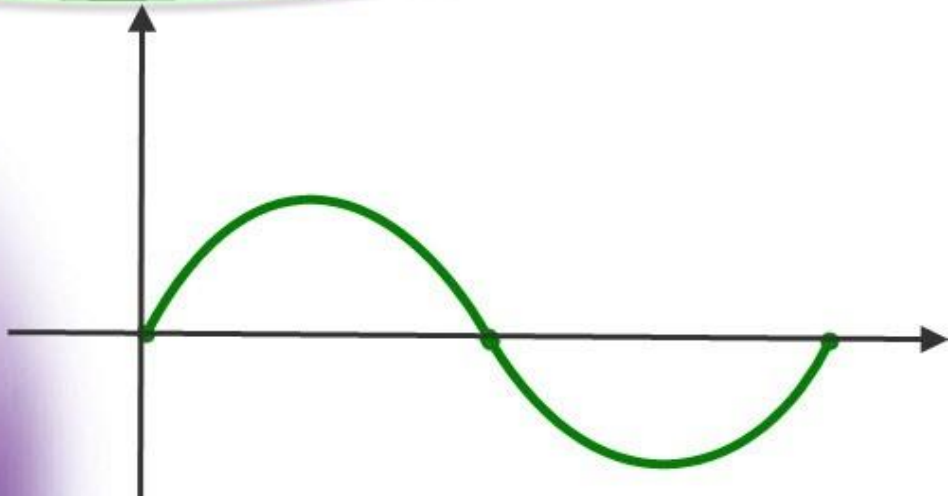
بسم الله الرحمن الرحیم

www.WikiPower.ir



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

تپ چنجر ترانسفورماتور

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۲۲۳)
پشتیبانی : ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه	۹-۶
مقدمه	۹-۷
فصل دوم تحلیل پایداری ولتاژ	۲۴-۱۰
مقدمه	۱۱
افت ولتاژ در خطوط و خط بار راکتیو سیستم	۱۶-۱۴
دسته بندی پایداری	۱۷
نقش بار در پایداری ولتاژ	۱۹-۱۸
سقوط ولتاژ	۲۱-۲۰
رابطه پایداری ولتاژ با پایداری رتور	۲۲
تحلیل حساسیت	۲۴-۲۳
فصل سوم معرفی ساختمان تپ چنجرهای ترانسفورماتور های قدرت	۵۴-۲۵
تعویض کننده های انشعاب	۲۸-۲۶
تعویض کننده های انشعاب مقاومتی	۳۳-۲۹
ساختمان تپ چنجر یا تعویض کننده انشعاب	۴۰-۳۴
قسمت میکانیکی تپ چنجر از داخل ترانسفورماتور و سیستم الکتریکی و میکانیکی آن	۴۳-۴۱
قسمت میکانیکی فرمان تپ چنجر	۴۷-۴۴
سیستم فرمان الکتریکی تپ چنجر	۴۸
مقایسه بین مدار های ترتیب یافته با راکتانس و مقاومت	۴۹
فرمان الکتریکی از فاصله اتوماتیک	۵۲-۵۰
مشخصه های تعویض کننده انشعاب (تپ چنجر)	۵۴-۵۳
فصل چهارم مدارات ترانسفورماتور های تنظیم ولتاژ دارای تپ چنجر زیر بار	۶۰-۵۵
اصول تنظیم ولتاژ	۵۸-۵۶

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مدارات تنظیم ولتاژ ۵۹-۶۰

فصل پنجم انتخاب تپ چنجر زیر بار ۶۱- ۶۹
انتخاب تپ چنجر زیر بار ۶۲
سطوح عایقی ۶۲-۶۳
جریان گذرنده نامی ۶۳
جریان اضافه بار ۶۳
جریان اتصال کوتاه ۶۳
ظرفیت قطع ۶۴
تعداد موقعیت های تپ ۶۴
مسائل تخلیه با انتخاب کننده های تغییر وضعیت ۶۴
عمر میکانیکی ۶۵
مکانیزم موتور درایو ۶۵
آزمایشات خلائ و فشار ۶۵
شرایط دمای کم ۶۵
سطوح عایقی درونی و بیرونی ۶۵-۶۹
فصل ششم کاربرد های خاص تپ چنجر های زیر بار ۷۰-۸۳
کاربرد های خاص ۷۱
توالی کلید زنی A-B-C ۷۱-۷۲
تپ چنجر های زیر بار برای کاربرد های خطی ۷۳-۷۴
تپ چنجر های زیر بار با انتخاب کننده تغییر وضعیت مثلث –ستاره ۷۴-۷۵
آرایش های سیم پیچی تپ درشت/ظریف چند گانه ۷۶
آرایش سیم پیچ تپ با حلقه های بایاس ۷۷-۷۸
ترانسفورماتور جابه جا کننده فاز با تپ چنجر ۷۹-۸۱
اصول تنظیم زاویه فاز ۸۲-۸۳

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

تفاوت در روش‌ها آنالیز ناپایداری تپ چنجر بین شبکه‌های حلقوی و شعاعی و مقایسه

منابع راکتیو ۹۴-۸۴
خلاصه 85
مقدمه 86-85
تشخیص ناپایداری تپ چنجر 87-86
نتایج شبیه سازی 93-87
نتیجه 93
مشخصات منابع توان راکتیو 94
منابع ومراجع 95

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

مقدمه

WikiPower.ir

مقدمه

روش تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتورها با استفاده از تپ قدمتی به اندازه خود ترانسفورماتور دارد.از دیرباز ترانسفورماتورهای دارای نسبت تبدیل متغییر با حدود مشخص در انتقال توان الکتریکی مورد استفاده بوده اند چرا که این ساده ترین راه کنترل سطح ولتاژ وتوان اکتیو وتوان راکتیو در شبکه های الکتریکی است. در بدو توسعه ترانسفورماتورها وجود تپ های متصل به بوشینگ ها در خارج از تانک ترانسفورماتور که بر اساس نیاز های شبکه استفاده می شدندکافی به نظر می رسید.یک روش ساده تر اتصال تب ها به کلید های تپ که امروزه تپ چنجرهای بدون بار یا خارج از مدار نامید می شوند بود.این تپ چنجر ها فقط هنگامی که ترانسفورماتور بی برق است امکان عمل دارند.واضح است که این وسیله ساده فقط اجازه می داد که گهگاهی نسبت تبدیل ترانسفورماتور اصلاح شود و امکان کنترل افت ولتاژ در اثر تغییرات بار شبکه میسر نبود.در آن زمان کنترل افت ولتاژ فقط در نیروگاه امکانپذیر بود. جهت حل این مسئله تجهیزات کلید زنی نیازبودند که زیر بار یعنی بدون قطع جریان بار قابلیت تغییر تعداد دور ترانسفورماتور ها را داشته باشند.چنین تجهیزات کلید زنی که امروزه تپ چنجر های زیر بار نامیده می شوند بیش از ۷۰ سال قبل به صنعت ترانسفورماتور سازی معرفی شدند. در دهه ۱۹۲۰که مصرف توان الکتریکی سهم روبه رشدی داشت به دلیل نیاز بهم پیوستگی و توسعه شبکه های الکتریکی استفاده از تپ چنجر های زیر بار در سیستم قدرت به یک موضوع بسیار ضروری تبدیل گردید.رشد بسیار سریع سیستم های قدرت در عرض چندین سال راه حل های کاملا" قابل قبولی برای بهربرداری کارا و مطمئن از سیستم به ارمغان آورد و در عرض چند سال به دلیل افزایش پیوسته سطح ولتاژ انتقال وتوان منتقل شده رشد تپ چنجر های زیر بار سرعت گرفت.

معرفی تپ چنجر های زیر بار به شبکه قدرت بازدهدهی عملکرد سیستم های الکتریکی را به اندازه قابل توجهی بهبود بخشید و این روش مورد توجه جهانی قرار گرفت.امروزه به عنوان مثال در آلمان تقریبا" همه ترانسفورماتورهای قدرت نیروگاهی مجهز به تپ چنجر های زیر بار هستند.در کشورهای صنعتی دیگر نیز کاربرد تپ چنجر های زیر بار نیز قابل مقایسه با آلمان است.به طور کلی در صد ترانسفورماتور های مجهز به تپ چنجر های زیر بار با افزایش چگالی بار و بهم پیوستگی شبکه های الکتریکی افزایش می یابد.علاوه بر این یکی دیگر از کاربرد های مهم تپ چنجر های زیر بار استفاده از

آنها در صنایع متالوژی و شیمیایی به عنوان واحد های تنظیم کننده ولتاژ در ترانسفورماتورهای فرآیند صنعتی است.

امروزه تکنولوژی ساخت تپ چنجر های زیر بار به چنان ارتقایی از نظر قابلیت اعتماد رسیده است که می توان با قطعیت بیان کرد که عمر میکانیکی آن قابل مقایسه با عمر ترانسفورماتور است. البته ممکن است استثنایی نیز در مورد ترانسفورماتور های صنایع فرآیندی وجود داشته باشد . ولی حتی در چنین کاربرد هایی نیز تجربه نشان می دهد که با نگهداری مناسب دستگاه می توان چندین میلیون عملکرد را از تپ چنجر زیر بار انتظار داشت.

طراحی باید به صورتی انجام شود که هنگام تغییر تپ تحت بار در مسیر اتصال تپ های ترانسفورماتور به پایانه خروجی متناظر جریان بار قطع نگردد.به عبارتی هنگام عمل انتقال جریان بار بین دو تپ مجاور این دو تب بایستی موقتا" به طور همزمان به پایانه خروجی متصل باشند .در این حال جهت جلوگیری از اتصال کوتاه سیم پیچی واقع شده بین این دو تپ امپدانس های انتقالی که می تواند مقاومت یا راکتور باشند درمدار جایگذاری می شوند.دو روش کلید زنی یا تغییر تپ که در گذشته ابداع شده و امروز مورد استفاده است اصل کلید زنی راکتوری با سرعت اهسته واصل کلید زنی مقاومتی با سرعت زیاد است.

امروزه هر دو روش در تپ چنجر های زیر بار با قابلیت اعتماد،مورد استفاده قرار می گیرند.نقطه شروع تپ چنجر های زیر بار راکتوری آمریکا بوده است اما در آلمان نیز ابداعاتی انجام شده است.از آنجایی که اصل کلید زنی راکتوری موجب اختلاف فاز ۹۰ درجه بین جریان سوئیچ شده و ولتاژ بازیابی که در طول کلید زنی به وجود می آید، می شود، لذا تپ چنجر زیر بار رآکتوری برای ولتاژپله های بالا چندان مناسب نمی باشد.علاوه بر این قیمت راکتورهای انتقالی با افزایش ولتاژ های پله به طرز قابل توجهی افزایش می یابد.لذا اصل کلید زنی راکتوری در طول سالها اهمیت قابل توجهی را که در ابتدای توسعه تپ چنجرها ی زیر بار داشت ،از دست داده است.

در اواخر دهه ۱۹۴۰اکثر سازنده های تپ چنجر های زیر بار تولید تپ چنجرهای زیر بار دارای چنین اصل کلید زنی را متوقف کردند.هر چند این روش هنوز در آمریکا به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نوآوری دکتر جانسون در طراحی کلیدهای برگرداننده و یک انتخاب کننده تپ که به صورت یک طرح تثبیت شده ارائه شد،موجب تولید تپ چنجر های زیر بار مقاومتی با سرعت بالا گشت.

این روش دارای مزایای زیر می باشد:

۱)ولتاژ بازیافتی وجریان سوئیچ شده همفاز است

۲)خاموش کردن در صفر جریان امکانپذیر است

۳)مقاوت ها برای مدت کوتاهی طراحی می شوند،که باعث می شود در ولتاژها و توان های بالاتر با صرفه تر باشد.

باوجود اینکه اصل راکتوری کارایی خود را نشان داده است اما کاربرد آن به ولتاژ های پایین محدود می شود.در حالیکه اصل مقاومتی در سیستم فشار قوی یا کاربرد های خاص نظیر ترانس سیستم های فشار قوی و...وترانسفورماتورهای جابه جا کننده فاز به کار میرود،ولی تپ چنجر های با اصل راکتوری در موارد بالا فقط با کمک ترانسفور ماتور افزاینده امکانپذیر می باشد، که آن هم به خاطر افزایش وزن و حجم وابعادومسائل اقتصادی قابل قبول نمی باشد.

نوع ترانسفورماتور قدرت	اطلاعات ترانسفورماتور			تعداد عملکرد تپ چنجرزیر بار در سال		
	توان نامی	ولتاژ نامی	جریان نامی			
	مگاولت آمپر	کیلوولت	آمپر	مینیمم	میانگین	ماکزیمم
نیروگاهی	۱۳۰۰-۱۰۰	۷۶۵-۱۱۰	۲۰۰۰-۱۰۰	۵۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰۰
سیستم قدرت	۱۵۰۰-۲۰۰	۷۶۵-۱۱۰	۳۰۰۰-۳۰۰	۳۰۰	۵۰۰۰	۲۵۰۰۰
سیستم توزیع	۴۰۰-۱۵	۵۲۵-۶۰	۱۶۰۰-۵۰	۲۰۰۰	۷۰۰۰۲	۲۰۰۰۰
صنایع الکترولیز	۳۰۰-۱۰	۱۱۰-۲۰	۳۰۰۰-۵۰	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
صنایع شیمیایی	۸۰-۱,۵	۱۱۰-۲۰	۱۰۰۰-۵۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰۰	۷۰۰۰۰
کوره قوس	۱۵۰-۲,۵	۲۳۰-۲۰	۱۰۰۰-۵۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰

جدول(۱-۱)بررسی اجمالی تعداد عملکرد های تپ چنجر برای کاربرد های مختلف

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

پایداری ولتاژ

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

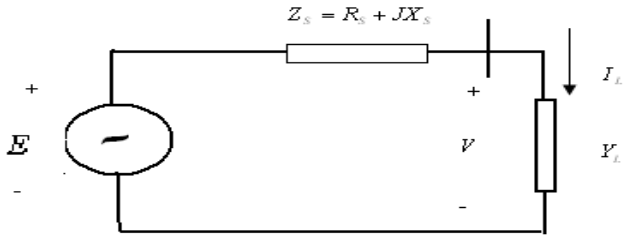
پایداری ولتاژ عبارت است از توانایی سیستم قدرت برای حفظ ولتاژ ماندگار قابل قبول در تمام شین های سیستم چه در شرایط عادی و چه در شرایطی که سیستم تحت یک اغتشاش قرارمی گیرد.

یکی از معیارهای پایداری ولتاژ آن است که در وضعیت کاری خاصی، در هر شین سیستم ودر زمانی که توان راکتیو تزریقی به آن شین افزایش می یابد،دامنه ولتاژ نیز افزایش یابد.بنا بر این می توان سیستم را از دید ولتاژ ناپایدار دانست اگر حداقل برای یک شین سیستم،افزایش توان راکتیو تزریقی به آن باعث کاهش دامنه ولتاژ آن شین شود .بسیاری از کتب مربوط به پایداری ولتاژ مشتق dQ_i/dV_i را به عنوان سنجشی از پایداری ولتاژ سیستم معرفی کرده اند.این مشتق که حساسیت Q-V هر شین را مشخص می کند در صورتی که برای تمامی شین ها مثبت باشد، سیستم از دید ولتاژ پایدار است.البته باید به این نکته توجه کرد که این حساسیت برای هر شین با فرض ثابت ماندن ولتاژ سایر شین ها محاسبه می شودکه در شرایطی که سیستم تحت بارگذاری شدید قرار دارد چندان صحیح نیست.همچنین در مواقعی که بار چند شین سیستم همزمان زیاد می شود این کمیت معیار مناسبی برای تشخیص پایداری ولتاژ سیستم نخواهد بود.

در مسائل مربوط به ناپایداری ولتاژ توجه ما بیشتر به میزان توان راکتیو تولیدی و مصرفی شین است.زیرا علت اصلی افت ولتاژ در خطوط انتقال□عبور توان راکتیو از آنها است.

افت ولتاژ در خطوط و خط بار راکتیو سیستم

شکل(۱-۲)نمونه ای از یک سیستم شعاعی است که در آن بار یا ناحیهای از بار ها به وسیله یک خط انتقال از سیستمی بزرگ تغذیه می شود.همچنین این شکل می تواند نشان دهنده مدار معادل تونن سیستم قدرت از دید یک شین باشد.



شکل (۱-۲) یک سیستم شعاعی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این شکل V ولتاژ در طرف گیرنده Zs=Rs+jXs امپدانس خط انتقال و E ولتاژ منبع می باشد. افت ولتاژ در خط برابر است با:

$$\Delta V=E-V=Zs\, I_l$$

از آنجا که P_l, Q_l توانهای اکتیو و راکتیو بار هستند جریان I_l می شود :

$$I_l = \frac{P_l - Q_l}{V^*}$$

بنا بر این:

$$\Delta V = (R_s + jX_s)\frac{P_l - jQ_l}{V} = \frac{R_s P_l + X_s Q_l}{V} + j\frac{X_s P_l - R_s Q_l}{V} = \Delta V_R + j\Delta V_X$$

ΔV_R نشان دهنده مولفه حقیقی و ΔV_X معرف مولفه موهومی افت ولتاژ است.با توجه به این که

WikiPower.ir

ΔV_R با V همفاز است و ΔV_X، 90 درجه با آن اختلاف فاز دارد،می توانیم از مولفه موهومی افت ولتاژ صرفنظر کنیم.

بنا براین:

$$\Delta V = \Delta V_R = \frac{R_S P_L + X_S Q_L}{V}$$

از طرفی $R_S \langle\langle X_S$ بنا بر این جمله $R_S P_L$ قابل حذف است که در نتیجه آن افت ولتاژ تنها به توان راکتیو مصرف کننده وابسته است.اگر X_S را به عنوان امپدانس تونن سیستم قدرت فرض کنیم داریم:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$X_S = \frac{E^2}{S_{SC}}$$

بنا بر این معادله بالابه صورت زیر ساده می شود:

$$\Delta V = \frac{X_S Q_L}{V} = \frac{E^2}{V^2}\frac{Q_L V}{S_{SC}} \approx \frac{Q_L V}{S_{SC}}$$

از رابطه قبل داریم:

$$V = \frac{S_{SC}}{Q_L}\Delta V = \frac{S_{SC}}{Q_L}(E - V)$$

که در نتیجه:

$$V = \frac{E}{1 + \frac{Q_L}{S_{SC}}} \approx E(1 - \frac{Q_L}{S_{SC}})$$

WikiPower.ir

که این رابطه به خوبی نقش توان راکتیو مصرفی بار در افت ولتاژ را نشان می دهد.

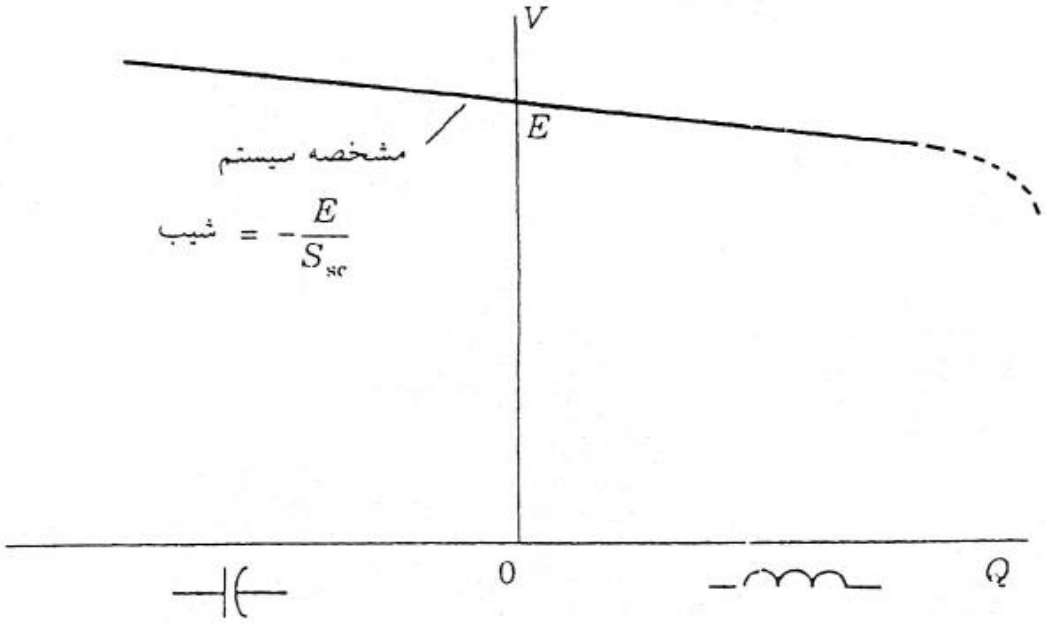
با توجه به این معادله خط بار راکتیو سیستم به صورت شکل (۲-۲) رسم می شود.

شیب خط بار سیستم $-E/S_{SC}$ است.به ازای $Q \succ 0$ (حالتی که بار القایی باشد)ولتاژ شین کاهش میابد

ودر حالت $Q \prec 0$(بار خازنی)ولتاژ افزایش خواهد یافت.

از این خط بار در بررسی عملکرد جبران کننده ها و تعیین نقطه کار سیستم استفاده می شود.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲-۲)نمایش خط بار راکتیو سیستم

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دسته بندی پایداری ولتاژ

پایداری ولتاژرا می توان به دو دسته زیر تقسیم کرد :پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ وپایداری ولتاژ اغتشاش کوچک.این دسته بندی به آن علت انجام می شود که هر دسته را می توانیم با روشهای خاصی تحلیل کنیم وبا این عمل ابزار محاسباتی را ساده کنیم.

پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ ، مربوط به توانایی سیستم در کنترل ولتاژ به دنبال وقوع اغتشاش های بزرگ از قبیل خطاهای سیستم، از دست دادن بار، یا از دست دادن تولید است.برای تعیین پایداری اغتشاش بزرگ، باید عملکرد دینامیکی سیستم در محدوده زمانی کافی که تاثیر تجهیزاتی از قبیل تغییر دهنده های تپ زیر بار(ULTCs) و محدود کننده های جریان تحریک ژنراتور (MELs) مشخص می شود، تعیین گردد..

بنابراین بررسی این دسته از پایداری مستلزم حل معادلات دیفرانسیل غیر خطی سیستم می باشد.با توجه به اینکه برخی از تجهیزات سیستم دارای ثابت زمانی زیادی هستند زمان مطالعه ممکن است از چند ثانیه تا چند دقیقه طول بکشد.برای تضمین پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ عملکرد صحیح سیستم بعد از یک اغتشاش از قبیل رفع سریع اتصال کوتاه ها، وصل سریع خازن ها و عملکرد سریع سیستم کنترل ولتاژ ژنراتورها بسیار مهم است

WikiPower.ir

پایداری ولتاژ اغتشاش کوچک ، مربوط به توانایی سیستم در کنترل ولتاژ به دنبال بروز اغتشاش های کوچک از قبیل تغییرات تدریجی در بار است.این دسته از پایداری را می توان با روشهای حالت ماندگار،که از خطی سازی معادلات دینامیکی سیستم در یک نقطه کار معلوم استفاده می کنند، مطالعه نمود.

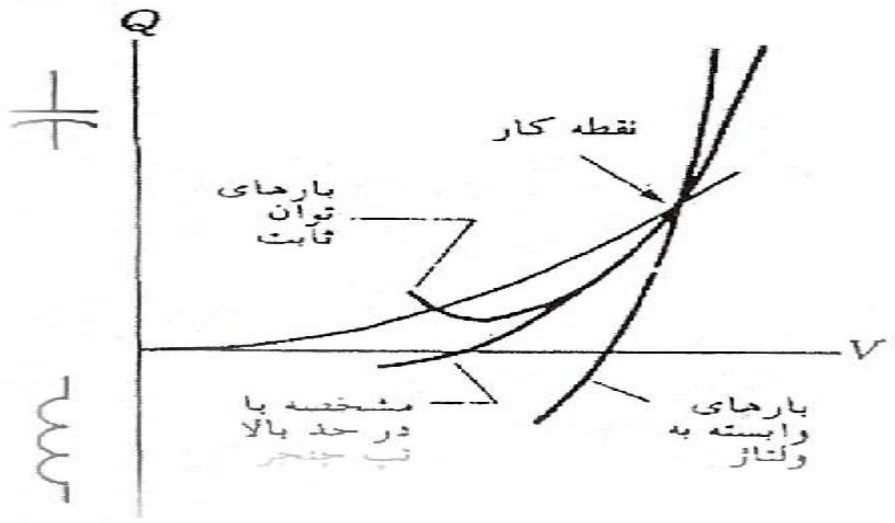
امروزه با توجه به عملکرد سریع تجهیزات سیستم، پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ بهتر اجرا می شود. بنابراین، به مسائل پایداری ولتاژ اغتشاش کوچک علاقه بیشتری داریم.

حساسیت Q-V که قبلا به آن اشاره شد می تواند برای پایداری ولتاژ اغتشاش کوچک معیار مناسبی باشد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نقش بار در پایداری ولتاژ

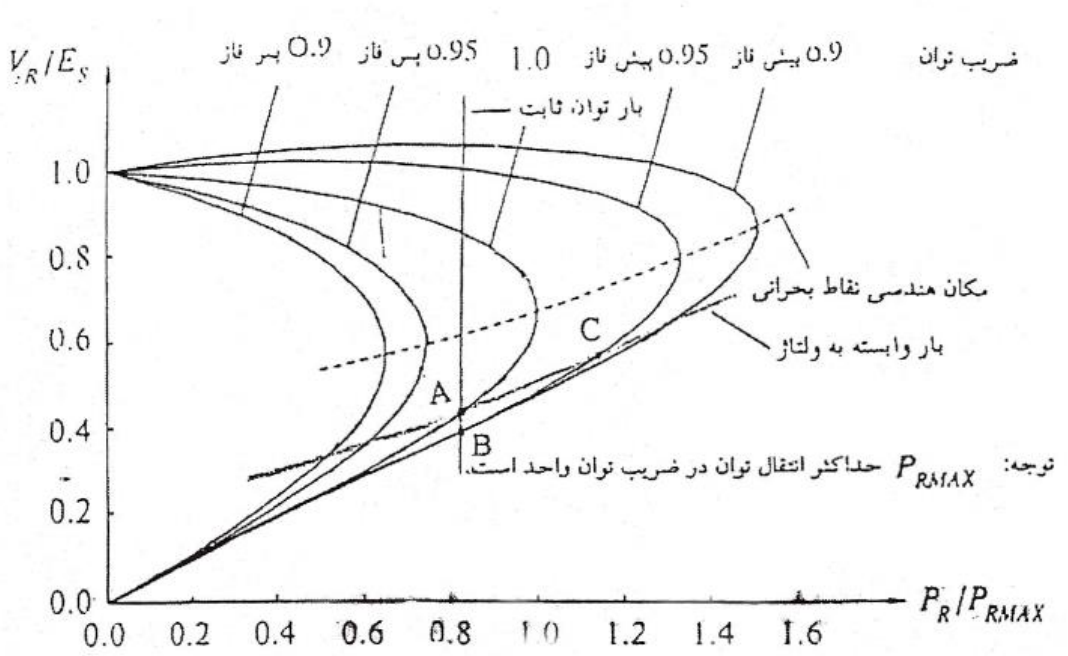
نقطه نظر پایداری ولتاژ بارهای با توان ثابت بدترین نوع بار هستند به این دلیل که در هنگام افت ولتاژ جریان بیشتری را طلب می کنند که خود باعث افت ولتاژ بالاتر می شود. اما بارهای وابسته به ولتاژ(مانند بار امپدانس ثابت) ،هنگام افت ولتاژ،جریان کمتری می کشند و با این عمل به تثبیت ولتاژ کمک می کنند.شکل(۳-۲) منحنی های Q-V را بازای سه نوع بار نشان می دهد.در اینجا فرض بر آن است که بار توان ثابت با عملکرد تپ چنجر ایجاد شده و هنگامی که تپ چنجر به حد خود می رسد بار به صورت بار وابسته به ولتاژ عمل می کند.این مسئله از نقطه نظر پایداری ولتاژ مفید است.همانگونه که شکل نشان می دهد،سیستم بازای بار توان ثابت خیلی زود به حد پایداری ولتاژ می رسد(نقطه مینیمم منحنی Q-V)و برای عملکرد پایدار ولتاژ با این نوع بار باید توان راکتیو تولیدی مثبت باشد.امابارهای وابسته به ولتاژ حتی در زمانی هم که توان راکتیو زیادی هم مصرف می کنند، پایدار هستند.



شکل(۳-۲)منحنی های $V-Q$ برای سه نوع بار

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همچنین نکته جالبی در مورد بارهای امپدانس ثابت و به طور کلی در مورد بارهایی که مشخصه P_V آنها شیب کمی دارند،وجود دارد.این نکته در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.



شکل(۴-۲)مشخصه $P-V$ بار وسیستم

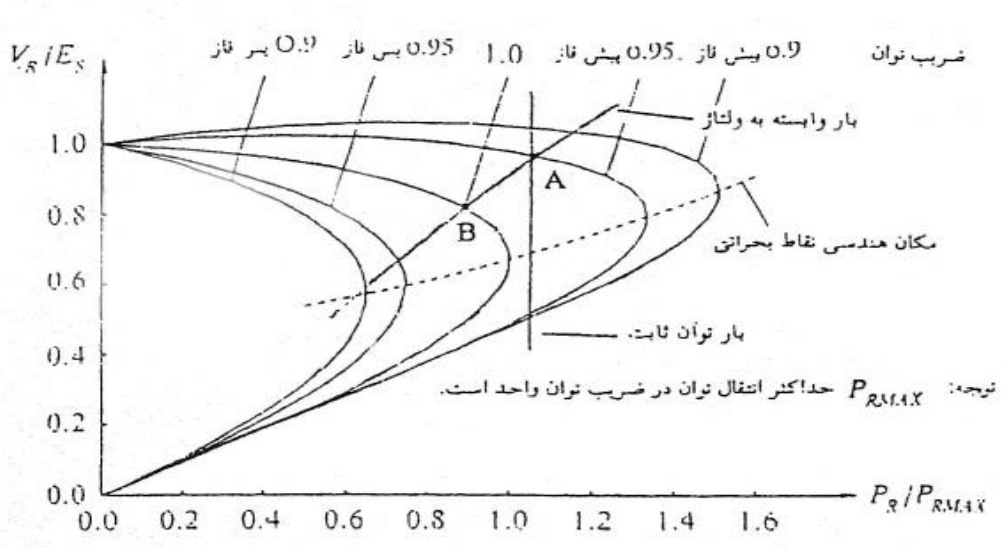
با توجه به شکل مشاهده می شود که در ناحیه پایین منحنی P_V اگر بار توان ثابت باشد با تزریق توان راکتیو،ولتاژ بجای افزایش،کاهش می یابد(نقطه کار از Aبه B می آید).اما اگر بار امپدانس ثابت باشد در ناحیه پایین منحنی P_V هم با تزریق توان راکتیو، ولتاژ افزایش می یابد(نقطه کار ازA به C می آید).به عبارت دیگر بار های امپدانس ثابت وبه طور کلی بار هایی که مشخصه P_V آنها نسبت به قسمت پایین منحنی P_V سیستم شیب کمتری دارند ولتاژشان همواره قابل کنترل است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سقوط ولتاژ

به هنگام وقوع نا پایداری ولتاژ تحولاتی در سیستم ایجاد می شود که ممکن است منجر به یک نمایه غیر قابل قبول ولتاژ پایین شود. به این پدیده فروپاشی یا سقوط ولتاژ گفته می شود.عوامل, زیادی در پدیده فروپاشی ولتاژ تاثیر گذار هستند.از مهمترین آنها می توان به به حضور وعملکرد تپ چنجر هایی که کنترلی روی آنها نباشد ،اشاره کرد.در این حالت تپ چنجر ها برای رسیدن به نقطه تنظیم خود سعی در بالا بردن ولتاژ دارند که این عمل بعد از رسیدن به ناحیه نقطه بحرانی باعث کاهش ولتاژ می شود ونهایتا ولتاژ به حد پائینی سقوط می کند.

یکی دیگر از عوامل فروپاشی ولتاژ وجود بار های توان ثابت از قبیل موتورهای القایی است.زیرا هنگامی که ولتاژ به حدودpu ۸۵٪ سقوط می کند ممکن است موتور متوقف شود.وقتی این اتفاق می افتد جریان راکتیو زیادی از طریق موتور از شبکه کشیده می شود که این امر سبب افت شدید ولتاژ می شود.به طور کلی می توان گفت فرو پاشی ولتاژ زمانی اتفاق می افتد که نقطه کار مشخصی برای سیستم نداشته باشیم.این مطلب در شکل(۵-۲)نشان داده شده است.با توجه به شکل مشاهده می کنیم که زمانی که یک سیستم تحت یک اغتشاش قرار می گیرد در صورتی که بار امپدانس ثابت باشد نقطه کار از Aبه B می آید. اما اگر بار توان ثابت باشد بعد از وقوع اغتشاش نقطه کار مشخصی نداریم و ولتاژ به شدت سقوط می کند.



شکل (۵-۲)تاثیر بار در سقوط ولتاژ

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هماهنگی ضعیف بین سیستمهای مختلف کنترلی وحفاظتی می تواند در فروپاشی ولتاژ نقش داشته باشد.به عنوان مثال در صورتی که هنگام افت سرعت موتورهای القایی سیستم های حفاظتی به سرعت این موتورها را از مدار خارج کنند از سقوط ولتاژ جلوگیری می شود. همچنین بارهای حرارتی که با ترموستات کنترل می شوند از آنجایی که با پایین آمدن ولتاژ مدت زمان زیادتری در مدار می مانند باعث افت بیشتر ولتاژ می شوند و سقوط ولتاژ را به همراه خواهند داشت.

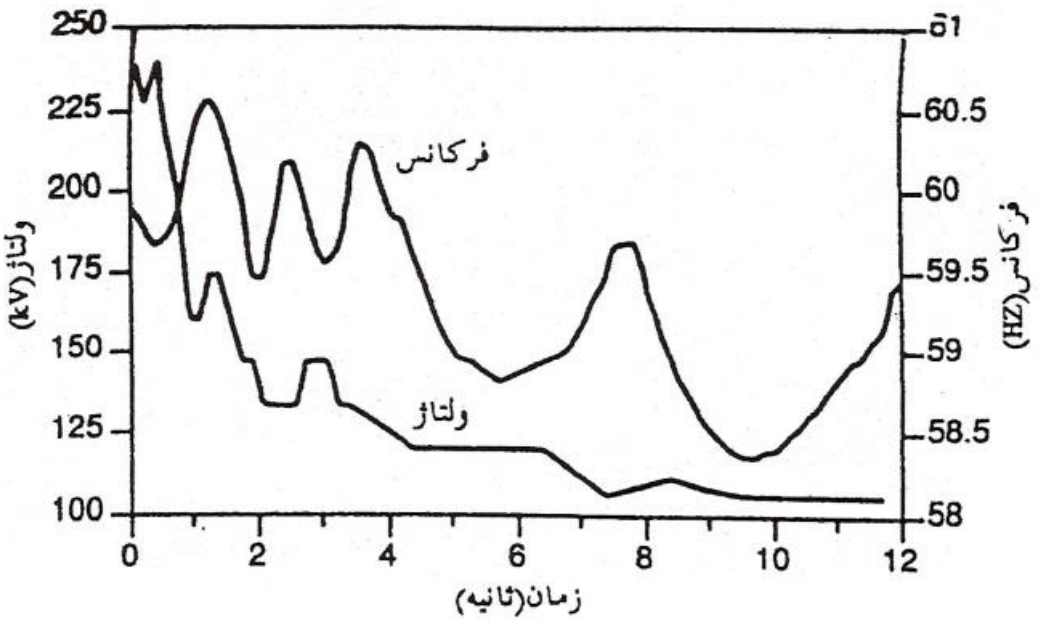
WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رابطه پایداری ولتاژ با پایداری روتور

پایداری ولتاژ و پایداری روتور کم وبیش به هم وابسته هستند.اغلب تمایل این دو رویداد مشکل است اما در هر شرایطی یک شکل از این دو ناپایداری مسلط بر دیگری است.

نزدیکی ناپایداری ولتاژ و روتور در حالت گذرا بیشتر است .معمولا ناپایداری گذرای ولتاژ منجر به فروپاشی آن می شود ودر بیشتر مواقع فروپاشی ولتاژ با از دست رفتن سنکرونیزم روتور همراه است اما اکثرا جواب این سوال به وضوح روشن نیست که آیا فروپاشی ولتاژ باعث از دست رفتن سنکرونیزم یا از دست رفتن سنکرونیزم باعث سقوط ولتاژ شده است.برا نمونه نوسانات ولتاژ و فرکانس را که در اثر یک اغتشاش در سال۱۹۸۵ در جنوب فلوریدا اتفاق افتاده است به صورت شکل (۶-۲) نشان داده می شود .



شکل(۶-۲)نوسانات ولتاژ و فرکانس بعد از یک اغتشاش

البته باید دانست که لزوما سقوط ولتاژ با از دست دادن سنکرونیزم همراه نیست وناپایداری ولتاژ می تواند در جایی که ناپایداری روتور مطرح نیست اتفاق بیفتد.

همچنین ناپایداری وسقوط ولتاژ حوادثی دینامیکی در سیستم قدرت هستند و ضمنا پایداری ولتاژ وپایداری روتور با هم پیوستگی نزدیک دارند و در بعضی مواقع تفکیک آنها از یکدیگر مشکل است .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

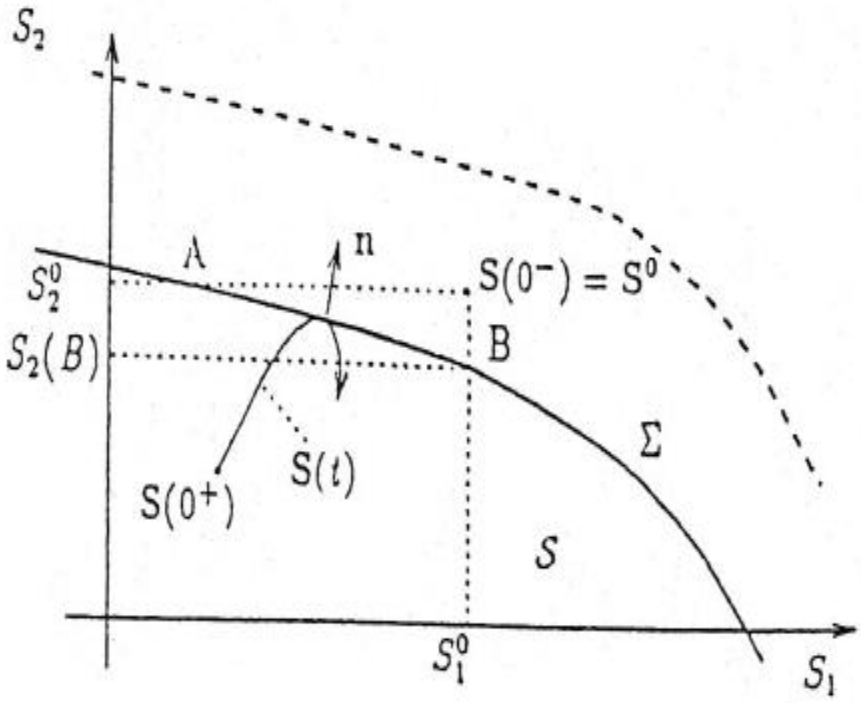
تحلیل حساسیت

همانطور که می دانیم یکی از تعاریف حساسیت مشتق dQ_i/dV_i در هر شین سیستم است .با توجه به اینکه این مشتق با ثابت نگه داشتن ولتاژ سایر شین های سیستم محاسبه می شود می توان گفت که این حساسیت با دیدی خوش بینانه به شبکه نگاه می کند .در مواقعی که سیستم تحت بار گذاری شدیدی قرار دارد وعملا قادر به گرفتن توان راکتیو بیشتری از تعدادی از شین های شبکه نیست ممکن است که dQ/dV در آن شین هامثبت باشد که باعث گمراهی خواهد شد.یکی دیگر از تعاریف مورد استفاده، حساسیتV_Q در هر شین است. این رابطه در هر شین با فرض ثابت بودن توان راکتیو مصرفی در سایر شین ها محاسبه می شود که با وجود غیر واقعی بودن ، می تواند از دید پایداری ولتاژ هشدار دهنده خوبی باشد.

همانطور که گفتیم هدف ما محاسبه بهترین عملکرد تپ چنجر ها بعد از یک اغتشاش در سیستم قدرت است ، به طوری که علاوه بر حفظ پایداری ولتاژ شبکه ،مقدار حذف بار هم به میزان قابل ملاحظه ای کاهش یابد .شکل(۷-۲) موضوع را به خوبی روشن میکند. در این شکل یک فضای بار ساده به صورت دو بعدی نشان داده شده است.

سطحS این فضا را نشان می دهد . منحنی نقطه چین بیان کننده حد اکثر بار گذاری روی سیستم قبل از اغتشاش است.محورهای S_1, S_2 معرف بارهای اکتیو و راکتیو یک شین یا شین های مختلف می باشند و S^0نشان دهنده نقطه کار اولیه سیستم است.بعد از اغتشاش ، منحنی نشان دهنده حداکثر بار گذاری ممکن روی سیستم با نماد ∑نشان داده شده است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۷-۲)تصویر سقوط ولتاژ در فضای بار

بلا فاصله بعد از اغتشاش نقطه کار سیستم از $S(0^-)$ به $S(0^+)$ تنزل می کند . در اینجا تپ چنجرها برای تامین بار اولیه عکس العمل نشان می دهند و بر طبق منحنی $S(t)$ سطح بار سیستم را بالا می برند تاآنکه $S(t)$ به $\sum$ برخورد می کند . در این لحظه به نقطه بحرانی ولتاژ رسیده ایم از این به بعد اگر باز هم تپ چنجرها را به روال قبلی بالا ببریم برطبق شکل، منحنی $S(t)$ سقوط می کند وبار بیشتری از دست می دهیم بنا بر این باید به محض آنکه به نقطه برخورد رسیدیم عمل تپ ها را متوقف کنیم.اما نقطه برخورد از نظر فاصله با $S(0^-)$ و(در نتیجه از نظر حذف بار) بهترین نقطه نیست. با دقت در شکل (۷-۲)مشاهده می شود نقطه ای که در آن حداقل حذف بار را داریم نقطهB است در این نقطه تنها باری به اندازه $S_2^0 - S_2(B)$ را از دست می دهیم . حال چگونه باید از نقطه برخورد به نقطه B برسیم ؟این کار را با ادامه بالا بردن بعضی از تپ ها انجام می دهند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

معرفی ساختمان تپ چنجر های ترانسفورماتور های قدرت

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این فصل به بررسی ساختمان تپ چنجر ها می پردازیم

تعویض کننده های انشعاب

تعویض کننده های انشعاب را به دو دسته تقسیم می کنند:

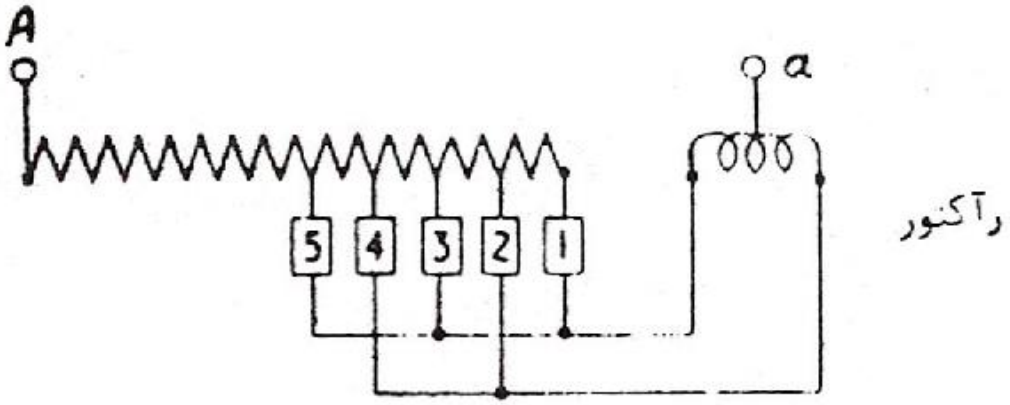
۱-دستگاه هایی گه در آنها از راکتانس استفاده می شود.

۲- دستگاه هایی گه در آنها از مقاومت استفاده می شود.

تعویض کننده های بار راکتانس ساده ترین این تعویض کننده ها را در شکل (۱-۳)نشان داده ایم که در آن جهت قرار دادن انشعاب های واقع در فاصله ۱تا۵ در حالی که کلید کنتاکت ۵ وصل است کلید ۱ را می بندیم در این موقع جریان بار از دو نیمه راکتور عبور می کند سپس کلید ۵ را قطع می نمائیم و جریان فقط از طریق نیمه سمت چپ راکتور عبور خواهد کرد.پس بطور کلی برای آنکه یک افزایش ولتاژ وگاهی کاهش آن بطور پلهای انجام گیرد قبل از قرار گرفتن یک انشعاب جدید انشعاب قبلی را باز نمی کنند.هنگامی که تعداد کلید های قطع ووصل جریان نسبتا افزایش می یابد ابعاد ترانس ضرورتا بزرگ شده و مقدار روغن مورد نیاز همراه آن افزایش پیدا می کند که برای غلبه بر این عیب از تپ چنجر هایی که مطابق شکل(۲-۳)دارای دو مدار تعویض کننده می باشند استفاده می گرددکه قبلا در مورد نحوه عملکرد آنها صحبت کرده ایم.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

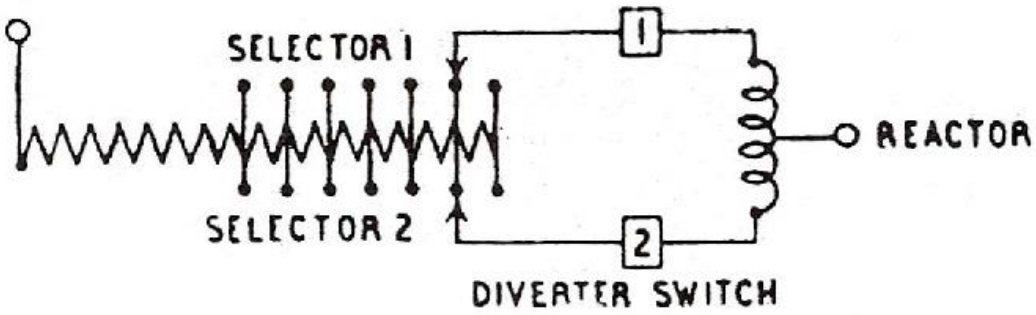


POSITIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SWITCH 1	●	●							
2		○	○	○					
3				○	○	○			
4						○	○	●	
5								○	●

○ نشان دهنده بسته بودن کلید

شکل (۱-۳)ترتیب کلید زنی

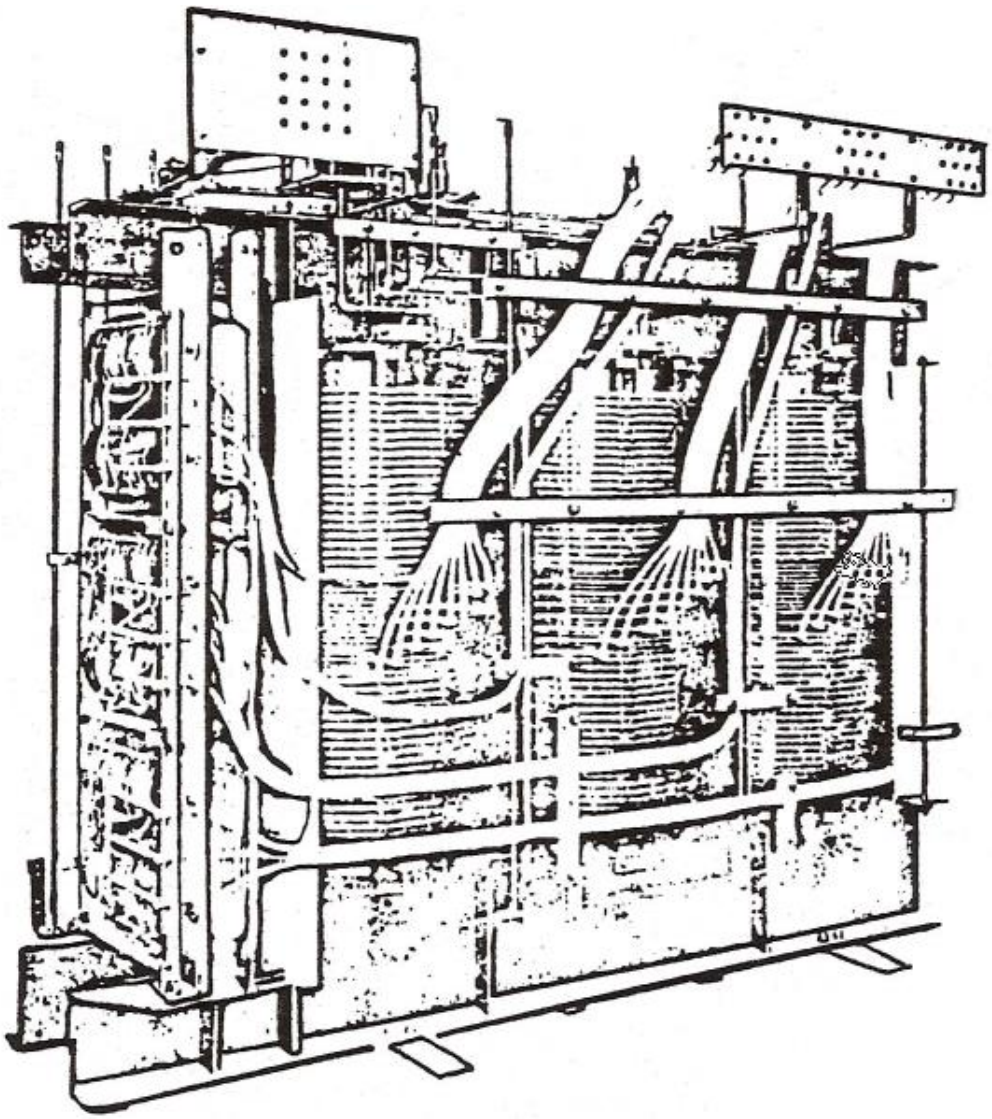
WikiPower.ir



شکل(۲-۳)کلید تقسیم جریان

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۳-۳)ترانسفورماتور سه فازه 5*MVA* و ۵۰ هرتزو 33/11/5KVرا که مجهز به سه راکتور یک فازه است را نشان می دهد که در آن تپ چنجر دو مداره مورد استفاده قرار گرفته است.



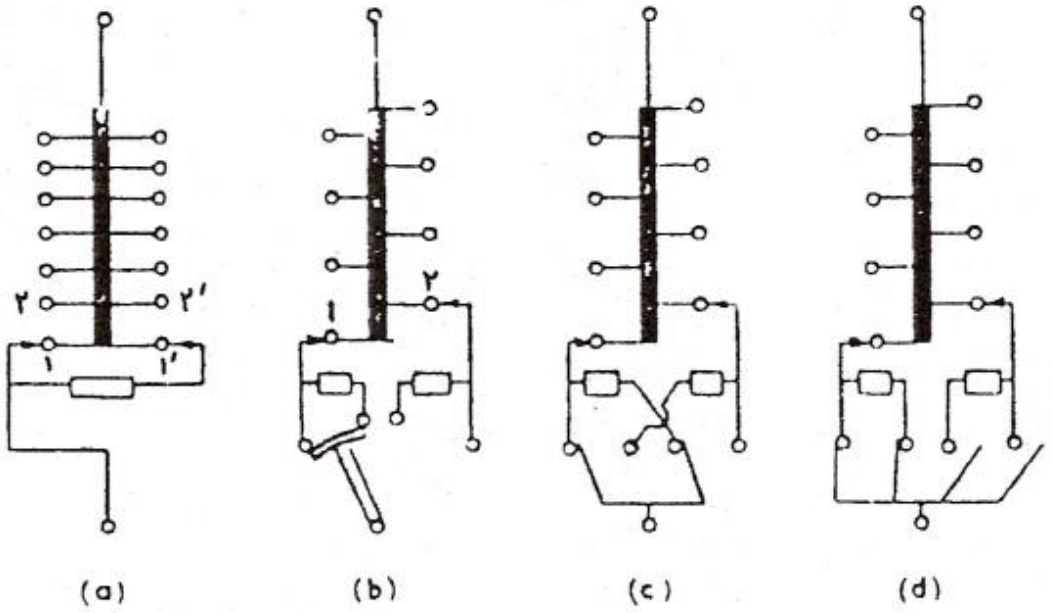
شکل(۳-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تعویض کننده های انشعاب مقاومتی

گاهی مشاهده می شود جمع آوری راکتور های بالنسبه کوچک در همان مخزن یا تانک ترانسفورماتور اصلی با اشکال مواجه می شود.به همین جهت از نوع تپ چنجر های با سرعت زیاد ومجهز به مقهومت های محدود کننده جریان اتصال کوتاه یا قوس الکتریکی که ضمن گذر از یک کنتاکت به کنتاکت دیگر ایجاد می شوند استفاده می گردد.

این کلید های انشعاب گاهی در دو محفظه جداگانه وگاهی در یک محفظه قرار می گیرند و در نوع تک محفظه ای از کلید تنظیم گردان استفاده می شود .در شکل($3-4a$)تپ چنجری که در آن فقط یک مقاومت جریان را محدود می کند نشان داده شده است که در آن وقتی می خواهند از $1-1'$ به $2-2'$ منتقل شوند ابتدا ۱ را روی ۲ می برند و در این فاصله مدار از طریق ۱ و مقاومت وصل است و وقتی که ۱ بر ۲ منطبق شود به راحتی $1'$را به $2'$ می برند البته این عمل به کمک کلید گردانی به راحتی انجام می گیرد وعمل اتصال را در خلال زمان انجام پذیری حفظ می نماید.این مدل را تپ چنجر نوع پرچمی می نامند.

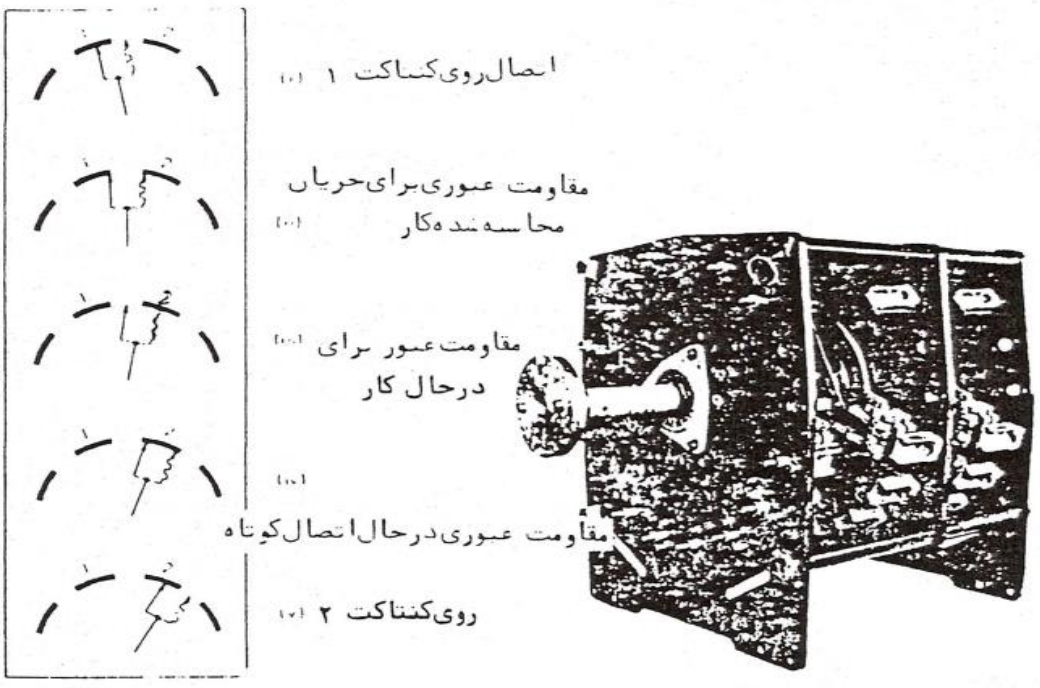


شکل(۴-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در اشکال ($3-4b,c,d$)که در آنها مقاومت های محدود کننده جریان کمو تاسیون وکلید های مدار باز مجزا می باشند نشان داده شده که به مدل بیرقی معروفندو چنانچه در مدل (b) ملاحظه می شود برای گذر از کنتاکت یک در سمت چپ به کنتاکت دو در سمت راست کلید دوار سایشی c تا رسیدن به کنتاکت دو در تمام طول زمان اجرای عمل جابه جائی اتصال جریان بوبین ترانسفورماتور را با خط بار یا مصرف حفظ می نماید.

در شکل (۵-۳) کلید سلکتوری تپ چنجر تک محفظه ای که در زیر بار عمل تنظیم ولتاژ را انجام می دهد نشان داده شده.همینطور در شکل(۶-۳) توالی قطع و وصل در ضمن حرکت از انشعابی به انشعاب دیگر نشان داده شده است.مقاومت های محدود کننده جریان کموتاسیون از سیم های لخت نیکل ساخته می شوند و ابعاد آنها بر حسب جریان و ولتاژی که به آنها اعمال می گردد تعیین می شود.در ترانسفورماتورهای بزرگ قدرت دستگاه تعویض انشعاب(تپ چنجر) در زیر بار غالبا با انشعاب تنظیم وکلید های تقسیم جریان(دیورتورها) به طور مجزا ساخته می شوند.



شکل(۵-۳)

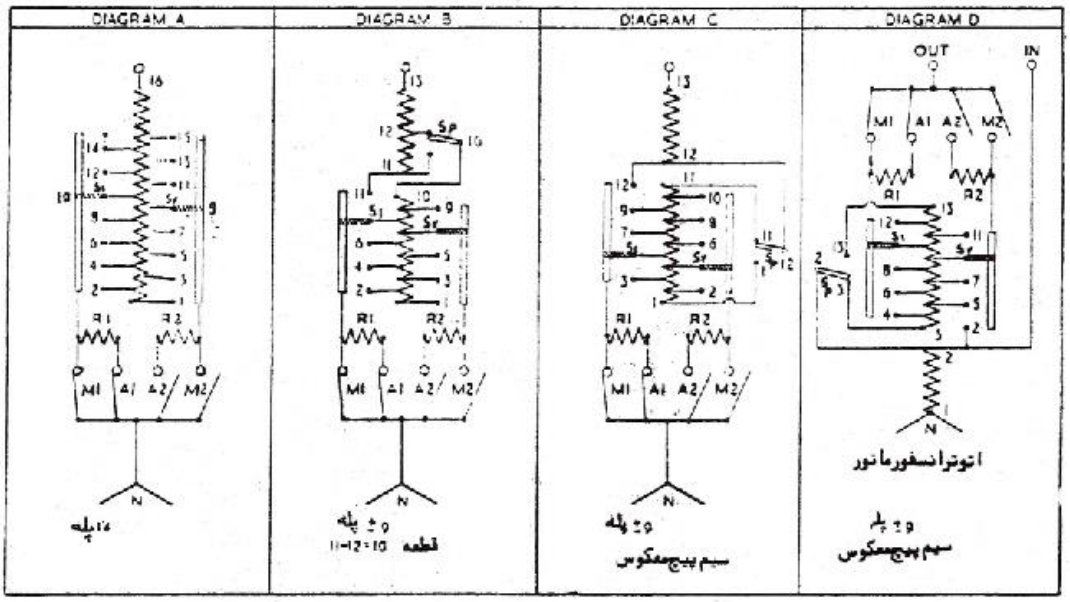
شکل(۶-۳)

اشکال(۷-۳)ترتیبات معمول در این قطع و وصل را نشان می دهند.مثلا شکل($3-7a$) نوع تعویض انشعابی را نشان می دهدکه دارای ترتیبات تنظیم با حرکت خطی برای ۱۴ مرحله و۱۵ وضعیت می باشد.در چنین دستگاه تعویض انشعاب برای رفتن از انشعابی به انشعاب دیگر اتصال اصلی $M1$ و اتصال فرعی $A1$ بسته می شوند تا اتصال با انشعاب شماره ۱۰ برقرار باشد و از طرفی به منظور تعویض انشعاب شماره ۱۰ به ۹ ابتدا $M1$ باز می شود و جریان از طریق A1 و مقاومت R1که بطور سری بسته شده است عبور می کند .آنگاهA2 بسته می شود و در این موقع دو مقاومت R2وR1 بطور سری در دو سر انشعاب۹و۱۰قرار گرفته و جریان را برقرار می کند و جریان بارطوری تقسیم می شود که از هر یک از مقاومت ها گذشته و به انشعاب می رسد بالاخره M2بسته و A1 باز وتعویض انشعاب کامل وخاتمه می پذیرد.در اکثر طرح ها این ترتیب در زمانی بین ۵۰ الی ۸۰ میلی ثانیه انجام میگیرد.برای تعویض انشعاب در در جهت مخالف این ترتیبات به صورت معکوس در قبل انجام می گیرد.

طرح دیگری که برای تعویض انشعاب به کار می رود مطابق شکل های ($3-7,b,c$)است که در آن ها بغیر از سلکتورهای اصلی $S2,S1$ به سلکتور فرعی SP به نام سلکتور مقدم (پره سلکتور) مجهز می باشند که به کمک آن می توان از وضعیت یک انتهای تعویض کننده انشعاب به انتهای دیگری منتقل گردید.چنانچه در شکل($3-7b$) ملاحظه می شود وقتی سلکتور فرعی SPدر روی وضعیت ۱۱و۱۲ است مسیر عبور جریان از سر بالای انشعابها می باشددر صورتی که SP را روی حالت ۱و۱۲ قرار دهیم مسیر عبور جریان از سر پائین انشعاب ها انجام خواهد گرفت در این حالت می بینیم ک در این حالت می بینیم که عمل معکوس کنندگی را انجام می دهد و این عمل یا بطور افزایشی و یا بطور کاهشی خواهد بود .منظور از این طرح آن است که با n انشعاب می توانیم ($2n-1$)مرحله یا پله عملی بسازیم مطابق آنچه در شکل های b,c,d مشاهده می گردد.

در شکل های c,d ملاحظه می شود که قسمتی از خود سیم پیچی ترانسفورماتور بطور معکوس پیچیده شده است.انتخاب دستگاه تپ چنجر طبق شکل($3-7c$) ویا($3-7d$)بستگی به طرح ترانسفورماتور دارد انتهای انشعابات در شکل های A,B,C یعنی N به نقطه صفر اتصال ستاره سیم پیچ ها وصل می شوند.در شکل D دستگاه تپ چنجری با انشعابات مجهز به معکوس کننده که به انتهای سیم پیچی یک اتو ترانسفورماتور وصل شده و دارای حرکت خطی می باشد ملاحظه می نمائیم.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

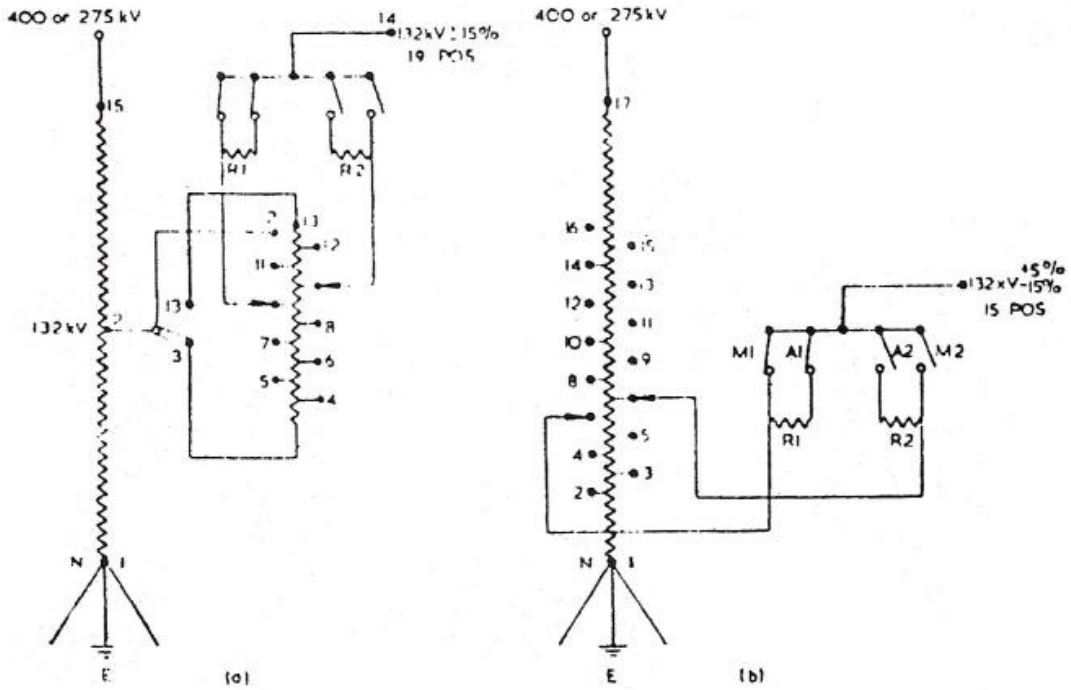


شکل(۷-۳)

در سه مثالی که از آنها صحبت شد جهت یک تعویض موقعیت باید دو دور کامل بچرخد ودر نتیجه با مدار های مذکور هیجده مرحله ولتاژ در نظر گرفته می شود.

در شکل (۸-۳) دیاگرام سیستم سه فازه $400/132kv$ و $275/132kv$اتو ترانسفور ماتور را با تپ چنجر $132kv$و با سرعت سریع و مجهز به مقاومت را مشاهده می نمائیم.همچنین از انشعاباتی که دارای سر اتصال زمین نیز هستند استفاده شده .این نوع از اتصالات در اتو ترانسفور ماتورهای $400/132kv$ به فراوانی مورد استفاده قرار گرفته اند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۸-۳)اتو ترانسفورماتور $160MVA,235/156KV$ با دستگاه تپ چنجر زیر بار

این انشعابات سبب تغییر همزمان تعداد دور های موثر اولیه و ثانویه ترانسفورماتور شده و همچنین باعث تغییر در اندوکتانس مغناطیسی هسته می شودو همچنین مشکلاتی را به شکل ولتاژ ثالثیه متغیر ظاهر می سازد که آن را می توان با استفاده از یک افزاینده ثالثیه که به وسیله سیم پیچی انشعابی یا موازی تغذیه می شود از میان برداشت.

دستگاه های تعویض انشعاب در زیر بار خصوصا وقتی که به سیستم های ولتاژ زیاد مربوط می شوند باید طوری طراحی گردند که بتوانند با ولتاژ های ناگهانی که به شکل ضربهای ظاهر می شوند مقابله نمایند.سابقا دستگاههای تعویض انشعاب ولتاژ زیاد را با قرار دادن مقاومت های غیر خطی در دو سر هر یک از انشعابات یا روی کنتاکت های یک سری از انشعابات مجهز می کردند مشخصه مهم این مقاومت ها این بود که در اثر افزایش ولتاژ مقاومت آنها سریعا کاهش می یافت.

در سیستم های جدید دستگاه های تعویض انشعاب (تپ چنجر) این صفات نامطلوب به علت پیشرفت در طرح وتعیین مناسب محل های اتصالات منتفی و بر طرف شده اند.امروزه طراحی ارکان اصلی ترانسفورماتور در حد فوق العاده عالی تحقق پیدا کرده است و بسیاری از شرایط تغییر ناگهانی ولتاژ که در گذشته قابل پیش بینی نبود از میان برداشته شده است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ساختمان تپ چنجر یا تعویض کننده انشعاب

بطور کلی یک تعویض کننده انشعاب را می توان به چهار قسمت تقریبا مجزا به شرح زیر تقسیم نمود.

۱-سیم پیچی حلقه تنظیم کننده در روی بوبین فشار قوی یا فشار ضعیف و ارتباط آن به بدنه تپ چنجر و حالت های مختلف ارتباط سیم پیچی

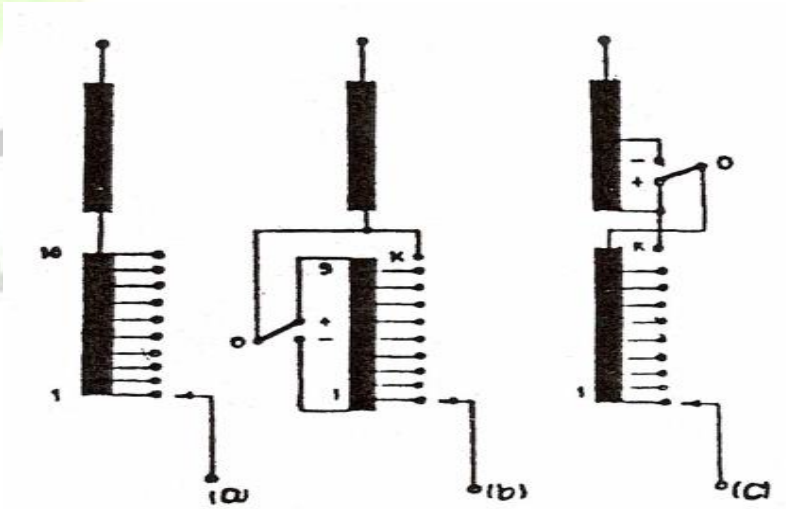
۲-قسمت مکانیکی تپ چنجر از داخل ترانسفور ماتور وسیستم مکانیکی و الکتریکی آن در محفظه داخل جعبه انشعاب(تپ) و تغییرات لحظهای جریان وولتاژ در موقع عمل کردن تپ چنجر

۳-قسمت مکانیکی فرمان تپ چنجر .

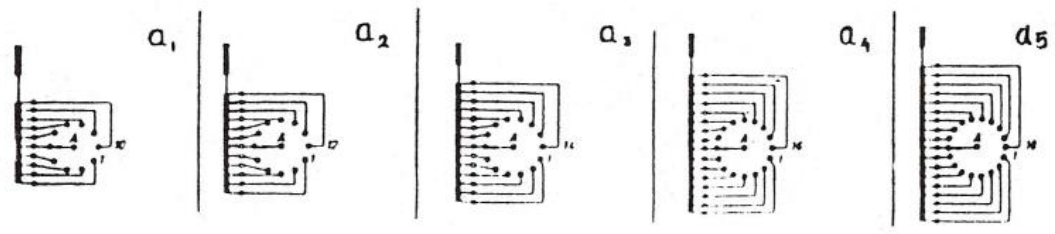
۴-فرمان الکتریکی تپ چنجر.

۱- مدارسیم پیچی تپ چنجر و ارتباط آن با بدنه تپ چنجر و حالت های مختلف ارتباط سیم پیچی.

اصولا بجز در شرایط خاص سه نوع سیم پیچی تپ چنجر متداول می باشد در شکل(۹-۳)و شکل-(۱۰-۳)این سه نوع سیم پیچی تپ چنجر از نظر شما تیک نمودار است.



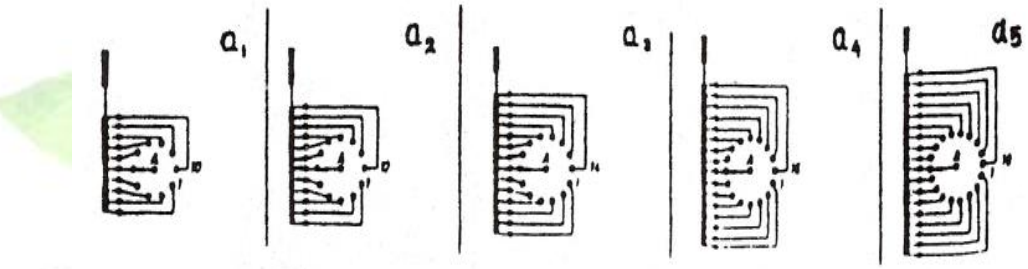
شکل(۹-۳)



شکل (۱۰-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نوع اول-بعد از سیم پیچی بوبین اصلی یک سری حلقه های مشابه که معمولا از هفده حلقه بیشتر نیست بطور سری و هم جهت با تغذیه بوبین اصلی ترانس قرار گرفته استوبدین ترتیب تعدادی بر حلقه های بوبین اصلی اضافه یا کم می گردد چون در این نوع سیم پیچی باید حلقه های جداگانه ای بر روی بوبین اصلی پیچیده شود به علت مصرف سیم پیچی با بوبین زیاد و حجم زیاد بوبین و افت مسی زیاد با توجه به خلاصه وساده بودن سیستم تپ چنجر این نوع سیم پیچی کمتر متداول بوده شکل(۱۱-۳)وشکل(3-9a)



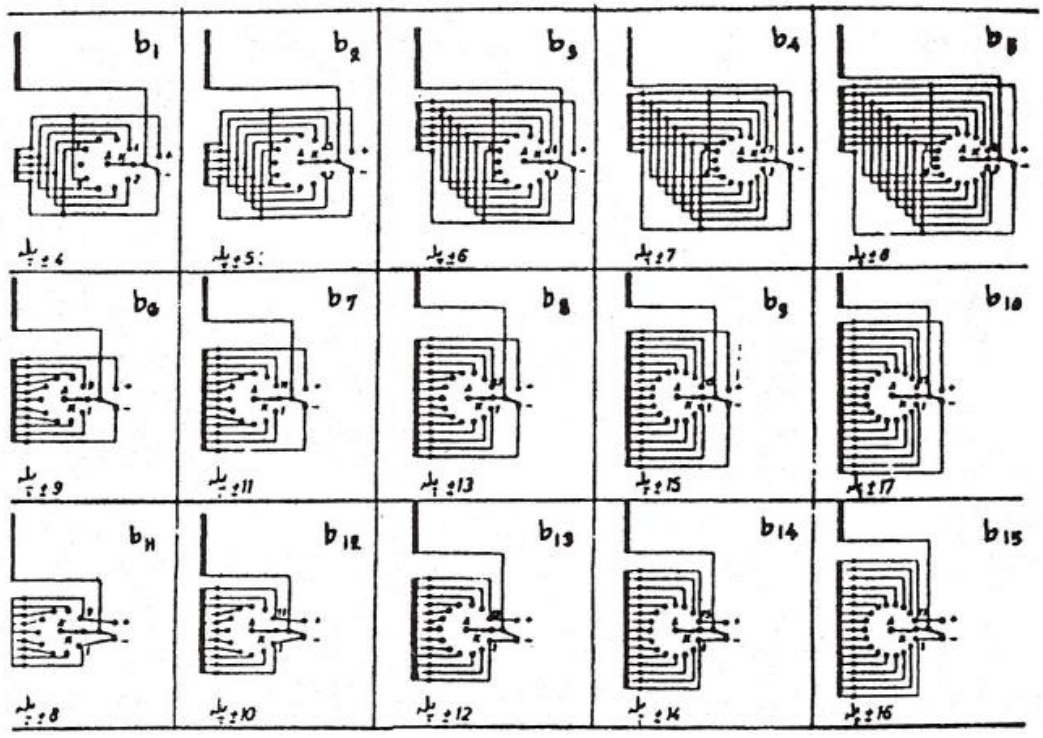
شکل(۱۱-۳)

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نوع دوم–مانند حالت قبل یک سری حلقه های مشابه که مجددا از هفده حلقه بیشتر نیست روی بوبین اصلی ترانسفورماتور پیچیده می شود با این تفاوت که سیستم مکانیکی تپ چنجر طوری است که این بوبین های یا در جهت تغذیه بوبین اصلی قرار گرفته و یا در جهت عکس و بدین ترتیب ملاحظه می شود که با همان هفده حلقه قطعه بوبین می توان ترانسفورماتور با سیو پنج سر به وجود آورد تا حجم بوبین ها وترانسفورماتور به حداقل کاهش یابد.

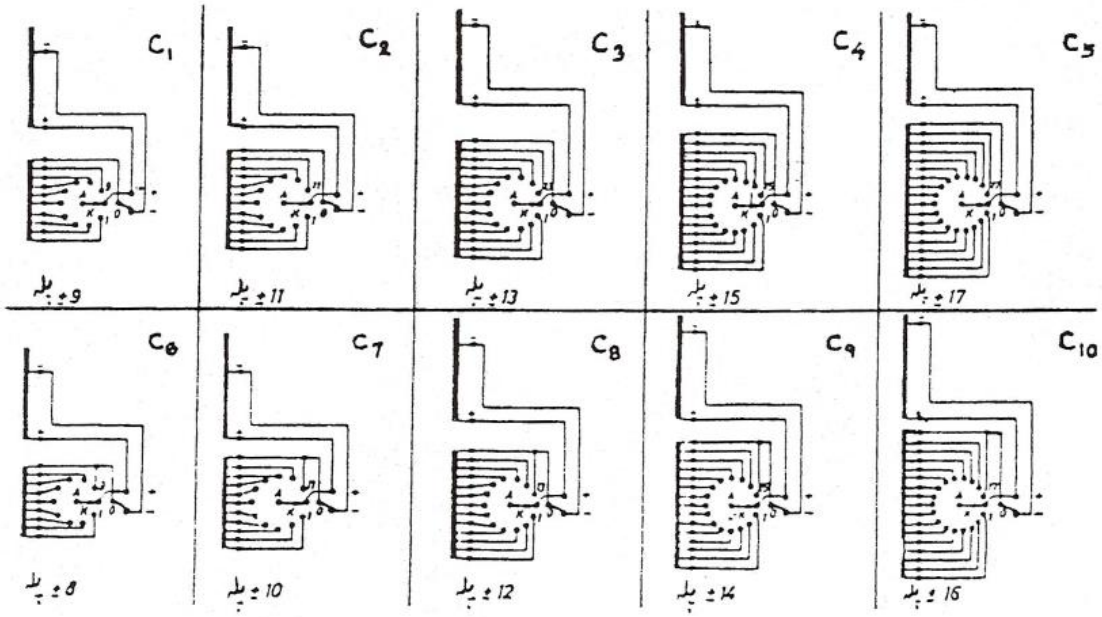
میزان مصرف مس نیز کمتر از سایر انواع می باشدو لیکن چون در تعدادی از وضعیت ها سیم پیچی تپ در جهت عکس سیم پیچی اصلی تغذیه شده باعث افت مسی بیشتر می شودشکل)وشکل(۱۲–۳) ($3-9b$



شکل(۱۲–۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نوع سوم-که متداول ترین نوع سیم پیچی است در اشکال(۱۳-۳)وشکل($9c-3$)مشخص شده در این نوع سیم پیچی تپ از دو قسمت تشکیل شده است یک سری حلقه های فرعی با خروجی های زیاد و یک حلقه اصلی که جمع حلقه های آن معادل حلقه های فرعی است.



شکل(۱۳-۳)

WikiPower.ir

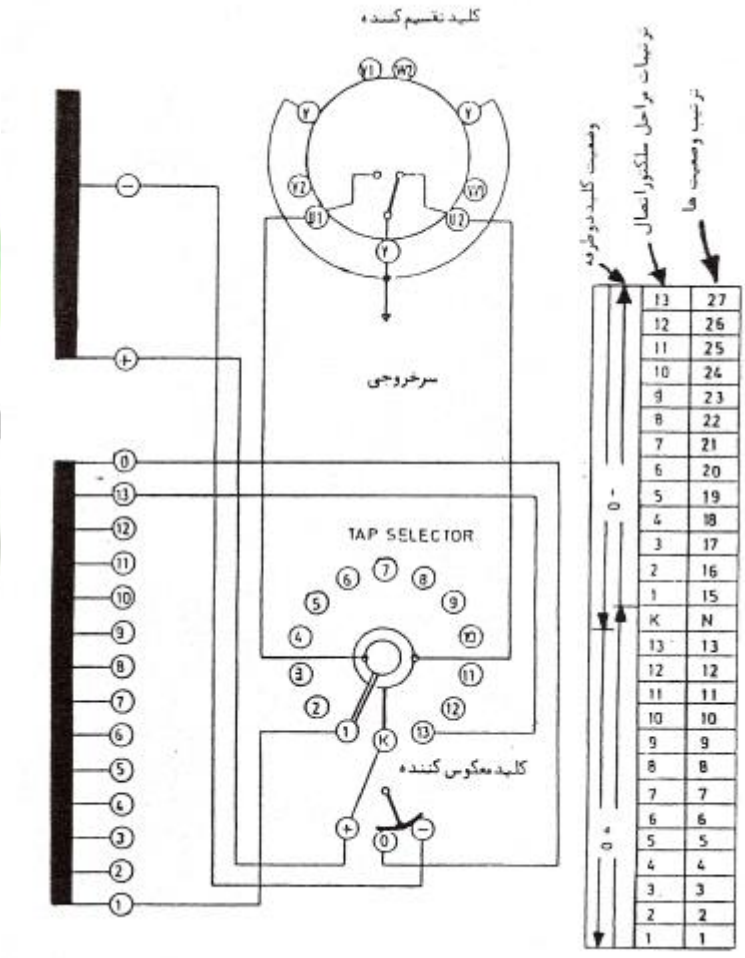
به دلیل اهمیت زیاد این نوع ازسیم بندی دو شکل(۱۴-۳)و(۱۵-۳)را که در آنها از این نوع سیم پیچی استفاده شده است را مورد بررسی بیشتر قرار می دهیم.(۱۵-۳)سیم پیچی ترانسفورماتور هفده پلهای است که از سه قسمت به وجود آمده قسمت اول سیم پیچی اصلی ترانسفورماتور قسمت دوم سیم پیچی نه پله ای و قسمت سوم مثبت پله جداگانه.

در وضعیت شماره یک بوبین اصلی A_1 و بوبین نه پلهای (۱۴-۳)در مدار بوده وکنتاکتور دو حالتی از سه به دو بسته شده است و از آنجا سه به یازده واز یازده به دوازده و به نول ارتباط پیدا می کند و تا وضعیت شماره نه به همین ترتیب عمل می شود.در وضعیت شماره نه که در وسط قرار گرفته ارتباط فقط روی بوبین اصلی وبوبین(۱۵-۳)واز دو به دوازده وبه نول وصل می گرددسپس ارتباط ۲به۳ باز شده و ارتباط ۱ به ۳ برقرار می گردد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

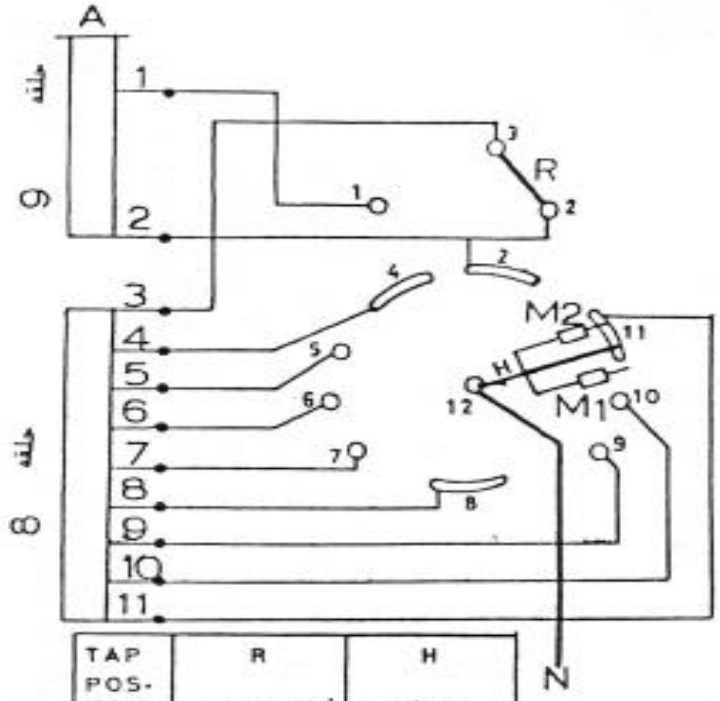
حلقه های(۸) که معادل ۹ پله می باشداز مدار خارج شده ووضعیت شماره۱۰از طریق۱۲-۱۱-۳-۱به نول وصل می شود و بدین ترتیب تا وضعیت ۱۷ ادامه می یابد.در این نوع سیم پیچی با توجه به آنکه حجم مس مصرفی معادل حالت دوم است افت ولتاژ مسی کمتر شده ولیکن از لحاظ عایق کاری عایق بیشتری مصرف می شود.به هر حال مصرف کنندگان این نوع سیم بندی را ترجیح می دهند.

اشکال(۱۶-۳)نیز ارتباط پله های مختلف بوبین تپ چنجرو بین خود آنها برای دو ترانسفورماتور هفده وبیست وپنج پله ای را نشان می دهد.



شکل(۱۴-۳)

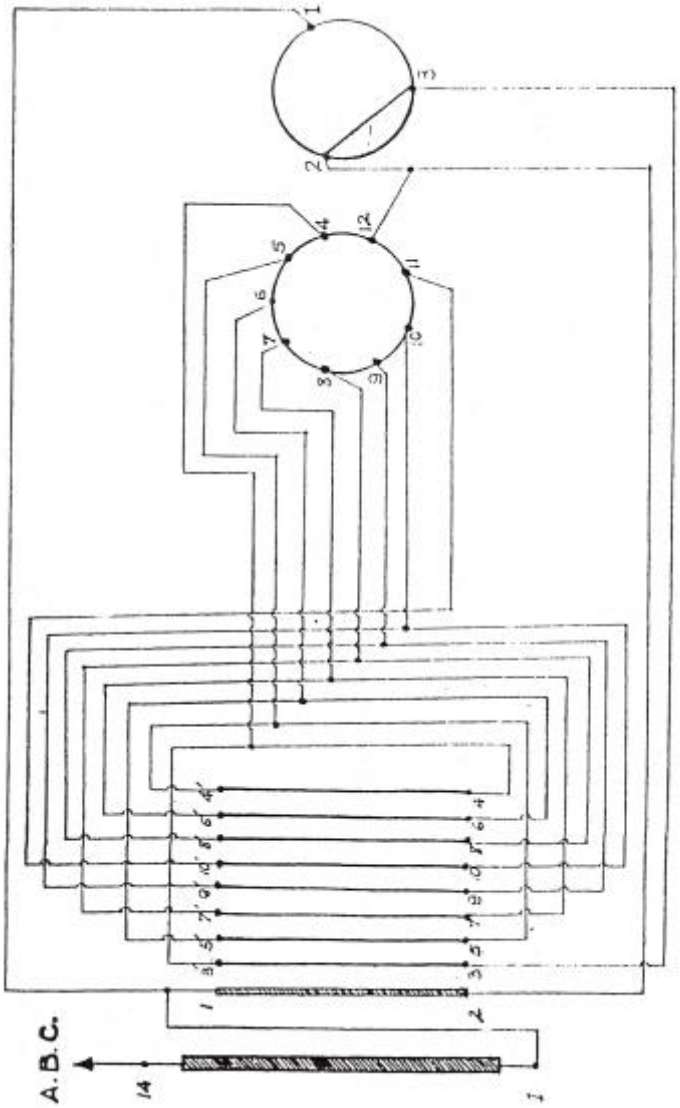
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



TAP POS. NO.	R اتصالات	H اتصالات
1	2 – 3	11 – 12
2		10 – 12
3		9 – 12
4		8 – 12
4A		
5		7 – 12
6		6 – 12
7		5 12
8		4 12
8A		
9		2 12
9A	1 – 3	
10A		11 12
10		
11		10 12
12		9 12
13		8 12
11A		
14		7 12
15		6 12
16		5 12
17		

شکل(۱۵-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۶-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قسمت مکانیکی تپ چنجر از داخل ترانسفورماتور و سیستم مکانیکی و الکتریکی آن

از این نظر تپ چنجر ها معمولا از دو نوع مختلف با مکانیزم یکسان ساخته می شوند.نوع اول مقاومت های ارتباط بین کنتاکت هاو کنتاکتور ها در یک تانک جداگانه ای در خارج از ترانس ترانس قرار گرفته و در تانک ترانسفورماتور فقط چند ترمینال مختلف بیشتر دیده نمی شود.

نوع دیگر مقاومت های ارتباط در داخل تانک جداگانه ای بوده ولیکن کنتاکتور های متحرک در داخل تانک ترانسفورماتور قرار دارند این دو دستگاه از لحاظ الکتریکی هیچگونه تفاوتی با هم نداشته و قطعات نوع اول مطابق شکل های(۱۷-۳)و(۱۸-۳)به شرح زیر دیده می شود.

۱-محل نسب تپ چنجر به بدنه اصلی تانک ترانسفورماتور

۲-کلید سلکتوری

۳-مقاومت های انتقال از یک کنتاکت به کنتاکت بعدی

۴-ترمینال وصل سرهای سیم پیچی بوبین تپ چنجر به بدنه تپ چنجر

۵-کنتاکت های ثابت که به ترمینال ارتباط دارند

۶--کنتاکت های ثابت که به ترمینال ارتباط دارند

۷-بازوی کنتاکت اصلی

۸-بازوی کنتاکت اصلی

۹-محور متحرک

۱۰-سلکتور تغییر دهنده گروه

۱۱-بازوی کنتاکت متحرک

۱۲-کنتاکت حمل جریان

۱۳-کنتاکت های قرقره ای

۱۴-کنتاکت اصلی

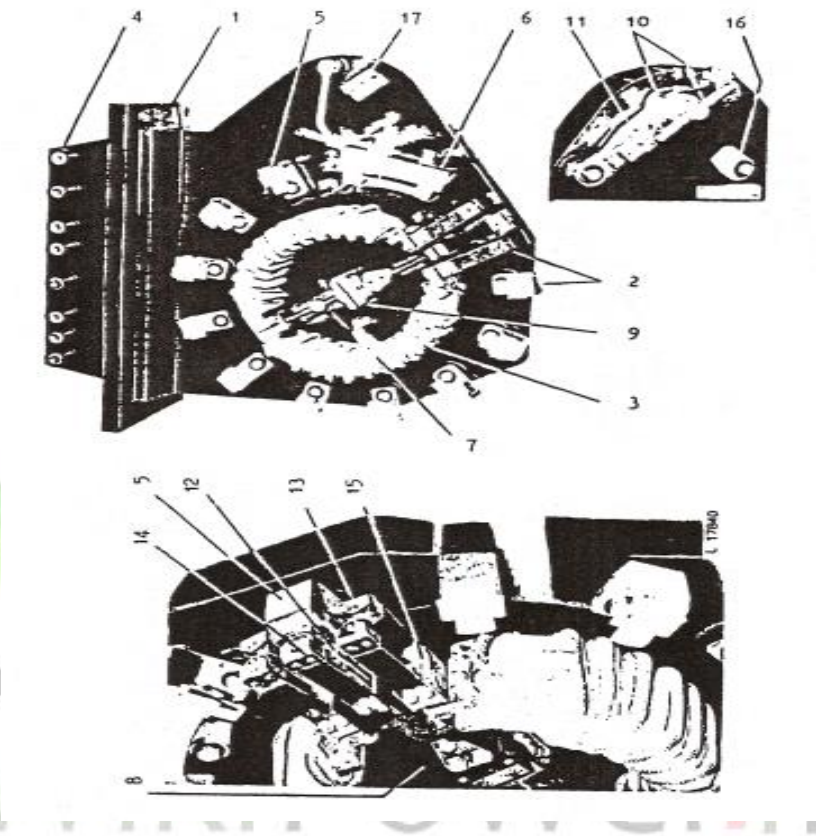
۱۵-کنتاکت مقاومت ها

۱۶-کنتاکت ثابت

۱۷-محور متحرک

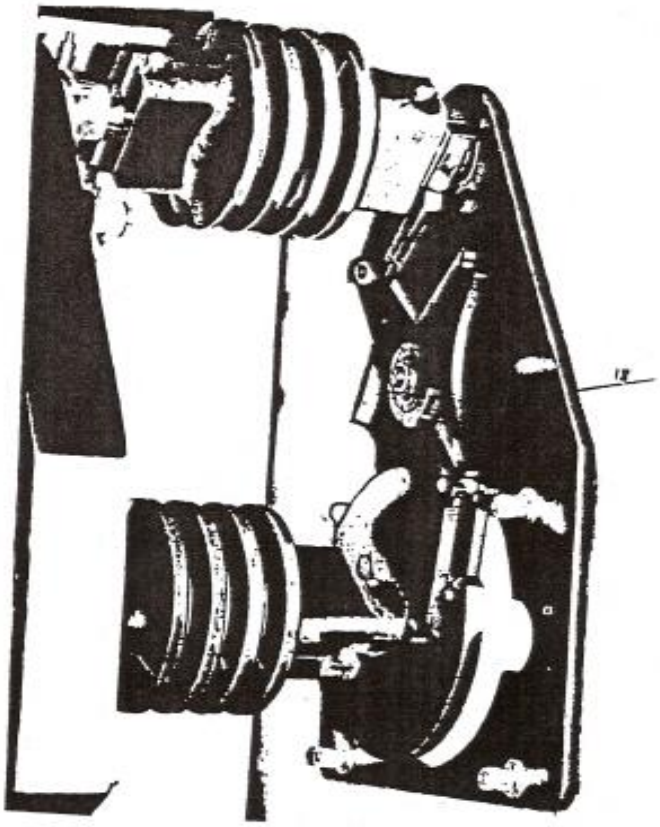
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱۸-تغییر دهنده گروه



شکل های (۱۷-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



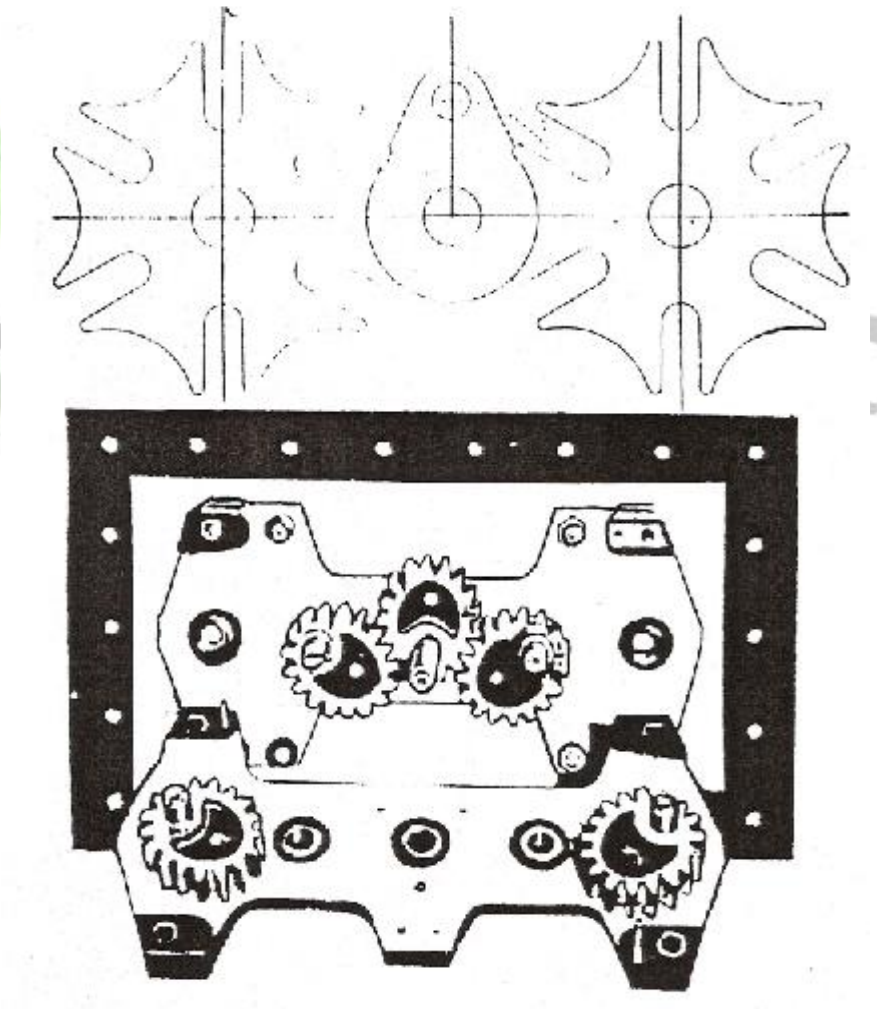
شکل(۱۸-۳)

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

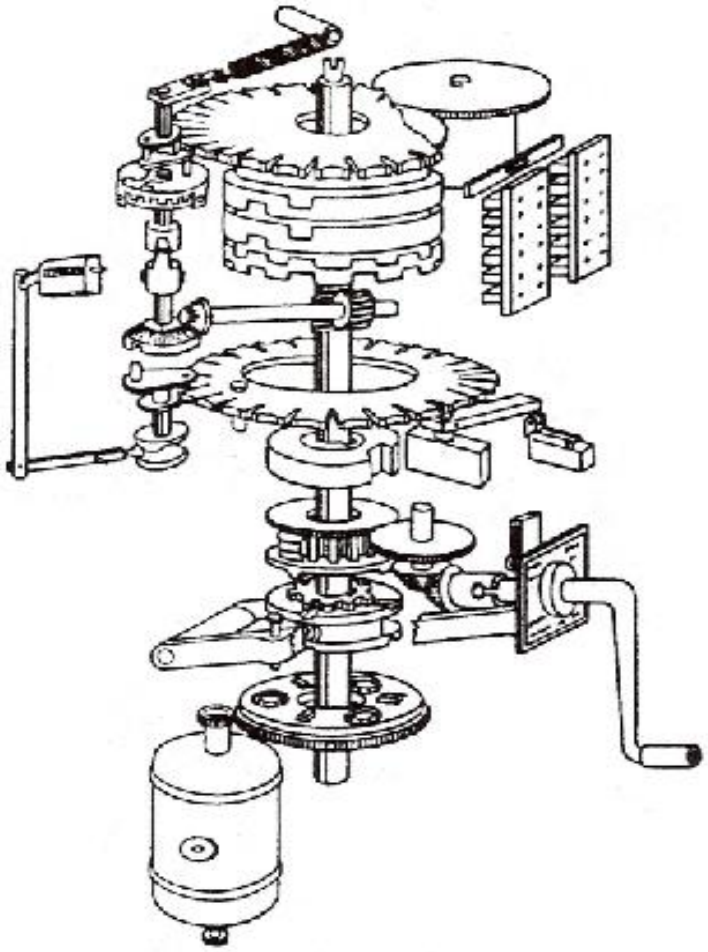
قسمت مکانیکی فرمان تپ چنجر

شکل(۱۹-۳) هریک از محورهای دستگاه تنظیم را به نوبه خود با یک چرخ در مرکز عمل ومرتبط به هر یک از چرخ های اصلی دستگاه تنظیم را نشان می دهد.بدین جهت اصول کلی قسمت فرمان مکانیکی تپ چنجر برای تمام انواع ترانسفورماتورها یکسان است.در شکل های(۲۰-۳)و(۲۱-۳)و(۲۲-۳)سه نوع از سیستم مکانیکی فرمان تپ چنجر را نشان داده ایم.



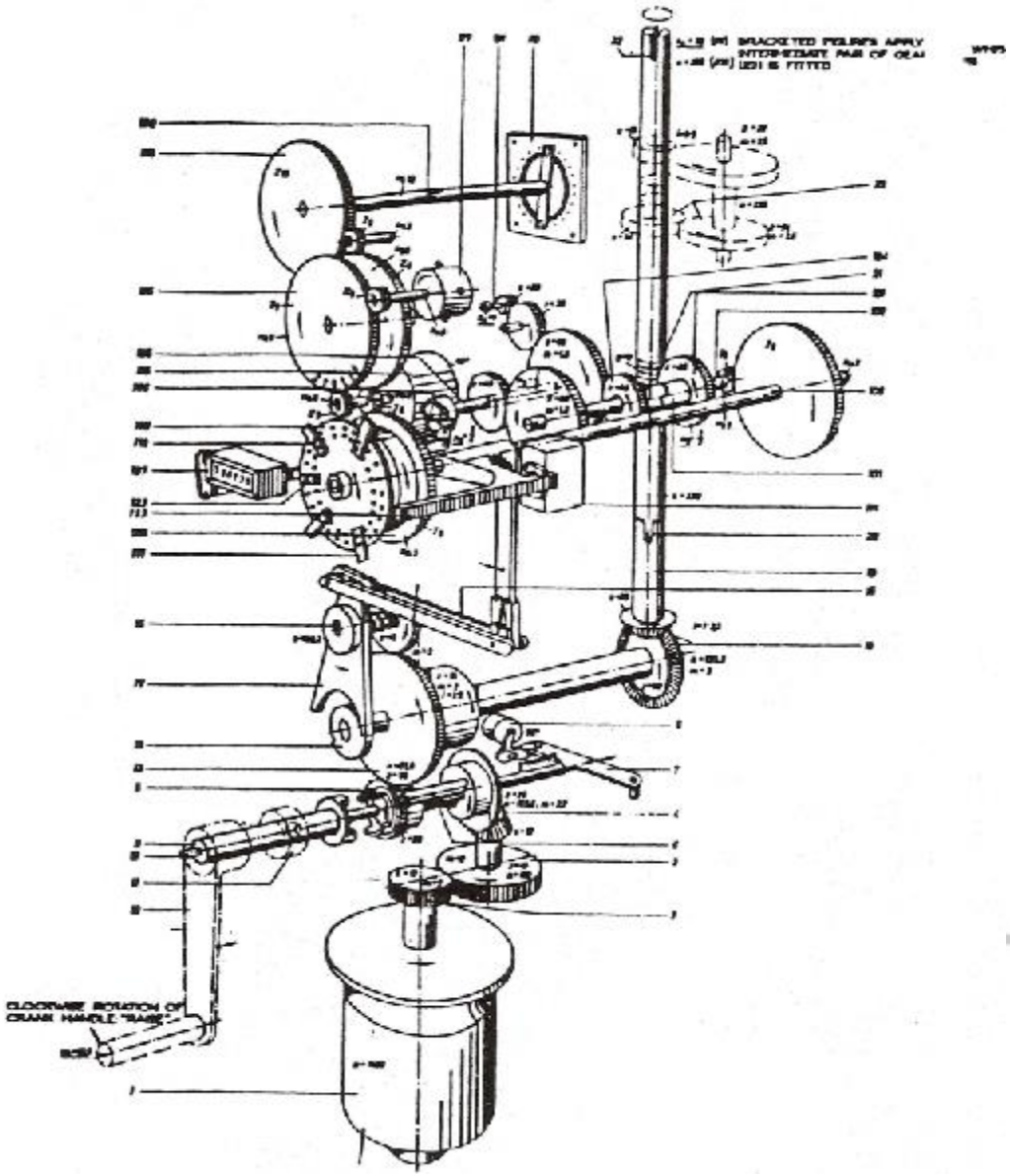
شکل (۱۹-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



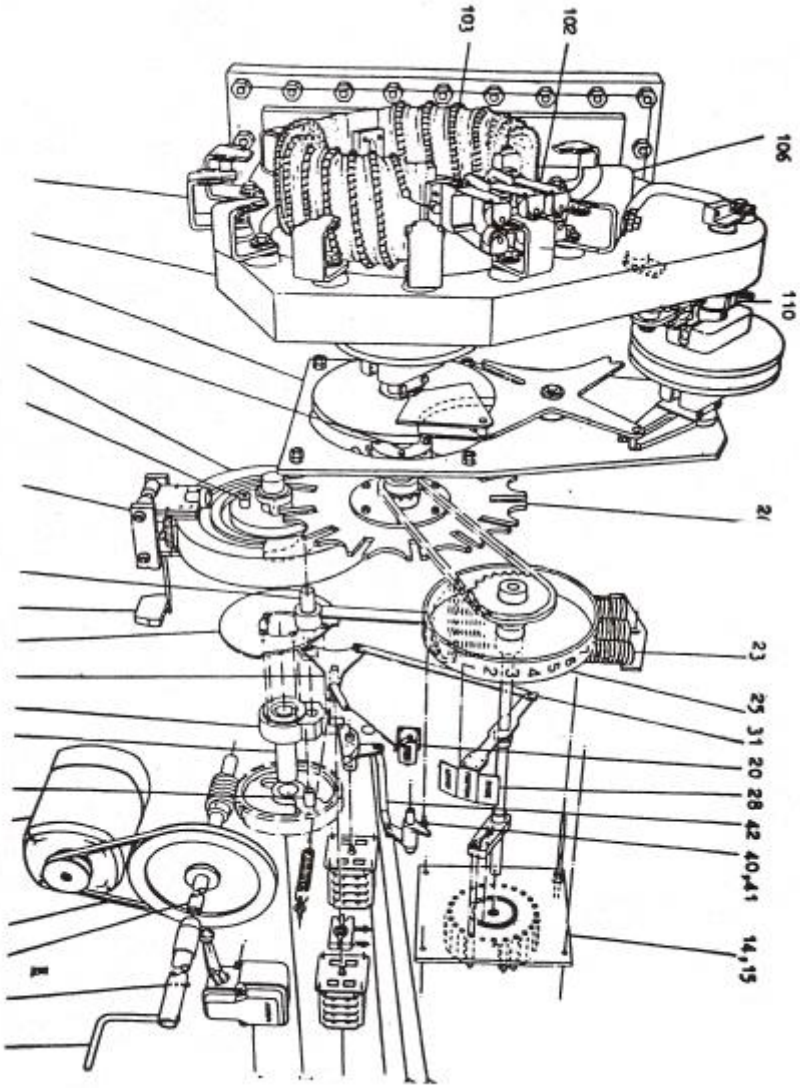
شکل(۲۰-۳)قسمت فرمان میکانیکی تپ چنجر زیر بار

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲۱-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۲۲-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم فرمان الکتریکی تپ چنجر

در این بخش بیشتر سیستم فرمان گیرنده تپ چنجر را از طریق اطاق کنترلو یا کلید دستی در روی جعبه تابلو چنجر داریم.

وظیفه اصلی این مدار فرمان گیرنده تپ چنجر بطور خلاصه عبارت است از:

۱-تغذیه موتور وقطع و وصل آن

۲-بالا و پائین بردن وضعیت

۳-چگونگی قطع مدار در وضعیت ابتدا وانتها

۴-نشان دادن اندیکاتور وضعیت در اتاق فرمان و روی ترانسفورماتور

۵-گرم کردن چرخ دنده ها برای حرکت بهتر

۶-دریافت فرمان از نزدیک یا دور(اطاق فرمان)

طرح های مختلفی برای این مدار وجود دارد که عملا با هم تفاوتی ندارندو تنها از نظر الکتریکی واحیانا" رله ها و یا کلید ها متفاوت می باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقایسه بین مدار های ترتیب یافته با راکتانس و مقاومت

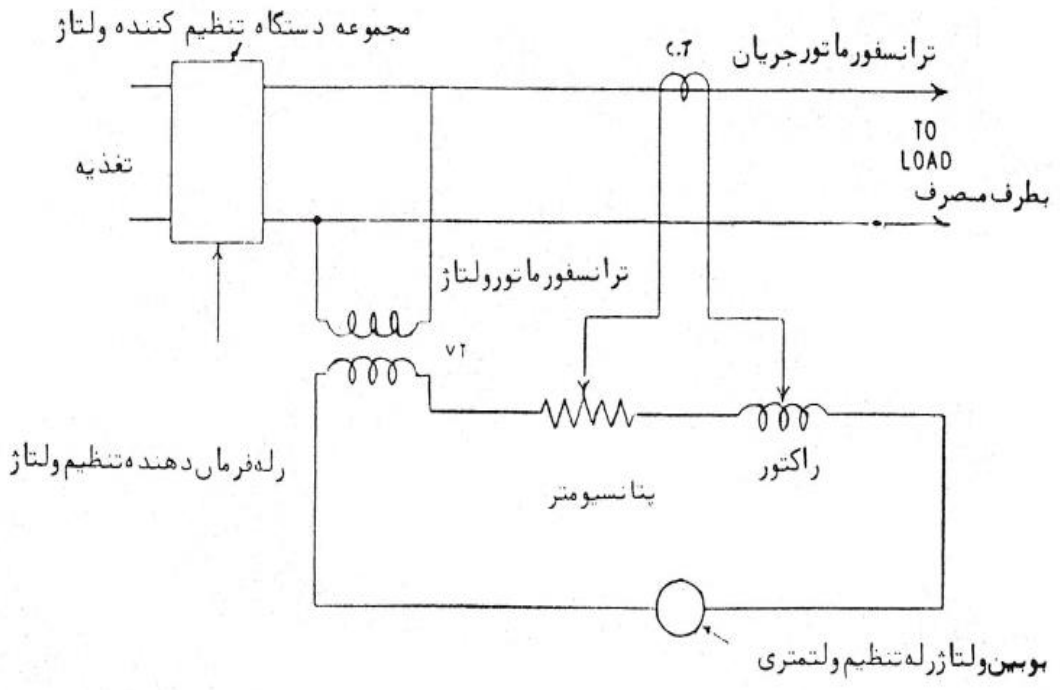
راکتانس این امتیاز را ارائه می کند که به کمک آن می توان مقدار جریان را بطور نامعین افزایش دادو ضمنا بدون هیچگونه عجله یا شتاب از یک وضعیت به وضعیت دیگر گذر کرد.همانطور که قبلا ملاحضه کردیم از راکتانس می توان در آن واحد به عنوان تقسیم کننده ولتاژ نیز استفاده کرد و این عمل اجازه می دهد که وضعیت ها را بدون آنکه دستگاه پیچیده شود دو برابر نمود.راکتانس بین جریان قطع شده و ولتاژ انحراف ایجاد می کند و نحوه قطع شدن در آن بسیار دشوارتر از کموتاتورهای مقاومتی می باشد واجزای فرمان بخاطر این عمل به ناچار دارای ابعاد قابل اهمیت هستندو دیگر عیبی که باید برشمرد عبارت است از حجیم وسنگین بودن آن است که یک جای نسبتا بزرگ از مخزن ترانسفورماتور را اشغال می نماید و این امر موجب افزایش آهن و روغن در ساختمان ترانسفورماتور خواهد شدودر وضعیت کار یا سرویس راکتانس یک تلفات اضافی علاوه بر تلفات خود ترانسفورماتور ایجاد می کند.در صورتی که مقاومت ها از نظر ابعاد ویا حجم کوچک واقتصادی بوده و فقط زمان عبور جریان در آنها بسیار کوتاه و سرعت گذر از یک کنتاکت به کنتاکت دیگر باید فوق العاده سریع باشد.مقاومت های عابر جریان نشان دهنده این امتیلز ند که می توانند جریان را با ولتاژ هم فاز کرده و در نتیجه عمل قطع را آسان کنند و خود این عمل موجبات کاهش ابعاد اجزای دستگاه را فراهم می سازد.

همانطوری که قبلا ملاحظه شد مقاومت های عابر جریان پس از تعویض انشعاب از مدار خارج می شوند و بدین ترتیب تلفاتی را عملا فراهم نمی سازند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

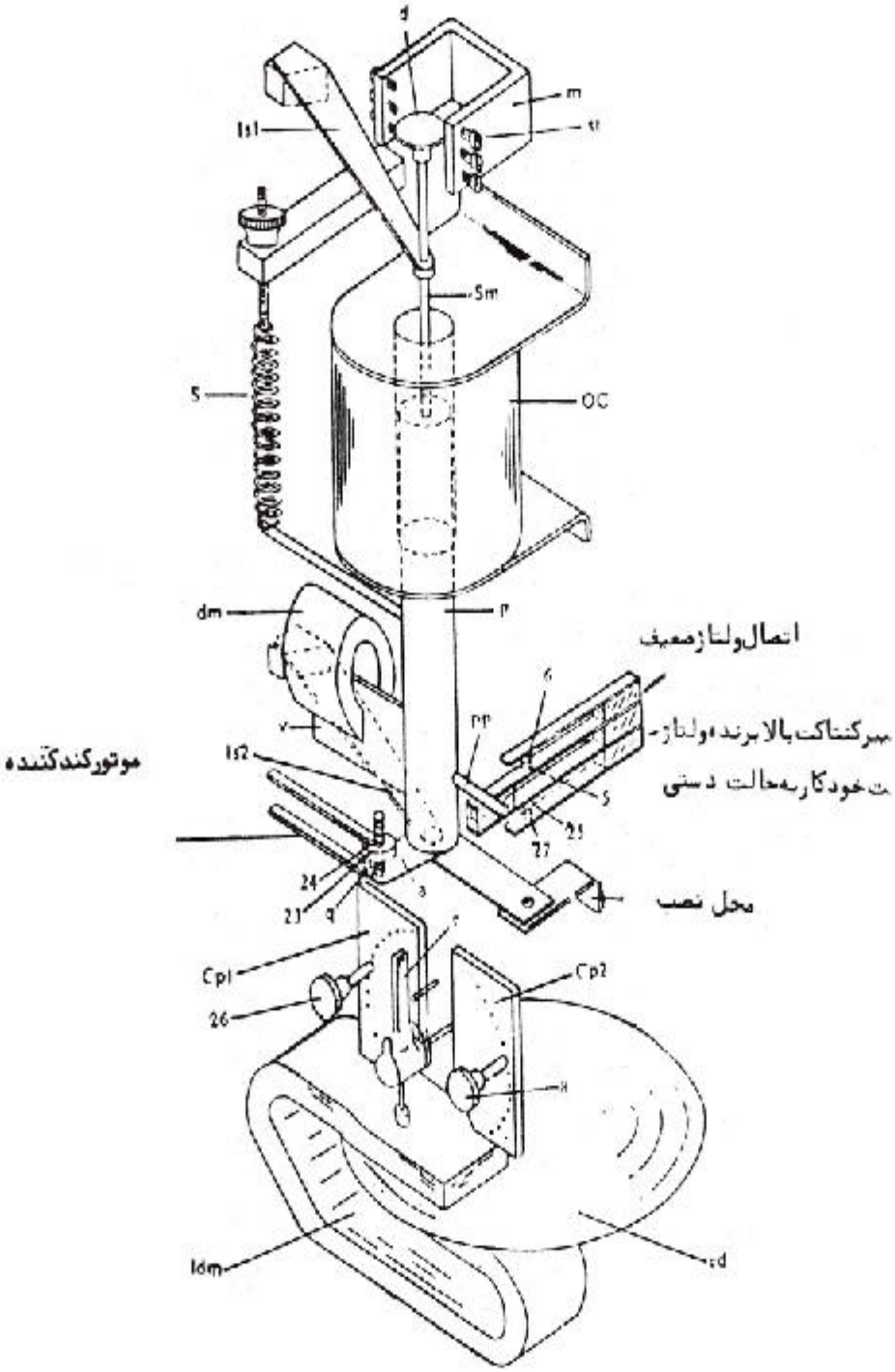
فرمان الکتریکی از فاصله اتوماتیک

ترتیبات تعویض کننده انشعاب بدین صورت غالبا به منظور داشتن ولتاژ ثابت در شبکه پذیرفته شده است در این حالت اجزای فرمان علاوه بر آن اجزائی که در فرمان الکتریکی دستی از فاصله شامل بوده مجهز به یک رله ولتمتری با ولتمتر بالانس یا تعادل نیز است عمل این رله به کمک یک رله زمانی تاخیر داده شده تا از پمپاژ در حالات تغییرات شدید و غیر مترقبه ولتاژ اجتناب شود.رله ولتمتری باید از طریق یک ترانسفورماتور ولتاژ تغذیه شود که اولیه آن با شبکه ای که ولتاژ آ« باید ثابت نگه داشته شود موازی شده است و این تشکیلات را شاید با اتصال وضمیمه نمودن یک کمپانساتور یاجبران کننده افت ولتاژ کامل نمود که امکان ثابت نگهداری مقدار ولتاژ را در فاصله معینی از ترانسفورماتور در حالی که بطور خود کار عمل جبران افت رابا تعقیب کردن جریان بار وافت ولتاژ در خط انجام دهد .شکل(۲۳-۳)اساس مدار یک فازه جبران در خط را نشان می دهد.



شکل(۲۳-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲۴-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در شکل(۲۴-۳) دیاگرام یک رله تنظیم ولتاژ مدل *AVE4* نمایش داده شده که در آن:

d:پیچ تغییر دهنده مواضع یا وضعیت ها

n:آهن ربای طبیعی پیچ تغییر مواضع

St:پیچ تغییر دهنده حساسیت

Ls1,Ls2:اهرم تنظیم کننده فشار فنر

:پیستون متحرکSm

S:فنر متعادل کننده

Oc:بوبین عمل کننده

Dm:مغناطیس میرا

p:پیستون متحرک

V:صفحه تنظیم میرایی

Pp:کنتاکت فرعی

5,6:کنتاکت های فشار ضعیف

25,27:کنتاکت های تغییر و تثبیت تنظیم کننده فشار

a:اهرم موتور تغییر دهنده

q:اهرم موتور فشار قوی

24:اهرم موتور فشار قوی

23:اهرم موتور تاخیر دهنده

Cp1,Cp2:صفحه کنتاکت های کاهنده وافزاینده

7:کنتاکت تنظیم کننده مرحله ای

26,8:پیچ های تنظیم کننده وتغییر دهنده

Ed:صفحه گردان

Idm:آهن ربای موتور القایی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشخصه های تعویض کننده انشعاب(تپ چنجرها)

سازندگان تپ چنجر در زیر بار دستگاه های با مشخصات معلوم ومشخص را می سازند.

از طرفی سازنده ترانسفورماتور باید تپ چنجری را انتخاب نماید که مناسب و مطابق آن بودهتا بر آن سوار شود.

بطور کلی مشخصاتی که یک تپ چنجر زیر بار را معین می کند به ترتیب زیر می باشند.

نوع دستگاه یک فازه یا سه فازه

جریان نامی که از آن می گذرد

تعداد پله ها(تپ ها)و نوع کار سلکتور فرعی

ولتاژ عایق بندی نسبت به زمین

ولتاژ هر پله(تپ)

ولتاژ عایق بندی میان اجزای فاز های مختلف

ولتاژ عایق بندی میان کنتاکت های مجاور هم سلکتور وسلکتور فرعی

ولتاژ عایق بندی میان کنتاکت های انتهایی سلکتور وسلکتور فرعی

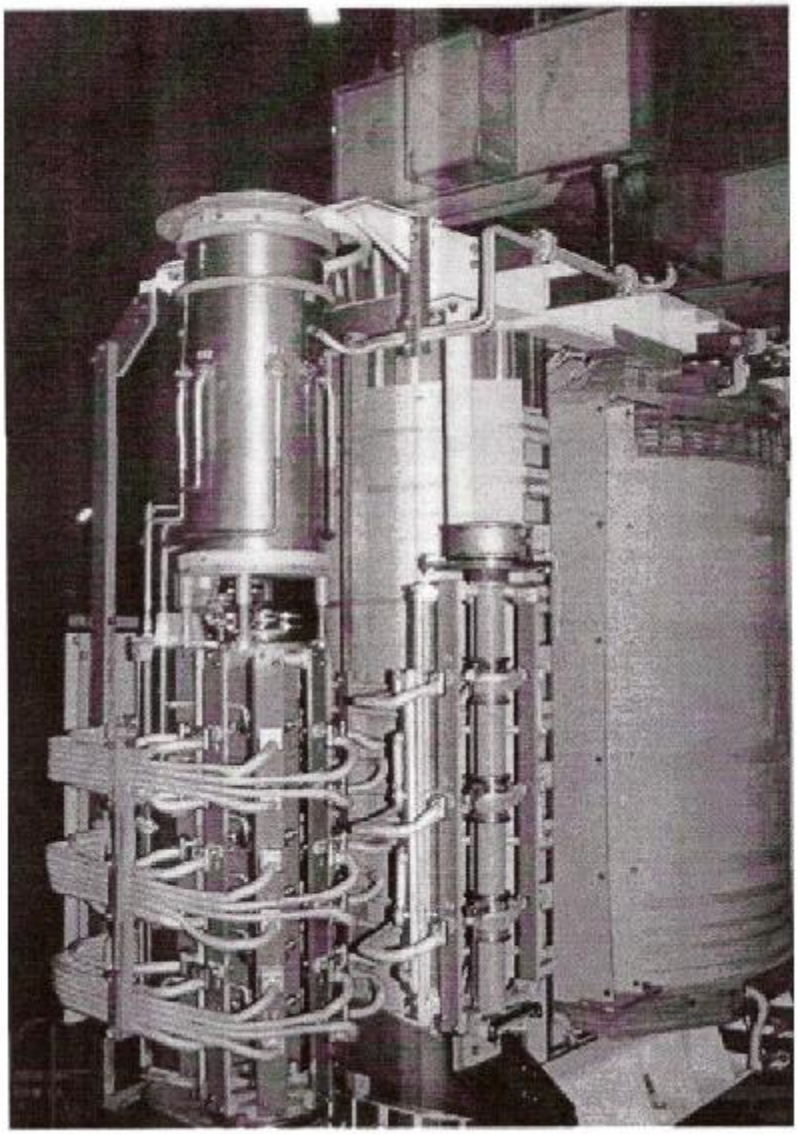
ولتاژ عایق بندی بین کنتاکت های کموتاتور در حالی که باز است

جریان اضافی مورد قبول در اتصال کوتاه

تعویض کننده انشعاب باید اضافه بار ترانسفورمری را که بر آن سوار است تحمل نمایدو در ضمن عمل کردن جریان های تا ۱/۱ و استثنائا ۱/۳ برابر جریان نامی را بتوانند عبور دهند.

تپ چنجر باید همواره به وسائل حفاظتی به خاطر امکان به وجود آمدن جریان های زیاد مجهز باشد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲۵-۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

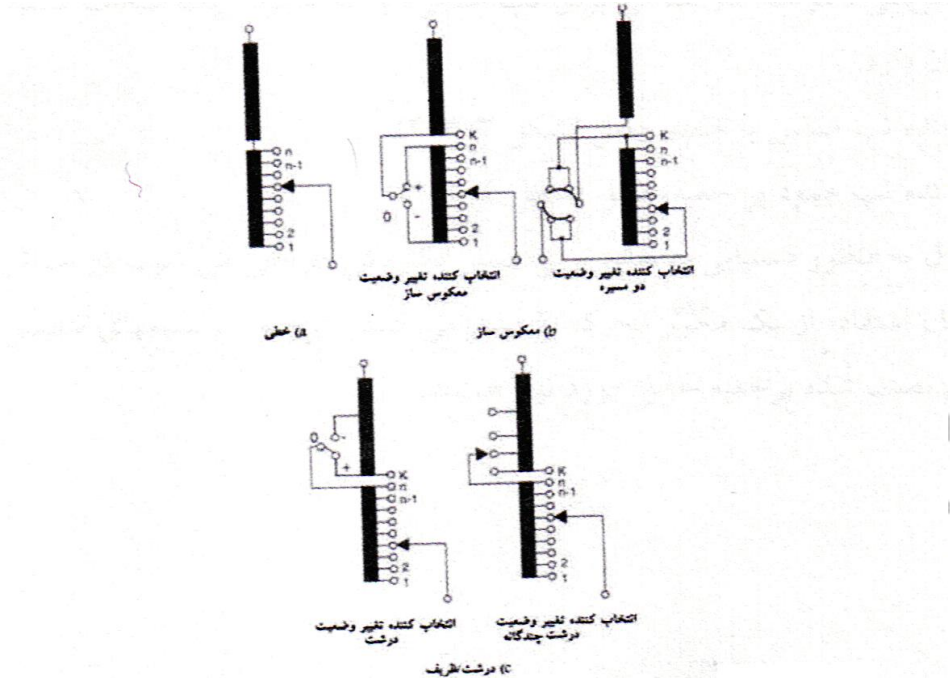
مدارات ترانسفورماتورهای تنظیم ولتاژ دارای تپ چنجر زیر بار

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اصول تنظیم ولتاژ

تغییر در نسبت ترانسفورماتور با افزودن یا کاستن تعداد دورها به سیم پیچ های اولیه یا ثانویه حاصل می گردد . سه طرح اتصال مختلف هماتگونه که در شکل (۱-۴) نشان داده شده اند برای تپ چنجر زیر بار به کار می رود . بسته به پارامترهای طراحی و سیستم ترانسفورماتور هر کدام از این طرحها قابل پیاده سازی هستند . در ترانسفورماتورهای قدرت ، طرح اتصال خطی___ ($1-4.a$) عموما برای تنظیم ولتاژ متوسط تا حداکثر ۲۰ درصد به کار می رود .



شکل(۱-۴)آرایش های اصولی سیم پیچ های تپ(دیاگرام های تک فاز)

همانگونه که در شکل ها $(1-4.b)$ و $(1-4.a)$ نشان داده شده است ، محدودیت تپ را می توان با استفاده از یک انتخاب کننده تغییر وضعیت تقریبا دو برابر کرد .

انتخاب کننده تغییر وضعیت معکوس ساز $(1-4.b)$ در سیم پیچی تپ امکان اتصال افزایش برداری (افزاینده) یا کاهش برداری (کاهنده) به سیم پیچی اصلی را مهیا می کند . به این ترتیب قابلیت افزایش محدوده تنظیم ولتاژ و یا کاهش تعداد تپ های سیم پیچ تپ فراهم می شود . در این موقعیت اگر سیم پیچ تپ در مدار باشد با حداقل تعداد دور های موثر ، تلفات مسی در ترانسفورماتور ماکزیمم خواهد بود . معمولا طرح دارای یک انتخاب کننده تغییر وضعیت معکوس ساز تک قطب استفاده می

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

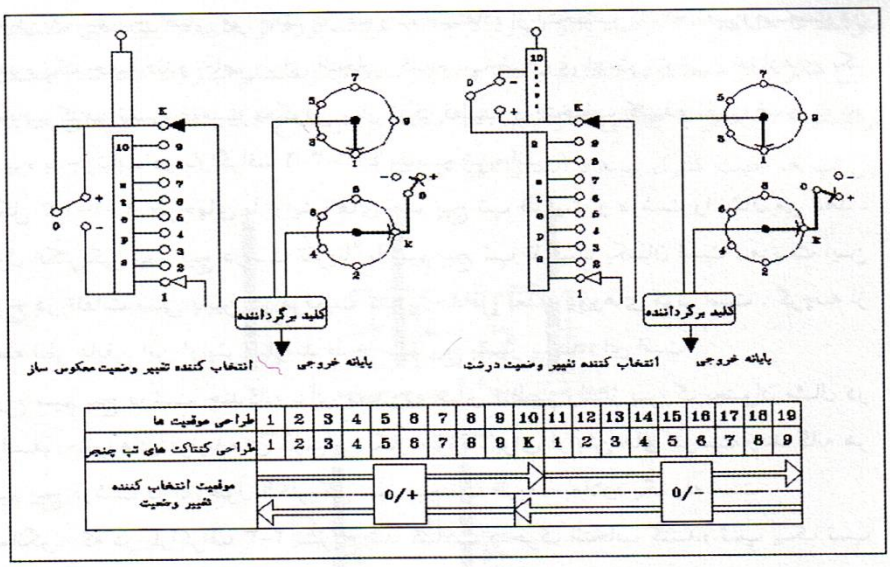
شود . برای ترانسفورماتورهای تک فاز بزرگ دارای تپ چنجر می توان از یک انتخاب کننده تغییر موقعیت دو مسیر نیز استفاده کرد . مزیت این طرح آن است که هنگام عمل کلید معکوس ساز ، سیم پیچ تپ متصل به سیم پیچ اصلی می ماند . در صورت استفاده از انتخاب کننده تغییر وضعیت دو مسیر یک جعبه دنده خاص برای انتخاب کننده تپ ضروری است .شکل (1−4.c) طرحهای با آرایشهای سیم پیچ تپ ظرفیت و درشت را نشان می دهد .

طول الکتریکی سیم پیچ تقریبا با سیم پیچ ظرفیت یکسان است . مزیت این طرح در تلفات مسی پایین در موقعیت تپ با حداقل تعداد دورهای موثر است . گر چه از نقطه نظر عایقی این آرایش نیازمند طرح سیم پیچ بسیار پیچیده ای است . طرح سیم پیچ درشت چندگانه برای محدوده های تنظیم ولتاژ بزرگ بعنوان مثال در ترانسفورماتورهای فرایند شیمیایی بکار می رود . برای آرایش های درشت چندگانه هر سیم پیچ درست دارای طول الکتریکی سیم پیچ تپ ظرفیت بعلاوه یک پله است . کنتاکت متحرک انتخاب کننده تپ یک تپ چنجر زیر بار با انتخاب کنند .

تغییر وضعیت هنگام جایجایی از یک موقعیت انتهایی به موقعیت انتهایی دیگر دو دور می چرخد . به این دلیل دایره کنتاکت همیشه بایستی مضربی از محدوده تپ های مورد نیاز باشد . این امر در مورد یک تپ چنجر زیر بار مقاومتی نشان داده شده است.

در این مثال در مورد انتخاب کننده تغییر وضعیت معکوس ساز ، ۱۹ موقعیت به معنای ۱۰ پله و در مورد انتخاب کننده تغییر وضعیت درشت ۹ پله به همراه یک سیم پیچ درشت با طول الکتریکی پله است در هر دو مورد نیاز به یک انتخاب کننده تپ با ۱۰ کنتاکت ثابت است . (۱۰ کنتاکت در هر فاز، ۵ کنتاکت زوج و ۵ کنتاکت فرد است) .(شکل (۲-۴)نشان دهنده این وضعیت می باشد)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۲-۴)دیاگرام مدار یک انتخاب کننده تغییر وضعیت درشت و معکوس ساز دارای ۱۹ موقعیت

به این دلیل برای هر تعداد ممکنی از موقعیت ها که مورد نیاز باشد ، تپ چنجر زیر بار نیاز به انواع مختلفی از تپ چنجرهای زیر بار خواهد بود .

این امر در تپ چنجرهای زیر بار مجزا نه تنها بر طرح انتخاب کننده و شکل هندسی چرخ و محور جنوا تاثیر خواهد گذاشت ، بلکه جعبه ترمینال یا جعبه انتخاب کننده نیز از آن تاثیر خواهد پذیرفت . به دلایل عملی و اقتصادی روش موقعیت های «گذر[1]» یا «گنگ[2]» معرفی شد . این روش امکان توزیع موقعیت های بدون استفاده را بین دو موقعیت انتهایی انتخاب کننده تپ فراهم می کند .

در صورتی که تعداد پله ها (تعداد موقعیت های مورد نیاز منهای یک) تقسیم بر ۲ منجر به عدد فرد می شود ، معمولا هیچ موقعیت گنگی نیاز نیست ، اما در صورتی که حاصل عدد زوجی باشد ، تپ چنجر زیر بار بایستی دو موقعیت گنگ داشته باشد .

انتخاب کننده تپ شامل دو دایره کنتاکت (زوج و فرد) با گامهای کنتاکت یکسان در هر فاز است . بنابراین هر دوی دوایر کنتاکت تعداد کنتاکت یکسانی دارند ، که منجر به تعداد زوجی از کنتاکت ها می شود . هنگام حرکت از یک موقعیت انتهایی به موقعیت دیگر ، یک کنتاکت وجود دارد (کنتاکت K

[1] .run-through
[2] .dummy

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یا موقعیت میانی) ، که فقط یکبار عمل می کند . به این ترتیب تعداد کنتاکتهایی که دوبار به کار انداخته می شوند (این تعداد متناظر با تعداد پله ها تقسیم بر دو است) بایستی عدد فردی باشد .

این محدودیت ها در کلیدهای انتخاب کننده داخل تانک اعمال نمی شوند ، زیرا آنها به ازای هر فاز فقط یک دایره کنتاکت دارند . اما به دلایل اقتصادی از دیاگرام های مداری یکسان پیروی می کند .

مدارات تنظیم ولتاژ

برای طراحی و استفاده از تپ چنجر ها در ترانسفورماتور ها از علائم زیر استفاده می شود.

s_n:توان سه فاز ترانسفورماتور

u_1:ولتاژ اولیه (فاز به فاز)

u_r:محدوده تنظیم ولتاژ(فاز به فاز)

$I_{\max}$:حداکثر جریان گذرنده تپ چنجر زیر بار

U_s:ولتاژ پله

U_{tv}:ولتاژ در امتداد سیم پیچ تپ

U_{cv} : ولتاژ در امتداد سیم پیچ درشت

M:تعداد پله های سیم پیچ تپ

حال به عنوان مثال برای سیم پیچ مثلث در یک ترانس که مجهز به تپ چنجر است نحوه ء محاسبه را بررسی می کنیم:

$U_{1main} \le U_1 \le U_{1\max}$ S_n = مقدار ثابت القاء=مقدار ثابت

$U_r = U_{1\max} - U_{1main}$ $I_{\max} = S_n / 3*U_{1main}$ $U_s = U_{tv} / M$

برای تنظیم خطی (تعداد دور پله ثابت): $U_{tv} = U_r$

برای تنظیم با انتخاب کننده تغییر وضعیت معکوس ساز:

در موقعیت میانی ۱: $U = U_r / 2 \times m / m-1$

در موقعیت میانی ۳: $U_{TV} = U_R / 2$

برای تنظیم با انتخاب کننده تغییر وضعیت درشت:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$U_{TV} = U_R / 2$$

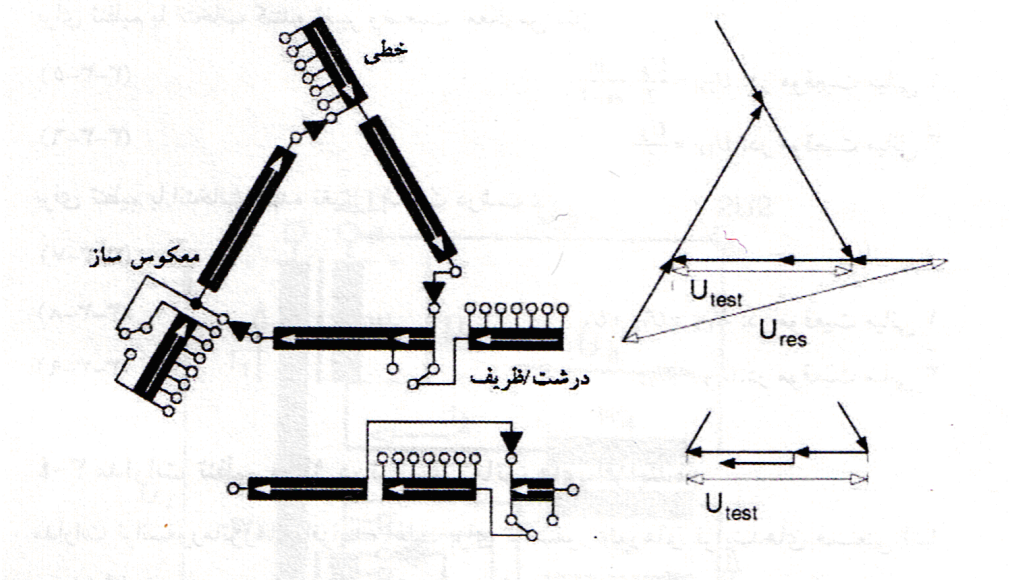
در موقعیت میانی ۱: $U_{cv} = U_{tv} + U_s$

در موقعیت میانی ۳: $U_{cv} = U_{tv}$

در شکل (۳-۴)نشان داده شده است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۳-۴)سیم پیچ های تپ دارای نوسان آزاد در آرایش های سیم پیچ های دارای اتصال مثلث حین آزمایش های عایقی(شکل نشان دهنده هر سه طرح اتصال در سیم پیچ های اتصال مثلث است)

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

انتخاب تپ چنجر زیر بار

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انتخاب تپ چنجر زیر بار

انتخاب تپ چنجر مناسب برای یک ترانسفورماتور یا هر کاربرد خاص دیگری ، با وجود اینکه تپ چنجر فقط قسمت کوچکی از کل هزینه تجهیزات را شامل می شود . بایستی با دقت انجام گیرد . تجربیات ۷۰ سال گذشته حاکی از آن است که تپ چنجر زیر بارها نقش مهمی در قابلیت اعتماد ترانسفورماتور ، یا هر وسیله دیگری که در آن استفاده می شوند ، دارند . در نتیجه بایستی یک تقسیم بندی بر اساس انواع موجود استاندارد شده تپ چنجر زیر بارها که به منظور مزایای خاصی بایستی انتخاب شوند ، انجام پذیرند . IEC60546 روشی جهت انتخاب روشی جهت انتخاب تپ چنجر زیر بار ارائه می دهد و به اکثر ویژگی هایی که به منظور انتخاب تپ چنجر بایستی مد نظر قرار بگیرند ، اشاره می کند . علاوه بر این IEC60546 حاوی لیستی از تمامی اطلاعاتی که جهت سفارش صحیح و انتخاب مناسب تپ چنجر زیر بار توسط سازنده ترانسفورماتور مورد نیاز می باشند ، است .

گرچه در مواردی خاص نظیر ترانسفورماتورهای جابه جا کننده فاز[1] یا ترانسفورماتورهای یکسو ساز HVDC اطلاعات مذکور کافی نمی باشد .

موارد زیر که به منظور انتخاب مناسب تپ چنجر زیر بار بایستی مورد توجه قرار گیرند ، از IEC60546 برداشته شده اند و همچنین برخی نکات دیگر نیز افزوده شده اند :

WikiPower.ir

سطوح عایقی :

تمام ولتاژهایی که در موقعیت های مختلف تپ های ترانسفوماتور ظاهر می شود ، بایستی نسبت به تنش های ولتاژهای مجازی که توسط سازنده تپ چنجر زیر بار گارانتی شده اند ، ارز- یابی شده باشند .

طبق استاندارد IEC60214 این ولتاژها عبارتند از :

۱)ولتاژهای عملکرد عادی فرکانسی سیستم که هنگام سرویس بر روی تپ چنجر زیر بار ظاهر می شوند .

۲)ولتاژ فرکانسی سیستم که هنگام آزمایشات ترانسفورماتور بر روی تپ چنجر زیر بار به وقوع می پیوندند .

[1] .phase shifting

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳)ولتاژهای ضربه که هنگام کار و یا هنگام آزمایشات بر روی تپ چنجر زیر بار اتفاق می افتد .

علاوه براین ، بایستی توجه نمود که با برخی آرایش های سیم پیچ ها (نظیر تنظیم ولتاژ انتهای خط در سیم پیچ های با اتصال مثلث و ...) اضافه ولتاژهای غیر عادی می تواند ظاهر شوند . که متأثر از نوع تنظیم ولتاژ (خطی ، درشت یا ریز یا معکوس ساز) می باشند .

اضافه ولتاژهای گذرای بسیار سریع (VFTO) در حین خطا و عملیات کلید زنی در شبکه ها به وقوع می پیوندند . منابع اضافه ولتاژ می تواند کلیدهای فشار قوی SF6 و کلید فشار متوسط خلاء و خطاهای نزدیک به ترانس و .. است .

چنین اضافه ولتاژهای علاوه بر تپ چنجر بر ترانسفورماتور تنش وارد می کنند . بنابراین استفاده کننده ترانسفورماتور بایستی به مسائل موجود در سیستم آگاهی داشته باشد و نیازهای شبکه را به طور واضح در شرایط بحرانی شبکه عنوان کند .

همچنین هنگام کاربرد تپ چنجر زیر بارهای سه فاز در انتهای خطوط ، ولتاژ به وجود آمده فاز به فاز تپ چنجر زیر بارها ممکن است دارای دامنه ای به اندازه دو برابر ولتاژ باقی مانده بر روی برقگیر باشد باشد که استفاده می شود .

جریان گذرنده نامی :

حداکثر جریان نامی گذرانده از تپ چنجر(I_{um}) نبایستی کمتر از ماکزیمم جریان سیم پیچ تپ ترانسفورماتور و تپ چنجر ($I_{\max}$) باشد .

جریان اضافه بار:

در ترانسفورماتورها و تپ چنجر که در حالت اضافه بارند باید بتوان ۱/۲ برابر حداکثر جریان نامی را تحمل کنند . تعداد تغییر تپ در هر دوره اضافه بار اتفاقی بایستی به تعداد عملکردهای مورد نیاز جهت حرکت از یک انتهای محدوده تپها تا انتهای دیگر محدود می گردد .

جریان اتصال کوتاه:

قابلیت استقامت تپ چنجر زیر بار در برابر هر جریان اتصال کوتاه خاصی نبایستی کمتر از جریان اتصال کوتاه حاصل از اضافه جریان ترانسفورماتور باشد . در مورد ترانسفورماتورهای افزاینده[1] و

[1] .booster

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

امپدانس پائین باید تدابیر خاصی صورت پذیرد . در برخی موارد اندازه جریان اتصال کوتاه می تواند مهمترین فاکتور در انتخاب تپ چنجر زیر بار باشد .

تپ چنجر زیر بار قابلیت حمل جریان اتصال کوتاه را دارد در حالیکه در شرایط اتصال کوتاه نمی تواند عملیات تغییر تپ را انجام دهد .

ظرفیت قطع :

جریان گذرنده نامی از جریان بالاترین تپ و حداکثر ولتاژ هر پله ترانسفورماتور بایستی با مقادیر حداکثر جریان گذرنده نامی و ولتاژ هر پله تپ چنجر زیر بار مطابقت داشته باشد . در اغلب موارد حداکثر جریان نامی گذرنده با ولتاژ پله ای (ولتاژ پله متناظر) کوچکتر از ماکزیمم ولتاژ پله ، می تواند اعمال شود .

در کاربردهای خاص ، نظیر ترانسفورماتورهای کوره ، ممکن است تپ چنجر زیر بار در طول دوره زمانی لحظه ای اضافه باری در حدود دو یا سه برابر ماکزیمم جریان پیوسته نامی ترانسفورماتور را حمل کند ، لذا تپ چنجر زیر بار بایستی با توجه به چنین مسائلی انتخاب شود .

تعداد موقعیت های تپ

انتخاب موقعیت های تپ در حال سرویس ، بایستی در محدوده استاندارد شده توسط سازنده تپ چنجر زیر بار صورت پذیرد .

با افزایش محدوده تپ ، تنش های ولتاژ بر روی سیم پیچی تپ در حین تست یا شرایط سرویس نیز ممکن است افزایش یابند . به ویژه در مورد ترانسفورماتورهای کوره یا یکسو ساز که به منظور تغذیه الکترولیت ها استفاده می شوند ، اغلب محدوده تغییر تپ گسترده ای ضروری است . اگر تپ چنجر زیر بار بر روی سیم پیچی با ولتاژ ثابت نصب شود ، تنش های ولتاژی که هنگام کار یا تست در موقعیت تپ پائین به وقوع می پیوندد بایستی به دقت مورد توجه قرار گیرند و پیش بینی های لازم صورت پذیرند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مسائل تخلیه با انتخاب کننده های تغییر وضعیت

عملکرد انتخاب کننده تغییر وضعیت در موقعیت میانی تپ چنجر زیر بار اتفاق می افتد . هنگام عملکرد ، جریان بار از طریق سیم پیچی جاری نمی شود . لذا سیم پیچی تپ به طور موقت از سیم پیچی اصلی ترانسفورماتور جدا می شود و پتانسیل سیم پیچی شناور می ماند . در چنین مواردی ، بین کنتاکتهای باز و بسته ، در حین عملکرد انتخابگر تغییر وضعیت تخلیه های جزئی به وقوع می پیوندد . به منظور اجتناب از مشکلات تنش های عایقی و تشکیل احتمال گازها و پیشگیری های ویژه ای ضروری می باشند .

عمر مکانیکی

در صوری که تعداد عملیات سالیانه از ۵۰/۰۰۰ بار تجاوز کند . عمر مکانیکی بایستی مورد توجه قرار گیرد . عمر مکانیکی تپ چنجر زیر بارهای پیشرفته معمولا در محدوده یک تا یک و نیم میلیون و یا حتی تعداد بیشتری عملکرد می شود .

مکانیزم موتور درایو

در صورتی که موتور درایو (تحریک کننده موتور) از سازنده دیگری غیر از سازنده تپ چنجر زیر بار خریداری شود ، مسئولیت مناسب بودن مکانیزم ارائه شده برای تمام وظایف ضروری بر عهده فروشنده می باشد .

آزمایشات خلاء و فشار

تپ چنجر زیر بارهای پیشرفته قابلیت استقامت در فرآیند تخلیه حین خشک کردن ترانسفورماتور (فاز بخار و گاز) را دارند . آزمایش فشار نیز بر روی تپ چنجر زیر بار انجام می گیرند .

در صورتی که نیاز به آزمایشات فشار یا تخلیه ویژه ای بر روی تپ چنجر زیر بار و ترانسفورماتور همراه باشد تمام اطلاعات مربوطه بایستی توسط سازنده تپ چنجر زیر بار تامین شود .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شرایط دمای کم

تپ چنجر زیر بارها بایستی با روغنی تحت دمای کمتر از ۲۵- درجه سیلسیوس کار کنند . عوامل مهمی نظیر چسبندگی ، نقطه ریزش و قابلیت به وجود آمدن قوس روغن در پایین ترین دمای مورد نیاز می باشند .

سطوح عایقی درونی و بیرونی

تنش ولتاژ بر روی فواصل عایقی و مواد عایقی تپ چنجر زیر بار از اطلاعات ترانسفور_ ماتور نظیر ولتاژ نامی سیستم ، محدوده تنظیم ولتاژ ، نحوه تنظیم ولتاژ (خطی ، درشت/ ظریف و معکوس ساز) ، نوع سیم پیچی (بعنوان مثال سیم پیچ دیسکی ، سیم پیچ استوانه ای ، سیم پیچ بو بینی ، سیم پیچ لایه ای) و نوع بافت سیم پیچ تعیین می شوند .

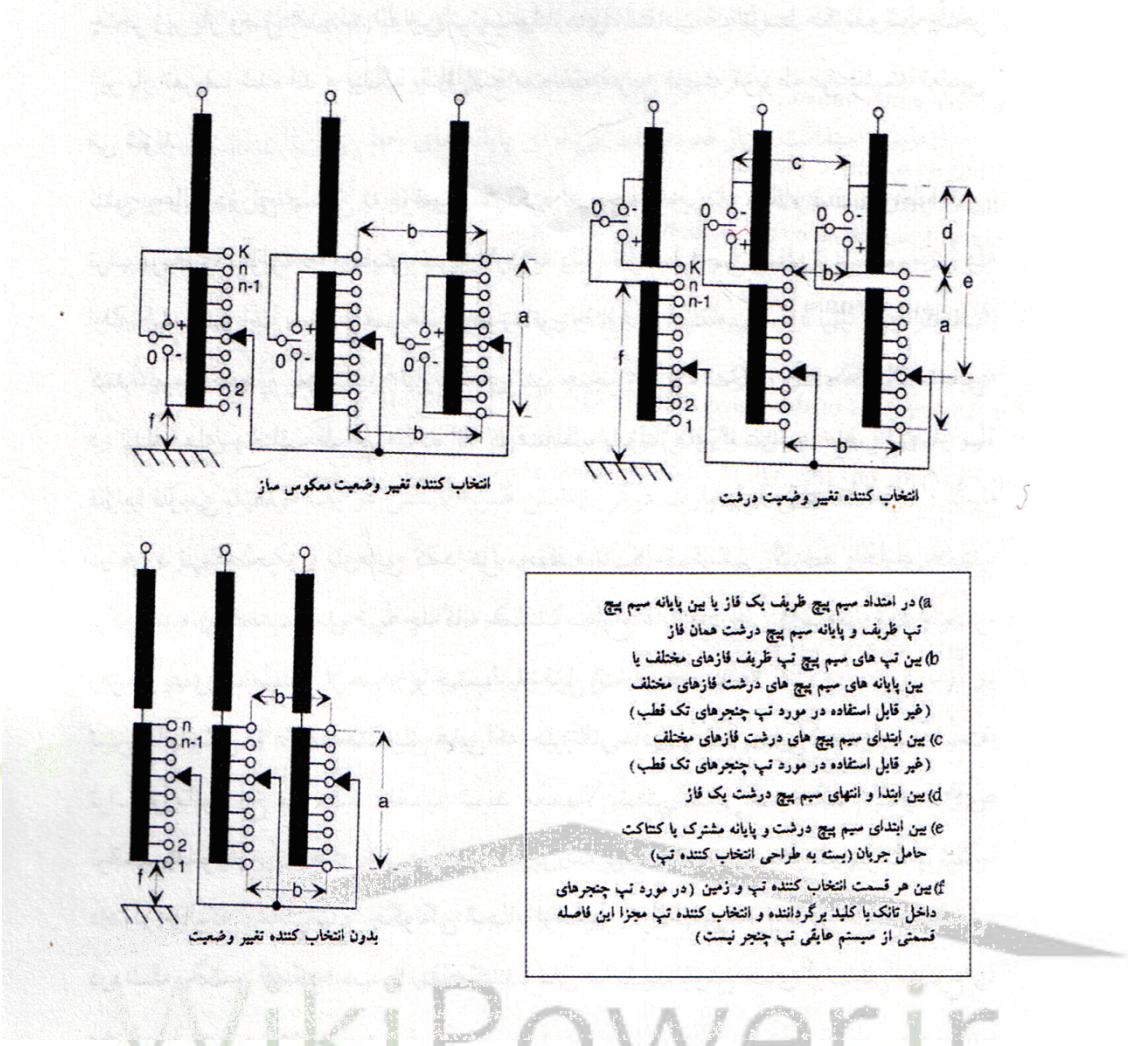
سطوح عایقی یک تب چنجر زیر بار به دو بخش عایقی دورنی و بیرونی تپ چنجر تقسیم می شود . ولتاژهای استقامت عایقی بیرونی توسط استانداردهای ملی و بین المللی و برحسب ماکزیمم ولتاژ تجهیزات ، U_m ، استاندارد می شوند . عایقی بیرونی بیانگر سیستم عایقی نسبت به زمین و سیسم عایقی بین فاز است که هر دو توسط U_m تعیین می شوند .

در مورد عایقی داخلی تپ چنجر استانداردی وجود ندارد . گرچه عایق درونی توسط ولتاژ استقامت نامی که بر اساس تنش های تجربی و حین آزمایش ترانسفورماتور مطابق با درجه بندی های مورد نیاز عمل ظاهر می شوند و تعیین می گردد .

تنش های ولتاژی که بر روی سیم پیچی تنظیم ولتاژ سه فاز ظاهر می شوند با شش فاصله عایقی ارزش قابل توصیف می باشند (که در شکل (۱-۵)نشان داده شده است).

این مقادیر را فواصل عایقی می نامند . این مقادیر بیانگر فواصل فیزیکی نمی باشد بلکه بیانگر ولتاژ استقامت قسمت مربوطه با عایق درونی تپ چنجر زیر بار می باشند که در اثر اختلاف ولتاژ روی سیم پیچ تپ تحت تنش قرار می گیرند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۱-۵)طرحهای تنش های ولتاژ ویژه بر روی سیم پیچ تپ

تنش بر عایق درونی بستگی به موقعیت عملکرد تپ چنجر زیر بار هنگام تست و طراحی ترانسفورماتور ، به ویژه در آزمایش ضربه دارد .

تنش ها به دو قسمت تنش هایی که حین کار عادی و تنش هایی که در حین تست ترانسفورماتور رخ می دهد ، تقسیم می شوند . تنش هایی که حین کار عادی ترانسفورماتور رخ می دهند را می توان از طریق استانداردهای معتبر برای تجهیزات پوشش داد .

در حالی که تنش های آزمایش در حال بحث و گفتگو است و استفاده کننده های مختلف روش های آزمایش متنوع و مختلفی ترجیح می دهند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آزمایشهایی که جهت بررسی تنش ها استفاده می شود با توجه به ولتاژ سیستم و چگونگی مراحل استاندارد زیر را پیشنهاد می دهد :

- آزمایش اعمال ولتاژ با فرکانس سیستم
- آزمایش اضافه ولتاژ القابی با فرکانس سیستم (کوتاه مدت)
- آزمایش اضافه ولتاژ القابی با فرکانس سیستم با اندازه گیری تخلیه جزئی
- آزمایش استقامت ولتاژ ضربه صاعقه تمام موج برای پایانه های خط
- آزمایش استقامت ولتاژ ضربه صاعقه بریده شده برای پایانه های خط
- آزمایش استقامت ولتاژ ضربه صاعقه تمام موج برای نوترال
- آزمایش استقامت ولتاژ ضربه کلیدزنی برای پایانه های خط

این آزمایش ها تنش های ولتاژ مختلفی بر عایقی ترانسفورماتور و تپ چنجر زیر بار به وجود می آورد .

آزمایش ضربه بایستی در یک موقعیت و یک لحظه برای هر سه فاز مجزا از ترانسفورماتور و یا سه ترانس تک فاز انجام گیرد .

در آزمایش اضافه ولتاژ القایی با فرکانس سیستم ولت بر دور بسته به موقعیت تپ چنجر تغییر می کند و باید توسط مشتری تعیین شود .

بالاترین تنش ها در عایق درونی تپ چنجر زیر بار هنگام آزمایشهای استقامت ضربه صاعقه با موج کامل یا موج بریده شده به خاطر غیر خطی بودن توزیع ولتاژ در امتداد سیم پیچ ها اتفاق می افتد . (موج صاعقه $1/2\!\!\diagup_{50}$ میکرو ثانیه) .

برای محدود کردن تنش های ولتاژی ضربه امروزه به طور گسترده از واریستورهای Zno در تپ چنجر استفاده می شود و با این قابلیت تپ چنجرها در سایز کوچکتری ساخته می شوند . ولی استفاده از وریستور تنش ولتاژ فرکانس سیستم را افزایش می دهد و اندازه انتخاب کننده تپ را محدود می کند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تنش های ولتاژ بر عایق داخلی تپ چنجر زیر بار حین آزمایش ضربه ترانسفورماتور به منظور داشتن استانداردی جهت مقایسه تنش ها بر فواصل عایقی مختلف در انتخاب کننده تپ ، نسبت تنش به صورت زیر تعریف می شود :

$$\text{نسبت تنش} = \frac{\text{تنش به صورت درصدی از ضربه ورودی}}{\text{محدوده تنظیم ولتاژ به صورت درصدی از ولتاژ نامی}}$$

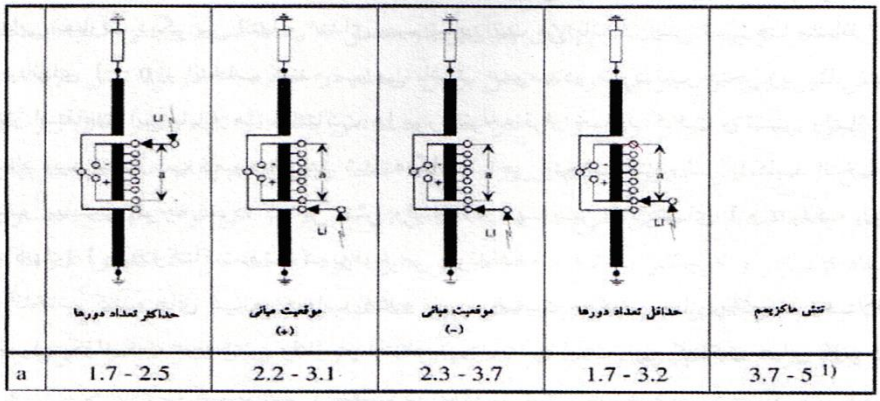
نسبت تنش برای فواصل عایقی مختلف در محدوده وسیعی تغییر می کند(به مثال شکل_ (۲-۵)نگاه کنید) . پراکندگی مقادیر تنش به خاطر تنوع و نوع آرایش سیم پیچ ها است . نسبت مستقیمی بین نسبت های تنش و توان ظاهری یا ولتاژ نامی ترانسفورماتور وجود ندارد . در حالت کلی ، می توان اذعان داشت که با افزایش مقادیر نامی ترانسفورماتور ، نسبت تنش کاهش خواهد یافت .

بنابراین با توجه به کلیدزنی در تپ چنجر سیستم عایقی آن نمی توانند مانند ترانسفورماتور باشد . فواصل عایقی مختلف تپ چنجر زیر بار در هر مورد از اتصال موازی سه عایق میانی زیر تشکیل می شود :

- روغن خالص یا قواصل عایقی مایع
- فاصله عایقی در امتداد یک عایق مرزی جامد – مایع
- فواصل عایقی با جامد خالص

طرح و ابعاد و فواصل عایقی خالص به همراه ترکیب هندسی انتخاب کننده تپ و انتخاب کننده تغییر وضعیت با در نظر گفتن مکانیزم طراحی ، هماهنگی عایقی را تشکیل می دهند .

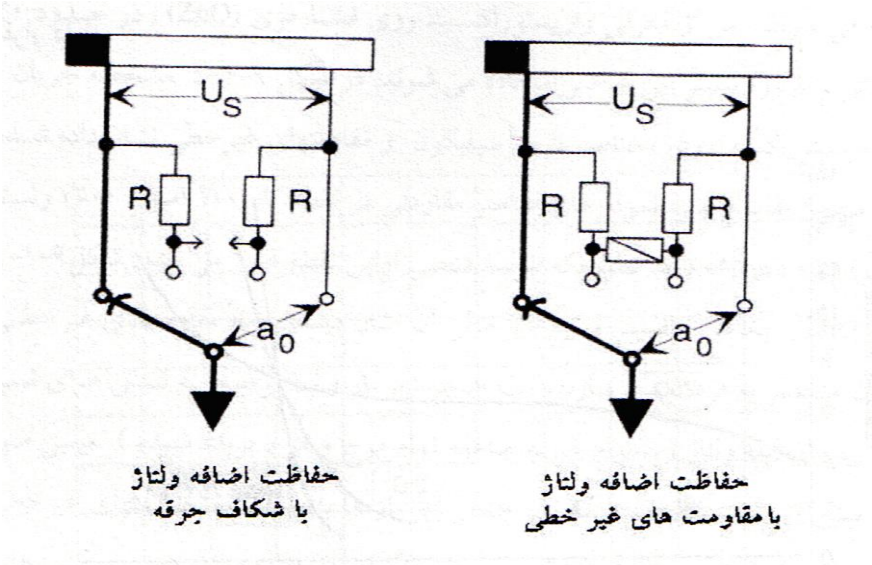
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



a	1.7 - 2.5	2.2 - 3.1	2.3 - 3.7	1.7 - 3.2	3.7 - 5 [1)]

شکل (۲-۵)نسبت تنش در حین تست ضربه یک ترانسفورماتور با تنظیم ولتاژ دارای انتخاب کننده تغییر وضعیت معکوس ساز در نقطه مشترک اتو ترانسفورماتور

در شکل(۳-۵) دو روش اصولی ممکن جهت حفاظت اضافه ولتاژ در کلید برگرداننده را نشان می دهد .ولتاژ هایی را که عایق را تحت تنش قرار می دهند را می توان با استفاده از شکاف های جرقه و همینطور مقاومت های غیر خطی محدود نمود.این تجهیزات در کلید برگرداننده نصب می شوند و به صورت سری با مقاومت های انتقالی وصل می شوند.



شکل (۳-۵)تجهیزات حفاظتی اضافه ولتاژ

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

کاربرد های خاص تپ چنجر های زیر بار

WikiPower.ir

کاربردهای خاص

تپ چنجرهای زیر بار به چندین نوع مختلف ساخته می شود ، به ویژه در تپ چنجرهای زیر بار داخل تانک ، هر تپ چنجر بر اساس یک سیستم طبقه بندی می شده که متغییرهای مختلف زیادی ، به منظور دستیابی به بالاترین قابلیت اعتماد و بهترین شرایط اقتصادی در نظر گرفته می شوند ، ساخته می شوند . انواع مختلف تپ چنجرهای زیربار از ترکیب ملزومات مختلف حاصل می شوند نظیر : سطوح عایق درونی ، سطوح عایق بیرونی و تعداد موقعیتهای عملکرد و ... است .

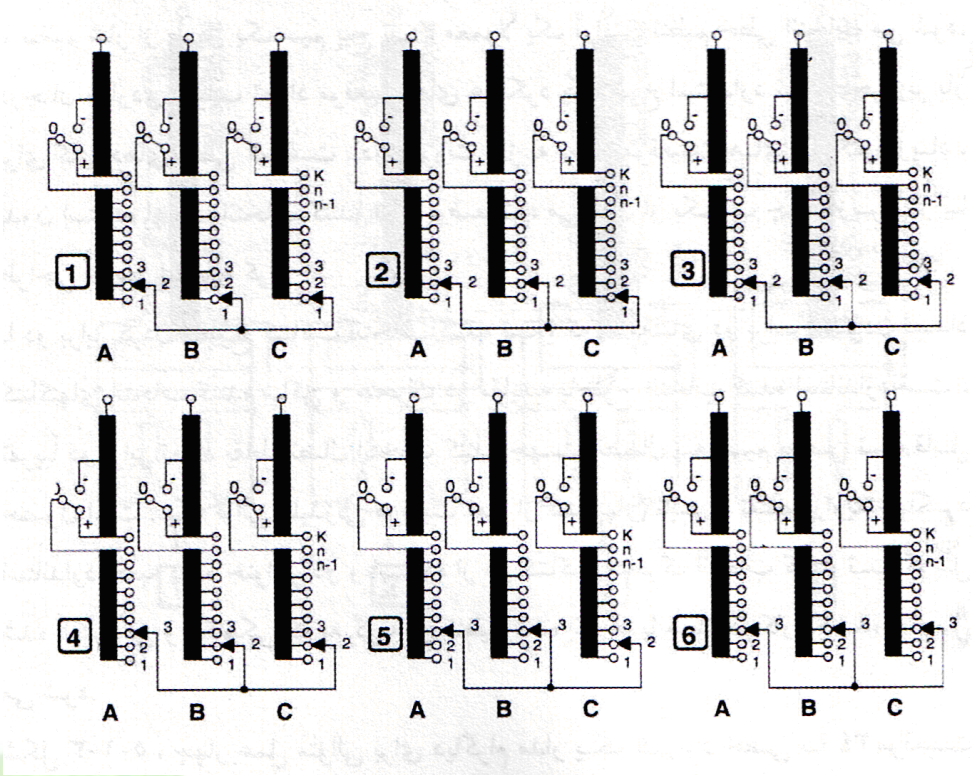
مزیت چنین طبقه بندی آنست که امکان ساخت انواع خاص تپ چنجرهای زیر بار را با مازاد قیمت کمتر و همان قابلیت اعتماد بالا ، نظیر تپ چنجرهای زیر بار استاندارد فراهم می سازد

توالی کلید زنی A – B – C

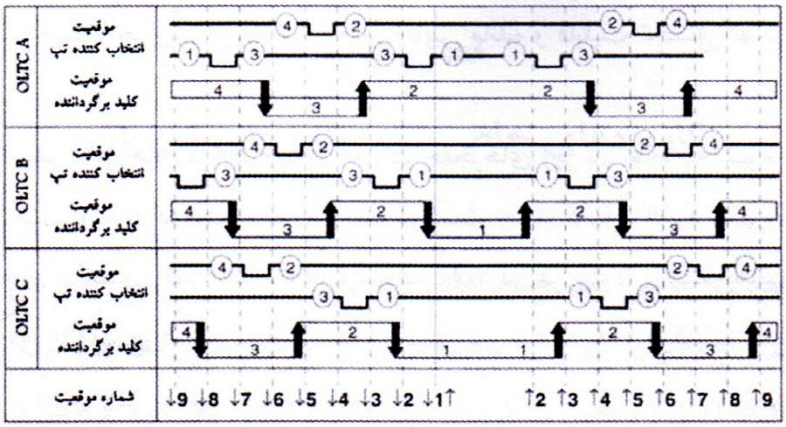
توالی کلید زنی A – B – C در ترانسفورماتورهای یکسو ساز با یک سیستم باس بار مشترک کار می کنند به کار می رود . این سیستم تنظیم ولتاژ DC بسیار خوبی ، که به ویژه در ترانسفورماتورهای فرایند شیمیایی به کار می روند ، فراهم می کند .

جهت درک توالی کلید زنی A – B – C مجموعه ای شامل سه تپ چنجر زیر بار تک قطب (طرح استاندارد) نیاز است . اعمال چنین توالی تنظیمی ، هزینه ای بر هزینه های ساخت یک سیم پیچ تپ اضافه نمی کند . بر خلاف آرایش های استاندارد، این تپ چنجرهای زیر بار بایستی یکی پس از دیگری کار کنند . این نوع عملکرد با استفاده C, B, A تپ چنجر زیر بار حاصل می شود . تعداد موقعیت های حاصل سه برابر یک تپ چنجر زیر بار منفرد است .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱-۶)توالی عملکرد سه تپ چنجر زیر بار تک قطب از ۱ تا ۶ با توالی کلید زنی $A-B-C$ (دیاگرام مدار)



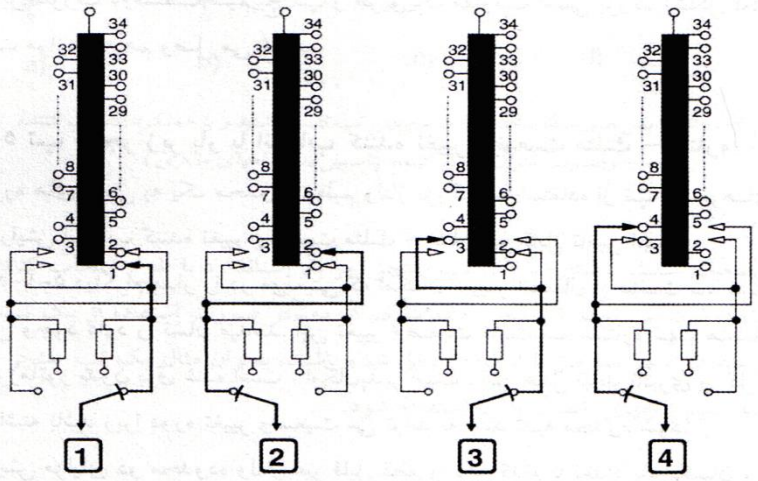
شکل (۲-۶)نحوه عملکرد کلیدوانتخاب کننده

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تپ چنجرهای زیر بار برای کاربردهای خطی

تنظیم ولتاژ خطی مزایای خاص فراوانی برای اندازه های خاص ترانسفورماتورهای تک فاز و سه فاز در کاربردهای کوره به همراه دارد . در صورت استفاده از ترانسفورماتوری با تنظیم شار از طریق یک سیم پیچ تپ ، معمولا یک آرایش تنظیم خطی انتخاب می شود . که تعداد عملکرد تپ چنجر برای کاربردهای خطی کم است .

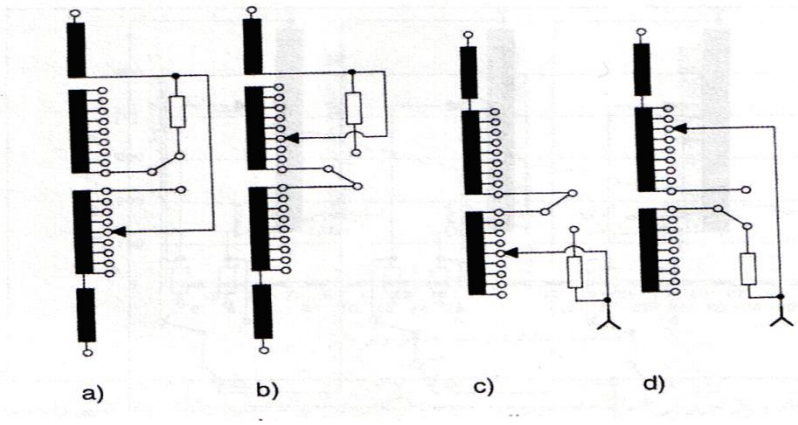
بسته به طول آرایش سیم پیچ خطی ، تنش های بسیار بالایی در سیم پیچ تپ و نتیجتاً تپ چنجر زیر بار ممکن است به وجود آیند . لذا به تحمل عایقی بیشتری نیاز می باشد با محاسبه تخمینی سیم پیچ تپ را می توان به دو قسمت تقسیم کرد که هر قسمت به طور جداگانه می تواند به یک پتانسیل ثابت ، به منظور جلوگیری از نوسان آزاد انتهایش ، متصل شوند .(نمونه مداری تپ چنجر خطی در شکل های (۳-۶)و(۴-۶)مشاهده می کنید.)



شکل(۳-۶)چهار عمل متوالی برای دیاگرام مدار یک کاربرد خطی

۳۴موقعیت عملکرد،بر اساس طرح انتخاب کننده استاندارد ۱۸ موقعیتی(دیاگرام مدار)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



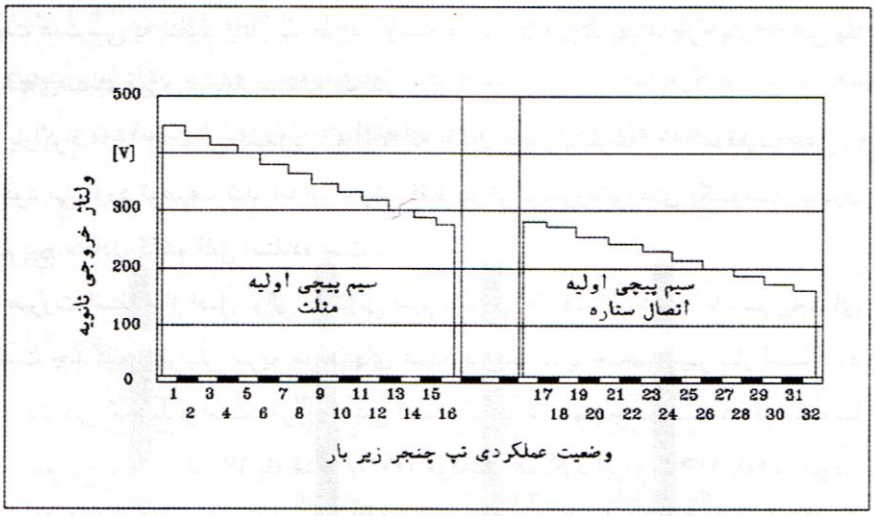
شکل(۴-۶)ارایش های تنظیم خطی با سیم پیچی تپ تقسیم شده وبا عملکرد انتخاب کننده تغییر وضعیت به عنوان متصل کننده پتانسیل(دیاگرام های مداری)

تپ چنجر زیر بار با انتخاب کننده تغییر وضعیت مثلث – ستاره

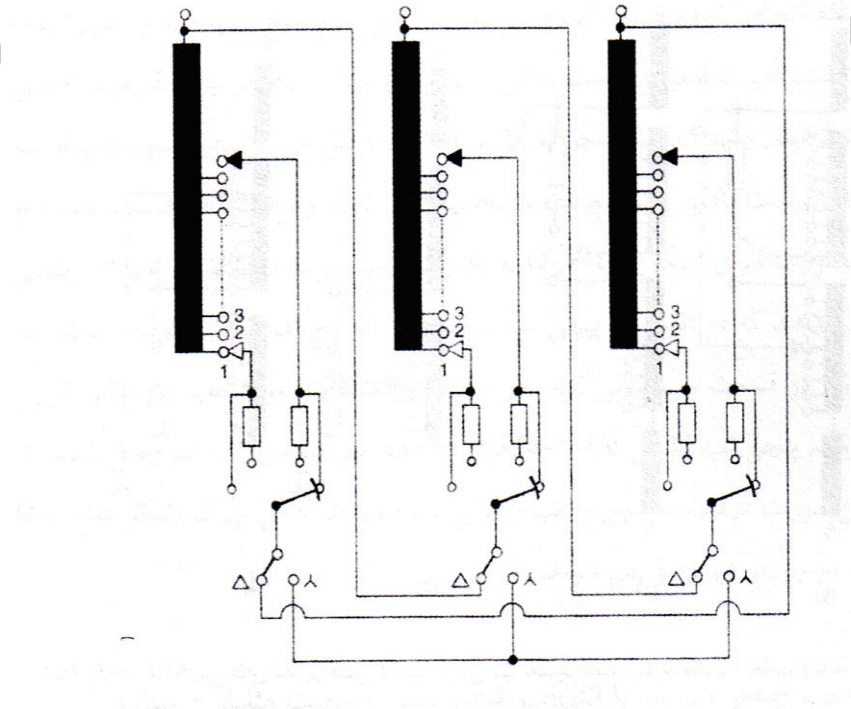
نیاز کوره های قوس به یک محدوده تنظیم ولتاژ بزرگ ، با استفاده از تپ چنجرهای زیر بار با آرایش انتخاب کننده تغییر وضعیت مثلث – ستاره نیز قابل تامین است که در این نوع ترانسفورماتورها تغییر وضعیت مثلث به ستاره تنها هنگامی که ترانسفورماتور بی برق شده است ، امکان پذیراست . این عمل نباید تاثیری بر کل فرایند کوره داشته باشد زیرا دوره تغییر وضعیت می تواند به چند ثانیه محدود شود .

معمولاً انتخاب کننده تغییر وضعیت درشت ، به دلیل قابلیت عایقی بهبود یافته آن در مقایسه با انتخاب کننده های تغییر وضعیت معکوس ساز و همچنین به خاطر مدارش مورد استفاده قرار می گیرد . مکانیزم تحریک موتور باید با مدار شکن ترانسفورماتور طوری اینترلاک شود که عمل تغییر وضعیت مثلث به ستاره فقط با قطع ترانسفورماتور از منبع تغذیه متاثر شود .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۵-۶)ولتاژ خروجی ثانویه ترانسفور ماتور کوره ۳۵مگا ولت امپر با تنظیم ولتاژ توسط تغییر وضعیت دهنده ستاره –مثلث در سیم پیچ ثانویه



شکل(۶-۶)تپ چنجر زیر بار با انتخاب کننده تغییر وضعیت مثلث–ستاره در موقعیت میانی(مدار شکن ها باید در موقعیت " *OFF* "،در این موقعیت تپ چنجر زیر بار باشند)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آرایش های سیم پیچی تپ درشت / ظریف چندگانه

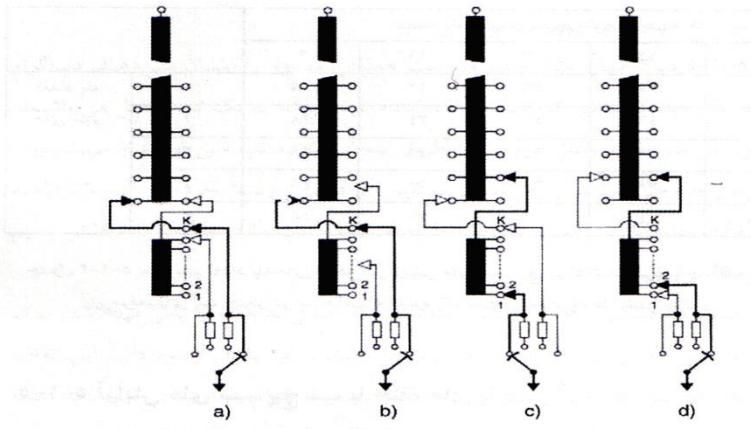
در مواردی که تعداد زیادی موقعیت عملکرد (بیش از ۴۰ موقعیت) نیاز است ، به عنوان مثال جهت دسترسی به تنظیم ولتاژ پله ظریف وسیع در کنترل فرایند بهینه ، طرحهای خاص یا روشهای تنظیم ویژه ای باید استفاده شوند .

در توالی کلید زنی A – B – C امکان حصول تقریبا ۱۰۰ موقعیت عمل را به وجود می آورد . اما این روش فقط در ترانسفورماتورهای یکسوساز بدون سیم پیچ متعادل کننده قابل استفاده است . در صورت استفاده از اصل توالی کلید زنی سیم پیچ تپ ظریف / درشت ، با سیم پیچ های درشت چندگانه افزایش سریع موقعیت های عملکرد یک تپ چنجر زیر بار استاندارد به صورت فنی امکان پذیر است . امروزه چنین آرایش هایی با ۵ سیم پیچ درشت در ترکیب با یک سیم پیچ یک ظریف ۱۷ پله منجر به ۱۰۷ موقعیت عملکرد (برابر با ۱۰۶ پله) می شود .

در حین حالت تعداد پله را n و تعداد پله های سیم پیچ درشت n2 و تعداد پله های سیم پیچ ظریف n1 قرار می دهیم پس تعداد کل پله برابر است با :

$$N = (n1 + 1)\ (n2 + 1) - 2$$

WikiPower.ir



شکل (۷-۶)تپ چنجر زیر بار با تغییر وضعیت درشت چند گانه در چهار موقعیتبا عملکرد انتخاب کننده های تغییر وضعیت(دیاگرام های مدار)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

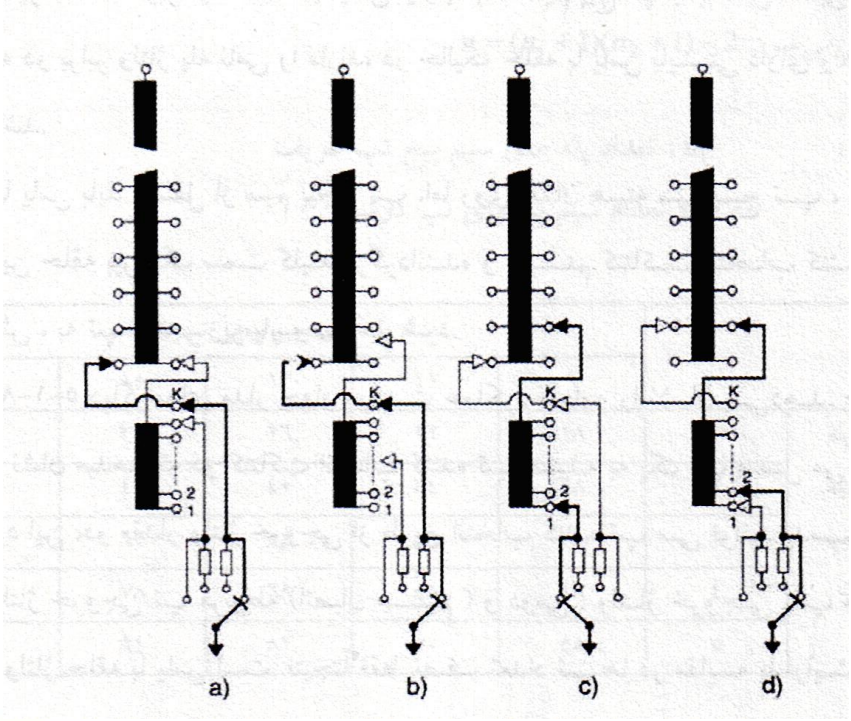
آرایش سیم پیچ تپ با حلقه های بایاس

در طراحی ترانسفورماتورهای ولتاژ که به کمترین تعداد ممکن تپ در سیم پیچی تپ نیاز دارند ، می توان از آرایش خاصی برای سیم پیچی تپ به همراه یک سیم پیچ با حلقه های بایاس یا سیم پیچ احساسی استفاده کرد . گر چه استفاده از حلقه های بایاس تنها در صورتی که توزیع ولتاژ در امتداد تپ های سیم پیچ تقریبا خطی باشد امکانپذیر است .

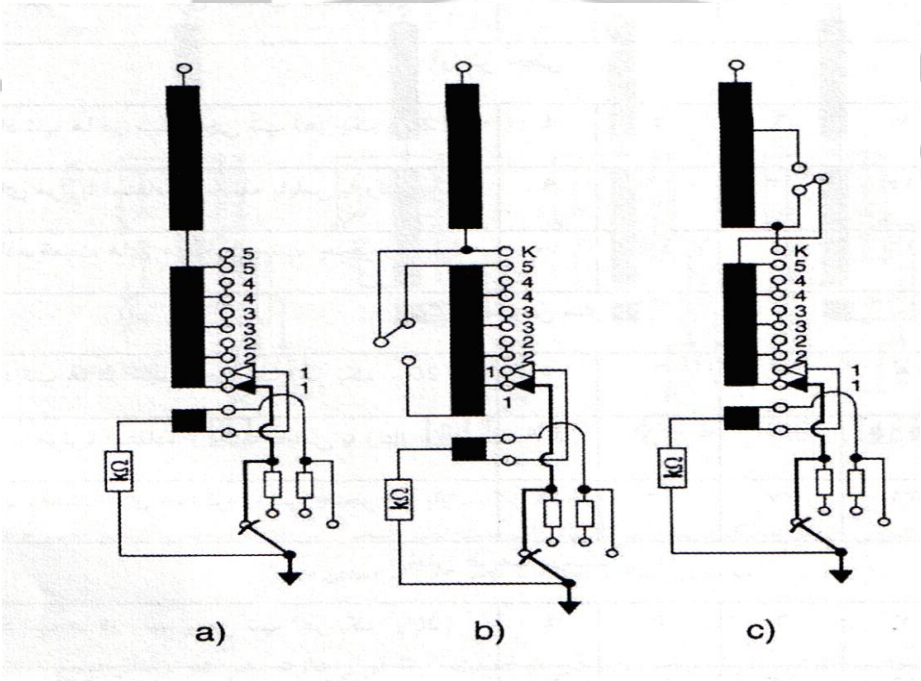
حلقه بایاس مستقل باید مستقل از سیم پیچ تپ اما بر روی آن پیچیده شود . این حلقه بین یک سمت کلید برگرداننده و سیستم کنتاکت انتخاب کننده تپ متناظرش ، به تپ چنجر زیر بار وصل می شود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۸-۶)توالی چهار عملکرد یک تپ چنجر زیر بار با حلقه بایاس(دیاگرام مدار)



شکل(۹-۶)دیاگرام مدار تپ چنجر زیر بار با حلقه بایاس با طرحهای تنظیم مختلف

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترانسفورماتور جابه جا کننده فاز با تپ چنجر

شبکه های بهم پیوسته بزرگ قابلیت اعتماد یک سیستم قدرت را تقویت می کنند . با این وجود ، برای کنترل انتقال توان در حالت ماندگار بین قسمتهای خاص یا اجزای چنین سیستمی ، ممکن است مسائل پیچیده ای به وجود آیند .

قابلیت اعتماد یا پایداری شبکه می تواند با خصوصیات مختلف سیستم مشوش گردد . عوامل اصلی ، امپدانسهای مختلف مسیرهای موازی شبکه قدرت ، ضریب توان و تغییرات توان تولیدی خروجی و مصرف توان متغییر می باشند .

جریان در خط بر حسب نسبت های X/R توزیع می شود اما این امر ممکن است بر خلاف عملکرد کارآمد سیستم ، ملزومات قراردادی یا ملزومات قانونی ، یا انتقال توان مورد نظر به منظور سودمالی باشد .

با استفاده از ترانسفوماتورهای جا به جا کننده فاز (PSTS) ، که تنظیم کننده های زاویه فاز نیز نامیده می شوند ، می توان مسائل انتقال توان از مسیرهای انتقال موازی و تغییرات ولتاژ سیستم را با کنترل توان حقیقی مدیریت نمود . تغییرات ولتاژ با فاز ثابت ، توان راکتیو انتقالی از یک خط را کنترل می کند ، در حالیکه تغییرات زاویه فاز توان اکتیو انتقالی را کنترل می کند .

ترانسفورماتورهای جابه جا کننده فاز به منظور جابه جایی زاویه فاز منفصل ، یا جابه جایی زاویه فاز متغییر پیوسته ، یا ترکیبی از هر دو ساخته می شوند . برخی طراحی ها علاوه بر کنترل فاز قابلیت کنترل دامنه را نیز دارند . این ترانسفورماتورها را می توان با ساختارهای سیم پیچی مختلف بسیار زیادی ساخت .

جابه جا کننده های زاویه فاز منفصل به طور طبیعی تنظیم هایی برای یک مقدار زاویه ثابت مثبت یا منفی و صفر تامین می کنند . در صورت نیاز به یک شیفت فاز متغیر ، یک تپ چنجر زیر بار نیاز است . که این تپ چنجر زیر بار هر زاویه مورد نظری را می تواند کنترل کند .

نیاز به جابه جایی فاز پیش فاز یا پس فاز بستگی به موقعیت PST دارد . کاربرد مهم دیگری از PST در خطوط انتقال با دو شبکه مستقل که فقط از طریق یک خط به هم متصل شده اند است . PST ها ایده آل نمی باشند ، لذا دارای یک امپدانس می باشند که با شیفت فازی تغییر می کند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

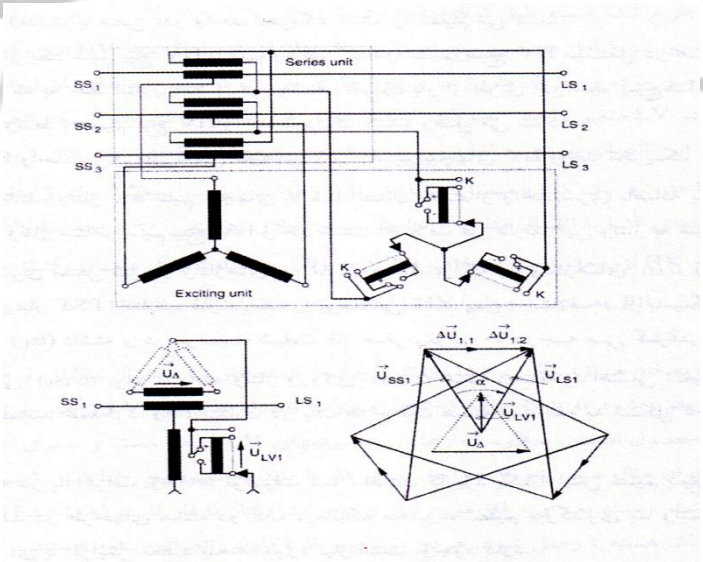
عموما امپدانس در شیفت فاز صفر به مینیمم مقدارش می رسد و با افزایش شیفت فاز ، افزایش می یابد .

همچنین PST ها می توانند در طرحهای تک هسته یا دو هسته به کار روند . که در طرح تک هسته می توانند مجهز به کلیدهای ARS که کلیدهای پیشین پسین نامیده می شوند استفاده می شود . امپدانس گذر یک PST در طرح تک هسته در موقعیت فاز صفر درجه صفر است .

و در طرح دو هسته که از یک هسته واحد سری و یک واحد تحریک کننده که بر روی دو هسته مجزاء قرار گرفته اند ، تشکیل می شوند .

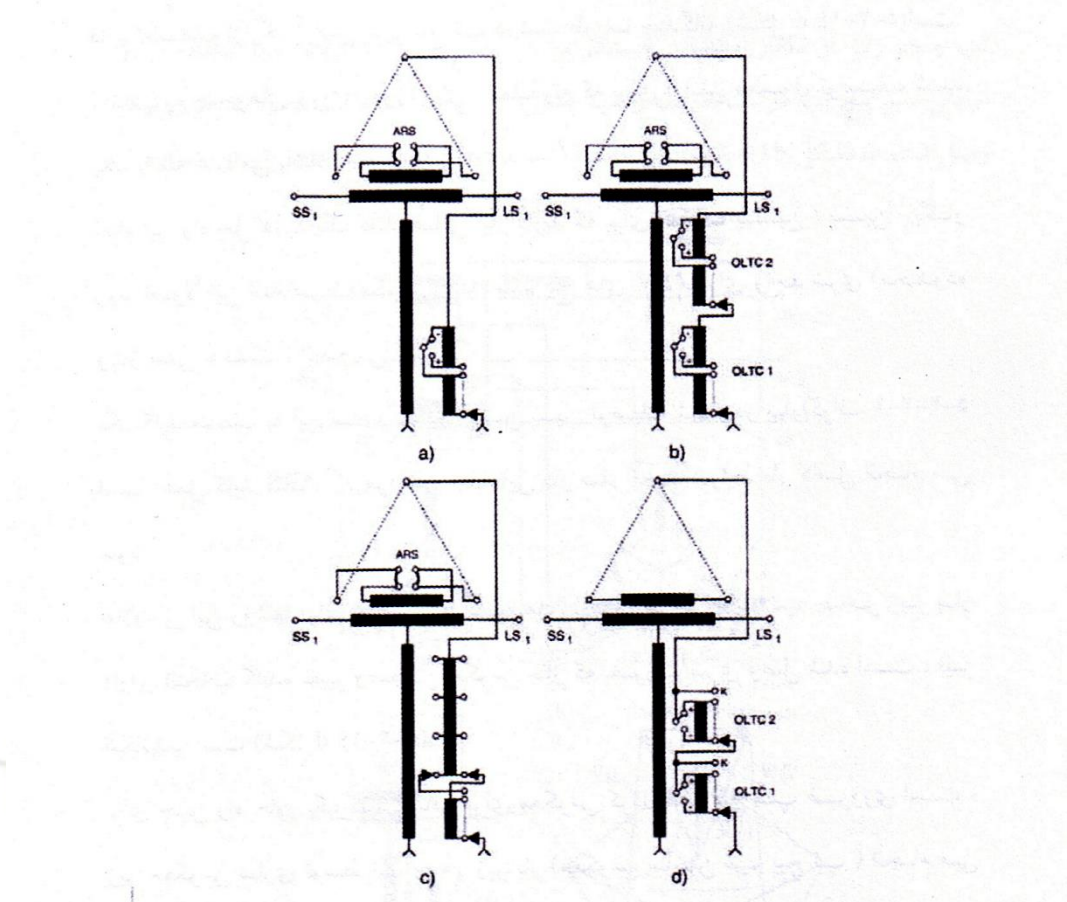
در هر دو طرح می توان تعداد کلیدزنی و پیچیدگی مدار را افزایش داد و اقبلیت کنترل نیز افزایش می یابد و با این کار می توان دقیقتر عمل کرد .

علاوه بر این می توان تغییر فاز و دامنه را نیز با تپ چنجر زیر بار در یک PST انجام داد گر چه این دو مشخصه موجب گرانتر شدن ترانسفورماتور می شوند . که برای جلوگیری از هزینه زیاد به همراه PST یک اتوترانس استفاده می شود .

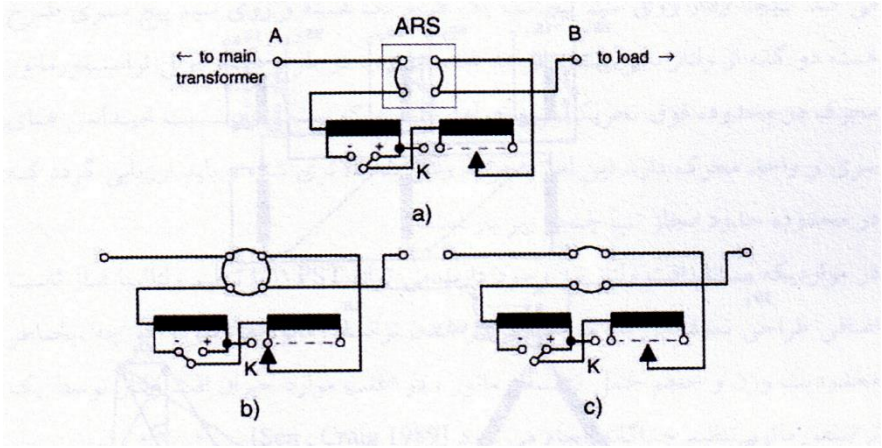


شکل(۱۰-۶)دیاگرام مدار، اتصال سیم پیچهاو دیاگرام فازوری یک پوستر تعامدی ستاره با هسته دو گانه

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۱-۶)اتصال سیم پیچ های تپ چنجر زیر بار با انتخاب کننده های تغییر وضعیت معکوس ساز یا درشت به منظور تعداد پله های ممکن در یک *PST*



شکل (۱۲-۶)اصول عملکرد یک تپ چنجر زیر بار با انتخاب کننده تغییر وضعیت در سمت ویک کلید پیشین پسین (*ARS*)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

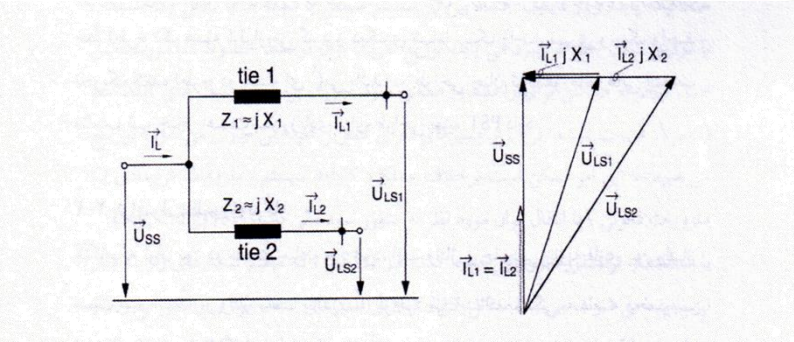
اصول تنظیم زاویه فاز

هنگامی که توان بین دو سیستم مبادله می شود ، افت ولتاژ وجابجایی زاویه فاز بین ولتاژ سمت منبع (U_{ss})و ولتاژ سمت باز (U_{LS}) به وجود می آید، که بستگی به دامنه و ضریب توان جریان دارد.اگر به عنوان مثال دو مسیر موازی زیر به هم متصلند را در نظر بگیریم هر اختلاف در امپدانس های دو مسیر منجر به اختلاف باری در دو خط خواهد شد.

اگر دو خط دارای امپدانس های مساوی باشندداریم:

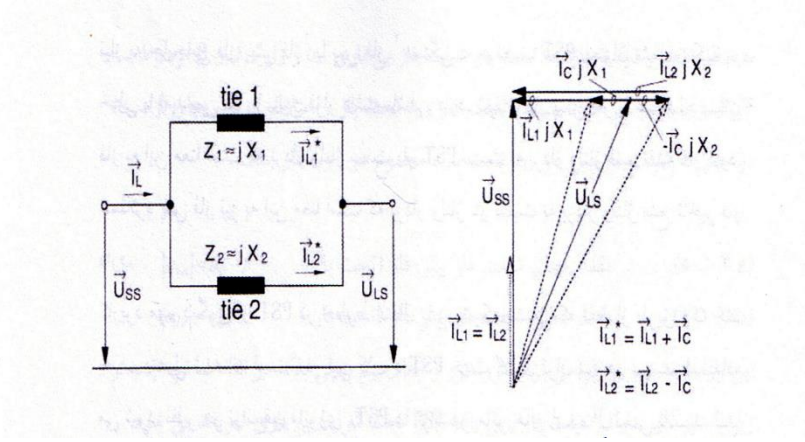
$$\vec{I}_{l2} = \vec{I}_{l1} = (1/2) \times \vec{I}_{l} \longleftarrow Z_{2=JX_2} \text{ و } z_{1=jX_1}$$

حال اگر امپدانس های دو خط (Z_2 و Z_1)متفاوت باشند،دامنه و زاویه فاز ولتاژ های بار $\vec{U}_{LS1}$ و $\vec{U}_{LS2}$متفاوت خواهند بود. واین باث ایجاد یک جریان گردشی در شبکه می شود . و می توان توزیع توان را می توان با اضافه کردن یک PST در یکی از خطوط کنترل کرد.



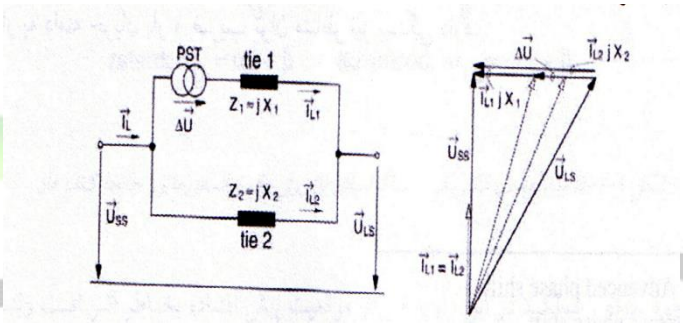
شکل(۱۳-۶)دیاگرام فازوری و مدار دو خط انتقال ساده شده (ضریب توان واحد)

$$I_1 = I_2 \leftarrow z_1 = z_2$$



شکل (۱۴-۶)دیاگرام فازوری و مدار دو خط انتقال ساده شده موازی (ضریب توان واحد)

$$I_1 \succ I_2 \leftarrow z_1 \prec z_2$$



شکل(۱۷-۶)دیاگرام فازوری و مدار دو خط انتقال ساده شده موازی با یک PST در یکی از خطوط (ضریب توان واحد) Z دو خط برابر شده با PST و دو جریان هم یکی می شود.

در انتها این فصل یادآور می شویم که آنچه گفته شد کاربردهای خاصی بودند که بیشتر به چشم می آمدند ولی کاربردهای دیگری نیز وجود دارد که در اینجا به آن اشاره نکردیم نظیر استفاده از تپ چنجر در راکتورها و HVDC ها و ... است . همچنین یادآور می شویم که در هر یک از کاربردها باید به تنش های بین تپ ها و کلیدهای عمل کننده و ... در هنگام قطع و وصل توجه زیادی نمود. که برای بررسی جامع تر و بیشتر می توانید به فصل پنجم مرجع یک [1] مراجعه کنید .

[1] .تپ چنجر های زیر بار ترانسفور ماتور:این منبع دارای فرمول های محاسباتی دقیقی است که ازآن می توان برای تحلیل دقیق استفاده کرد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

تفاوت در روش‌ها آنالیز ناپایداری تپ چنجر بین شبکه‌های حلقوی و شعاعی و مقایسه منابع راکتیو

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تفاوت در روش‌ها آنالیز ناپایداری تپ چنجر بین شبکه‌های حلقوی و شعاعی(ترجمه)

خلاصه

یکی از راه‌های تشخیص ناپایداری ولتاژ که منجر به عملکرد تپ چنجر می‌شود طبق معمول استفاده از نتایج بدست آمده حاصل از جاری شدن توان می‌باشد. در این مقاله بحث می‌شود که محاسبات بخش توان جاری شده طبق معمول فقط برای شبکه‌های شعاعی می‌تواند بازگو کننده ناپایداری تپ جنجر باشد ولی برای آنالیزکردن ناپایداری در تپ جنجر در شبکه‌های حلقوی نوع جدیدی از باس باید تعریف شود که به وسیله تپ جنجر کنترل می‌شود در نتیجه محاسبات جدیدی برای توان جاری شده باید انجام گیرد. این عمل بر روی تعداد زیادی از تپ چنجرها امتحان (استفاده) و بررسی شده است.

مقدمه

در سال‌های اخیر فروپاشی ولتاژ بیشتر روی داده است که یکی از دلایل مهم برای دوره طولانی ناپایداری و فروپاشی، عملکرد تپ چنجر می‌باشد.تاکنون این مسأله به وسیله استفاده از محاسبات معمول پخش توان محاسبه می‌شده است. در باس‌های متصل شده به ترانسفورماتورهایی که تب چنجر دارند وظیفه تپ چنجر کنترل ولتاژ آنها است. هنگامی که خطایی روی می‌دهد ولتاژ در همه باس‌ها کاهش می‌یابد که باعث می‌شود تپ چنجر سعی کند ولتاژ را به وضعیت ابتدایی برگرداند. زیرا ولتاژ وابسته به مشخصات بارها می‌باشد، اصلاح ولتاژ باعث می‌شود که توان مصرفی به وسیله بارها به مقدار قبل از بروز خطا برگردد. اگر بارها بزرگ‌تر از ظرفیت بار در زمان خطای سیستم باشد ولتاژ نمی‌تواند به مقدار اولیه خود برگردد و عملکرد تب چنجر نهایتاً باعث افت (فروپاشی) ولتاژ می‌شود.

بدین منظور ظرفیت بار به وسیله حد پایداری ولتاژ تشخیص داده می‌شود و بسیاری از مقالات برای محاسبه سریع این مقدار ارائه شده است. این مقاله بحث می‌کند که ظرفیت بار فقط برای تشخیص بی-

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ثباتی یا ناپایداری تپ چنجر در شبکه‌های شعاعی می‌تواند به کار برده شود چون در شبکه‌های حلقوی ظرفیت بار هنگامی که تپ تغییر می‌کند، عوض می‌شود.در ترانس‌های انتقال اثر تپ چنجر بر روی مقدار پایداری ولتاژ بررسی شده است. در ادامه تفاوتی که باید در آنالیز ناپایداری تپ چنجر در شبکه-های حلقوی و شعاعی مورد توجه قرار گیرد شرح داده خواهد شد.

تشخیص ناپایداری تپ چنجر:

کنترل ولتاژ توسط تپ چنجر سبب می‌شود که مشخصات توانی بار ثابت بماند. اگر این توان بالاتر از ظرفیت توانی سیستم باشد تپ چنجر نمی‌تواند ولتاژ را کنترل کند و تپ چنجر دچار ناپایداری می‌شود. در این وضعیت با افزایش مقدار تپ ولتاژ به جای آنکه افزایش پیدا کند کاهش می‌یابد بنابراین ظرفیت بار یک معیار مناسب برای تشخیص ناپایداری تپ چنجر برای مقادیر بار معین می‌باشد. اگر تپ جنجر on load درون شبکه‌های شعاعی (شکل ۱a) باشد ظرفیت توان به مقدار تپ وابسته نیست. بنابراین اگر مطابق معمول توان به سمت یک نقطه خاص جاری شود در بار معین تپ چنجر می‌تواند ولتاژ را کنترل کند. اما در شبکه‌های حلقوی (شکل ۱b) ظرفیت توان به اندازه تپ وابسته می‌باشد. برای مثال در شکل ۱۰b که تپ زیاد می‌شود باعث می‌شود که توان راکتیو جاری شده در خط ۳-۱ افزایش یابد و این افزایش یا کاهش ظرفیت بار وابسته به راکتانس خطوط می‌باشد.

بنابراین همواره محاسبات توان جاری شده طبق معمول در یک بار معین برای یک تپ مشخص و ثابت فرض شده نمی‌تواند پایداری تپ چنجر را ضمانت کند و محاسبات توان جاری شده جدیدی مورد نیاز می‌باشد. بنابراین باس $P\varphi V$ است زیرا توان اکتیو بار (p) و راکتیو بار (φ) و ولتاژ (V) معین هستند، اما زاویه و مقدار تپ نامعلوم می‌باشد. حال با استفاده از محاسبات جدید برای توان جاری شده برای بار معین و ولتاژ درخواستی پایداری تب چنجر و اندازه مقدار تپ بدست می‌آید.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

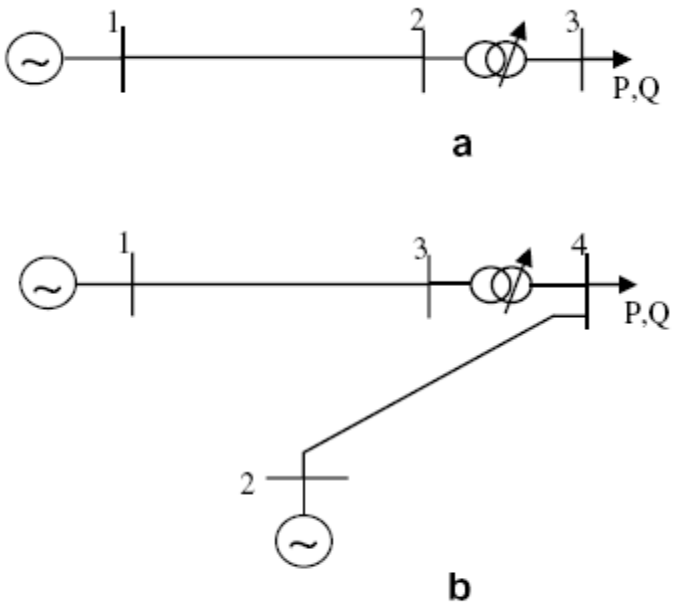


Fig. 1. Tap changing transformers in radial and link networks.

نتایج شبیه‌سازی

در سیستم نمونه در شکل ۱۰b نخستین استفاده از تست سیستم با تغییر ظرفیت بار به وسیله تپ چنجر نشان داده شده است. در آن فرض شده که تپ در طرف ثانویه واقع شده است. راکتانس خطوط ۳-۱ و ۴-۲ و ترانسفورمر ۰/۲pu می‌باشد و φ نصف p است. شکل ۲ تغییرات ظرفیت بار را بر حسب مقادیر تپ نشان می‌دهد.همچنین بازگو کننده این مطلب است که افزایش مقدار تپ باعث کاهش ظرفیت بار می‌شود.در نتیجه افزایش تپ سبب می‌شود که مقدار بالاتری توان راکتیو به سوی خط ۳-۱ جاری شود. و این کاهش مقدار ظرفیت توان باعث می‌شود که راکتانس خط ۳-۱ نسبت به خط ۴-۲ به یک مقدار اضافی افزایش پیدا می‌کند. شکل ۳ نشان دهنده ولتاژ بار به ازاء نسبت تپ برای توان بارهای مختلف می‌باشد. هنگامی که ولتاژ شروع به کاهش می‌کند طبق معمول توان جاری شده نیز همچنان همگرا و راکد است. این مسأله نشان می‌دهد که طبق معمول از روی همگرایی توان جاری شده نمی‌توان

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ناپایداری تپ چنجر را در شبکه حلقوی ضمانت کرد این در حالی است که این مسأله در شبکه‌های شعاعی وجود دارد. اما در اینجا برای جریان توان می‌توان باس ۴ را به عنوان یک باس $P\varphi V$ تعریف کرد. و اگر توان جاری شده به ازاء ولتاژ معین همگرا شود پایداری ولتاژ تضمین می‌گردد. از آنجایی که ولتاژ شروع به کاهش می‌کند تا زمانی که طبق معمول پخش توان روی دهد می‌تواند به عنوان ناپایداری پنهان نامیده شود.

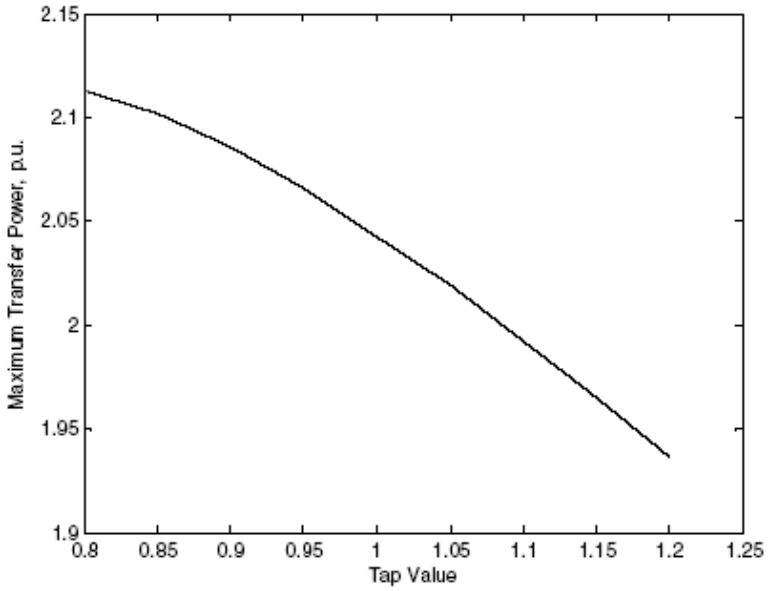


Fig. 2. The variation of loadability with the tap values.

زیرا این منطقه را با استفاده از نتایج حاصل از جاری شدن توان نمی‌توان نشان داد. شکل ۳ نشان می-دهد که ناپایداری پنهان هنگامی که اندازه تپ از مقدار ۱/۲ بالا می‌رود شروع می‌شود که به نظر غیر عملی می‌رسد، اما می‌تواند در عمل در یک نسبت تپی روی دهد. برای مثال هنگامی که توان اکتیو زیاد و توان راکتیو جاری شده در خط کم است ولتاژ بحرانی در قسمت انتهایی دریافت مقدار زیادی را دارد

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این شرایط ناپایداری پنهان شروع می‌شود. هنگامی که سطح تپ پایین می‌باشد برای مثال در شکل ۱۰b اگر p = ۲/۲p.u و φ = ۰/۲۲p.u و توان اکتیو ژنراتور در باس ۱ سه برابر باس ۲ می‌باشد.

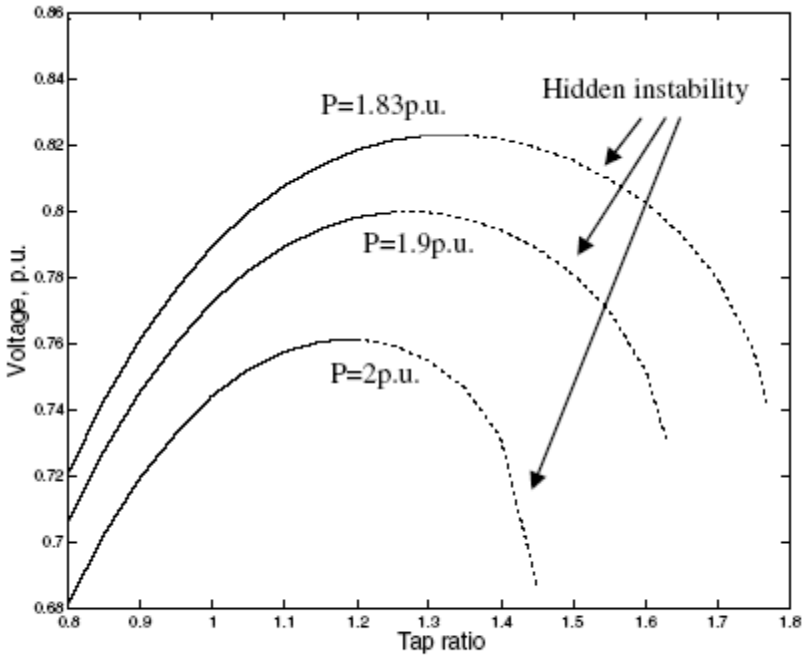


Fig. 3. The load voltages corresponding to tap ratios at different load powers.

WikiPower.ir

ناپایداری پنهان هنگامی شروع می‌شود که نسبت تپ یک می‌باشد و مطابق معمول توان جاری شده هنگامی که نسبت تپ ۱/۱ می‌باشد همچنان که در شکل ۴ نشان داده شده است، واگرا می‌شود.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

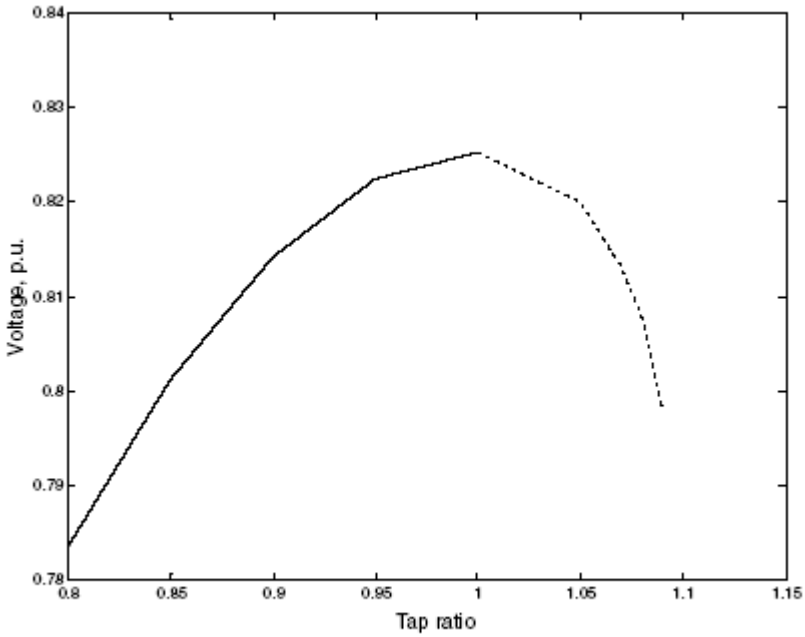


Fig. 4. Beginning of hidden instability in low value of tap ratio.

یک تست دیگر در شکل ۵ بر روی یک سیستم شش باس باره نشان داده شده است. باس ۳ یک باس متنغیر انتخاب می‌شود که این باس قدرت‌های p = ۰/۲۷۵p.u و φ = ۰/۰۶۵p.u را می‌کشد.

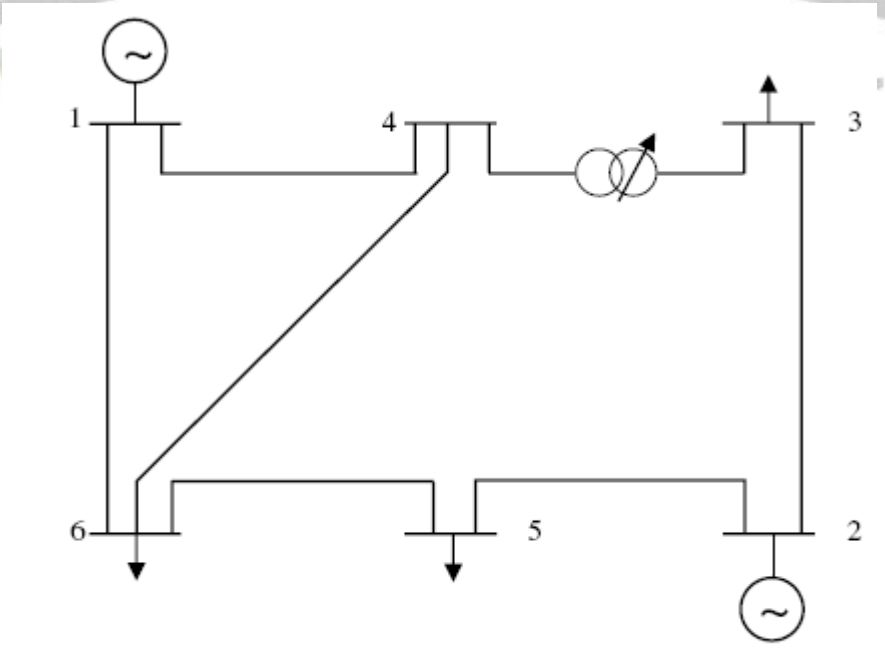


Fig. 5. Six bus test system.

یک تپ چنجر در فاصله باس‌های ۴-۳ وجود دارد که عمل کنترل ولتاژ باس ۳ را انجام می‌دهد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

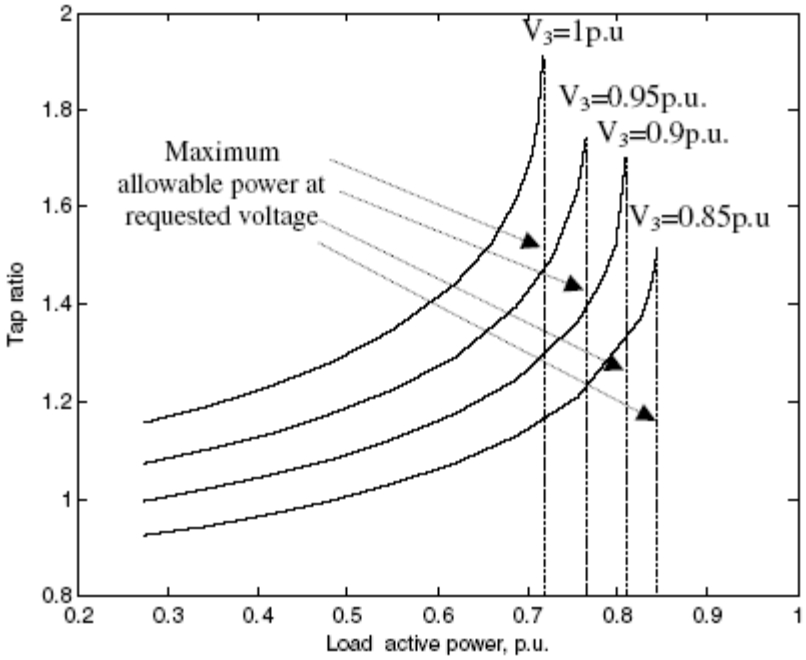


Fig. 6. Tap ratios corresponding to load powers at different voltages.

شکل ۶ نشان دهنده‌ی نسبت تپ به ازاء توان‌های بار در ولتاژهای مختلف می‌باشد. افزایش توان بار در نهایت سب واگرا شدن توان باری شده می‌گردد که در شکل ۶ ماگزیمم توان مجاز در ولتاژهای مورد نیاز متفاوت نشان داده شده است. این نتایج استفاده از جریان توان معمول را تأیید می‌کند. شکل بازگو کننده این مطلب است که در شبکه‌های حلقوی برخلاف شبکه‌های شعاعی تغییرات تپ ترانسفورماتور بر روی ماگزیمم توان انتقال داده شده تأثیر می‌گذارد. بنابراین ماگزیمم توان مجازی که طبق معمول از طریق توان جاری شدن به دست می‌آید (تپ ثابت و ولتاژ کلی) ضمانت می‌کند پایداری تپ چنجر را فقط در توان‌های زیاد دریافتی از ترانسفورماتور ولی این ضمانت در مورد ترانس انتقال وجود ندارد. در شبکه‌های شعاعی برای مثال در شکل a ۱۰ اگر توان درخواستی بار کمتر از ماگزیمم مجاز توان باشد تپ چنجر مربوطه می‌تواند ولتاژ بار را برای هر مقدار بار درخواستی به شرطی که نسبت تپ محدود باشد، فراهم کند اما در شبکه‌های حلقوی این درست نیست.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دانستن این مطلب مهم است هنگامی که آنالیز می‌کنیم پایداری ولتاژ مربوط به باس‌های در ارتباط با ترانسفورماتورهای انتقال. معادل تونن سیستم نباید مورد استفاده قرار گیرد زیرا تبدیل شبکه حلقوی به شعاعی است و نمی‌تواند نشان دهنده وابستگی ماگزیمم حد مجاز توان در نسبت تپ باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نتیجه

در این مقاله درباره تفاوت بین روش‌های آنالیز ناپایداری تپ چنجر در شبکه‌های حلقوی و شعاعی بحث شد. همگرایی طبق مرسوم توان جاری شده در یک بار معین، با نسبت تپ ثابت و ولتاژ بار نامشخص نشان می‌دهد پایداری تپ چنجر فقط در شبکه‌های شعاعی را، زیرا در شبکه‌های حلقوی تغییر تپ ماگزیمم مجاز توان بار را تغییر می‌دهد. با تشخیص ناپایداری تپ چنجر در شبکه حلقوی توان جاری شده جدیدی باید ارائه داده شود. در این روش ولتاژ بار در باس‌های متصل به تپ چنجر ترانسفورماتورها مقدار مشخص و معلومی فرض شده است. بنابراین این باس‌ها به نام باس‌های $P\varphi V$ تعریف می‌شوند. حال اگر این پیشنهاد را کنیم که توان جاری شده همگرا شود در یک بار معین، پایداری تپ چنجر ضمانت می‌شود. در این شبیه‌سازی نشان دادیم که یک ناپایداری پنهان در شبکه خلق می‌شود هنگامی که طبق معمول از جریان توان استفاده می‌شود.این اتفاق می‌تواند درون مقادیر عملی و مورد استفاده و نسبت‌های متفاوت و مختلف tap اتفاق بیفتد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشخصات منابع توان راکتیو

۱. ژنراتور ها:اولین رزرو توان راکتیو در شبکه ،قابلیت تنظیم توان پیوسته توان راکتیو در محدوده مجاز تعریف شده توسط منحنی قابلیت ژنراتور ،زمان پاسخ به سیستم تحریک بستگی دارد.سیستم هایی با پاسخ سریع ۰.۱ ثانیه نیز وجود دارند.در ناحیه زیر تحریک جذب توان راکتیو خازنی محدودی امکانپذیر است.
۲. کوندانسور های سنکرون:تنظیم پیوسته توان راکتیو در نواحی توان سلفی وخازنی ،پاسخ کند(۱ثانیه)،توان راکتیو سلفی محدود.
۳. *SVC*:مانند کندانسورهای سنکرون،بازه کنترل بزرگتر،پاسخ سریع یک یا دو سیکل ،بازه تامین توان بهتر ،مشکلات هارمونیکی
۴. خازن های قدرت:قابل ورود پله ای،تنها توان راکتیو خازنی ،پاسخ در بازه ۲ سیکل با کنترل کلید
۵. راکتور های موازی:یک واحد در خط،تنها توان راکتیو سلفی ،پاسخ به سیستم کنرلی بستگی دارد،پاسخ در بازه ۲سیکل با کنترل کلید
۶. قطع بار و خطوط: راه حل در مواقع اظطراری ،قطع بار باعث کاهش توان راکتیو می شود
۷. ترانسفورماتورهای مجهز به تب چنجر زیر بار:اعمال در پله های خاص ، پاسخ کند،توان راکتیو تولید نمی کند و فقط مسیر ان را عوض می کند.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع و مراجع

[۱]"تپ چنجرهای زیر بار برای ترانسفور ماتور های قدرت"، تالیف: اکسل کرامر ،مترجمین: علیرضا خلیق ،مصطفی صدیقی نژاد،مهدی ملکیان

[۲] "برسی سیستم های قدرت " ، تالیف: جی سی داس ،مترجمان :دکتر بهبود وحیدی ،مهندس محمد رضا بابک ملکی،مهندس محمد جواد البرزی ،مهندس رضا شریعتی نسب

[۳]"سایت های sciencedirect و ABB و IEE.و GE..."

[۴]." مشخصات استاندارد برای ترانس های ۲۳۰/۶۳/۲۰کیلو ولت" ،تیر ماه ۱۳۷۱ دفتر فنی برق

[۵]."تئوری ، عملکرد،کاربرد ماشین های الکتریکی"،جلد اول،تالیف:پروفسور بیم بهارا، ترجمه:دکتر سلطانی ودکتر لسانی

[۶]."مهندسی توزیع نیروی برق"،تالیف:آنتونی جی،پاترینی،ترجمه:گروه مترجمین شرکت برق منطقه ای تهران.

[۷]."تکنیک"،نشریه علمی –تخصصی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون

[۸]. ارشیو کتابخانه ای برق منطقه ای فارس

[۹]."بررسی سیستم های قدرت"،تالیف: دکتر احد کاظمی

WikiPower.ir