیل خازنها می بایستی پیش از کلید نصب شوند. برای خازن می بایستی حفاظت جداگانه و تجهیزات تخلیهٔ سریع در نظر گرفت.



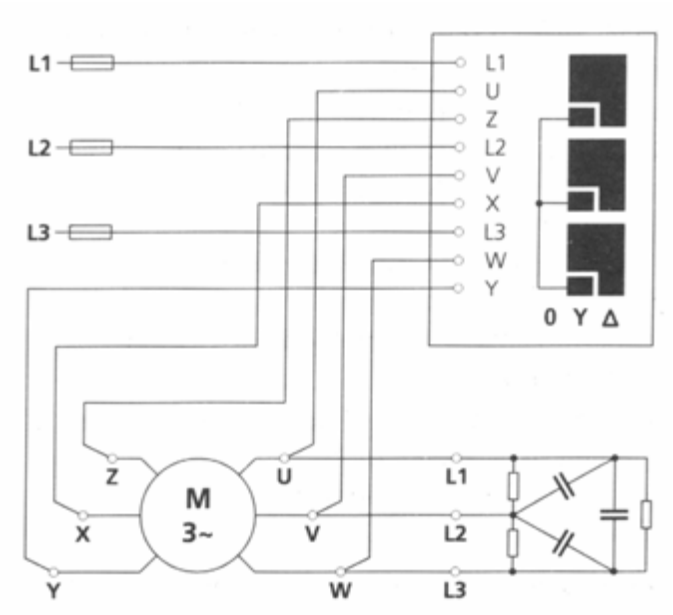
شکل ۱۳ : موتور بالابر به همراه تجهیزات مورد نیاز

به وسیلهٔ اینترلاک باید از وصل مجدد خازن تا قبل از اتمام زمان تخلیه جلوگیری شود .به دلیل خاموش و روشن کردن زیاد و استهلاکی که از این طریق به وجود می آید توصیه م یشود که خازنها گروه بندی شده با کلیدهای الکترونیکی قطع و وصل گردند .خازنها در هنگام عبور از صفر خاموش و روشن می شوند .بدین وسیله زمان عکس العمل در محدودهٔ هزارم ثانیه قرار دارد.

کلید های ستاره مثلث:

باید از کلیدهای ستاره مثلث دستی خاصی که برای جبران سازی منفرد موتورها طراحی شده اند، استفاده شود .در انتخاب کلیدهای ستاره - مثلث دستی برای موتورهایی که به وسیلهٔ خازن جبران سازی می شوند باید دقت گردد که کلیدی به کار رود تا هنگام تبدیل از ستاره به مثلث جرقه در کنتاکتها ایجاد نشود .در غیر این صورت، در هنگام عبور از حالت ستاره به مثلث خازن شارژ شده با ولتاژ ستاره تحت ولتاژ مثلث قرار گرفته و جریان ضربه ای بسیار شدیدی ایجاد شده که باعث تخریب خازن و کلید می شود.

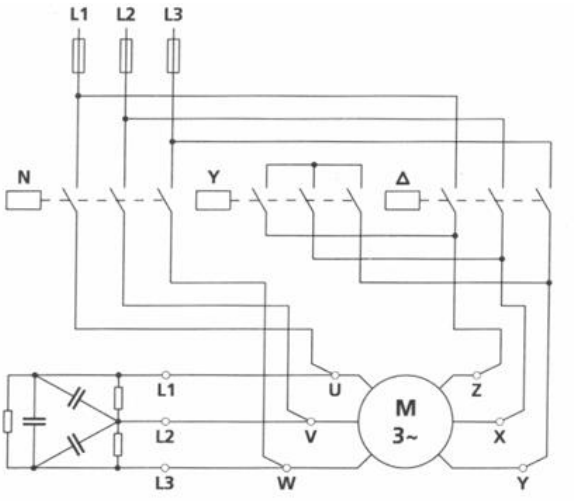
تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir



شکل ۱۵ : نوع خاصی از کلید دستی ستاره مثلث برای جبران سازی انفرادی موتور

ترکیب کنتاکتور ستاره مثلث:

در صورت استفاده از ترکیب کنتاکتوری باید دقت شود تا در تبدیل از ستاره به مثلث، قطع و وصل سریع صورت نپذیرد، بنابراین کنتاکتهای اصلی در هنگام تبدیل پیوسته وصل باقی بمانند .هنگام خاموش بودن موتور باید پل ستاره باز باقی بماند. خازن می تواند در قسمت خروجی حافظ شبکه یا در روی ترمینالهای W- V-U موتور وصل شده باشد ولی به ترمینالهای Z-Y-X نباید وصل شده باشد چرا که امکان ایجاد جرقه به وسیله پل ستاره پدید می آید.



شکل ۱۵: جبران سازی انفرادی موتور با راه اندازی ستاره مثلث کنتاکتوری

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹
www.pulsee.ir

مهم:

توان خازن نصب شده نباید به هیچ وجه زیاد باشد .به ویژه هنگامیکه دستگاه دارای اینرسی بار بزرگ بوده و بعد از خاموش کردن، دستگاه آزاد می گردد .خازن موازی می تواند دستگاه را به عنوان ژنراتور تحریک کند و ولتاژ خطرناک بالایی به وجود آید .از این طریق خساراتی به خازن و موتور وارد م یشود به همین دلیل باید در هنگام قطع موتور از شبکه و در شرایط قطع از بسته شدن کنتاکتور ستاره جلوگیری کرد. زمانی که دستگاه در حالت اتصال ستاره به عنوان ژنراتور تحریک شود باید انتظار ولتاژهای بالایی با دامنه به مراتب بزرگتر از آنچه در حالت مثلث پیش می آید را داشت.

اجزای تابلوهای خازن اتوماتیک:

۱- رگولاتور ولتاژ:

رگولاتور دستگاهی است که با اندازه گیری ضریب توان بار، به مقدارمورد نیاز خازن به مدار وارد مینماید.

۲- مقاومت های تخلیه:

به منظور کاهش ولتاژ دو سرخازن پس از خارج شدن آنها از مدار از مقاومت هایی که به ترمینالهای خازن، بسته شده است استفاده می کنند .توان این مقاومتها متناسب با توان خازنها بین 33 تا 53 کیلو اهم است که میزان ولتاژ را در مدت سه دقیقه پس از قطع خازنها به میزان کم خطر(پایینتر از75 ولت)کاهش می دهند .در حالتهای خاصی که خازن مستقیماً به سیم پیچهای الکتروموتور وصل می شود نیازی به مقاومت تخلیه نبوده و باید تا توقف کامل موتور از تماس با قسمتهای برقدار خازن، اجتناب شود.

۳- رله های حرارتی و فیوزها:

برای حفاظت حرارتی بانکهای خازنی از بی متال و رله های حرارتی که به بوبین کنتاکتور خازنها ،1برابر جریان نامی خازن / فرمان قطع می دهند استفاده می شود .تنظیم این رله ها در حد43 است.همچنین استفاده از فیوزهای HRC (High Rupture current) برای محافظت در مقابل اضافه جریان به عنوان مکمل حفاظت حرارتی متداول است.

۴- کنتاکتور خازنی

۵- خازن های قدرت

رگولاتور ولتاژ

کنتاکتور خازنی

خازن های قدرت

تهیه و تدوین : مهندس دهقانی
تلفن مشاوره : ۰۹۱۴۳۰۵۳۲۸۹