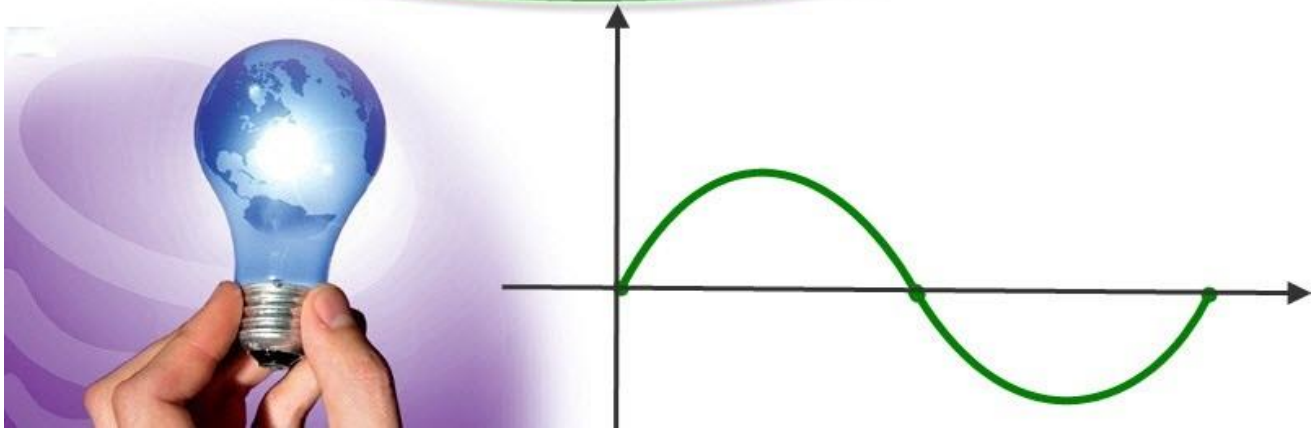
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



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

موضوع پروژه:

اصلاح رگولاسیون ولتاژ در خطوط انتقال نیرو

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۵۰۷)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه‌ای در مورد خطوط انتقال و رگولاسیون ولتاژ در خطوط انتقال

مقدمه .....

مفهوم رگولاسیون ولتاژ .....

الف- خطوط انتقال کوتاه .....

ب- خطوط انتقال متوسط .....

ج – خطوط انتقال بلند .....

تاثیر ولتاژ بر روی ضریب بهره انتقال .....

راه‌حل‌های کنترل ولتاژ در شبکه .....

عوامل افت ولتاژ .....

اهداف .....

فصل دوم

تعاریف یک سیستم قدرت و انواع شبکه‌ها .....

تاثیرولتاژ بر روی ضریب بهره انتقال .....

علل استفاده از شبکه‌های سه فاز .....

انواع شبکه‌ها .....

افت ولتاژ و تلفات انرژی .....

طراحی شبکه‌های توزیعی .....

فصل سوم : مقدمه‌ای بر انواع انرژی در ایران

تولید و توزیع .....

منابع انرژی برق در ایران .....

انتقال و توزیع برق .....

توزیع نیرو .....

منابع انرژی طبیعی جدید و طبیعی موجود .....

فصل چهارم : انتخاب سطح ولتاژ در انتقال

مقدمه .....

انتخاب ولتاژ اقتصادی .....

الف) تعیین ولتاژ به کمک رابطه تجربی استیل .....

ب) تعیین ولتاژبه کمک منحنی تغییرات ولتاژ .....

ج) رابطه تجربی جهت تعیین ولتاژ انتقال در مسافت طولانی .....

د) یک رابطه تجربی دقیق جهت تعیین ولتاژ در انتقال .....

فصل پنجم : بررسی انجام ولتاژها

مقدمه .....

اضافه ولتاژهای موجی .....

اضافه ولتاژهای موقت .....

فصل ششم : اثر نوسانات ولتاژ بر دستگاه‌های الکتریکی و روشهای اصلاح آن

چکیده .....

۱-اثر تغییرات ولتاژ بر عملکرد وسایل الکتریکی .....

۲- افت ولتاژ مجاز در اجزاء شبکه .....

۳- روشهای تنظیم ولتاژ در شبکه توزیع .....

٤-تنظیم در قسمتهای مختلف شبکه توزیع .....

٥-روش کنترل دستگاههای تنظیم ولتاژ .....

فصل هفتم : بهبود تنظیم ولتاژ در خطوط توزیع انرژی الکتریکی

مقدمه .....

تصحیح کننده ولتاژ ترانسفورماتوری .....

تصحیح کننده ولتاژ راکتیو TSC/TSR.....

فصل هشتم : تنظیم سریع ولتاژ ژنراتور

۱-تنظیم کننده تیریل .....

۲- تنظیم کننده سکتور گردان .....

۳-تنظیم کننده روغنی .....

٤-تنظیم کننده آمپلیدین .....

فصل نهم : سیستم MOSCAD برای جبران افت ولتاژ

کاربرد عملی .....

مراحل تولید و توزیع نیروی برق .....

سیستم اتوماتیک کنترل شبکه توزیع از راه دور DA.....

WikiPower.ir

پایه واساس طرز کار سیستم کنترل از راه دور DA.....

مشخصات مهم و اصلی MOSCADRTU.....

شرح جعبه MOSCAD کنترل از راه دور و قابل برنامه‌ریزی .....

ارتباط متغیرها .....

فصل دهم : تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور

تنظیم طولی ولتاژ .....

تنظیم ولتاژ زیربار .....

تنظیم عرضی ولتاژ .....

فصل یازدهم : بررسی کنترل ولتاژ و راههای جبران سازی آن

الف) کنترل قدرت راکتیو و ولتاژ توسط ترانسفورماتورهای متغییر .....

ب) عملکرد خطوط انتقال بدون جبران کننده .....

۱-خط انتقال در شرایط بی‌باری .....

۲- خط انتقال در شرایط بارداری .....

ج) جبران کننده‌های ثابت ، موازی در سیستم به هم پیوسته .....

د) انواع جبران کننده‌ها .....

جبران کننده‌های راکتیو .....

و) کندانسورهای سنکرون .....

هـ) جبران کننده‌های استاتیک .....

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

فصل اول

مقدمه‌ای در مورد خطوط انتقال و رگولاسیون ولتاژ در

خطوط انتقال

WikiPower.ir

مقدمه

اصولاً هر شبکه الکتریکی گسترده را می‌توان شامل بخش‌های تولید (Generation) و انتقال (Transformation) تبدیل (Transformation) توزیع (Distribution) و مصرف (Consumption) دانست .

خطوط هوایی انتقال انرژی که از اجزاء اصلی شبکه‌های الکتریکی گسترده محسوب می شوند وظیفه انتقال انرژی الکتریکی از نقاط تولید به مراکز مصرف را بعهده دا شته و می‌توان آنها را به رگهای حیاتی صنعت برق تشبیه نمود . در اغلب مواقع مسئله چگونه امر تغذیه انرژی الکتریکی را به مراکز تولید آن وابسته می‌دانند در صورتیکه تنها ۳۵ درصد کل مخارج ایجاد نیروگاه و ٦٥ درصد بقیه صرف انتقال این انرژی و رساندن آن به نقاط مصرف می‌گردد . همواره مورد توجه خاص دت اندرکاران صنعت برق و طراحان خطوط انتقال بوده تا با استفاده از تکنیک‌های مدرن طراحی و بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی در این زمینه ضمن بالا بردن کیفیت انتقال ، هزینه‌های لازم را نیز به حداقل رسانند . نکته مهم دیگر که استفاده از تکنیکهای جدید طراحی را اجتناب ناپذیر می‌سازد تلفات انرژی در طول خطوط انتقال است که هر ساله درصدی از این انرژی را که با مخارج سنگین تهیه می شود بدون هیچ استفاده ای به هدر می‌دهد .

البته موضوع تلفات انرژی الکتریکی منحصر به انتقال بوده و در سایر بخشها مانند تولید تبدیل و توزیع نیز سهم توجهی از انرژی الکتریکی تلف می‌شود . آمارهای موجود نشان می‌دهند که در کشور ما سیر نزولی تلفات در بخش انتقال طی سالیان اخیر نسبت به سایر بخشها سریعتر بوده و این نتیجه بازنگری مداوم بر روشهای قبلی و به روز در آوردن آنها

مطالعه و تحقیق مستمر و سرانجام تلاش در جهت دستیابی به آخرین تکنولوژی مورد استفاده در کشورهای پیشرفته در این زمینه می‌باشد.

به طور کلی بحث انتقال از آنجا آغازگردید که تولید انرژی الکتریکی در بعضی مناطق به سبب وجود پتانسیل و فاکتورهای لازم جهت تولید در آن نقطه افزایش یافت و می‌بایست این انرژی تولید شده به سایر نقاط هم ارسال می‌شد .

البته در سالهای پیدایش انرژی الکتریکی به علت محدود کردن امکان تولید فقط انرژی جریان مستقیم (D.C) با ولتاژ ضعیف را انتقال می‌دادند و نیروگاهها قادر بودند تنها چند خانه را تغذیه کنند . بعدها بتدریج نیروگاه‌هایی ساخته شد که قادر بودند مجتمع‌های بزرگتری را تغذیه نمایند .

تکامل صنعت ماشین سازی و بخصوص ماشین‌های بخار و بالاخره پیدایش و تکامل توربین‌های آبی و بخار تولید انرژی الکتریکی بیشتری را در یک نقطه امکان‌پذیر ساخت . با افزایش قدرت تولید در سالهای بعد ولتاژهای بالاتری جهت انتقال این قدرت مورد نیاز بود . لذا ولتاژ بتدریج بالاتر رفت به طوری که امروزه ولتاژ انتقال بوسیله سیستم‌های سه فاز (AC) به حدود ۱۱۵۰ کیلووات هم رسیده است .

زیر انتقال توانهای بالا به مسافات طولانی تلفات انرژی را به شدت افزایش می‌دهد و متداولترین راه جهت کاهش این تلفات که مستقیماً با جریان مرتبط است افزایش ولتاژ انتقال است .

انتقال انرژی تنها به یک روش خاص منحصر نبوده و راههای گوناگونی برای این کار مورد استفاده قرار می گیرد . بلوک دیاگرام (۱) روشهای مختلف انتقال انرژی را نشان می‌دهد .

استفاده از کابلهای زیرزمینی جهت انتقال توان تحت ولتاژ بالا ضمن دارا بودن محاسن بسیار و بعلت دا شتن هزینه‌های سنگین تهیه و نصب تجهیزات (تقریباً ۱۵ برابر خط هوائی) فقط در مناطق شهری و برخی نقاط خاص که به هر دلیل استفاده از خطوط انتقال هوائی میسر و یا مناسب نباشد از نظر فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر خواهد بود .

ا ستفاده از خطوط انتقال فشار قوی جریان مستقیم نیز که تحت عنوان H.V.D.C(high voltage direct current) شناخته شده تنها در مسافات بسیار طولانی و انتقال انرژی خیلی زیاد و یا اتصال دو شبکه دارای فرکانسهای متفاوت به یکدیگر مورد توجه قرار می‌گیرد . البته برخی صاحب نظران در زمینه انتقال انرژی الکتریکی استفاده از این روش را بعلت هزینه نسبتاً بالای آن و همچنین امتیازهای فراوانی که خطوط A.C در مقابل خططو D.C دارند توصیه نمی‌کنند و حتی برای اتصال دو شبکه با فرکانهای متفاوت نیز احداث ایستگاه مبدل (و نه خط انتقال D.C) جهت تبدیل فرکانسهای دو شبکه به یکدیگر را مناسبتر می‌دانند . در کشور ما تا کنون خطوط فشار قوی بصورت D.C نصب نشده و در اینجا نیز عمده توجه ما معطوف به خطوط هوائی انتقال انرژی فشار قوی به صورت A.C می‌باشد که تا کنون چندین هزار کیلومتر از این خطوط در کشور نصب گردیده و خطوط بسیاری نیز در حال نصب و یا درمراحل طراحی می‌باشند .

بلوک دیاگرام (۱)

مفهوم رگولاسیون ولتاژ در خطوط انتقال

الف) خطوط کوتاه (L< 80 Km)

درصد تنظیم ولتاژ یک خط طبق تعریف از رابطه زیر بدست می آید :

$$\text{درصد تنظیم ولتاژ} = \frac{|V_{ro}| - |V_r|}{|V_r|} * ۱۰۰$$

در این رابطه $|V_{ro}|$ولتاژ انتهای خط در بی‌باری و $|V_r|$ولتاژه انتهای خط در بار کامل می‌باشد .

در تعیین $|V_{ro}|$و $|V_r|$ ولتاژ ابتدای خط $|V_s|$ باید ثابت نگه داشته شود در بی‌باری $|V_{ro}| = |V_s|$ خواهد بود لذا درصد تنظیم بصورت زیر نوشته می شود :

$$\text{درصد تنظیم ولتاژ} = \frac{|V_s| - |V_r|}{|V_r|} * ۱۰۰$$

ولتاژ ابتدای خط $|V_s|$را بر حسب ولتاژ انتهای خط $|V_r|$ به طور تقریبی می‌توانیم

رابطه‌ی (I) $$|\Delta V| = |V_s| - |V_r| = |I|(R\cos\varphi_r \pm X\sin\varphi_r)$$

درصد تنظیم ولتاژ خط نیز این چنین محاسبه می‌شود .

رابطه (II) $$\text{درصد تنظیم ولتاژ} = \frac{|V_s| - |V_r|}{|V_r|} * ۱۰۰ = \frac{|I|R\cos\varphi_r \pm |I|X\sin\varphi_r}{|V_r|} * ۱۰۰$$

رابطه I,II نشان می‌دهند که هر چه جریان انتهای خط از ولتاژ عقب‌تر باشد افت ولتاژ و درصد تنظیم ولتاژ بیشتر می‌شود . در ضریب قدرت‌های پیش فاز افت ولتاژ و درصد تنظیم کمتر شده و به مقادیر صفر و منفی نیز می‌رسند . در خطوط کوتاه افت ولتاژ به دلیل عناصر سری (مقاومت و سلف) است . مطابق شکل زیر

شکل ۱(مدار معادل خط انتقال کوتاه)

حال مثالی در این مورد بیان می‌کنیم .

مثال : در یک خط انتقال ســـه فاز به طول ۵۰Km بار انتهای خط قدرت ۱۰۰ Mv را در ضـــریب قدرت ۰/۸ پس فاز و ولتاژ ۱۳۲ Kv جذب می‌نماید مقاومت و اندوکتانس خط بترتیب $0.0308\Omega/km$ و $0.95mh/km$ هستند ولتاژ ابتدای خط و درصد تنظیم ولتاژ را محاسبه کنید .

حل : ابتدا ولتاژ فازی را در انتهای خط محاسبه می‌کنیم .

VOLT

$$V_r=\frac{۱۳۲}{\sqrt{۳}}*۱۰^{۳}=۷۶۲۱۰$$

پارامترهای خط انتقال در طول ۵۰KM را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم.

$R=0.0385\ 50*50=1.54\Omega$

$$X=۲\pi*۵۰*.۹۵*۱۰^{-۳}*۵۰=۱۴.۹۲$$

جریان خط انتقال $I=I_r=I_s$ برابر است با

$$|I|=\frac{۱۰۰*۱۰^{۳}}{\sqrt{۳}*۱۳۲*۰/۸}=۵۴۶.۷\ A$$

$$I=|I|<-\varphi_r=۵۴۶.۷<-۳۶.۹^{\circ A}$$

$$V_s=V_r+ZI_r=۶۷۲۱۰+(۱.۵۴+j۱۴.۹۲)*۵۴۶.۷<-۳۶.۹^{\circ}$$

$$V_s=۸۲۰۰۰<۴.۲^{\circ}V=۸۲<۴.۲^{\circ}Kv$$

ولتاژ خطی در ابتدای خط برابر است با :

$$|V_s|=۸۲\sqrt{۳}=۱۴۲Kv$$

$$\text{درصد تنظیم ولتاژ}=\frac{|V_s|-|V_r|}{|V_r|}*۱۰۰=\frac{۱۴۲-۱۳۲}{۱۳۲}*۱۰۰=۷.۵۷\%$$

ب) خطوط انتقال متوسط (80 km<L<240 km)

در خطوط انتقال با طول متوسط ادمیتانس موازی در محاسبات وارد می شود اگر کاپاسیتانس خط را در و سط خط بطور متمرکز در نظر بگیریم و اندوکتانس خط را به دو قسمت کنیم مدل اسمی T مطابق شکل ۲ بدست می آید .

شکل ۲ (مدل اسمی T خط متوسط)

اگر ا دمیتانس خط را به دو قسمت تقسیم کنیم و در ابتدا و انتهای خط قرار دهیم مدل اسمی مطابق شکل ۳ بدست می آید .

شکل ۳(مدل اسمی π خط متوسط)

در مدل اسمی π خط انتقال داریم :

$$V_s = V_r + Z(I_r + \frac{Y}{۲}V_r) = (\frac{ZY}{۲} + ۱)V_r ZI_r$$

$V_S=AV_r+BI_r$

در شرایطی بی‌باری با قرار دادن IR=0در رابطه بالا و در نتیجه رابطه درصد تنظیم ولتاژ برای خط انتقال با طول متوسط به صورت زیر نوشته می‌شود .

$$\text{درصد تنظیم ولتاژ} = \frac{\left|\frac{V_s}{A}\right| - |V_r|}{|V_r|} * ۱۰۰$$

ج) خطوط انتقال بلند (L>240 km)

دریک خط انتقال بلند نمی‌توان پارامترها را به صورت متمرکز در نظر گرفت و از مدارهای اسمی T و π خط انتقال استفاده نمود در چنین خطی پارامترها به صورت یکنواخت در طول

خط پخش شـده‌اند . در شـکل ٤ مدار معادل یک فاز خط انتقال بلند در قسـمت بسـیار کوچکی بطول ΔX و به فاصله X از انتهای خط نشان داده شده است .

امپدانس سری و ادمیتانس موازی در این قسمت بترتیب $Y\Delta X, Z\Delta X$ می‌باشند ولتاژ در انتهای این قسمت V و در ابتدای آن $V+\Delta V$ است .

شکل ٤- قسمت بسیار کوچکی از خط انتقال

در این شکل

$V_s = V_r\cosh al + I_r Z_c \sinh al$

یا

$V_r = V_s \cosh al - I_s Z_c \sinh al$

$a = \sqrt{yz}$

است با توجه به روابط بالا می‌توان درصد تنظیم ولتاژ را بدست آورد .

محدوده مجاز تغییرات ولتاژ در شبکه ایران معمولاً $\pm 5\%$ است که باید در این رنج تنظیم شود و در این رنج قابل قبول ا ست . مثلاً برای شبکه تک فاز ۲۲۰ ولت محدوده مجاز تغییرات ولتاژ بین ۲۰۹ ولت تا ۲۳۱ ولت است .

تاثیر ولتاژ بر روی ضریب بهره انتقال :

در هر شبکه الکتریکی باید سعی شود که افت ولتاژ و افت توان به حداقل ممکن کاهش یابد تا از اتلاف انرژی جلوگیری شده و از نظر اقتصادی با صرفه باشد .

مقدار افت ولتاژ در یک شـبکه تک فاز $V=RI$ و افت توان برابر $P=RI^2$ می‌باشـد . بنابراین برای اینکه افت ولتاژ و افت توان کاهش یابد بایستی شدت جریان I و مقاومت R و یا هر دو را کاهش

دهیم برای کم کردن مقاومت باید سطح مقطع سیم را زیاد نمود $(R = P\frac{L}{S})$که در این صورت حجم سیم مصرف شده نیز افزایش خواهد یافت و علاوه بر زیاد شدن هزینه سیم به پایه‌های قویتر و گرانتری برای انتقال آن نیاز خواهد بود . بنابراین از نظر اقتصادی با صرفه نخواهد بود . ولی چنانچه جریان شبکه را کم کنیم علاوه بر اینکه مقادیر افت ولتاژ و افت توان کم خواهد شد چون مقدار افت توان با مجذور شدت جریان متناسب است . اثر کم کردن جریان بمراتب بهتر از کم کردن مقاومت خواهد بود . توان انتقالی با حاصلضرب ولتاژ و جریان متنا سب ا ست (P=VI) در صورتیکه مقدار توان P ثابت با شد هر چه ولتاژ شبکه زیادتر گردد جریان آن کاهش خواهد یافت $(I = \frac{P}{V})$و در نتیجه افت توان و ولتاژ کم خواهد شد .بنابراین با افزایش ولتاژ نتایج زیر حاصل می‌گردد :

۱- تلفات خط نسبت معکوس با ولتاژ خط دارد .

۲- راندمان خط با ولتاژ انتقال افزایش می‌یابد .

۳- درصد افت ولتاژ با افزایش ولتاژ کاهش می‌یابد .

٤- حجم سیم مصرف شده جهت یک خط انتقال نسبت معکوس با ولتاژ خط دارد .

راه‌حلهای کنترل ولتاژ در شبکه

برای نگه دا شتن ولتاژهای شبکه توزیع در حد مجاز یعنی کاهش دادن ولتاژهای زیادتر از حد مجاز و افزایش ولتاژهای کم می‌توان از یکی از روشهای زیر برای تنظیم ولتاژ استفاده نمود .

۱- استفاده از تنظیم کننده‌های ولتاژ ژنراتور

۲- کاربرد تجهیزات و تنظیم ولتاژ در پست‌های توزیع

۳- کاربرد خازنها در پست‌های توزیع

٤- متعادل کردن بارها در فیدرهای اولیه

٥- افزایش سطح مقطع هادی‌ها

٦- تغییر بخشهای از فیدر تک فاز به فیدر سه فاز

٧- انتقال بار به فیدرهای جدید

٨- کاربرد تنظیم کنندهای ولتاژ روی فیلترهای اولیه

٩- افزایش سطح ولتاژ اولیه

١٠- نصب پستهای جدید و فیدرهای اولیه جدید

١١- کاربرد خازنهای ؟؟ روی فیدرهای اولیه

١٢- کاربرد خازنهای سری روی فیدرهای اولیه

عوامل افت ولتاژ در شبکه :

عوامل زیادی باعث افت ولتاژ در شبکه توزیع کشور شده که به مهمترین آنها اشاره می‌شود .

١- **عدم رعایت اصول صحیح در طراحی شبکه‌ها :**

با توجه به اینکه سایر کابلها ، طول آنها ، مقدار توان انتقالی و ساختار کلی شبکه توزیع از نظر محل احداث پ ست و نحوه اتصال شبکه به پ ستها می‌تواند در مقدار افت ولتاژ اثر بگذارد ، لذا عدم طراحی درست هر یک از این موارد می‌تواند باعث افت ولتاژ شود به عنوان دوری مصرف کننده‌ها از پست مربوطه و یا پیش بینی نشدن مناسب رشد بار در سالهای بهره‌برداری از شبکه توزیع می‌تواند باعث افت ولتاژ شود .

٢- **تغذیه بار از یک سو :**

معمولاً در شبکه از روش خوشه انگوری استفاده شده است که از طرفی باعث کم شدن قابلیت اعتماد شبکه و از سوی دیگر افت ولتاژ در انتهای شاخه‌ها می باشد .

۳- **کمبود تولید :**

کمبود تولید یکی از انگیزه‌های اساسی برای کم کردن ولتاژ در کشورمان می‌باشد ، چون کاهش ولتاژ باعث کاهش مـ صرف می شود . البته در صورتی که کم کردن ولتاژ در یک زمان کوتاه در شبانه‌روز و در یک محدوده قابل قبول باشد ، مجاز بوده و در اصل یکی از روشهای مدیریت بار در شرکتهای برق دنیا می‌باشد .

۴- **عدم وجود جبران کننده‌ها :**

با توجه به اینکه بارهای موتوری دارای ضریب قدرت پایین می‌شود ، در صورتی که اگر به طور صحیح از جبران کننده‌ها ا ستفاده شود ، قسمتی از افت ولتاژ در شبکه بر طرف خواهد شد . اما شبکه‌های کشور در اکثر شهرها از این امکان برخوردار نیستند .

۵- **عدم توزیع مناسب بار بین فازها :**

چون توزیع مصرف کنندگان بر روی فازها معمولاً بوسیله کارگران و بدون نظارت مهندسین اجرا می‌شود ، لذا این امکان وجود دارد که این توزیع نامتقارن بوده و در نتیجه افت ولتاژی در فاز اضافه بار شده ، ایجاد کند .

۶- **طراحی نامناسب سیستم در شبکه توزیع :**

این عمل نیز باعث کاهش ولتاژ در دو سر مصرف کننده خواهد شد .

در اکثر شهرها شبکه توزیع مبتلا به مواردی که مطرح شد می‌باشد و بسیاری از مصرف کنندگان خانگی را بر آن داشته تا ترانسفورماتور جهت تنظیم ولتاژ استفاده کنند .

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

اهداف

در این پروژه سعی شده است راه‌حلهای عملی کنترل ولتاژ و ثابت نگه‌داشتن سطح ولتاژ در شرایط بارداری و بی‌باری مورد بررسی قرار گیرد .

کنترل ولتاژ در شبکه های برق رسانی به صورت مرحله به مرحله انجام می شود که ابتدا از محل تولید شروع و به محل توزیع خاتمه می‌یابد . مثلاً ابتدا ولتاژ ژنراتور در حد تعیین شده به وسیله جریان تحریک کنترل شده و سپس بر روی خط انتقال فرستاده می شود ، سپس بر روی خطوط انتقال به وسیله جبران کننده‌های ثابت کنترل می شود مثل خازنها که به صورت سری یا موازی در مدار قرار می گیرند و یا svcها و یا جبران کننده های دیگر سپس در پست‌های فوق توزیع توسط تپ چنجر ترانسهای قدرت ولتاژ را در حد تعیین شده ثابت نگه می دارند و به سیستم توزیع می فرستند .

در سیستم توزیع کننده ولتاژ به وسیله تپ چنجر روی ترانس توزیع که به صورت دستی قابل تنظیم است ، می‌تواند کنترل شود . همچنین به وسیله خازنها و راکتورها می‌توان تا حدی ولتاژ را کنترل کرد در این پروژه راه حلهای کنترل ولتاژ که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند ، عبارتند از : استفاده از خازنهای سری و موازی بر روی خطوط انتقال ، استفاده از اتوبوستر بر روی خطوط انتقال ، تنظیم ولتاژ توسط ترانسفورماتورهای قدرت و چندین جبران کننده دیگر مورد مطالعه قرار گرفته است همچنین بررسی انتخاب سطح ولتاژ انتقال ، بررسی اضافه ولتاژها ، اثر نوسانات ولتاژ مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است .

فصل دوم

تعاریف یک سیستم قدرت و انواع

شبکه‌ها

WikiPower.ir

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

تعاریف یک سیستم قدرت و انواع شبکه‌ها

یک سیستم قدرت دارای بلوک دیاگرام شکل زیر است :

الف – نیروگاه

نیروگاه یا مرکز تولید مکانی است که انرژیهای اجسام دیگر از قبیل زغال سنگ ، نفت یا مازوت ، آبشار (سدّ) و یا اتم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود . از انواع نیروگاهها می‌توان نیروگاه آبی ، گازی ، بخاری و هسته‌ای را نام برد .

ب – خطوط انتقال

خطوط انتقال ارتباط بین نیروگاهها و سیستمهای توزیع برق بوده و چون دارای ولتاژهای بالا می‌باشند بیشتر به صورت شبکه‌های هوائی با استفاده از دکلهای فلزی قوی کشیده می شود که این دکلها ممکن است خط یا خطوط انتقال را حمل نمایند . معمولاً برای جلوگیری از اصابت رعد و برق بردکل و هادیها در بالای دکل دو سیم گارد یا زمین کشیده می‌شود .

ج – شبکه‌های توزیع :

سیستم توزیع سیستمی است که انرژی الکتریکی را به وسایل مصرف کننده مثل چراغها ، موتورها و غیره منتقل می‌کند . یعنی ارتباط بین خطوط انتقال و مصرف کننده می‌باشد که به علت ولتاژهای پایین به صورت شبکه‌های هوائی یا شبکه‌های زیر زمینی توسط (کابل) استفاده می‌شود .

۲۰/۰٤ Kv ٦۳/۲۰ Kv

تاثیر ولتاژ بر روی ضریب بهره انتقال

در هر شـــبکه الکتریکی باید افت ولتاژ وافت توان به حداقل ممکن کاهش یابد تا بتوان از اتلاف انرژی جلوگیری کرد و همچنین طرح مقرون به صـــرفه و اقتصـــادی باشـــد . مقدار افت ولتاژ شبکه تک فاز V=RI و افت توان برابر $P=RI^2$ می‌باشد .

بنابراین برای اینکه افت ولتاژ و افت توان شبکه کاهش یابد بایستی شدت جریان و یا مقاومت و یا هر دو را کاهش داد برای کم کردن مقاومت باید سطح مقطع سیم را زیاد نمود . R=PL/S که در این صورت حجم سیم مصرف شده SXL نیز افزایش می‌یابد و علاوه بر زیاد شدن هزینه سـی به پایه‌های قوی‌تر گرانتری نیاز دارد . ولی چون جریان شـبکه را کم کنیم علاوه بر اینکه مقادیر افت توان و افت ولتاژ کم خواهد شـــد . چون مقدار افت توان با مجذور شـــدت جریان متناسب است .

P=V.I در صورتی که مقدار توان P ثابت با شد هر چه ولتاژ شبکه زیادتر شود جریان کاهش می یابد . I=P/V در نتیجه افت توان و افت ولتاژ کاهش می‌یابد .

بنابراین با افزایش ولتاژ شبکه نتایج زیر حاصل می‌شود :

۱- تلفات خط نسبت معکوس با ولتاژ خط دارد .

۲- راندمان خط با ولتاژ انتقال افزایش می‌یابد .

۳- درصد افت ولتاژ با افزایش ولتاژ کاهش می‌یابد .

٤- حجم سیم مصرف شده جهت یک خط انتقال نسبت معکوس با ولتاژ دارد .

انتخاب ولتاژ

مقدار ولتاژ بکه ممکن ا ست در طول خطوط انتقال تغییرات زیادی بنماید و کلاً ولتاژها به سه دسته فشار ضعیف ، فشار متوط و فشار قوی تقسیم می‌شوند . فشارهای الکتریکی ۰ تا ۱۰۰۰ ولت فشار ضعیف از ۱۰۰۰ تا ٤٥ کیلوولت فشار متو سط و از ٤٥ کیلوولت به بالا فشار قوی مح سوب می شود . انتخاب ولتاژ شبکه انتقال به پارامترهای زیادی ب ستگی دارد که مهمتر از همه جنبه اقتصادی آن خواهد بود .

بایستی مخارج ترانسفورماتور مقره‌ها یا ایزولاتور ، کلیدهای قدرت و غیره که با افزایش ولتاژ بیشتر می‌گردند در نظر گرفته شود .

پارامتر دیگر افت ولتاژ و افت توان خط می با شد که ب ستگی زیادی به طول خط و مقدار باری که تغذیه خواهد کرد دارند ولتاژ یک خط انتقال را می توان به طور تقریب از فرمول تجربی زیر بدست آورد .

$$V = ۵.۵ * \sqrt{۶۲۱(L + KVA/۱۵۰)}$$

در این رابطه ۱ طول خط بر حسب 7,km ولتاژ بر حسب Kv

و یا بطور تقریبی می‌توان به ازاء هر کیلومتر از خط انتقال ٦٥۰ ولت در نظر گرفت .

در ایران فشارهای الکتریکی که استفاده می شود به شرح زیر می‌باشد .

٤ /-٦-۱۱-۲۰-۳۳-٦۳-۱۳۲-۲۳۰-٤۰۰ Kv

علل استفاده از شبکه‌های سه فاز

۱- در یک خط سه فاز سر سیم ۳/٤ مسی که در یک خط تکفاز دو سیم و یا خط دو فاز چهار سیم معادل آن مصرف شده استفاده می‌شود .

۲- موتورهایی که با برق سه فاز کار می کنند با صرفه‌تر و کار آنها بهتر و راندمان بالاتر نسبت به موتورهای دوفاز و تکفاز دارند .

۳- برای مصارف صنعتی و تجاری برق سه فاز نیاز می‌با شد و مصرف کنندگان سه فاز بیشتراز تکفاز است .

انواع شبکه‌ها

شبکه‌های برق از نظر ضریب اطمینان یعنی کم بودن تعداد خاموشی‌های آن به سه دسته تقسیم می شوند .

۱- شبکه‌های شعاعی یا باز دارای مزیت‌ها و معایب زیر می‌باشند .

معایب :

۱- افت ولتاژ در آخر شبکه زیاد

۲- ضریب اطمینان کم در صورت خرابی تمام شبکه بی‌برق است

مزایا

۱- سادگی و مقرون به صرفه بودن

۲- کاربرد آن در نقاط کم جمعیت و کم اهمیت از نظر خاموشی مانند روستاها

شبکه‌های مسدود یا رینگ یا حلقوی دارای مزیت و معایب زیر می‌باشند :

مزیت :

۱- ضریب اطمینان شبکه نسبت به شبکه شعاعی بالاتر است .

معایب :

۱- هزینه بالا

۲- کاربرد آن نقاط پرجمعیت و پر اهمیت (در مناطق شهری)

۳- شبکه‌های مرکب یا تار عنکبوتی

شبکه‌هایی هستند که هر مصرف کننده حداقل از سه طرف تغذیه می گردد .

ضریب اطمینان این شبکه‌ها بسیار بالا و از نظر اقتصادی بسیار گران است .

کاربران آن در مناطق پرجمعیت و پراهمیت به خصـــوص مناطق صـــنعتی که قطعی برق حتی برای مدت کوتاه زیان بار می‌باشد (مصرف کننده)

مقایسه شبکه‌های هوایی و زمینی

خطوط انتقال و توزیع را ممکن است به صورت شبکه‌های هوایی و یا زمینی کشیده و بوسیله موارد زیر

را می‌توان با هم مقایسه کرد .

۱- احداث شبکه‌های هوایی آ سانتر ا ست در صورتیکه برای احداث شبکه‌های زمینی باید مسیر مناسب انتخاب و احتیاج به کانال مناسب نیز می‌باشد .

۲- احداث شبکه‌هایی ارزانتر از شبکه‌های زمینی است .

۳- عیب یابی و رفع عیب شبکه‌های هوایی آسانتر از شبکه‌های زمینی است چون در شبکه‌های هوایی عیب با چشم دیده می‌شود ولی در شبکه‌های زمینی باید عیب‌یابی توط دستگاههای مخصوص صورت بگیرد .

٤- هر چه ولتاژ خط انتقال افزایش یابد هزینه کابل نیز افزایش می‌یابد .

٥- در شبکه‌های زمینی به افراد متخصص بیشتری نیاز است .

٦- شبکه‌های زیرزمینی زیباتر و تمیزتر است و در نقاط پر جمعیت شهری از شبکه زیرزمینی استفاده می شود .

۷- گرفتن انشعاب و تقسیم برق به مشترکین در شبکه هوایی آسانتر است ولی در شبکه زمینی باید از مفصل استفاده نمود .

۸- شبکه‌های زمینی کمتر از شبکه‌های هوایی در مقابل آب و هوایی جوی و باد و طوفان وخطرات دیگر کمتر قرار می‌گیرد و آسیب کمتری می‌بیند .

WikiPower.ir

مشخصات مکانیکی و الکتریکی خطوط هوایی

یک خط هوایی انتقال یا توزیع از قسمتهای زیر تشکیل شده است .

۱- نگاهدارنده خطوط

۲- هادیها

۳- کراس آرم – مقره‌ها

خطوط باید دارای ویژگی زیر باشد .

۱- بایستی از نظر مکانیکی قوی بوده و دارای ضریب اطمینان ۲/٥ تا ۳/٥ باشد .

۲- بایستی بدون کم شدن مقاومت آنها از نظر وزن سبک باشد .

۳- ارزان و مقرون به صرفه باشد .

٤- دارای عمر طولانی باشند .

٥- مونتاژ و دسترسی به آنها آسان باشد .

٦- دارای شکل ظاهری خوب و زیبا باشند .

افت ولتاژ و تلفات انرژی

خطوط هادی الکتریکی در حقیقت مقاومتهای الکتریکی هســـتند که از آنها جریان برق را می گذرانیم و با اتصال مصرف کنندگان به چنین خطوطی شدت جریان از مولد به مصرف کنندگان جریان می‌یابد عبور جریان از این خطوط در خط افت ولتاژ را پدید می آورد که در فاصله مولد تا اولین انشعاب بزرگترین مقدار را می‌پذیرد زیرا در این فاصله شدت جریان بزرگتری از خط عبور می کند و هر چه خط طولانی‌تر باشـد افت ولتاژ آن زیادتر خواهد بود ضـمناً عبور همین جریان در خطوط باعث می شود که مقداری از انرژی در طول خط بـصورت حرارت تلف شود IR افت پتانسیل با توجه به ولتاژ نامی هر مـصرف کننده نبایستی از حد معینی بیشتر گردد و بهترین حالت وقتی است که فشار الکتریکی در تمام مـصرف کنندگان ثابت باشد ممکن است تصور شود که برای جبران افت ولتاژ در آخر خط بهتر است به همان اندازه ولتاژ ابتدای خط را افزایش داد ولی چون بار در تمامی ســـاعات در حداکثر خود نخواهد بود بنابراین با افزودن ولتاژ در ابتدای خط برای مواقعی که بار روی خط در حداقل افت ولتاژ نیز در حداقل خود

می‌باشد ولتاژ را در مصرف کننده‌های واقع شده در نزدیکی مولد یا ترانسفورماتور آنقدر بالا بوده که امکان صدمه زدن به مصرف کنندگان خواهد بود در شبکه‌های فشار ضعیف ۳۸۰/۲۲۰ ولت باید از تغییرات زیاد ولتاژ جلوگیری کرد زیرا موتورهای الکتریکی و لامپهای رو شنایی و بعضی از مصرف کنندگان دیگر در مقابل چنین تغییرات حساس می‌باشند . البته می‌توان با تغییرات تپ ترانس در مواقع پیک قدری کمبود ولتاژ را جبران نمود ولی می‌توان با محاسبه دقیق بار مصرف کنندگان و تعیین سطح مقطع حد معقولی جلوگیری نمود . همچنین در خطوط فشار قوی متوسط طولانی می‌باشد می‌توان به وسیله اتوبوستر افت ولتاژ را قدری جبران نمود در افت ولتاژ تنها مقاومت حقیقی خط R موثر نیست بلکه اندوکتیوته خط XL نیز موثر است بنابراین برای محاسبه افت در مدار تکفاز از رابطه V=I.Z و برای مدار سه فاز از رابطه V=3 I.Z ا ستفاده می شود البته لازم به ذکر ا ست که در خصوص توزیع تا ۲۰ کیلو ولت به دلیل ناچیز بودن مقاومت خازنی خط از افت ولتاژ خازنی صرفنظر می‌گردد .

الف : محا سبه افت ولتاژ و توان در شبکه‌های فشار ضعیف ۳۸۰/۲۲۰ ولت برای محا سبه افت ولتاژ در ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت از مقاومت القایی و خازنی خطوط صرفنظر می‌شود .

در مدار تکفاز دو سیمه

$$\Delta V = ۲RI = ۲.L / X.S * P / V.Cos\varphi$$
$$= ۲.L.p / X.V.SCos\varphi = ۲.L.(KVA)/(KV).S$$
$$S = ۲.L.p / X.\Delta V.V.Cos\varphi = ۲L(KVA) / X.\Delta V(KV)$$

افت توان در خطوط سه فاز

$$\Delta V = \sqrt{۳}.RI = \sqrt{۳}.L / X.S * P / \sqrt{۳}VCos\varphi$$
$$= \rho.L / X.S.VCos\varphi = (KVA).L / X.S(KV)$$
$$S = \rho.L / X.\Delta VCos\varphi$$

تذکر : در صورتیکه بار در نقاط مختلف خط پراکنده با شد بایستی از فرمولهای زیر ا ستفاده نمود :

$$S = \sum (KVA).L / X.\Delta V(KV)$$

افت توان در شبکه‌های تکفاز

$$\Delta P = ۲RI^{۲}$$
$$= ۲P^{۲}.L / X.S.V^{۲}Cos\varphi = (KVA)^{۲}.L / X.S(KV)^{۲}$$

افت توان در خط سه فاز

$$\Delta P = ۳RI^{۲}$$
$$= ۳LP^{۲} / X.S.(۱.۷۳)^{۲} V^{۲}Cos\varphi^{۲} = (KVA)^{۲}.L / S.X.(KV)^{۲}$$

افت ولتاژ در خطوط فشار متوسط

$$\Delta V = P.L / V.Cos\varphi(۱ / X.S * Cos\varphi + XSin\varphi)$$

برای خط ۲۰ کیلوولت مقاومت القائی حدود ۰/۳۵ اهم بر کیلومتر است یا ۰/۰۰۰۳۵ اهم بر متر است .

در روابط بالا پارامترها به صورت زیر می‌باشند :

XL= مقاومت سلفی خط — V= ولتاژ خط

R= مقاومت اهمی خط — V= افت ولتاژ خط

Z= امپداسن یا مقاومت سری خط — L= فاصله بار تا منبع

I= شدت جریان خط — P= توان خط

KVA= توان ظاهری خط — Δ P = افت توان خط

S= سطح مقطع سیم — φCOS = ضریب توان خط

Sin φ = ضریب توان راکتیو خط XL= مقاومت سطحی در واحد طول

X ضریب قابلیت هدایت برای آلومینیوم AL:۳۵ و برای مس CU٥٦ =

طراحی شبکه‌های توزیع

طرح صحیح برق رسانی به یک روستا یا شهر مستلزم شناخت کافی از موقعیت جغرافیایی محل و شناسایی انواع بارها و تقسیم آنها می‌باشد . بنابراین پس از اینکه اطلاعات کافی در مورد نوع مصرف کنندگان آن محل کسب شد بایستی نقشه محل در مقیاس کوچک ۱ به ۱۰۰۰ یا ۱ به ۱۵۰۰ تهیه و سپس جای پایه‌ها مشخص می شود و تعداد مشترکین با مقدار مصرف آنها روی هر پایه مشخص شود سپس با در نظر گرفتن توان مصرفی روی هر پایه و فاصله آنها تا ترانس و شبکه محاسبه می‌شود .

برای جلوگیری از افت ولتاژ زیادی بایستی که طول هر فیدر و ترانسفورماتور از حداکثر ۵۰۰ تا ٦۰۰ متر تجاوز نکند . ضمناً بایستی برای تعیین ظرفیت ترانسفورماتور امکان اضافه مشترکین را برای آینده در نظر گرفت .

مقدار بار مصرفی را نبایستی صرفاً مجموع بارهای ماکزیمم در نظر گرفت بلکه با در نظر گرفتن ضریب بار و ضریب همزمانی بارها بایستی مقدار بار مصرفی متوسط را محاسبه کرد .

مثال :

ساختمانی دارای ٤۰۰ عدد لامپ ٦۰ وات با آسانسور ١٦Kv و ۱۰۰ مصرف کننده ۵۰۰ واتی باشد اگر ۳۰۰ عدد لامپ و ۵۰ مصرف کننده همزمان کار کند ضریب بار القایی آسانسور نیز ۰/۷ است ضریب تقاضا بار ساختمان را حساب کنید ؟

کیلو وات ۲٤= ٦۰ × ٤۰۰ کل لامپ

کیلووات ۵۰= ۵۰۰× ۱۰۰ کل مصرف کننده

کیلووات ۱٦= آسانسور

کیلووات ۹۰= ۱٦+ ۵۰ + ۲٤ = مجموع

۵٤/۲= (۰/۷ × ۱٦) + (۵۰۰ × ۵۰)+ (٦۰ ×۳۰۰)= کل بار مصرفی

۶۰/۲۵٪ = ۵٤/۲/۹۰= ضریب تقاضا

تعیین ظرفیت ترانسفورماتور :

چنانچه قبلاً ذکر شد بایستی کلیه بارهای مختلف که می‌بایست تغذیه شوند را شناخته و با در نظر گرفتن ضریب بار و ضریب همزمانی همچنین با در نظر گرفتن پیشرفت و گسترش بار در آینده در نظر گرفت .

جدول زیر مقادیر تجربی ضریب بارهای مختلف را نشان می‌دهد .

WikiPower.ir

مقادیر تجربی	نوع بار
۰/٤-۰/۷	روشنایی داخلی منازل عمومی
۰/٦ – ۰/۸	روشنایی داخلی برای تاسیسات
۱	روشنایی خارجی
–	صنعت
۰/٦-۰/۸	فلز
۰/٦-۰/۸	متالوژی

معادن	۰/۸
نساجی	۰/۸
صنعت بومی	۰/۵–۰/۳

بارهای مختلف توسط شرکتهای برق به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند .

۱- بارهای خانگی یا مسکونی **Residentail Loads**

الف : شهری و حومه شهری

ب: روستائی

۲- بارهای تجاری و بازرگانی **Commercial**

الف : نواحی مرکزی شهر

ب: مراکز خرید و فروشگاهها

ج : ساختمانهای تجاری و بازرگانی

۳- بارهای صنعتی **Loads Industrial**

الف: واحدهای صنعتی کوچک

ب: واحدهای صنعتی بزرگ

کلیه بارهای مصـــرف کنندگان مختلف در موقع طرح و محاســـبه بار شـــبکه را به طور تقریبی می‌تواند ۵۰٪ لامپ و ۷۰٪ وسایل الکتریکی و ۶۰٪ مصرف موتورها در نظر گرفت .

۵۰۰ وات منازل کوچک ۱۰۰۰ وات متوسط ۱۵۰۰وات منازل بزرگ

سیمها را بایستی :

۱- طوری حساب کرد که استحکام مکانیکی کافی داشته باشد .

۲- مقطع سیمها را بایستی طوری محاسبه کرد که حرارت ناشی از جریان از حد معینی تجاوز نکند .

۳- افت ولتاژ از ۵۰٪ بیشتر نشود .

٤- سیم کشی و عیب یابی آسان باشد .

مثال :

در فاصله ۷۰۰متری از ترانس یک مصرف کننده سه فاز ۳۸۰ ولت با ضریب توان Cos = ۰/٦٥ موجود است و توان آن ۳٦ Kw افت توان ۲٪ مطلوب است محاسبه سطح مقطع سیم ؟

وات ۷۲۰= ۲٪ × ۳٦

$$S = P^{۲}.L / \Delta P.V.Cos\varphi.X = ۳٦.۸۸$$

WikiPower.ir

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

فصل سوم

مقدمه‌ای بر انواع انرژی در ایران

مقدمه‌ای بر انواع انرژی در ایران و مقدار تولید آن و انتقال

انرژی برق در کشور ایران :

درایران صنعت برق به صورت عمومی است و شامل تولید نیرو و برق انتقال و توزیع می شود که بخش خصوصی آن نیز را به عهده دارد که مدیریت تمام آنها وزارت نیرو (MOE) می‌با شد که این سازمان شامل توانیر و تولید و انتقال نیرو می‌با شد و شرکت بر ق ناحیه‌ای است ۸۰٪ از قسمت انرژی تولید شده و ظرفیت تولید شده متعلق به وزارت نیرو و ۲۰٪ باقیمانده به صورت صنعت دستی و نیروگاه‌های خصوصی کوچک تولید می‌شود .

مدیریت آن به روش گوناگون عمومی و بخش خصوصی داده می شود .

بنابراین انرژی تولید شده سالیانه که متعلق به وزارت نیرو نمی باشد و ۵/۵٪ از کل انرژی تولید شده ا ست که ذشان دهنده آن ا ست که مقدار خیلی کمی از انرژی ذصب شده به بخش خصو صی مربوط ا ست . ٤۰٪ از کل انرژی تولید شده تو سط صنعت و کشاورزی مصرف می‌شود و بخش خصوصی ۳۷٪ مصرف کننده‌های ثابت به شمار می آیند که آنها بالغ بر ١٤/٥میلیون مصرف کننده هستند که طبق آمار توانیر رشد ۷/۵٪ سالیانه نیز دارا می‌باشند .

مقدار مصرف ٦۳/۷ ٪ است که این سیر کم نشده و تا پایان سال ۲۰۰۰ میلادی به مقدار ٦٤/۲٪ افزایش خواهد داشت .

ظرفیت اسمی نصب شده در ایران بالغ بر ۳۱۰۰۰Mw است که در ایران با این ظرفیت در ردیف ۲۱ دنیا در تولید نیرو و مقام اول در توسعه شبکه ملی و گسترش آن است .

انرژی الکتریکی تولید شده توسط وزارت نیرو از مقدار ۲۱۳۰۰ Mw زیادتر است در سال گذشته تقریباً برابر ۱۰۷ میلیون Kwh انرژی تولید شده است که این توزیع توسط شبکه

سراسری انجام می شود که شامل ۶۰۰۰۰ کیلومتر خط انتقال و بالغ بر ۳۸۰۰۰۰ کیلومتر خط توزیع می‌باشد .

در آغاز شرکت توانیر طرحی داشت که در مجموع ۱۳۰۰۰ Mw به مجموع ظرفیت تولید شده تا پایان سال ۲۰۰۲ میلادی اضافه کند که این امر بعید به نظر می‌رسید .

جمعاً در این مدت از سال ۱۹۹۹ تا نیمه اول ۲۰۰۰ این رقم نسبتاً بزرگی بود که به مجموع نیروی تولید شده ا ضافه شد که حدود ۸۰۰۰ Mw آن از برق تولید شده از آب و باقیمانده از طرح تولیدی برق توسط نیروگاه سیکل ترکیبی از این مجموع ۵۴۰۰ Mw شامل ۲۳ واحد کوچک آبی و ۱۶ واحد با سوخت گاز که هر کدام حدود ۳۰۰ Mw نیرو تولید می‌کند و این طرح در پاییز ۲۰۰۰ اجرا شد که در یک طرح جدید و تجدید نظر ۸۶۰۰ Mw به ظرفیت مجموع تولیدی تا پایان سال ۲۰۰۲ اضافه خواهد شد که از این مقدار ۳۷۰۰Mw توسط نیروگاه‌های آبی تولید می شود . از جمله پروژه‌هایی که در اجرا حق تقدم دارند نصب و راه اندازی ۳۰ توربین گازی است که از شرکت Ansaldo ایتالیا خریداری شده است که این پروژه از سال ۱۹۹۹ آغاز شده و تا حدود ۶ سال دیگر به پایان خواهد رسید که نصب این توربین‌ها ۴۸۰۰ Mw برق به شبکه سراسری تزریق می‌کنند . میزان رشد مصرف سالیانه برق حدود ۸-۶٪ است که برای ۱۰ سال آینده سازمان طراحی نقشه برداری ظرفیت نصب شده را حدود ۴۷۵۰۰۰ Mw و سالیانه حدود ۱۰۲۰ یا Mw توسعه می‌دهد که انرژی تولید شده تا سال ۲۰۲۰ ظرفیت به ۹۶۰۰۰ Mw می‌رسد یا ۳۵۰ Kwh بیلیون که این کار بسیار شگفت‌آمیزی است که ۹۶ Kwh بیلیون برای ۲۰ سال آینده .

هدف نهایی شـــرکت برق (وزارت نیرو MOE) این اســـت که پروژه ها را به ســـمت بخش خصوصی سوق می‌دهد که دارای بودجه و سرمایه مالی کافی هستند و می‌توانند این کارها را انجام دهند که این بخش معروف به پروژه های مســـتقل نیرو اســـت (IPP) که در این بخش شـــرکتهای خارجی نیز می‌توانند شـــرکت کنند . این وزارتخانه همچنین تمام ســـاختمانها و ترانســـفورماتورها و پروژه‌های خود را ۱۰ تا ۱۵ ســـال بیمه می‌کند این بیمه تمام خســـارتهای وارده را جبران می‌کند حتی خســـارت در برابر بلاهای طبیعی را نیز جبران می‌کند شـــبکه می‌تواند از چندین شرکت ایرانی تشکیل شده که ۳۸ شرکت توزیع برق ، ۳۷ واحد تولید نیرو ، ۱۶ شـــرکت برق ناحیه‌ای و ٥٤ شـــرکت دیگر عضـــو این وزارتخانه هســـتند . در مجموع ۷۵۰ شرکت با قوانین همکاری می‌کنند .

توزیع و تولید

تولید انرژی برق در ایران تا آخر سال ۱۹۹۸ طبق جدول زیر می‌باشد :

	MOE	انواع دیگر	مجموع	٪ از مجموع
توربین بخار	۱۲۳۹۹/٥	۱۰۱۹	۱۳٤۱۸/٥	٤۳/۸۱
سیکل ترکیبی	٥٦۹٥/٦	-----	٥٦۹٥/٦	۱۸/٦
توربین گازی	۳۷۲٦/٦	۱٥۷۱	٥۲۹۷/٦	۱۷/۳
دیزلی	٦۱٦/۱٤	۳٦۰۰	٤۲۱٦/٤	۱۳/۷۷
توربین آبی	۱۹۹۹	-----	۱۹۹۹	٦/٥۲
مجموع	۲٤٤۳۷/۱	٦۱۹۰	۳۰٦۲۷/۱	۱۰۰

آخر مارس ۲۰۰۰(سال نوع ایرانی) انرژی تولید شده ایران به میزان ۸۲/٤٦٥ بیلیون Kwh است که طبق جدول زیر سهم هر نوع انرژی مشخص شده است :

طرح انرژی بخار	٪٦٥/٣١
توربین گازی	٪١٩/٩٤
طرح انرژی آبی	٪٩/٩٥
دیزلی	٪٤/٨

منابع انرژی برق در ایران

در طرحهای سنتی قبل از سوخت برای تولید انرژی ، روغنهای سوختی و گازوئیل (نفت گاز) بود که در دهه گذشته این سوختها دارای تحول عظیم و موثر شده‌اند . تولید و توزیع گاز طبیعی به عنوان سوخت ارزانترین منبع می‌باشد که از هر دو سوخت روغنی و گازوئیل ارزانتر است .

جدول زیر نوع سوختهای استفاده در ایران را در طی ۳ سال نشان می‌دهد :

	۱۹۹٦	۱۹۹۷	۱۹۹۸
گاز طبیعی	٪٥٩/٩	٪٤/٦٤	٪٧٨/٤
مازوت	٪٣٤/٩	٪٣٠/٤	٪١٩/٤
گازوئیل	٪٥/٢	٪٥/٢	٪٣/٢

نفت در کشور ایران حدود ۱۳۵ بیلیون تخمین زده شده است و دومین کشور ، عربستان سعودی ۲۵٪ کشورها که در محدوده دریای خزر هستند ، نیز دارای نفت هستند عربستان و ایران هر دو عضو OPEC و دومین صادر کننده نفت و تولید کننده نفت با میانگین ۳/۷ میلیون

بشکه نفت در روز NIOC ظرفیت تولید ٤١میلیون بشکه و افزایش آنها را تا ٥ میلیون بشکه تا آخر سال ٢٠٠٤ می‌کند . صادرات گاز طبیعی ایران تا آخر سال ١٩٩٨ به صدور ٢٣ تریلیون متر مکعب (٨١٢/٣ تریلیون فوت مکعب) که صدور ١٦٪ صادرات کل جهان است . شبکه انتقال و توزیع گاز حدود ١٣٠٠٠ کیلومتر تا آخر سال ١٩٩٩ بوده و استفاده از گاز طبیعی برای سوخت ژنراتورها و تولید برق ٩٪ رشد تا آخر سال ١٩٩٩ داشت که با این رشد بالغ بر ٧٨٪ شد در آوریل ایران بزرگترین میدان گازی را در جنوب کشف کرد که حدود ٤٤٥ بیلیون متر مکعب ظرفیت گازی این میدان است. سوختها مانند مازوت و گازوئیل که برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شدند کم کم رو به کاهش می باشند فقط از گازوئیل به عنوان سوخت مهم استفاده می‌شود در چندین سال اخیر وزارت نیرو و سوختهای سنتی و قبلی از جمله مازوت ، گازوئیل و غیره را کاهش داده و سوختهای جدیدی برای تولید برق جایگزین کرده است . زغال سنگ نیز دیگر در ایران برای تولید برق استفاده نمی شود زغال سنگ موجود در ایران حدود ٧/٥ بیلیون تن است که ٣/٧ بیلیون تن بخار تولید می‌کند و ٣/٨ تن کک است . یک واحد تولید برق با ذغال سنگ در طبس وجود دارد که تولید آن ١٠٠٠Mw است که جزء شبکه خراسان می‌باشد .

انتقال و توزیع برق (قدرت)

شبکه خطوط انتقال در ایران دارای ولتاژ ٤٠٠ و ٢٣٠ کیلووات است که به طور نرمال از خطوط انتقال ، به علت طولانی بودن مسافت استفاده می‌شود .خطوط انتقال به طور عادی بصورت خطوط هوائی می باشد فقط در تهران بعضی از خطوط ٢٣٠ کیلوولت به صورت کابل

زیرزمینی ا ستفاده می شوند که در قسمتهای مهم و مرکزی شهر و در مترو می با شند . طول خطوط انتقال از سال ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ در رنج ولتاژ ۲۳۰ و ٤۰۰ کیلوولت ،

در جدول زیر نشان داده شده است :

	٤۰۰Kv	۲۳۰Kv
۱۹۹۷ Km	۷٦٤۰	۱٥۹٥۲
۱۹۹۸	۸۰۸٦	۱۷۳٦۷

انتقال کمکی که برای افزایش تولید ولتاژ در مسافت زیاد استفاده می‌شود ، کاهش ولتاژ در هر ناحیه برای توزیع خطوط انتقال به دو صورت فشار قوی سنج ولتاژ ٤۰۰ ، ۲۳۰ کیلو حلقه بندی می‌شوند و در بعضی اوقات از ۱۳۲ کیلو نیز برای انتقال کمکی استفاده می‌شود در پست انتقال از ترانسفورماتور محلی و هادیهای گروهی و جبران کننده مرکزی برای جلوگیری از افت ولتاژ استفاده می‌شود . در پست انتقال از شبکه‌های ولتاژ در رنج ٦٦ یا ٦۳ و ۱۳۲ کیلوولت استفاده می‌شود جمعاً طول خطوط ۱۳۲ کیلوولت ۱۲۲٤۹/۳ کیلومتر و طول خط ٦٦ یا ٦۳ کیلوولت ۲٦۱۸۸ کیلومتر ا ست پ ست انتقال ۱۳۲ کیلوولت در سال ۱۹۹۸ – ۱٤ عدد ا ضافه شده که در مجموع به ۲۳۲ پست می‌رسد که ۳۷۲ ترانسفوراتور قدرت با ظرفیت باردهی MVA ۹۸۷٦ و ۳۲ پ ست ٦۳ یا ٦٦ کیلو ولت ا ضافه شده که در مجموع ٦۸۳ پ ست می‌با شد که ۱۲٥۸ ترانس قدرت با باردهی MVA ۲٦۷٥۹/۲ داراست .

توزیع نیرو

خط ولتاژ متوسط ، بطور نرمال خطوط ولتاژ متوسط در ایران با ولتاژ ۳۳-۲۰ یا ۱۱ کیلوولت کار می‌کنند که ۲۰ کیلوولت بیشترین مورد استفاده را دارا می باشد در آخر سال ۱۹۹۸ طول خطوط متوسط در ایران به ۲۰۶۷۴۸ کیلومتر رسیده است .

خطوط ولتاژ پایین

در آخر همان سال طول خطوط ولتاژ پایین حدود ۱۸۹۸۲۹ کیلومتر است که از آن ۱۷۲۸۵۹ کیلومتر شبکه هوایی و باقی مانده ۶۹۷۳ کیلومتر کابل زیرزمینی بوده است .

منابع انرژی طبیعی جدید و طبیعی موجود

نیروی خورشیدی که توسط صفحات مخصوصی ذخیره می‌شود نوع پیشرفته انرژی است . نیروی خورشیدی و حرارت زمین و باد نیروهای جدید تولید برق هستند از این منابع ۳۲ MW انرژی الکتریکی تا آخر سال ۲۰۰۱ تولید شد . نیروی خورشیدی در ایران بزرگترین نیرو طبیعی جدید است .

۱۹/۲۳ مگاژول بر متر مربع انرژی دارد بیشتر کشورها از نیروی خورشیدی استفاده می‌کنند اولین واحد تولید برق توسط شرکت آلمانی در یزد طراحی و ساخته شد که این طرح ۹ کیلومتر وسعت دارد و با سیکل ترکیبی و گاز بخار را تولید می‌کند . دیگر پروژه خورشیدی به صورت زیرزمینی در جزیره ایران توسط شرکت ایرانی نصب شده است . در این جزایر ۱۰ ماه از سال نور خورشید است که این طرح ۱۰KW انرژی مفید تولید می‌کند باد نیز یک نیروی تولید برق است که در کرمان و سیستان و بلوچستان و در شرق آذربایجان و گیلان استفاده می شود منجیل نیز در گیلان دارای واحد تولید برق با ، باد می باشد . که در مجموع برق تولیدی با ، بار ۲۰۰۴۶۰MW است (که توسط توربین بادی تولید می‌شود)

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

فصل چهارم

انتخاب سطح ولتاژ انتقال

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

مقدمه :

انتخاب ولتاژ انتقال ، همواره یک مسـئله مهم فنی و اقتصـادی در طراحی خطوط انتقال نیرو بـشمار می‌رود . پارامترهای مـشخص در آغاز طراحی یک خط انتقال نیرو عبارتند از طول خط و قدرت مورد نظر جهت انتقال . اغلب با مشـخص بودن این دو مقدار و با اسـتفاده از روابط و منحنی‌های تجربی موجود می توان ولتاژ مناسب جهت انتقال قدرت مورد نیاز را بدست آورد . ولی درعمل قضـیه به همین جا ختم نمی گردد و بعلت اهمیت موضـوع انتخاب ولتاژ و آینده نگریهای لازم و همچنین رعایت موارد فنی و اقتصـادی و محدودیتهای موجود ، بررسـیهای وسیعتری برای اینکار صورت می‌گیرد .

۲- انتخاب ولتاژ اقتصادی :

ولتاژهای استاندارد شده انتقال در ایران ٤۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت می‌باشند . ولتاژهای فوق توزیع ۱۳۲ و ٦۳ کیلوولت و ولتاژهای توزیع نیز ۲۰ و ۰/٤ کیلوولت تعیین شـده اند . لذا اولین شـرط لازم ، انتخاب یکی از ولتاژهای استاندارد شده فوق جهت انتقال می باشد . البته در چند استان کشـور در ردیف ولتاژهای فوق توزیع سـطوح ولتاژ دیگری نیز وجود دارد که از آن جمله می‌توان به ولتاژ ۳۳ کیلوولت بجای ۲۰ کیلوولت در اسـتان خوزسـتان ، ولتاژ ۱۱ کیلوولت در استانهای خوزستان و فارس و سیستان و بلوچستان وولتاژ ٦٦ کیلوولت بجای ٦۳ کیلوولت در استان فارس اشاره نمود که برخی از این سطوح بتدریج جمع آوری می‌گردند .

طی سالهای اخیر روند رو به تزاید مـصرف انرژی الکتریکی در کشور منجر به تا سیس منابع تغذیه جدید و احداث خطوط انتقال با ظرفیتهای بالاتر گردیده اسـت . انتقال قدرتهای بالا به

مسافات طولانی بدون استفاده از ولتاژهای انتقال بالا امکان پذیر نبود و یا حداقل این کار بدلیل افزایش تلفات از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد . بررسیهای بعمل آمده نشان می‌دهند تلفات توان رابطه مستقیم با جریان امپدانس خط دارد .(رابطه ۱)

$$P(Loss)=R.I^2$$

رابطه فوق در مورد تلفات قدرت در شبکه تکفاز و خطوط کوتاه صادق است که در آن :

R: مقاومت سیم بر حسب اهم (Ω)

I: شدت جریان بر حب کیلوآمپر (KA)

P: تلفات برحسب کیلوولت آمپر (LvA) می‌باشد

در صورت افزایش ولتاژ تا دو برابر ولتاژ موجود ، جریان به نصف کاهش یافته و در نتیجه تلفات انرژی بعلت رابطه مستقیم آن با مجذور جریان به یک چهارم مقدار قبلی خواهد رسید . بنابراین می‌توان گفت قابلیت انتقال خط با توان دوم ولتاژ رابطه مستقیم دارد و لذا انتقال انرژی زیاد فقط با ولتاژهای بالای اقتصادی خواهد بود . در کنار ولتاژ انتقال ، امپدانس خط نیز موثر بوده و این بدان معناست که افت ولتاژ و تلفات از طول خط هم تبعیت می‌کند لذا بایستی سعی شود منابع تغذیه تا حد امکان به مصرف کننده‌ها نزدیک باشند تا طول و امپدانس نیز کاهش یابد . نکته قابل توجه در اینجا آن ست که با وجود تأکید بر کاهش تلفات در انتقال در قسمتهای قبلی ، این کاهش (خصوصاً به صفر رساندن تلفات) همواره مطلب نبوده و رعایت جنبه‌های اقتصادی بعلت افزایش هزینه ایزولاسیون وسایر وسائل در صورت استفاده از ولتاژهای خیلی زیاد جهت کاستن مقدار جریان ، ما را ناگزیر به پذیرش مقداری تلفات در طول خط می‌سازد . این تلفات را تلفات مجاز خط گویند و طراحان خطوط انتقال مقدار آن را اغلب کوچکتر از ۵ درصد توان انتقالی در نظر می‌گیرند . به شکل زیر توجه کنید .

برای تعیین ولتاژ خط بایستی در وحله اول هزینه تلفات و هزینه تجهیزات مورد لزوم را نسبت به تغییرات ولتاژ مورد بررسی قرار داد .

هزینه کل شامل مخارج تلفات و مخارج وسایل و تجهیزات لازم می‌باشد از آنجائی که بررسی مسائل اقتصادی خود احتیاج مبرمی به شناخت اصول اقتصادی در مورد انتقال انرژی دارد ، لذا در این بخش سعی شده امکانات تجربی را جهت تعیین ولتاژ مزبور در اختیار گیریم که تعدادی از روابط تجربی مورد استفاده در ادامه آماده است .

الف – تعیین ولتاژ به کمک رابطه تجربی استیل :

این رابطه با شناخت توان مورد انتقال و طول امکان محاسبه ولتاژ انتقال را در اختیار ما قرار می‌دهد .

$$U = ۵.۵\sqrt{L + (S/۱۵۰)}$$

که در آن :

U: ولتاژ انتقال بر حسب کیلوولت (Kv)

L: مسافت بر حسب مایل (1 Mile = 1/609km)

S: توان ظاهری مورد انتقال برحسب کیلوولت آمپر (KvA) می‌باشد .

ب – تعیین ولتاژ انتقال به کمک منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به حاصلضرب مسافت در توان (رابطه کورتز) :

برای تعیین منحنی مورد نظر رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفته است .

$$U=82(M/1000)^{1/2.4}$$

که در آن :

U: ولتاژ انتقال بر حسب کیلوولت (Kv)

M: معادل مایل در مگاولت آمپر (Mile.MvA) می‌باشد .

منحنی شکل ۲ به کمک رابطه فوق ترسیم شده و یا استفاده از آن تعیین ولتاژ مورد نظر به سادگی صورت می گیرد .

ج – رابطه تجربی جهت تعیین ولتاژ انتقال در مسافت طولانی :

در سیستمهای سه فاز خطوط هوایی که انتقال انرژی بایستی در فواصل صورت گیرد و می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود .

$$U = ۲۰\sqrt{P}$$

که در آن :

U: ولتاژ انتقال برحسب کیلوولت (Kv)

P: توان مورد انتقال بر حسب مگاوات (Mw) می‌باشد .

د– یک رابطه تجربی دقیق جهت تعیین ولتاژ انتقال :

رابطه دیگری بفرم زیر وجود دارد که از دقت زیادی برخوردار بوده و پاسخهای مطلوبتری می‌دهد .

$$U=4*p^{0.45}*Ln(L-0.9)$$

که در آن :

U: ولتاژ انتقال بر حسب کیلوولت (Kv)

P: توان انتقالی بر حسب مگاوات (Mw)

L: طول خط بر حسب کیلومتر (Km) می‌باشد .

گاهی ممکن است نتیجه محاسبات اقتصادی و یا نتیجه محاسبات حاصل از روابط تجربی در انتخاب ولتاژ خط منجر به یافتن ولتاژی شود که تحت شرایطی خاص استفاده از آن مقرون به صرفه نباشد . در چنین حالتی کلیه محاسبات را کنار می‌گذاریم و خود را موظف به طراحی با مقادیری می کنیم که آن شرایط در اختیار ما قرار می‌دهند . بعنوان مثال فرض کنید برای انتقال توانی معلوم به مسافتی مشخص و با استفاده از یکی از روابط تجربی (مثلاً استیل) ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت برای انتقال بدست بیاید اما در محلی که توان از آن نقطه منتقل می‌شود ولتاژ ٤۰۰ کیلوولت موجود باشد .

لذا در صورتی که خود را موظف به طراحی با عددی که از محاسبات بدست آمده نمائیم بناچار بایستی در ابتدای خط ، نخست یک پست فشار قوی ٤۰۰/۲۳۰ کیلوولت احداث نموده و سپس ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت را انتقال می‌دهیم . این عمل منجربه بالا رفتن هزینه‌ها و غیر اقتصادی شدن طرح می‌گردد در صورتیکه می‌توانستیم بدون احداث پست تبدیل ، توان مورد نظر را با همان ولتاژ ٤۰۰۰ کیلوولت انتقال دهیم .

البته باید متذکر شد که گاهی ولتاژ موجود توانائی انتقال قدرت مورد نظر ما را ندارد و یا اینکه ولتاژ موجود توانایی قدرت ما را دارد ولی بعلت بالا بودن ولتاژ و ازدیاد هزینه ایزولاسیون در تمام مسیر خط انتقال ، نسبت به خط انتقال مناسب دیگر با ولتاژ پایین‌تر و مسائل دیگر ، ساختن یک پست تبدیل نسبت به استفاده از ولتاژ محل اقتصادی‌تر باشد .

بنابراین ملاحظه می‌گردد که انتخاب ولتاژ انتقال تا حد متنوع بوده و چه مسایلی می‌توانند در این انتخاب نقش داشته و احیاناً محاسبات قبلی را تحت الشعاع قرار دهند .

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

فصل پنجم

بررسی اضافه ولتاژها

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

مقدمه

یکی از منابع اصـلی تولید اضـافه ولتاژها را می‌توان خطوط انتقال انرژی دانسـت این اضـافه ولتاژها بر روی خطوط ذ شـ سته و بـ سرعت به سمت ابتدا و انتهای خط حرکت می کنند که در صورت عدم اتخاذ تدابیر لازم خطرات و زیانهای جدی بدنبال خواهند داشت .

از عوارض نا شی از ا ضافه ولتاژها می‌توان به شکـ ست ایزولا سیون ، وارد آمدن صدمه به تجهیزات ، عـمل کلیدها ، قطعی خط و غیره اشـــاره نمود که هر یک از این عوامل فوق اغلب خسارات سنگینی بدنبال دارند . لذا مطالعه و شناخت انواع اضافه ولتاژها و مشخه‌های هر یک از آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و خـصو صاً در شبکه‌های انتقال انرژی که ولتاژهای نامی اغلب در سطوح بسیار بالایی قرار دارند (در کشور ما تا ٤٠٠ کیلوولت) ، شناخت اضافه ولتاژهای ناشی از این سطوح بسیار بالا از اهمیت مضاعف برخوردار می گردد.

بطور کلی می‌توان اضافه ولتاژها را به دو دسته تقسیم بندی نمود :

۱- اضافه ولتاژهای موجی (Surge Over)

۲- اضافه ولتاژهای موقت (Temporary Over Voltages)

۳- اضافه ولتاژهای معمولی

از مشخصه‌های اضافه ولتاژهای موجی می‌توان به شیب زیاد و زمان کوتاه آنها اشاره نمود .

اصولاً عامل پیدایش اضافه ولتاژهای م . جی یکی از دو عامل زیر می‌باشد .

- تخلیه جوی یا رعد وبرق (Lightning)
- عملیات کلید زنی (Switching)

۱-۱ اضافه ولتاژهای ناشی از تخلیه جوی یا رعد و برق

از تخلیه جوی روی خط بوجود می آیند .هنگامی که اختلاف پتانسیل بین ابر و زمین (بالاترین نقطه ممکن) آنقدر بالا رود که دیگر هوای بین آن دو قادر به تحمل این ولتاژ نباشـــد قوس الکتریکی (Arc) تولید خواهد شد .

در مدت تخلیه ، یک کانال یونیزه تولید می شـــود که کانال تخلیه جوی نام دارد و دارای امپدانسی معادل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم می‌باشد . در صورت اصابت صاعقه به برجهای انتقال نیرو بارهای الکتریکی از طریق کا نال فوق بر روی برج تخلیه شده و پس از چند لحظه تمام می‌شود .

این بارها بتدریج روی خط پخش شـــده و مانند موج پیش می‌رود ولی دامنه آن مرتباً کاهش می یابد . این موج حاصل جریان تخلیه جوی یا جریان موجی نام دارد .

براساس استاندارد زمان پیشانی موج (T_1) مدت زمانیست که موج از ۱۰ درصد به پیک یا قله موج می رسد و مقدار آن در تخلیه جوی حدود (۲-۱) میکروثانیه است . زمان نصف موج (T_2) نیز عبارتست از زمان لازم برای رسیدن جریان موجی از ۱۰٪ به نصف مقدار پیک در قسمت انتهایی موج و مقدار آن درتخلیه جوی حدود (۵۰-۴۰) میکروثانیه است . مشخصه هر منحنی موجی را اغلب می‌توان تنها با ارائه شـیب موج مورد نظر تعیین نمود این شـیب را با a نشـان می‌دهند که بصورت زیر بدست می آید .

$$a = \frac{|KA|}{|\mu S|}$$

از حاصلضرب جریان موجی در امپدانس مسیر انتشار ، ولتاژ موجی حاصل خواهد شد در صورت وجود سیم محافظ هوائی (shied Write) مسیر انتشار همان سیم شیلد با امپدانس z است .

امپدانس موجی دارای فرکانس بسیار بالا($f \approx \infty$) می‌باشد . لذا اصطلاحاً امپدانسی را که خط در قبال فرکانس بی‌نهایت ظاهر می‌کند را امپدانس موجی یا امپدانس مشخصه خط گویند و بصورت زیر بدست می آید :

$$Zc = \sqrt{\frac{L}{C}}$$
$$\omega \to \infty$$

امپدانس مشخصه به شکل برج و نحوه قرارگرفتن هادیها و نوع آنها بستگی دارد و بین ۱۵۰ الی ۶۰۰ اهم می باشد بعنوان مثال اگر جریان موجی دارای دامنه و امپدانس موجی (Ω ZC=300) باشد ، ولتاژ موجی (Kv) ۶۰۰۰ خواهد بود بنابراین بخوبی پیداست که جهت کاهش دامنه ولتاژ موجی بهتر است امپدانس مسیر را کاهش دهیم بهتر است امپدانس مسیر را کاهش داد .

$U_W=Z_e.I_w$

به همین علت است که اغلب بجای یک سیم از دو سیم محافظ استفاده می‌کنند تا ولتاژ کمتری روی برج ظاهر شود زیرا امپدانس معادل برج به صورت زیر به دست می‌آید :

$$Z_e = \frac{۱}{\frac{۱}{۲Z_g} + \frac{۱}{Z_t} + \frac{۱}{Z_b}}$$

که در آن :

Z_e : امپدانس معادل برج .

Z_g : امپدانس سیم محافظ سیم محافظ هوایی .

Z_b : امپدانس بدنه برج .

Z_t : امپدانس پای برج .

معمولاً ۹۰ درصد جریان موجی از طریق برج تخلیه شده و ۵ درصد به سمت چپ سیم شیلد و ۵ درصد بطرف راست سیم شیلد حرکت می‌کند البته موج حاصل از تخلیه جوی نمی تواند ناگهان به زمین منتقل شود و مدتی (لحظه‌ای بسیار کوتاه) روی برج می‌ماند و همین عامل موجب بالا رفتن ولتاژ می‌گردد. در صورتی که ولتاژ بوجود آمده بر ولتاژ شکست ایزولاسیون (زنجیره مقره) فائق آید هادیهای خط انتقال از طریق کانال قوس به بدنه برج متصل شده وقوس برگشتی (Back Flash Over) بوجود می آید .

این قوس که اصطلاحاً B.F.O نام دارد به علت دارا بودن شیب ۹۰ درجه بسیار خطرناک بوده و منجر به اتصال کوتاه فرکانس ۵۰ و عمل رله‌ها و در نتیجه قطعی خطها خواهد گردید . منتهی این رله از نوع وصل مجدد اتوماتیک (Recloser) بوده و پس از مدت کوتاهی مجدداً خط را بطور اتوماتیک وصل می کنند و یقیناً این بار اضافه ولتاژ و اتصال کوتاه فرکانس ۵۰ مرتفع شده است . هر زنجیره مقه در مقابل ولتاژ موجی یک منحنی (ولت – ثانیه) دارد و هر چه طول زنجیره مقره بلندتر باشد ، این منحنی بالاتر بوده و در تحت ولتاژ بالاتری قوس برگشتی (B.F.O) خواهیم داشت . به عکس هر چه طول زنجیره مقره کمتر باشد تحت ولتاژ کمتری قوس داشته و لذا ولتاژهای کمتری نیز روی خط خواهند نشست . بنابراین می‌توان نتیجه گفت که با انتخاب طول زنجیره مقره کوتاهتر در خطوط انتقال انرژی می‌توان ولتاژ های تخلیه جوی کمتری را انتظار داشت .ولی طول زنجیره مقره را نمی توان به دلخواه کم نمود و مقدار آن را ولتاژ و آلودگی منطقه تعیین می‌کند . به همین دلیل است که در خطوط با ولتاژهای بالا که از مناطق با آلودگی زیاد عبور می‌نمایند ، دامنه اضافه ولتاژ های تخلیه جوی که روی خط می‌نشینند بسیار بالا است . شیب اضافه ولتاژهای حاصل از تخلیه جوی مابین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰

کیوولت بر میکروثانیه $KV/\mu C$ ا ست . ضمناً مدت این ا ضافه ولتاژ در حدود چند میکروثانیه می‌باشد و پس از آن عملاً انرژی خود را از دست می‌دهد .

۱-۲ اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی :

در اثر قطع و وصل کلیدهای قدرت (Circuit Breakers) چه به صورت دستی و چه به طور اتوماتیک اضافه ولتاژهایی با شیب زیاد و دامنه کم بوجود می آید که تحت عنوان اضافه ولتاژهای کلید زنی شناخته شده‌اند از آنجا که مشخصه حاصل از ا ضافه ولتاژهای کلید زنی مشابه مشخصه اضافه ولتاژهای تخلیه جوی بوده و در طول مسیر خود به صورت یک موج حرکت می‌کنند آن را در ردیف اضافه ولتاژهای موجی محسوب می‌نمایند .

البته دامنه این ا ضافه ولتاژها کمتر از ا ضافه ولتاژهای نا شی از تخلیه جوی بوده و زمان آن نیز در حدود چند میلی ثانیه می‌باشد شیب اضافه ولتاژهای حاصل از کلید زنی بین ۰/۱ تا ۱۰ کیلوولت بر میکروثانیه متغیر است .

۲- اضافه ولتاژهای موقت :

شامل اضافه ولتاژهای فرکانس ۵۰ می‌باشد که خود به دو قسمت زیر طبقه بندی می‌گردد :

- اضافه ولتاژهای کوتاه مدت با دامنه زیاد .
- اضافه ولتاژهای بلند مدت با دامنه کم .

۲-۱ اضافه ولتاژهای کوتاه مدت با دامنه زیاد :

این اضافه ولتاژها برای مدت کوتاهی (کمتر از یک دقیقه) بر روی تجهیزات ظاهر شده و دامنه آن به ۱/۵ تا ۳ برابر ولتاژ نامی هم می‌رسد . این ا ضافه ولتاژها اغلب در اثر اتصالیهای تکفاز به زمین اتفاق می افتد . اگردر یک سیستم سه فاز ، یک فاز زمین شود جریان اتصالی برقرار و

پس از چند دهم ثانیه کلیدهای طرفین خط عمل می نمایند ، اما در همین زمان کم ولتاژ فازهای سالم بالا می رود این اضافه ولتاژ در فاز سالم نسبت به ولتاژ ، فاز اولیه را ضریب زمین گویند و با K_g نشان می‌دهند .

$$K_g = \frac{U_{phs}}{U_{ph}}$$

که در آن :

U_{phs}: ولتاژ فازهای سالم پس از اتصالی در یکی از فازها

U_{ph}: ولتاژ اولیه فازها .

K_g: ضریب زمین .

موضوع فوق را می‌توان به صورت بردار ولتاژها و طبق شکل زیر بهتر نشان داد .

شکل ۱- بردارولتاژهای فازی ، قبل و پس از بروز اتصالی در یکی از فازها

همانطور که ملاحظه می‌شود قبل ازاتصالی ولتاژ فازهای سالم همان ولتاژ فازی (U_{ph}) می‌باشد و پس از اتصالی در یکی از فازها (مثلاً فاز C) ولتاژ دو فاز دیگر به مقدار (U_{phs}) می‌رسد ، زیرا نقطه صفر از O به نقطه O' منتقل گردیده است .

شکل برداری فوق همچنین نشان می دهد که حداکثر مقدار اضافه ولتاژ مورد انتظار در اتصالی فاز به زمین برابر $U_{phs} = \sqrt{۳}(U_{ph})$می‌باشد و این بدان معنا است که در بدترین حالت ولتاژ فازی ، فازهای سالم تا مقدار ولتاژ خطی (U_L) بالا رفته و این حالت (خصوصاً در ولتاژهای بالا) برای شبکه بسیار مضر است .

در حالت فوق ضـــریب $K_g = \sqrt{۳}$ خواهد بود ، در صـــورتیکه اســـتاندارد حداکثر مقدار مجاز ضریب افزایش ولتاژ فازی را $\frac{۱}{٤}$ تعیین نموده است .

۲-۲ اضافه ولتاژهای بلند مدت با دامنه کم :

مقدار افزایش ولتاژ در این حالت نسبت به حالت قبل کمتر بوده ولی مدت دوام آن بیشتر است و گاه تا ساعتها نیز طول می‌کشد . افزایش ولتاژ اسمی شبکه در اثر بی‌بار شدن خط که اغلب در اوار شـــب اتفاق می‌افتد ، از این نوع می باشـــد و مقدار افزایش ولتاژ نیز به چند کیلوولت محدود می گردد و شبکه بایستی آن را تحمل نماید .

جدول زیر افزایش ولتاژ اســمی شــبکه و درصــد اضــافه ولتاژ مجاز مربوطه را در هر حالت نشان می‌دهد .

ولتاژ نهایی (Kv)	درصد اضافه ولتاژ (٪)	ولتاژ اسمی شبکه (Kv)
۲٤	۲۰	۲۰
۷۲/٥	۱٥	٦۳
۱٤٥	۱۰	۱۳۲
۲٤٥	۱۰	۲۳۰
٤۲۰	٥	٤۰۰

WikiPower.ir

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

فصل ششم

اثر نوسانات ولتاژ بر دستگاههای الکتریکی و

روشهای اصلاح آن

WikiPower.ir

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

چکیده :

یکی از شرایط اساسی در یک شبکه توزیع تنظیم ولتاژ در محدوده مجاز است که جهت کارکرد صحیح و سایل الکتریکی بسیار مهم می‌با شد . بطوری که تغییرات مداوم ولتاژ با کم یا زیادتر شدن آن از حد مجاز بر روی د ستگاههای الکتریکی اثرات مخربی خواهد دا شت . یک سیستم توزیع که از ابتدای فیدر ۲۰ کیلوولت شروع می شود و به کنتور مصرف کننده‌ها ختم می شود، دارای اجزاء مقداری مقاومتهای اهمی و سلفی می‌با شند و در نتیجه عبور جریان بار از اجزاء شبکه توزیع افت ولتاژ ایجاد می‌شود . میزان افت ولتاژ به جریان بار ، ضریب قدرت بار ، جنس و سطح مقطع هادیها ، طول خطوط و امپدانس تراز سهای توزیع ب ستگی دارد . ا ساس تنظیم ولتاژ بر مبنای فراهم آوردن یک ولتاژ مجاز برای تمامی مشترکین در شرایط باری مختلف می‌باشد به طوری که بتوان با راه‌حلهای ساده و اقتصادی ولتاژ مصرف کننده‌ها از اولین تا آخرین آنها در موارد کم باری و پیک بار در حدود مجاز نگه داشت .

این مقاله دارای دو بخش می‌باشد که در بخش اول اثرات کاهش یا ازدیات ولتاژ بر وسایل الکتریکی مختلف و در بخش دوم رو شهای معمول تنظیم ولتاژ مورد تاکید بررسی بیشتر قرار می‌گیرند .

شرح مقاله :

در ابتدا تعریف چندین کمیت که در طی مقاله بطور مکرر با آنها برخورد داریم را تبیین می‌کنیم :

– افت ولتاژ : عبارت از تفاوت بین مقادیر عددی ولتاژ در ابتدای فیدر و محل مصرف می باشد .(شکل ۱) که از رابطه شماره ۱ محاسبه می‌شود و مقدار تقریبی آن از رابطه شماره ۲ محاسبه می‌شود .

درصد تنظیم ولتاژ : عبارت است از افت ولتاژ نسبی که درصد افت ولتاژ نسبت به ولتاژ مبنا می‌باشد .(رابطه ۳)

دامنه ولتاژ در یک نقطه مخصوص از شبکه : عبارت است از اختلاف بین ماکزیمم و مینیمم ولتاژ که مقدار آن بستگی به مکان اندازه‌گیری دارد . بنابراین دامنه ولتاژ برای مصرف کننده‌ها در طول فیدر متفاوت بوده و برای مصرف کننده‌های نزدیک به ابتدای فیدر کمتر می‌باشد . هر چه به انتهای فیدر نزدیک می‌شویم دامنه ولتاژ بزرگتر می‌شود . دامنه ولتاژ برای فیدرهای طولانی (فیدرهای روستایی) دارای مقدار بیشتری می باشد (شکل ۲) بنابراین دامنه ولتاژ برای هر مصرف کننده بستگی به موقعیت مکانی وی و ترتیب فیزیکی سیستم توزیع دارد . اما برای هر سطح ولتاژ تعیین شده یک دامنه ولتاژ مجاز وجود دارد که توسط استاندارد براساس کارکرد مطلوب وسایل الکتریکی تعیین می‌شود . تغییرات ولتاژ در داخل دامنه مجاز « حوزه مطلوب » گویند ، چون کارکرد سیستمهای الکتریکی دراین حوزه گرچه تغییراتی دارد ولی مطلوب و کافی می‌باشد .

شکل ۱ شکل ۲

$$\Delta V = |e_b| - |e_r| \quad (1)$$

$$\Delta V = I.PCos\phi + I.XSin\phi \quad (2)$$

$$Rv = (\Delta V / V_n) \quad (3)$$

۱- **اثر تغییرات ولتاژ بر عملکرد وسایل الکتریکی :**

هرگاه ولتاژ یک د ستگاه برقی از مقداری که روی پلاک د ستگاه نو شته شده یا ولتاژ نامی آن د ستگاه متفاوت گردد . این تغییر در مـ شخص کار و طول عمر د ستگاه اثر می‌گذارد مقدار این اثر گذاری بـ ستگی به نوع د ستگاه الکتریکی و کیفیت ساخت د ستگاه و مقدار تغییرات ولتاژ از مقدار ولتاژ نامی دارد . ا ستانداردهای مختلف نظیر IEC تلرانس مجاز برای د ستگاه‌های مختلف الکتریکی را تعیین می‌کنند . در این قسـمت به اثرات تغییرات ولتاژ روی دسـتگاه‌های الکتریکی متداول می پردازیم باید توجه نمود که جداول و مقادیر ارائه شـده براسـاس نتایج تجربی ، آماری بوده و بنابراین ممکن است در مراجع مختلف به طور متفاوت ارائه شده باشد .

۱-۱ **لامپ های رشته‌ای**

جداول زیر روشنایی و طول عمر متوسط لامپ‌های رشته‌ای را بر حسب تغییرات ولتاژ نشان می‌دهد . چنانچه از این جداول پیدا ست کاهش نور لامپ با کاهش ولتاژ شدید ا ست ، به طوری که به ازاء ۱۰ درصد کاهش ولتاژ حدود ۳۰ درصد از روشنایی کاهش می‌یابد و تنها حدود ۱۸ در صد از مـصرف لامپ کا سته می شود اما کاهش طور عمر لامپ در اثر افزایش ولتاژ شدید ا ست به طوری که به ازاء حدود ۱۰ در صد افزایش ولتاژ حدود ۷۰ در صد از عمر لامپ کا سته می‌شود .

درصد روشنایی	درصد عمر	درصد تغییرات	ولتاژ
٦٤	٥٧٥	-١٤	١٩٠
٧٥	٣٠٠	-٩	٢٠٠
٨٨	١٧٥	-٤/٥	٢١٠
١٠٠	١٠٠	٠	٢٢٠
١٢٠	٥٨	٤/٥	٢٣٠
١٢٢	٣٠	٩	٢٤٠

۲-۱ لامپهای فلورسنت :

در لامپ‌های فلورسنت کاهش ولتاژ باعث کاهش نور و استارت بد می‌شود به طوری که حدود ۱۰ درصد کاهش ولتاژ باعث ۱۰ درصد کاهش نور خواهد شد . در این ولتاژ یا لامپ استارت نخواهد شد و یا خیلی بد استارت می شود . زیاد شدن ولتاژ نیز باعث گرم شدن بیش از حد بالاست ، لامپ و کاهش عمر آن و نیز عمر لامپ می‌شود . همچنین در مورد لامپ های فلورسنت با کاهش ولتاژ نیز عمر لامپ کاهش می‌یابد .

۳-۱ لامپهای تخلیه‌ای (جیوه ، سدیم ، هالوژن) :

مشخصه کار این گونه لامپ‌ها تحت تاثیر تغییرات ولتاژبه شدت تغییر می‌کند ، به طوری که ۱۰ درصد کاهش ولتاژ حدود ۳۰ درصد کاهش روشنایی را در پی خواهد داشت . کاهش بیشتر ولتاژ ممکن است از ایجاد قوس و بخار شدن فلز جلوگیری کند و لامپ روشن نشود ،

همچنین در ولتاژهای پایین که در شروع رو شن شدن لامپ چندین بار ا ستارت می‌کند ،باعث کاهش عمر لامپ می‌شـــود . همین طور افزایش ولتاژ بیش از حد مجاز باعث بالا رفتن درجه قوس و صدمه دیدن کاتد می‌شود و عمر لامپ را کاهش می‌دهد .

۱-۴ لامپ‌های الکترونیکی یا کوتودی (لامپ تلویزیون) :

مشـخصـه کار لامپ‌های کاتودی به شـدت تحت تاثیر تغییرات ولتاژ قرار می‌گیرد و با کاهش ولتاژ ، مقدار الکترون خروجی کاهش می‌یابد ، در نتیجه تصـویر در تلویزیون دچار پرش ، کم رنگی و عدم وضـوح می‌گردد . از طرف دیگر منحنی عمر این لامپها بشـدت با افزایش ولتاژ کاهش می‌یابد ، بطوریکه با افزایش حدود ۵ درصـد ولتاژ ، عمر لامپ به نصـف کاهش می‌یابد که علت آن ازدیاد درجه حرارت المان کاتد و بخار شـدن سـطح کاتد می‌باشـد . به همین خاطر دستگاههای شامل این لامپها باید دارای منابع کنترل شده یا دارای ترانسهایی با خروجی ولتاژ ثابت باشند .

۱-۵ خازنها :

مشـخصـه خروجی خازنها نیز تحت تاثیر تغییرات ولتاژ به صـورت مجذوری تغییر می‌کند با کاهش ۱۰ در صد ولتاژ حدود ۲۰ در صد از بار راکتیو خازن کا سته می شود . اگر این خازنها برای تصحیح ضریب قدرت به کار گرفته شده باشند ، کاهش ولتاژ اثر آنها را بشدت تضعیف می‌کند .

۱-۶ نیمه هادیها :

نیمه هادیها نظیر ترانزیستورها ، دیودها و تایریستورها نیز تحت تاثیر تغییرات ولتاژ قرار می گیرند . لیکن حساسیت آنها به نسبت کمتر می‌باشد ، مگر در ولتاژهای خیلی بالا یا خیلی پائین

که ممکن است مدارهای الکترونیکی شامل این المانها بطور کلی دچار خطای عمل گردد یا باعث ابز بین رفتن این المانها گردد. به عنوان مثال ولتاژ معکوس بیش از حد مجاز روی دیودها یا تایریستورها حتی بطور لحظه‌ای این وسایل را از بین می‌برد .

۷-۱ دستگاههای حرارتی :

دستگاههای حرارتی نیز تحت تاثیر تغییرات ولتاژ قرار می‌گیرند و حرارت خروجی آنها با تغییرات ولتاژ تقریباً به صورت مجذوری نظیر یخچال ، فریزر ، کولر ، پنکه و ... کاربرد دارند . مشخصه گشتاور سرعت موتورهای القائی تابعی از مجذور دامنه ولتاژ ورودی می‌باشد و بنابراین با یک کاهش یا افزایش ولتاژ تغییر می یابد . به عنوان مثال اگر موتور را در ولتاژ پائین استارت کنیم ، گشتاور راه اندازی آن بطور مجذوری کاهش می‌یابد و برای بار مکانیکی ثابت ، جریانی که موتور می‌کشد ، بشدت افزایش پیدا می‌کند و باعث داغ کردن موتور می شود . همچنین با کاهش ولتاژ درحالت کار موتور در بار مکانیکی ثابت ، جریان بیشتری برای تامین گشتاور الکترومغناطیسی کشیده شده و سیم پیچها داغ می‌شود . بطوریکه یک کاهش ۱۰ درصد ولتاژ به داغ کردن موتور تا ۱۵ درصد بیشتر منجر شده و باعث کاهش عمر موتور می شود . افزایش ولتاژ در موتور القائی همچنین باعث کاهش ضریب قدرت و کاهش راندمان موتور می‌شود . همچنین پیرشدن عایق‌ها را تسریع می‌نماید که در نهایت عمر موتور را می‌کاهد . اهمیت کارکرد مناسب موتورهای القائی به این خاطر است که موتورهای القائی مصرف کننده عمده انرژی الکتریکی می‌باشند و نیروی محرکه ماشین آلات صنعتی و وسایل خانگی توسط این موتورها تامین می‌گردد . بنابراین کارکرد نامناسب این وسایل تاثیر

نامطلوبی روی تولید و کارکرد صـــنایع دارد . کاهش عمر این موتورها نیز باعث ضـــررهای اقتصادی زیاد برای مصرف کننده‌های تجاری ، خانگی و صنعتی خواهد بود .

جدول زیر مشخصه کار موتورهای القائی با تغییرات ولتاژ را نشان می‌دهد :

تغییرات ولتاژ				
۱۲۰٪ ولتاژ	۱۱۰٪ ولتاژ	نوع وابستگی به ولتاژ	۹۰٪ ولتاژ	
٤٤٪ افزایش	۲۱٪ افزایش	۲(ولتاژ)	۱۹٪ کاهش	گشتاور راه اندازی و ماکزیمم
بدون تغییر	بدون تغییر	ثابت	بدون تغییر	سرعت سنکرون
۳۰٪ کاهش	۱۷٪ افزایش	۲(ولتاژ) /۱	۲۳٪ افزایش	لغزش
۱/۵٪ افزایش	۱٪ افزایش	لغزش – سرعت سنکرون	۱/۵٪ کاهش	سرعت بار کامل
افزایش کم	۰/۰۵ تا ۰/۰۷ افزایش	ـــــ	۰/۲ کاهش	راندمان دربار کامل

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

۰/۰۵ تا ۰/۲ کاهش	عملاً بدون تغییر	ـــــ	عملاً بدون تغییر	۳/٤ بار
از ۰/۷ تا ۰/۲۰ کاهش	۰/۱ تا ۰/۲ کاهش	ـــــ	۰/۱ تا ۰/۲ افزایش	۱/۲ بار
۰/۵ تا ۰/۱۵ کاهش	۰/۳ کاهش	ـــــ	۰/۱ افزایش	ضریب قدرت دربار کامل
۰/۱۰ تا ۰/۳ کاهش	۰/٤ کاهش	ـــــ	۰/۲ تا ۰/۳ افزایش	۳/٤ بار
۰/۱۵ تا ۰/٤۰ کاهش	۰/۵ تا ۰/٦ کاهش	ـــــ	۰/٤ تا ۰/۵ افزایش	۱/۲ بار
۰/۱۱ کاهش	۷٪ کاهش	ـــــ	۱۱٪ افزایش	جریان بار کامل
۲۵٪ کاهش	۱۰٪ تا ۱۲٪ افزایش	ولتاژ	۱۰٪ تا ۱۲٪ کاهش	جریان راه اندازی
۵ تا ٦OC کاهش	۳ تا ٤ OC کاهش	ـــــ	٦ تا ۷ OC افزایش	افزایش درجه حرارت دربار کامل

٤٤٪ افزایش	۲۰٪ افزایش	۲(ولتاژ)	۱۹٪ کاهش	ماکزیمم ظرفیت در حداکثر بار
افزایش قابل توجه	افزایش جزئی	ـــــــ	کاهش جزئی	سرو صدا بخصوص در بی‌باری

۲- افت ولتاژ مجاز در اجزاء شبکه :

برای یک تنظیم ولتاژ مناسب باید مقدار افت ولتاژ مجاز در قسمتهای مختلف یک شبکه توزیع ، تعیین گردد . به این مفهوم که تنظیم ولتاژ باید طوری انجام گیرد که ولتاژ اولین مصرف کننده روی فیدر از حد مجاز بالاتر نباشد و در تمام حالات بار اولین مصرف کننده ، ماکزیمم ولتاژ مجاز را دا شته با شد و همچنین هیچگاه ولتاژ آخرین مصرف کننده روی فیدر از مینیمم ولتاژ کمتر نشود . اگر تنظیم ولتاژ مجاز ۵٪ در مبنای ۲۲۰ ولت را در نظر بگیریم ،ولتاژ مجاز مصرف کننده‌ها بین ۲۰۹ ولت و ۲۳۱ ولت می باشد بنابراین ولتاژ ابتدای فیدر (در محل اول مصرف کننده) از ۲۳۱ ولت نباید تجاوز کند و ولتاژ آخرین مصرف کننده نباید از ۲۰۹ ولت کمتر باشد . چون حداکثر افت ولتاژ مجاز در سیم کشی داخلی خانه‌ها در مواقع پیک بار در حدود ۲٪ یا ٤/٥ ولت در مبنای ۲۲۰ ولت می باشد ، لذا ولتاژ ورودی آخرین مصرف کننده‌ها نباید از ۲۱۳/٥ ولت کمتر باشد . پهنای مجاز دامنه ولتاژ از ابتدا تا انتهای فیدر ۱۷/٥ ولت می‌باشد مطالعه فیدرهای توزیع نشان داده است که برای هر جزء از اجزاء شبکه توزیع یک

افت ولتاژ مشخصی باید در نظر گرفته شود تا اقتصادی در اجزاء شبکه توزیع برای ولتاژ مبنای ۲۲۰ ولت برای فیدر مسکونی و روستایی در جدول زیر آورده شده است :

ردیف	اجزاء شبکه	فیدر مسکونی (پیک بار)	فیدر روستایی (پیک بار)
۱	فیدر اولیه	٦	۱۱
۲	ترانس توزیع	٤	٤
۳	فیدر ثانویه	٦	ـــــ
٤	سرویس مشترکین	۲	۳
		۱۸	۱۸

بر طبق این جدول بیشترین افت ولتاژ مجاز در سرویس مشترکین در مواقع پیک بار در فیدرهای مسکونی از ۲ ولت یا حدود ۱٪ ولتاژ مبنا نباید بیشتر باشد . افت ولتاژ روی خطوط توزیع ثانویه در حدود ۲٪ می‌باشد که با گسترش بار نباید از ۳٪ تجاوز کند و چنانچه از ۳٪ تجاوز نمود باید با افزایش ترانسهای توزیع جدید در مرکز ثقل بارهای جدید افت ولتاژ خطوط ثانویه را کاهش داد .

در طراحی شبکه توزیع شهری ترانسهای توزیع را طوری در نظر می‌گیرند که در موقع پیک بار افت ولتاژی در حدود ۳ تا ٤ ولت داشته باشند دراثر گسترش بار ، بار این ترانسها ممکن است در موقع پیک به ۱٤۰ تا ۱٦۰ درصد بار نامی نیز برسد که در این صورت افت ولتاژی معادل ٦ تا ۷ ولت خواهند داشت که بیشتر از حد مجاز می‌باشد . این ترانسها دارای تپ دستی

سه مرحله‌ای می‌باشند که در موقع گسترش بار ماکزیمم تپ قرار می‌گیرند تا ولتاژ ثانویه را افزایش دهند .

۳- روشهای تنظیم ولتاژ در شبکه توزیع :

عملکرد ضعیف دستگاههای الکتریکی ،گرم شدن بیش از اندازه ، قطع بدون علت رله‌های اضافه جریان و بالاخره سوخت بیش از اندازه وسائل الکتریکی بخصوص موتورها از نشانه‌های تنظیم ولتاژ بد می‌باشد . ولتاژهای پایین‌تر از حد مجاز در انتهای فیدرها در مواقع پرباری رخ می‌دهد و ولتاژهای بیش از حد مجاز در ابتدای فیدرهای کوتاه در مواقع کم باری اتفاق می‌افتد ، در صورت پایین بودن ولتاژ از مقدار مجاز درمحل مصرف ، ابتدا باید جریان مصرف کننده و جریان سیم ارتباطی را اندازه‌گیری کرد که دستگاه یا سیم ارتباطی اضافه بار نداشته باشند ، اگر دستگاه اضافه بار دارد ، باید اصلاح شود و چنانچه سیم اضافه بار داشته با شد ، باید از سیمهای ارتباطی جدید به طور موازی ا ستفاده نمود . اما اگر ولتاژ پایین در اثر پایین بودن ولتاژ سیستم توزیع از حد مجاز می‌باشد ، باید به اطلاع شرکت توزیع رسانده شود تا روشهای اصلاحی لازم معمول گردد .

برای تنظیم ولتاژ چندین روش متداول است که در نقاط مختلف سیستم توزیع می‌تواند به کار برده شود بعضی از این روشها ولتاژ را در ابتدا فیدر با تغییرات بار تنظیم می‌کند و پروفایل ولتاژ در طول فیدر را در کم باری و بار پیک در محدوده مجاز نگه می‌دارد . در بعضی روشهای دیگر امپدانس بین منبع و بار را کاهش می‌دهند تا دامنه تغییرات ولتاژ را محدود نمایند هر روش دارای مشخصه خاص خود می‌باشد که مقدار بهبود ولتاژ و هزینه بهبود ولتاژ

برای هر ولت و انعطاف پذیری آن را نشـان می‌دهد . روشـهای تنظیم ولتاژ معمول در شـبکه توزیع به طور مختصـر شـرح داده می‌شـود و میزان تاثیر و هزینه آنها مورد بررسـی قرار می‌گیرد و روشـهای مفید برای شـبکه توزیع ایران مورد بحث و بررسـی بیشـتری قرار گرفته است .

۳-۱ تنظیم ولتاژ در پستهای ۶۳/۲۰ kv:

طرح اقتصـادی سـیسـتمهای توزیع معمولاً تنظیم ولتاژ در پسـتها را در بر دارد . این تنظیم توسـط تپ‌های قابل تغییر زیر بار (OLTC) به همراه سـیسـتمهای تنظیم کننده دیگر در طرف فشار ضعیف ترانس روی شین یا مستقیماً در ابتدای فیدرهای خروجی قرار می‌گیرند ، لزوم یک سیستم تنظیم کننده ولتاژ در پستهای ۶۳/۲۰ KV به خاطر آن است که از اثر تغییرات ولتاژ ورودی پسـت در طول فیدرهای خروجی جلوگیری شـود . چنانچه دامنه تغییرات ولتاژ برابر اختلاف بین سرویسهای مشترکین و خروجی پست ترانس با شد ، تنظیم کننده پست قابلیت کاهش افت را در موقع پیک بار و مجاز نمودن آن را خواهد داشت .

حداکثر ولتاژ خروجی پسـت به وسـیله نزدیکترین مصـرف کننده به پسـت محدود می‌شـود بنابراین در این روش اصـلاح پروفایل ولتاژ برای مصـرف کننده‌های انتهایی به خصـوص در فیدرهای طولانی امکان پذیر نیسـت ، لیکن این روش از روشـهای پیش بینی شـده در اکثر ترانسها می‌باشد و به همین خاطر کم خرج است ولی گستره عمل آن نیز محدود می‌باشد .

۳-۲ نصب خازن موازی در ابتدای فیدر :

نصب خازن موازی روی شین ۲۰ Kv معمولاً دارای قدرت زیاد و چند و ضعیتی می‌با شد . این خازنها مجموعه‌ای سه فاز از بانکهای خازنی کوچکتر هستند که از واحدهای ، ۱۰۰، ۵۰ و یا ۲۵ کیلووار ساخته شده و ظرفیت کل آنها تا چند MVAR می‌رسد که معمولاً در سه مرحله وارد مدار می‌شوند و هر مرحله یک پله ۲ یا ۳ درصدی از تنظیم ولتاژ را انجام می‌دهد ولی همانطور که در تنظیم ولتاژ شین ۲۰ کیلو ولت گفته شد مقدار تنظیم ولتاژ در ابتدای فیدر توسط ماکزیمم ولتاژ اولین مصرف کننده محدود می‌شود و بنابراین برای فیدرهای طولانی با بار زیاد مناسب نمی‌باشد اما از روشهای ارزان قیمت است که تا حد زیادی به همراه روشهای تکمیلی دیگر کار تنظیم ولتاژ انجام می‌دهد .

۳-۳ افزایش سطح مقطع فیدرها :

یکی از رو شهای ا سا سی کاهش افت ولتاژ در شبکه‌های دارای بار زیاد ، افزایش سطح مقطع هادیها می‌باشد که باعث کاهش امپدانس بین منبع و مصرف کننده می‌گردد . بنابراین افت ولتاژ را کاهش می‌دهد ، اما این روش در ضمن از گرانترین رو شها می‌با شد که در مناطق شهری با رشد سریع مصرف و طول فیدرهای کوتاه می‌تواند عملی گردد. شکل ۳ کاهش افت ولتاژ را با افزایش سطح مقطع هادیها نشان می‌دهد .

۳-۴ ایجاد تعادل بار روی فیدرها :

یکی از کم خرج‌ترین روشهای تنظیم ولتاژ روی فیدرها ، ایجاد تعادل بار در شبکه توزیع اولیه و بخصوص ثانویه است . بطوریکه از هر سه فاز یک فیدر جریانهای مساوی در طول فیدر گرفته شود . علاوه بر افت زیاد و بد تنظیم شدن یک فیدر نامتعادل ، تلافات توان نیز در فیدر

نامتعادل بیشتر می‌باشد . همچنین ممکن است ظرفیت ترانسها و سایل دیگر شبکه در اثر اضافه بار یک فاز قبل از ظرفیت نامی خود به حد غیر مجاز برسد و استفاده اقتصادی از اجزاء شبکه را ناممکن سازد . تعادل بار باید در طول فیدر انجام گیرد و نه درخروجی فیدر از پست چرا که در غیر اینصورت عدم تعادل در قسمتهای مختلف فیدر ممکن است عدم تعادل ولتاژ و تنظیم بد ولتاژ را به همراه داشته باشد .

۵-۳ انتقال بار روی فیدرهای جدید :

با افزایش تعداد فیدرهایی که یک منطقه را تغذیه می کنند بار فیدرها کاهش می‌یابد و در نتیجه افت ولتاژ روی هر یک از آنها کمتر خواهد شد . این روش در مناطقی که دارای رشد سریع بار هستند بسیار مناسب است . ولی از روشهای گران قیمت تنظیم ولتاژ می‌باشد . در حالی که گسترش بار فیدر زیاد باشد و نتوان با روشهای دیگر مسئله تنظیم ولتاژ و اضافه بار را حل نمود ، ناچار به استفاده از این روش می‌باشد . بنابراین در طراحی شبکه‌های توزیع باید پیش بینی گسترش بار را نمود و با در نظر گرفتن آن تعدادی فیدر رزرو در نظر گرفت . بخصوص توز زیاد را طلب می‌کند . پس از گسترش بار ، دارای تلفات زیاد وتنظیم ولتاژ بسیار بد خواهد بود که تنها راه ایجاد پستهای ۶۳/۲۰ Kv در مرکز بارهای جدید و در نتیجه کاهش طول فیدرها به مقدار زیاد خواهد بود . این روش گرچه گران قیمت است لیکن از روشهای طبیعی و اجباری در گسترش شبکه‌ها می‌باشد لازم به تذکر است که در هر یک از روشهای تنظیم ولتاژ مسائلی نظیر میزان موثر بودن ، محل نصب ، روشهای کنترل و قابلیت عملی بودن روش باید مورد برر سی قرار گیرد که رو شهای خاص خود را دارد که مجال پرداختن به آن و ارائه رو شهای

محاسباتی و انواع رله‌های مورد استفاده و مکان بهینه استفاده آنها بحث مفصلتری را می‌طلبد

.

۳-۷ افزایش ولتاژ فیدرهای اولیه :

هنگامیکه سطح ولتاژ یک فیدر در حالیکه بارش ثابت است افزایش پیدا کند مقدار جریان آن فیدر بطور معکوس با تغییرات ولتاژ کاهش می‌یابد و تغییرات افت ولتاژ روی فیدر متناسب با مجذور تغییرات ولتاژ می‌باشد این روش نیز از روشهای پر خرج برای تنظیم ولتاژ می‌باشد که مستلزم تغییرات زیاد در طراحی سیستم و عوض نمودن عایق بندی شبکه وتغییرات عمده در پستها و حفاظت می‌باشد . ولی می‌تواند در مناطق شهری پرتراکم ، در طرحهای جدید بطور جدی مورد بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی قرار گیرد .

۳-۸ نصب رگولاتورهای ولتاژ در طول فیدر :

در طول فیدرهای طولانی که تنظیم ولتاژ در پست امکان پذیر نیست می‌توان با نصب رگولاتورهای سری در چند محل افت ولتاژ را به صورت مرحله‌ای مطابق شکل ٤ جبران نمود . این روش برای فیدرهای طولانی با بار زیاد مفید می‌باشد .

رگولاتورهای ولتاژ یا از نوع پله‌ای توزیعی می‌باشند و یا از نوع القائی پیوسته ولی در هر حال دامنه تنظیم آنها معمولاً در محدوده ۱۰+ و ۱۰- درصد قرار دارد . رگولاتورهای توزیعی پله‌ای که جدیدتر و سبکتر می‌باشند براساس کار تپ چنجرهای ترانسفورماتور ساخته شده‌اند و قادرند با تغییر ولتاژ را در چندین مرحله بالا و پایین برده و تنظیم کنند. استاندارد آنها ١٦ پله ١/٢٥ درصدی می‌باشند . رگولاتورهای پله‌ای توزیعی بعلت کوچک و سبک بودن در

قدرتهای پایین قابل نصب روی تیرهای توزیع می‌باشند ولی رگولاتورهای القائی که برا ساس ماشینهای القائی کار می کنند سنگین وزن و حجیم بوده و امروزه کمتر استفاده می شوند مگر در صنایع بزرگ و آزمایشگاهها .

۹-۳ استفاده از خازنهای موازی در طول فیدرها :

این روش یکی از معمولترین و کم خرج‌ترین روشهای تنظیم ولتاژ می‌باشد که بعلت آنکه با بهبود ضریب توان شبکه نیز همراه است مزایای آن دو گانه می‌باشد و اگر به صورت خازن ثابت استفاده گردد مناسب نیست و تنظیم ولتاژ بخوبی انجام نخواهد شد و بهتر است بصورت خازنهای سوئیچ شونده طراحی گردد تا در بارهای مختلف با رله‌های ولتاژی یا زمانی بتوان مقدارخازن را بطور پله‌ای وارد مدارنمود بطوری که پروفایل ولتاژ در حد مجاز و مناسب باقی بماند .

۴- تنظیم در قسمتهای مختلف شبکه توزیع :

۴-۱ تنظیم روش شین ۲۰ کیلووات :

تنظیم ولتاژ شین ۲۰ کیلووات که در محل پست ۶۳/۲۰ کیلوولت انجام می‌گردد در حقیقت تنظیمی است که برای تمامی فیدرهای خروجی پست از هر نوع (مسکونی ، صنعتی و روشنایی) انجام می‌گیرد و در تنظیم ولتاژ شبکه اهمیت اساسی دارد . تنظیم ولتاژ روی شین با روشهای تپ چنجر اتوماتیک ترانسهای ۶۳/۲۰ کیلوولت ، استفاده از بانکهای خازنی سوئیچ شونده موازی و استفاده از رگولاتورهای ولتاژ نوع پله‌ای بین شین و ترانس استفاده می شود که در بیشتر موارد از هر سه نوع تنظیم استفاده می‌شود . به خاطر آنکه بعنوان مثال با خازنهای سوئیچ شونده می‌توان تنظیم ولتاژ با تغییرات زیاد را انجام داد چون این خازنها ۲ یا

۳ مرحله بیشـتر ندارند و در هر فاصـله تنظیم ولتاژ با رگولاتورهای ولتاژ یا تپ چنجر ترانس انجام می‌گیرد .

دامنه تنظیم کل در روی شین در حدود ۱۰ درصد می‌باشد و معمولاً به ۳۲ پله با ٦٢٤ درصد تغییرات ولتاژ در هر پله محدود می‌شـود . تنظیم ولتاژ روی شـین همانطور که گفته شـد برای کلید فیدرها انجام می‌شود و به خصوص در پستهایی که دارای فیدرهای از انواع مختلف باشند نمی‌توانند کامل باشند و بنابراین تنظیم ولتاژ روی فیدرها نیز لازم می‌باشد .

۴-۲ تنظیم ولتاژ روی فیدر ۲۰ کیلوولت :

تنظیم ولتاژ در طول فیدر بر حسـب نوع فیدر ، پروفیل ولتاژ را در حالات بارهای مختلف در محدوده مجاز نگه می‌دارد که به عنوان مکمل تنظیم روی شین ۲۰ کیلوولت می‌با شد رو شهای تنظیم که مستلزم تغییرات در خود سیستم نمی‌باشد عبارتند از استفاده از رگولاتورهای ولتاژ پله‌ای و نصب خازنهای موازی در محلهای منا سب . روش و مقدار تنظیم ولتاژ روی فیدرها به فاکتورهایی از قبیل منحنی بار ، طول فیدر و مسافت فیدر از اولین بار و نوع پراکندگی بار روی فیدر دارد . رگولاتورهای ولتاژ برای افت ولتاژهای زیاد روی فیدر نمی‌توانند بطور موثر عمل نمایند و فقط می‌توانند دامنه ولتاژ را در محل ن صب برای هر یک از و ضعیت‌های بار نگهداری و تضمین نمایند و قابلیتهای خازنهای موازی سوئیچ شونده را که قادر به جبران بار راکتیو و تصحیح ضریب قدرت فیدر و همچنین تا حدی قادر به تصحیح عدم تعادل بار می‌باشند ندارند ، بنابراین تنظیم روی فیدر ۲۰ کیلوولت معمولاً بطور موثرتر و اقتصـادیتر توسـط خازنهای موازی سوئیچ شونده که درمحل مناسب شده‌اند انجام می گیرد .

۴-۳ تنظیم ولتاژ تکمیلی :

تنظیم ولتاژ عبارت است از استفاده از هر نوع وسیله تنظیم ولتاژ که در شبکه توزیع ثانویه یا توسط مشترکین به کار گرفته شود که شامل استفاده از بانکهای خازنی توسط مصرف کننده‌های صنعتی کوچکتر بخصوص برای تصحیح ضریب قدرت می‌باشد و عمل تنظیم ولتاژ را نیز انجام می‌دهد . همچنین استفاده از رگولاتورهای پله‌ای الکترومکانیکی و الکترونیکی برای مصرف کننده‌های خانگی که بخصوص برای وسائل حساس نسبت به تغییرات ولتاژ مثل یخچال و تلویزیون مورد استفاده قرار می‌گیرد کنترل تکمیلی بخصوص برای شبکه‌های روستایی با طول زیاد ضروری می‌باشد و می‌تواند دستگاههای الکتریکی را در مقابل تغییرات ولتاژ محافظت نماید و دامنه تغییرات را از حد استاندارد هم کمتر نموده و عمر دستگاهها را افزایش دهد .

۴- **روش کنترل دستگاههای تنظیم ولتاژ:**

تپ چنجرهای اتوماتیک ، رگولاتورهای پله‌ای و خازنهای سوئیچ شونده که به طور اتوماتیک کنترل می‌شوند براساس فیدبک ولتاژ ، جریان ، درجه حرارت می‌توانند کنترل شوند یا با داشتن منحنی بار روزانه بصورت زمانی کنترل گردند . با کنترل زمانی که براساس منحنی بار روزانه انجام می‌گیرد می‌توان خازنها یا رگولاتورها را در زمانهای خاصی سوئیچ نمود و مقدار آنها را کم یا زیاد کرد . کنترل ولتاژ معمولترین روش می‌باشد و تقریباً در اکثر اوقات روی شین پ ستها و بخ صوص برای تپ چنجرهای اتوماتیک و رگولاتورهای ولتاژ از این نوع کنترل ا ستفاده می شود . برای این کار از رله‌های تنظیم ولتاژ قابل تنظیم ا ستفاده می شود که در دامنه ولتاژ مجاز عمل نمی‌کنند ، ولی با کاهش ولتاژ از حد مجاز یا افزایش آن از حد تعیین شده کنتاکتهای خا صی را می‌بندند و در نتیجه باعث عملکرد رگولاتور ولتاژ یا سوئیچ شدن

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

بانک خازنی یا تغییر تپ ترانس می گردند . کنترل براســـاس جریان ، درجه حرارت یا کیلووار نیز می‌توان انجام گیرد که در موارد خاص بکار برده می‌شود و بخصوص برای تنظیم ضریب قدرت درخازنهای سوئیچ شونده می‌توان از کنترل کیلووار استفاده کرد .

WikiPower.ir

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

نتیجه :

نوسان غیر مجاز ولتاژ بر روی دستگاه‌های الکتریکی اثرات مخربی بر جای می‌گذارد . به منظور بهره‌برداری اقتصادی از تاسیسات و تجهیزات شبکه‌های توزیع کاهش و کنترل نو سانات ولتاژ از ترانسفورماتورهای مجهز به سیستم OLTC ، نصب رگولاتورهای ولتاژ در پستهای ۶۳/۲۰KV ، نصب خازنهای موازی بر روی شینه‌های ۲۰KV ، افزایش سطح مقطع هادیها ، ایجاد تعادل بار ، افزایش پستهای توزیع ، کاهش طول فیدرها ، احداث فیدرهای جدید ، افزایش فیدرهای اولیه و نصب رگولاتورهای پله‌ای الکترونیکی خصوصاً در محل مصارف خانگی می‌توان استفاده نمود .

WikiPower.ir

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

فصل هفتم

بهبود تنظیم ولتاژ در خطوط توزیع انرژی الکتریکی

(Improvement of Voltage Regulation in LVDistributors)

WikiPower.ir

مقدمه

در یک سیستم توزیع ،ترانسفورماتورهای توزیع که در طول خطوط تغذیه ولتاژ بالا (H.V.Feeder) اتصال دارند ، از طریق خطوط متعدد به ولتاژ پایین L.V.Distributor مصرف کننده‌های مختلف را تغذیه می‌نمایند . پروفایل ولتاژ نمونه سیستم توزیع از پست اولیه تا انتهای خط توزیع L.V برای شرایط تمام بار نشان داده شده است . برای این که ولتاژ در محدوده مجاز یا قانونی (مثلاً ٦٪ +) نگاه دا شته شود ، لازم ا ست و سایل کنترل ولتاژ به کار گرفته شود تا هنگامی که ولتاژ خیلی زیاد ا ست کاهش و وقتی ولتاژ خیلی پایین ا ست افزایش داده شود وسایل کنترل ولتاژ موجود در شبکه‌های توزیع به قرار زیر است :

۱- کنترل ولتاژ اتوماتیک (AVC) ترانسفورماتورهای سیستم

۲- تنظیم تپ ترانسفورماتورهای توزیع

سطح ولتاژ در شبکه توزیع به واسطه رگولاسیون ترانفسورماتور ، افت ولتاژ در خط تغذیه (فیدر) و خط توزیع و بارهای نامتعادل واقع بر خط توزیع ، پیوسته کاهش می‌یابد . تغییرات ولتاژ را می‌توان با انتخاب یک تپ (TAP) ثابت ترانسفورماتور توزیع و یک تنظیم منا سب ولتاژ و سیله کنترل ولتاژ اتوماتیک تصحیح نمود اما علیرغم به کار گرفتن چنین و سایل کنترل ولتاژ بارهای نامتقارن (که به میزان زیادی نامتقارن هستند) واقع بر روی تعدادی خطوط توزیع در سیستم توزیع مناطق روستایی منجر به ایجاد ولتاژ خارج از محدوده مجاز (مثلاً ٦٪ - ۲۲۰) و در نتیجه نار ضایتی و شکایت مشتریان واقع بر روی این خطوط می گردد البته چنین تغییرات ولتاژ این است که بارهای نامتقارن افت ولت را در خط توزیع تشدید می‌نماید . براساس یک روش نیمه تجربی نشان داده می شود که برای یک دستگاه با نامتقارن Ic,Ib,Ia و ضریب توان

واحد افت ولت در فازی که بیشـــترین جریان بار حمل می‌کند به اندازه (U ٤/١٤+ ١) از افت در هنگامیکه همین بار در شرایط متقارن تغذیه می‌شود بیشتر است U ضریب عدم تقارن است به وسـیله رابطه زیر تعریف می‌شـود .U=In/3Im که در آن Im مقدار میانگین جریان سـه فاز و In جریان سیم نول می‌با شد چارت ذشان داده شده که از یک خط توزیعی که از ترانسفورماتور ٥٠ KVA تغذیه می‌شود ، برداشته شده است نشان می‌دهد که در حوالی ساعت ٧ صبح و بین ٧ تا ٨ بعد از ظهر ولتاژ یکی از خطها خیلی کمتر از سطح مجاز و ولتاژ دو فاز دیگر قدری بیشتر از ســـطح مجاز قرار می‌گیرد . بنابراین بایســـتی ولتاژ چنین خطوط توزیعی با نصـــب کردن وسایلی ، تصحیح گردد البته واضح است که می‌توان تنظیم ولتاژ را در چنین خطوط توزیعی با محکم کردن (Strengthen) خطوط تغذیه یا خطوط توزیع به تصـحیح کننده ولتاژ در حقیقت یک ترانسفورماتوریک به یک ا ست و از نظر ساختمان مـشابه ترانسفورماتور قدرت نرمال ا ست دارای یک هسته سه فاز معمولی ا ست که بر روی هر بازوی آن دو سیم پیچی قرار دارد و به روش ستاره به هم پیوسته ، متصل گردیده اند بنابراین در مجموع یک سیم پیچی سه فازی را تشـکیل می‌دهند که انتهای آن ترمینالهائی جهت اتصـال دادن به خطوط ، گرفته شـده اسـت . همچنین از نقطه خنثی ترمینالی جهت اتصال به خط نول گرفته شده است . عایق آن ممکن است هوا یا روغن باشـد . با توجه به جریان حاصـل از نامتقارنی که از نول عبور می‌کند . دو سـیم پیچی واقع بر روی هر بازو در جهت مخالف هم بوده و امپدانس قابل اغما ضی را ارائه می‌کنند طوریکه جریان سیم نول به طور مـساوی بین بار و متعال کننده سیر کوله می شود . بنابراین مولفه توالی صفر جریان (که از سیم نول عبور می‌کند) از سه خط تغذیه که به متعادل کننده منتهی می‌شـــوند ،حذف می گردد . در نتیجه منجر به کاهش افت ولت در خطوط و بهبود تنظیم

ولتاژ می‌گردد . از این وسیله می‌توان جهت بهبود ولتاژ در خطوط توزیع طویل استفاده کرد واز شکایت مشتریان ممانعت نمود .

جهت بررسی نقش این نوع تصحیح کننده ولتاژ ، خط توزیع L.V را که سیستم سه فاز چهار سیمه ۴۳۳ V است و بار نامتقارن (بار اهمی ۵۰ آمپر تکفاز) را تغذیه می کند ، در نظر می‌گیریم سیستم سه فاز نامتقارن را به طور دقیق می‌توان به کمک روش مولفه‌های متقارن مورد تجزیه و تحلیل قرار داد اما به روش ساده‌تری نیز امکان پذیر است . براساس این روش و به کمک نقش متعادل کننده ۵۰ آمپری را که در انتهای خط تغذیه نصب شده مورد مطالعه قرار می‌دهیم .

لازم به ذکر است که از نظر مقادیر نامی ولتاژ متعادل کننده ترانسفورماتوری دارای ولتاژ نامی خط تغذیه L.V و از جریان نامی بر حسب حداکثر جریان نول بیان می‌گردد و دارای مقادیر نامی ۵۰ آمپر ، ۷۰ آمپر و ۱۰۰ آمپر است . فرض می‌شود که هر خط تغذیه دارای مقاومت ۰/۴۹۹ اهم است و متعادل کننده دارای مقاومت ۰/۱۶ اهم در فاز است نتیجه این مطالعه در جدول ۱ آمده است و نشان می‌دهد که تنظیم ولتاژ به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود پیدا کرده است . از آنجائیکه سیم پیچی‌های این نوع متعادل کننده همواره حامل جریان هستند ، درمعرض تلفات $I^2.R$ قرار دارند و این از معایب عمده این نوع متعادل کننده است . همچنین در معرض تلفات هسته نیز قرار دارند . بعلاوه در بهبود تنظیم ولتاژ ، اغلب لازم است این نوع متعادل کننده را با رگولاتور ولتاژ ترکیب نمود به این معنی که تغییرات وسیع ولتاژ در خط توزیع طویل LV با نصب یک رگولاتور ولتاژ و یک متعادل کننده قابل بهبود است .

تصحیح کننده ولتاژ (متعادل کننده ولتاژ) راکتیور TSC/TSR

در اینجا منظور طراحی تصحیح کننده ولتاژی که در آن از نوعی جبران کننده راکتیو استاتیک (Static Var Compensator) استفاده گردیده و به طور اتوماتیک تغییرات غیر قابل قبول ولتاژ را کنترل نموده و آن را در محدوده تغییرات مجاز قرار می‌دهد . چنین وسیله‌ای دارای هزینه کم و تلفات کم بوده و می‌تواند جایگزین ترکیب رگولاتور ولتاژ و متعادل کننده ترانسفورماتور گردد . به منظور تنظیم ولتاژ هر فاز یک خازن (یا بانک خازن) یک راکتور به فاز سوئیچ می‌شود و از آنجائیکه پایین بودن و یا بالا بودن همزمان سه فاز به ندرت اتفاق می افتد عموماً بالا بودن ولتاژ یک فاز و پائین بودن فازی دیگر و یا پائین بودن یک فاز و بالا بودن دو فاز دیگر (که این بدترین حالت است و همانطوری که در جدول ۱ نشان می‌دهد حالت اخیر مربوط به وقتی است که فقط سیستم سه فاز بار تکفاز را تغذیه می‌نماید) در عمل پیش می آید بنابراین به منظور اقتصادی‌تر بودن طرح ، طرحی که در آن از سوئیچ کردن تایرستوری خازن و راکتور استفاده شده است براساس مطالعه تحلیلی بر روی خط تغذیه که چنین وسیله‌ای قادر است تنظیم ولتاژ را بهبود دهد . نتایج چنین مطالعه‌ای نشان می‌دهد وقتی که امپدانس سیستم از دیدگاه نقطه نصب تصحیح کننده ولتاژ بیشتر است ، مقادیر نامی خازن و راکتور کاهش می‌یابد در صورتی که این امپدانس کوچک باشد پیشنهاد می شود که با سری کردن راکتور با تصحیح کننده ولتاژ ، آن را افزایش داد یک مقدار نمونه امپدانس می‌تواند در حدود ۵ الی ۱۰ درصد مقدار نامی بار باشد . طرح فوق به کمک سیستم کنترلی که به صورت بلوک دیاگرام است به طور اتوماتیک ولتاژ را در سه فاز تصحیح می‌کند . سیستم کنترل دیجیتال این نوع تصحیح کننده ولتاژ شامل مدار اندازه‌گیری ، مدار آتش کردن تایریستورها ، مدار تشخیص دهنده لحظه سوئیچ کردن خازن و میکروپرسسور ۶۵۰۲ است به کمک برنامه ذخیره شده

هنگامی که ولتاژ هر فاز از تحد مجاز خارج می‌شـــود برحســـب اینکه ولتاژ خیلی بالا یا خیلی پائین باشـــد به تایریســـتوریهای مربوطه فرمان داده می‌شـــود ،که راکتور یا خازن را به فاز مربوطه سوئیچ نماید مدار تشخیص دهنده لحظه سوئیچ کردن خازن (که در دیاگرام بصورت مدار اندازه‌گیری VS-VC نشـــان داده شـــده اســـت) به لحاظ اینکه ســـوئیچ شـــدن خازنها بدون ترانزیت انجام گیرد حائز اهمیت اســـت و برای این منظور مدار خاصـــی پیشـــنهاد شـــده اســـت . برای سوئیچ کردن راکتور نقطه صفر ولتاژ تشخیص داده می شود و پس از ۱/٤ سیکل تاخیر عمل ســـوئیچ انجام می‌شـــود . فتوگراف چنین تصـــحیح کننده ولتاژی که نقش این نوع تصـــحیح کننده ولتاژ بر روی یک سیستم سه فاز در آزمایشگاه مطالعه گردیده است و نتایج آن موافق با نتایج تحلیلی است .

از ژنراتورهایی که در نیروگاهها کار می‌کنند انتظار می‌رود تا آنجا که ممکن ا ست ولتاژ شبکه را نگهدارند و چون بار ژنراتورها دائماً در تغییر ا ست لذا تغییر دائمی جریان تحریک ضروری ا ست . برای اینکه این تغییرات محدود شود و در یک دامنه و سیعی صورت نگیرد در گذ شته ژنراتورها طوری طرح ریزی و ســـاخته می‌شـــدند که را کتانس ســـنکرون آنها کوچک باشـــد (فا صله هوائی زیاد) امروزه برای اینکه ژنراتورها اقتصادی‌تر ساخته شوند آنها را باراکتانس سنکرون زیاد محاسبه می‌کنند البته در چنین ماشینی باید جریان تحریک در موقع تغییر بار به شدت تغییرپذیر باشد .

از آنجایی که تنظیم ولتاژ به کمک دســـت تقریباً غیر ممکن اســـت و در ضـــمن تا آن حد که به وسایل الکتریکی اعتماد هست نمی‌توان به اشخاص و متصدیان نیروگاه اعتماد کرد دستگاههای خود کار تنظیم سریع ساخته شد. این د ستگاهها در موقع تغییر بار بـ سیار سریع تحریک را

متنا سب با بار ژنراتور تنظیم می‌کنند . یک ژنراتور با بار نامی را در نظر می‌گیریم که غفلتاً بار آن کم می‌شـــود . اگر خواســـته باشـــیم که ولتاژ ترمینال آن ثابت بماند باید جریان تحریک آن کوچک گردد لذا باید مقاومتی در مدار حوزه تحریک ا ضافه گردد . با ا ضافه شدن مقاومت در مدار حوزه ، جریان در مدار حوزه بلافاصـــله تغییر نمی‌کند بلکه بعلت وجود اندوکتیویته ســـیم پیچی تحریک این تغییرات تا رســـیدن به مقدار قطعی و نهائی خود آهســـته انجام می‌شـــود و متناسب با آن اختلاف سطح ژنراتور تحریک نیز آهسته می افتد پس ولتاژ آلترناتور نیز در این لحظات بالا می‌رود . بو سیله تنظیم کننده‌های سریع می‌توان این سـ ستی و تنبلی و یا اینر سی ماشین تحریک را در موقع تنظیم ولتاژ کوچک کرد . این وسائل و روشها عبارتند از :

۱- **تنظیم کننده تیریل ، یا تنظیم کننده نوسانی**

در تنظیم کننده تیریل در مدارتحریک ما شین تحریک یک مقاومت معینی r قرار دارد که می‌تواند و توســـط کلید S گهگاه ا زمدارخارج می‌شـــود . در موقعی که مقاومت R از مدار تحریک خارج است (وصل کلید S) منحنی ۱ شکل ۲ سرعت ازدیاد شار مغانطیسی و یا نیروی الکتروموتوری ماشین تحریک را از صفر (اگر از پس ماند صرفنظر شود) تا ماکسیمم مقدار نشان می‌دهد .

شکل ۱ شکل ۲

چنانچه دیده می‌شـــود T1 ثابت زمانی ماشـــین در این حالت نســـبتاً بزرگ اســـت . اگر پس از رسیدن شار مغناطیسی به مقدار ماکسیموم و نهایی خود مقدار R در مدار تحریک قرار گیرد . (قطع کلید S) ثابت زمانی مدار تحریک کوچک می‌شـــود و ولتاژ ماشـــین تحریک ســـریع می‌افتد . ا صول کار تنظیم کننده تیرل در قطع و و صل سریع مقاومت R مدار تحریک می‌با شد بطوریکه با این قطع ووصل مدام برای EMK و یا شار مغناطیسی منحنی زیراک ۳ بوجود می آید ولی در

اثر اندوکتیویته سیم تحریک ماشین سنکرون جریانی که از آن در اثر این نیروی الکتروموتوری زیراک عبور می‌کند I_e عملاً ثابت می‌ماند (بشرط آنکه سرعت قطع و وصل کلید به حد کافی زیاد با شد) اگر بار ما شین کم می شود چون مقاومت R مدتی در مدار تحریک می‌ماند نیروی الکتروموتوری ماشین تحریک طبق منحنی ۲و خیلی سریع می‌افتد و حالت تعادل با قطع و وصل مجدد کلید S و ایجاد منحنی ٤ بوجود می آید و باعث می‌شود که از ازدیاد ولتاژ ژنراتور در بار کم جلوگیری شود . در تنظیم کننده تیرل قطع و وصل کلید S توسط رله‌ای انجام می‌شود که خود از اختلاف سطح ژنراتور نیرو می‌گیرد . در رگولاتور تیرل همانطور که فوقاً طرز کار آن بیان شد ، رله باید دائماً کار کند ، حتی موقعی که احتیاج به تنظیم نباشد به این علت کنتاکتهای کلید S زود فرسوده می‌شوند .

تنظیم کننده سریع ولتاژ نیز موجود است که فقط در موقع تغییر ولتاژ نامی کار می‌کند و در حالت کار عادی آرام می‌باشد . چنین رگولاتوری تنظیم کننده سکتوری ساخت BBC می‌باشد .

WikiPower.ir

۲- تنظیم کننده سکتور گردان

شکل ۳ بطور کاملاً ساده و شماتیک تنظیم کننده با سکتور گردان را که از دو سکتور تشکیل شده ا ست ن شان می‌دهد . این د ستگاه شماتیک تنظیم کننده با سکتور گردان از دو سکتور تشکیل شده ا ست این د ستگاه تشکیل شده از یک قوطی ا ستوانه‌ای آلومینیومی که در میدان مغناطیسی دواری که توسط اختلاف سطح آلترناتور به وجود می آید ، قرار دارد و می‌تواند طبق قانون فراری (ما شین اندوکسیونی یا د ستگاه اندازه گیری اندوکسیونی) حرکت دورانی داشته باشد . ممان مقاوم را فنر F بر عهده دارد که یک سر آن به استوانه آلومینویمی دو

سکتور S متصل است و در ضمن چرخش به طرف راست مقداری مقاومت در مدار تحریک ماشین تحریک قرار دارد . عقربه Z محل قرار گرفتن تنظیم کننده را تعیین می‌کند .

فنر q که از یک سر به پروانه p و از سر دیگر به سیلندر آلومینیومی وصل است ، مانع چرخش بیش از حد قوطی آلومینیومی و تغییر بیش از حد جریان تحریک می شود . پروانه p با دندانه های خود با صفحه آلومینیوم دو سکتور

ادامه دهد . گردش استوانه مواجه با جمع شدن فنر q شده و قوطی از حرکت می‌افتد فنر q به صفحه o که در میدان مغناطیسی m قرار دارد ، متصل است . نیروی ترمز کننده جریان فوکو مانع گرداندن سریع آن می‌شود . لذا یک سرفنر q ثابت می‌ماند و سر دیگر آنکه مربوط به قوطی آلومینیومی است ، به گردش در می آید . در نتیجه فنر جمع شده و نیروی مقاوم آن مانع از حرکت بیشتر قوطی می شود و چرخش قوطی محدود شده و عقربه z موقعیت آنرا در نقطه ۳ نشان می‌دهد . ولتاژ ژنراتور اکنون به علت کم شدن تحریک ، کم می شود و نیرویی که به موتور تنظیم کننده وارد می شود ،کم شده و قوطی به طرف چپ قدری بر می‌گردد . در این فاصله زمانی پروانه p نیز آهسته حرکت می‌کند و فنر q مجدداً باز می‌شود و در محل ۲ عقربه نشان می‌دهد ،حالت تعادل مجدد برقرار می‌شود .

یکی از مشخصات خوب این تنظیم کننده قرار گرفتن مقاومت زیاد در لحظه اول تنظیم (رفتن عقربه به نقطه ۳) می‌باشد که باعث کم شدن سریع حوزه یا نیروی الکتروموتوری می شود در بسیاری از موارد کافی نیست فقط ولتاژ آلترناتور در روی رگولاتور موثر واقع شود بلکه باید از جریان آلترناتور نیز برای کار رگولاتور کمک گرفته شود .

در بعضی سیستمها مرکز تولید در یک فاصله نسبتاً زیادی از مرکز اصلی مصرف کننده قرار گرفته ، به طوری که افت ولتاژ قابل ملاحظه‌ای در خط انتقال انرژی باید منظور گردد و این افت متناسب با بار مصرف شده تغییر می‌کند . بنابراین فقط با تنظیم و ثابت نگه داشتن ولتاژ شین‌های اصلی نیروگاه به نتیجه مطلوب نخواهیم رسید . در چنین مواقعی باید اختلاف سطح الکتریکی مرکز تولید انرژی با تغییر جریان بار دائماً تغییر کند به طوری که ولتاژ در مرکز توزیع به طور ثابت باقی بماند . بدین جهت معمولاً از جریان خط نیز در تنظیم ولتاژ استفاده می‌شود ، چنین تنظیم کننده‌ای را رگولاتور کمپوند شده می نامیم . شکل ٤ طریقه کمپوند را نشان می‌دهد دراین شکل ولتاژ دستگاه رگولاتور توسط ترانسفورماتور ولتاژ تامین می‌شود . در مدار تحریک ماشین القایی تنظیم کننده دو مقاومت R , R_0 به طور سری قرار دارد و از قسمتی از مقاومت R_0 و یا از همه مقاومت R_0 علاوه بر جریانی که توسط ترانسفروماتور ولتاژ عبور می کند جریان ژنراتور که توسط ترانسفورماتور جریان st گرفته شده است نیز عبور می‌کند . ولتاژی که در اثر ترانسفورماتور ولتاژ روی سیستم چرخشی دستگاه اثر می‌گذارد عبارت است از ولتاژ U_{12} اگر I_1 جریان ژنراتور با ولتاژ همفاز باشد . در نتیجه این جریان ۳۰ درجه با ولتاژ U_{12} اختلاف فاز دارد و اگر I_1 عقب افتادگی پیدا کند در نتیجه اختلاف فاز جریان با U_{12} نیز زیاد می‌شود .

مثلاً اگر جریان I_1 با اختلاف سطح U_1 همفاز با شد اختلاف فاز I_1 همانطوریکه گفته شد با U_{12} برابر ۳۰ درجه است . در نتیجه در $\cos \varphi = 1$ جریانی که توسط ترانسفورماتور جریان از مقاومت R_0 می گذرد ، اختلاف سطح I_1, R_0 را تولید می‌کند جریانی که از بویین تنظیم کننده می‌گذرد اگر نسبت به R کوچک باشد متناسب است با تفاوت این دو ولتاژ .

از آنجا که U' و با آن جریان بویین ولتاژ تنظیم کننده بالنتیجه با آن ممان تنظیم رگولاتور با بالا رفتن جریان ا کوچک می شود ، لذا زیاد شدن بار واته ما شین باعث می شود که رگولاتور مقداری مقاومت از ســـر راه تحریک بردارد . به عبارت دیگر رگولاتور تحریک ولتاژ را قدری بالاتر از ولتاژ نامی نگه می‌دارد ، یعنی اثر افت ولتاژ دراثر جریان را خنثی می کند .

حال فرض می‌کنیم که جریان دارای اختلاف فاز ٦٠ درجه باشـــد ،در این صـــورت U' قدری بزرگتر از U_{12} می‌شـود و ولتاژی که توسـط رگولاتور تنظیم می‌شـود قدری کوچکتر از ولتاژ نامی خوا هد بود . در نتیجه تحر یک کمتر ، ز یاد می‌شـــود و نمی گذارد که بالاخص در ژنراتورهای موازی بار دواته بیش از حد تحمیل این ژنراتور گردد . معمولاً عمل کمپانزه کردن اختلاف ســـطح برای یک حد وســـط $\cos\varphi$ مثلاً ۰/۸ صـــورت گیرد لذا خرابتر باعث افت ولتاژ بیشتری می‌گردد . همانطور که گفته شد این عمل برای ژنراتورهای موازی خیلی مناسب است مثلاً اگر یک ژنراتور خیلی زیاد تحریک شـده باشـد ، چون توان واته آن توسـط رگولاتور عده دور و سیله‌ای که ژنراتور را می‌گرداند تعیین مـشخص شده ا ست ، پس ژنراتور با توان دواته زیاد کار می‌کند و چون در این حالت $\cos\varphi$ خیلی خراب شـــده اســـت رگولاتور تحریک را کم می‌کند و $\cos\varphi$ مجدداً بالا می‌رود لذا با این رگولاتور کمپوند شـــده علاوه بر اینکه اختلاف سطح تنظیم می‌شود $\cos\varphi$ ژنراتور موازی نیز با هم برابر وتنظیم می‌شوند .

۳-تنظیم کننده روغنی

اگر ژنراتور آهســته گرد (هیدروژنراتور) با جریان تحریک زیاد داشــته باشــیم که نتوان آنرا توســط تنظیم کننده شــکل ۳مهار و تنظیم کرد . برای تغییر وتنظیم مقاومت مدار تحریک از یک

آمپلیدین دستگاه تقویت کننده ایست که عمل تقویت در آن با تاخیر بسیار ناچیز انجام می‌شود . آمپلیدین ماشینی است که در آن از میدان عکس العمل القاء شونده استفاده شده است و می‌توان چنین تصور کرد که این ماشین از ترکیب دو ماشین به دست آمده است . ماشین اولی یک دینامو با تحریک خارجی S ا ست که مربوط به مدار کنترل می شود . این ما شین دارای دو جاروبک a و c است که مدار اتصالی شده‌ای را تغذیه می کند و باعث عبور جریان I_2 می‌شود .

این جریان در خود ماشین فلوی مغناطیسی ϕ_2را تولید می‌کند و ϕ_2تحریک کننده ماشین دومی است که دارای جاروبکهای d,b می‌باشد و مدار خارجی آمپلیدین را تغذیه می‌کند . حال فرض می‌کنیم که توان مدار کنترل S (القاء کننده ماشین اولی) $U_1.I_1$ فقط باندازه ۱/۱۰۰ توانی باشد که این القاء کننده در سیم پیچی اتصال کوتاه القاء می‌کند .($U_{ac}.I_2$) تا اینجا ضریب تقویت این دستگاه ۱/۱۰۰ است . اکنون فرض می‌کنیم که فلوی ϕ_2(القاء کننده ماشین دومی) ۱۰ برابر فلوی القاء کننده ما شین اول با شد . در این صورت اولاً ولتاژ U_{bd} که بین جاروهای d و b القاء می‌شود ۱۰ برابر ولتاژ U_{ac} است ، در ثانی جریان مدار خارجی ا نیز (اگر مقاومت مدار خارجی ثابت با شد) متنا سب با U_{bd} یعنی متنا سب با $۱۰U_{ac}$ می‌با شد لذا توان مدار خارجی ۱۰۰ برابر توان مدار اتصالی خواهد بود و با در نظر گرفتن آنچه که فوقاً ذکر شد این توان ۱۰۰۰۰ برابر توان کنترل می‌باشد . عمل تقویت چنانچه دیده می‌شود در دو مرحله انجام گرفته است (از مدار کنترل تا مدار اتصالی و از مدار اتصالی تا مدار خارجی) و می‌توان گفت که توان مدار خارجی را با ۱/۱۰۰۰۰ توان می‌توان کنترل کرد و فرمان داد . در شکل ۷ سیم پیچی K عبارتست از سیم پیچی کمپنزاسیون که مقدار آن بسیار دقیق محاسبه می‌شود تا فلوی آرمیچر

را که توسط جریان ا در امتداد محور افقی ایجاد می‌شود خنثی کند و چون نیروی مغناطیس ایجاد توسط جریان بوسیله نیروی محرکه مغناطیسی سیم پیچی کمپنزاسیون خنثی می شود . بنابراین منتجه شار مغناطیسی در امتداد محور افقی BD برابر ϕ باقی می‌ماند و در نتیجه این شار مغناطیسی فقط مربوط به جریان ا ا ست و بستگی به عوامل خارجی ندارد . چون قدرت کنترل خیلی کوچک است می‌توان مقاومت مدار کنترل را خیلی کوچک می‌شود و عمل تنظیم خیلی سریع انجام می‌گیرد .

ب- تنظیم کننده ولتاژ به کمک آمپلیدین : ژنراتور سنکرون دارای سه تحریک کننده می‌باشد که عبارتند از : تحریک کننده اصلی و تحریک کننده آمپلیدین و تحریک کننده کمکی و آمپلیدین دارای دو پیچک (تحریک کننده و تضعیف کننده) است .

پیچک تحریک کننده آمپلیدین توسط تحریک کننده کمکی با جریان ثابت I_s تغذیه می‌شود . جریان این پیچک طوری تنظیم می‌شود که آمپلیدین بتواند ماکسیمم دور لازم برای تحریک کننده آمپلیدین توسط تحریک کننده اصلی ایجاد کند ، لذا اگر فقط جریاتن I_s در ایجاد آمپر دور و فلوی مغناطیسی آمپلیدین موثر با شد اختلاف سطح ژنراتور چند در صدی از ولتاژ نامی U_G تجاوز خواهد کرد . جریان پیچک تضعیف کننده برخلاف جهت جریان I_S می‌باشد و به این جهت این جریان اثر تضعیف کننده حوزه در ما شین آمپلیدین دارد به عبارت دیگر با بالا رفتن ولتاژ ژنراتور جریان I_{st} ب شدت زیاد شده و باعث تضعیف شدید حوزه مغناطیسی آمپلیدین می‌شود در نتیجه ولتاژ ژنراتور می افتد .

شکل ۸

برای تبدیل ولتاژ ژنراتور به جریان دائم I_{st} از تقویت کننده مغناطیسی (ترانسدوکتور) ۷ که دارای سیم پیچی فرمان جریان دائم می‌باشد و با جریان I_B تغذیه می‌شود استفاده شده است . منحنی کار ترانسدوکتور (جریان خروجی نسبت به جریان فرمان I_B) ، اگر جریان I_B منفی باشد (جهت جریان بطرف چپ) جریان خروجی I_{st} ترانسدوکتور بسیار کم و ناچیز است بطوریکه پیچک تضعیف کننده تقریباً بدون جریان است و ولتاژ ژنراتور می‌تواند توسط آمپر متر دور پیچک تحریک کننده بالا رفته و از مقدار نامی نیز تجاوز کند . به محض اینکه ولتاژ از مقدار مجاز گذشت ، دیود سنر b^1 که ولتاژ سد کننده آن برابر ولتاژ نامی ژنراتور تعیین شده مدار دیود را اتصالی کرده و جهت جریان I_{st} در پیچک فرمان نسبت به حالت قبل تغییر می‌کند (جهت جریان از چپ به راست) و در نتیجه جریان I_{st} خروجی ترانزیستوکتور بشدت انیم بعلت مزایائی است که آمپلیدین نسبت به ماشین جران دائم معمولی دارد .

اولاً نظر به اینکه ضریب تقویت آمپلیدین بسیار زیاد است برای تنظیم احتیاج به یک توان الکتریکی زیاد ندارد و به این جهت رگولاتور می‌تواند خیلی کوچک باشد در ؟؟؟آمپلیدین دارای ثابت زمانی بسیار کوتاهی است و در نتیجه سرعت تنظیم آن بسیار زیاد می‌باشد و در ثالث آمپلیدین اجازه می‌دهد که در یک لحظه تحریک آن منفی شود این موضوع برای کم کردن و تنظیم سریع ولتاژ که در اثر برداشتن غیر مترقبه شدید بار بالا رفته است بسیار موثر می‌باشد .

ج- تنظیم کننده ولتاژ به کمک تریستور

تریستور امروزه بعنوان یک سوپاپ یا کلید در دستگاه تنظیم کننده ولتاژ بکار برده می‌شود و در حقیقت عمل قطع و وصل کلید مقاومت تنظیم کننده تیرل را انجام می‌دهد برای توضیح طرز

کار آن بعنوان تنظیم کننده ولتاژ بهتر است ابتدا طرز کار و مشخصات تریستور در جریان دائم توضیح داده شود . همانطور که می‌دانیم تریستوری را که به کمک الکترود فرمان به اصطلاح روشن شده است (هادی شده و جریان عبور می‌دهد) نمی‌توان توسط الکترود فرمان (منفی یا مثبت و یا حتی قطع شدن جریان آن) نمی‌توان تو سط الکترود فرمان (منفی یا مثبت و یا حتی قطع شدن جریان آن) خاموش کرد بلکه خاموش شدن آن فقط با صفر شدن جریان بار ممکن است . در موقعی که تریستور با جریان متناوب تغذیه می‌شود عبور دادن یا سد کردن جریان و خاموش و روشن شدن تریستور خیلی ساده است زیرا جریان متناوب خواه و ناخواه از صفر می‌گذرد اما اگر جریان عبور ، جریان دائم با شد چون جریان خود بخود صفر نمی‌شود باید برای قطع جریان از مداری طبق شکل ۱۰ استفاده شود . با دادن جریان به الکترود فرمان ، تریستور ۱ در زمان t_1 روشن می‌شود و اختلاف سطح = U روی مصرف کننده ۲ گذارده می‌شود . همزمان به خازن ٤ را که توسط یک منبع انرژی که در اینجا رسم نشده طوری شارژ می کنیم که طرف راست مثبت و الکترود مقابل منفی باشد . در زمان تریستور ۳ را روشن می‌کنیم در نتیجه خازن ٤ روی تریستور خالی شده وتریستور ۱ اتصالی می شود و جریان برای زمان کوتاهی صفر شده تریستور خاموش می شود و جریان مصرف کننده قطع می‌گردد . این جریان ممکن است توسط یک پالس فرمان روی الکترود تریستور ۱ در زمان t_3 مجدداً برقرار شود .

شکل ۱۰

شکل ۱۱ استفاده از تریستور برای تنظیم ولتاژ ژنراتور نشان می‌دهد . جریان تحریک ژنراتور سنکرون ۱ توسط ماشین تحریک کننده ۲ و مقاومت ۳ تامین می‌شود موازی با مقاومت ۳ تریستور تنظیم کننده ٤ قرار دارد .

عضو سنجشی ٥ که در ساختمان آن شبیه عضو سنجشی رگولاتور آمپلیدین می‌باشد . ولتاژ ژنراتور را می‌سنجد . اگر این ولتاژ کوچکتر از ولتاژ اسمی باشد یک پالس روشن کننده از جهت دستگاه پالس دهنده ٦ بر روی الکترود فرمان تریستور روشن می شود .

شکل ۱۱

در نتیجه مدار تریستور مانند یک کلید بسته و مقاومت ۳ اتصال کوتاه می شود و در نتیجه جریان تحریک ژنراتور و با آن ولتاژ ژنراتور سنکرون بالا می‌رود .

برای قطع کردن یا خاموش کردن تریستور ٤ از تریستور ۷ و خازن ۸ استفاده شده است خازن ۸ توسط ولتاژ ژنراتور به کمک ترانسفورماتور ولتاژ ۹ و یکسو کننده ۱۰ شارژ می‌شود د ستگاه رو شن کن ۱۱ طوری تنظیم شده که در انتهای هر پریود ولتاژ ژنراتور تریستور ۷ را روشن می‌کند با آن تریستور ٤ خاموش می‌شود . جریان تحریک ژنراتور که در زمان t_1 وصل و در زمان t_2 قطع می‌شود یکسو کننده ۱۲ مانع ایجاد فشار زیاد در روی اندوکتیویته سیم پیچی تحریک کننده می‌شود که در اثر قطع تریستور ٤ ممکن است بوجود می آید .

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

فصل نهم

سیستم MOSCAD برای جبران افت ولتاژ

WikiPower.ir

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

کاربرد عملی

شرکتهای برق در تلاش برای یافتن راههای جدید و سودمند به جای روشهای سنتی و قدیمی هستند. رشد بیشتر و بیشتر شدن استفاده از برق شرکتها درصد افزایش اعتماد بیشتر و ایمنی بیشتر در تهیه و تولید و توزیع برق هستند .

هدف ا ستفاده مفید و موثر از انرژی ا ست و اتوماتیک کردن تمام سیستمهای توزیع و تولید انرژی الکتریکی .

در سالهای اخیر ما پیشرفتهای بسیار بزرگی برای اتوماتیک کردن توزیع برق DA دیده‌ایم و رقابت زیادی بین شرکتهای مختلف ایجاد شده است . در این دستور کار ادامه دادن روشهای سنتی و قبلی کمتر ادامه داده می‌شود و نیاز به بهینه سازی تولیدات است .از این تولیدات می‌توان DA را نام برد که از نظر الکتریکی بازده موثر و دارای ایمنی کامل است .

سیستم کنترل و نظارت با توجه به اطلاعات موجود و البته سیستمهای ارتباطات رادیویی از تولیدات و کارهای انجام شده شرکت Motorola است . تولیدات ارائه شده Motorola در زمینه الکتریکی بسیار سودمند و عملی بوده و اخیراً دستگاهها و سیستم SCADA را تقویت کرده و به نام MOSCAD ارائه داده است . این سیستم برای تنظیم و کنترل در شبکه‌های قوی مورد استفاده است این سیستم با کاربرد سودمند الکتریکی طراحی شده است . SCADA بسیار مفید واقع شده و البته هنوز از DA و SCADA نیز در خطوط سنتی استفاده می‌شود .

مراحل تولید و توزیع نیروی برق

مرحله اولیه تولید انرژی مربوط به واحد ژنراتور است که در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود انرژی تولید شـــده با قدرت خیلی زیاد و ولتاژ بالا (۱۱۰-۷۵۰ Kv) اســـتفاده می‌شـــود . برای مسافتهای طولانی از ترانسفورماتور اضافی و کمک (TS) استفاده می‌شود .

ترانسفورماتور کمکی (اضافی) ولتاژ را کاهش می‌دهد و باندازه ۳۳-۱۱ کیلوولت می رساند .

در یک شکست که انرژی مفید و سودمند تولید و توزیع می‌کند ۵۰ تا ۱۵۰ (TS) ترانسفورماتور اضافی (کمکی است) انرژی توزیع شده از ترانسفورماتور کمکی (اضافی) تا شبکه توزیع می‌باشد .

شبکه توزیع شبکه‌ای است که از شبکه ولتاژ بالا که شامل خطوط HV و ترانسفورماتور ولتاژ و باسهای سوئیچ است متصل می‌شود و یا از خروجی ترانسفورماتور ناحیه‌ای نیرو می‌گیرد .

باس ســـوئیچ که کنترل قطع جریان را در ولتاژ بالا دارد (۳۳-۱۱ Kv) در شـــبکه توزیع دارد شـــبکه توزیع از ترانســـفورماتور محلی نیرو میگیرد نیرو را به خانه و صـــنعت می‌دهد که در حدود (۱۱۰/۲۲۰/۳۸۰ V) است . شبکه توزیع دارای قسمتهای تنظیم و کنترل شـامل کلیدهای وصـــل جریان ، کلیدهای مجزا کننده ،کلیدهای قطع جریان ، کنترل کننده بانک خازنی و انواع گوناگون دســـتگاههای اندازه‌گیری برای جریان و ولتاژ اســـت در شـــین بندی و تقســـیمات و دستگاههای مجزا کننده همه سه فاز بوده و در ولتاژ بالا در مسافت زیاد استفاده می‌شوند این دستگاهها در خطوط توزیع و برای مجزا سازی خطا از پست استفاده می‌شوند .

کلیدهای قطع جریان وو صل مجدد آن کلیدهای سه فازی هستند که از فیدرهای خط در برابر اضـــافه بار حفاظت می‌کنند این کلیدها طوری برنامه‌ریزی شـــده‌اند که هنگامی که قطع کردند

برای و صل مجدد بطور اتوماتیک شبکه را چک کرده و در صورت نبود خطا و صل می شود .

این کلیدها همچنین در چندین زمان شبکه را چک کرده که اگر خطائی دیده شده قطع می‌کنند .

بانک خازنی و کنترل کننده بانک خازنی نیز برای تنظیم دقیق ضـــریب قدرت در فیدر خط استفاده می شود و جبران اندوکتیو بار را انجام می‌دهد . ترانسفورماتور محلی (ناحیه‌ای) این ترانسفورماتورها به دو نوع وجود دارد به صورت هوائی و واحدهای زیرزمینی را در یک اتاق سقف‌دار قرار می‌دهند .

اگر یک عیب در یک قسمت بوجود آید خطا باید تشـخیص داده شـود و مدار قطع و بعد از آن برطرف شدن فرمان و صل مجدد صادر گردد . در این کار برای مـ سئله بای پاس و برگ شت قدرت ذخیره شـــده ســـیســـتمی برای حفاظت اســـت که مجزا کننده خطا و جلوگیری کننده از بازگشت است .

سیستم اتوماتیک کنترل شبکه توزیع از راه دور DA

بازگشت برق و عقب افتادگی آن یکی از مهمترین مسائلی است که برشدت که در شبکه قدیمی و سنتی و چه شبکه مدرن مورد توجه بوده است . در صورت نبودن این سیستم خودکار اگر عقب افتادگی در شـــبکه فشـــار قوی (۱۳-۳۳ Kv) وجود داشـــت در نتیجه این عقب افتادگی در زمان قطع ترانســـفورماتور ناحیه‌ای اثر می‌کند اگر این جبران کننده‌ها همه از ســـیســـتم دســـتی باشند یک تیم تکنسین باید همه این کارها را انجام دهند و جبران این عقب افتادگی زمان زیادی می‌برد و آ سی دیدن وخ سارت مالی در سیـ ستمهای سنتی و جدید را زیادتر می‌کند . ا ضافه کردن سیـ ستم کنترل از راه دور و کنترل شبکه توزیع تمام سطح شبکه را کنترل می‌کند این کنترل شـــامل همه خطاهای میدانی و اندازه‌گیری آن اســـت . پرســـنل مربوطه می‌توانند تنظیم و

کنترل و تمام عملیات را به سادگی انجام دهند . اطلاعات تهیه شده در زمانهای واقعی به صورت یک مختصات ا ست که در هنگام احتیاج به سادگی می‌توان به آن مراجعه کرد و عیب را برطرف ساخت . با سیستم کنترل از راه دور DA بارقابل تغییر بین چندین فیدر خط به سادگی انجام می‌گیرد و توسط یک خط انجام می‌پذیرد .

اپراتور می‌تواند با کمترین خطا بین یک فیدر یا فیدرهای دیگر یک بار را قرار دهد . همچنین فرمان پیشرفت مجدد نیرو و تنظیم دقیق خطوط که یک مسئله مهم است را انجام می‌دهد که این نوع کار ق سمت بندی و بالانس بار نام دارد . در مجموع سیستم کنترل از راه دور DA یک سیستم سودمند است که ولتاژ را تنظیم می‌کند و جبران کننده برق نیز می‌باشد .

این سیستم همیچنین شامل برطرف کردن مسئله ا شباع و هارمونیک شبکه توزیع و پارازیت ولتاژ است .

این سیستم قبل از بروز خطا آن را اندازه‌گیری می‌کند .

پایه و اساس و طرز کار سیستم کنترل از راه دور DA

سیستم کنترل از راه دور DA شامل قسمتهای زیر می‌باشد .

۱- واحد کنترل از راه دور

۲- کامپیوتر مرکزی

۳- خطوط ارتباط مخابراتی

واحد کنترل از راه دور (RTU)

سیستم RTU یک سیستم استاندارد و غیر هوشمند است و قادر است برنامه‌ریزی را قبول کند .

درعمل برای موفقیت در یک شـــبکه صـــدها یاهزاران RTU قرار می‌دهند و همه آنهارا به یک کامپیوتر مرکزی متصل می‌کنند تا توسط این کامپیوتر فرمان بگیرد .

MOSCAC شـرکت MOTOROLA یک سـیسـتم هوشـمند اسـت می‌توان آن را به عنوان یک RTU هوشمند استفاده کرد .

در این واحد یک میکروپروسور وجود دارد که قابل برنامه ریزی می‌باشد .

MOSCAD RTU با صنعت استاندارد جدید طراحی شده است و شامل همه نوع کلید وصل مجدد و قســـمت کننده اســـت (در آن از SF6 خلاء یا روغن کلید و دیگر مواد اســـتفاده می‌شـــود) MOSCAD برای کارهای ویژه طراحی شده است . و نیازمند صنعت برق استاندارد و سودمند است . که در آینده این صنعت تغییر خواهد کرد و اشکالات برق برطرف خواهد شد .

مشخصات مهم و اصلی MOSCAD RTU

MOSCAD یک RTU هو شمند است که می‌تواند کارها و برنامه و اطلاعات را ذخیره کند و انجام آنها را محاسبه کند .

همچنین این سیستم می‌تواند یک شبکه تولید و توزیع انرژی برق را مدل سازی کند .

بعنوان مثال مشخصات MOSCAD RTU هوشمند در زیر ذکر شده است .

۱- مجزا سازی اتوماتیک خطا و جلوگیری از بازگشت آن .

۲- کنترل اطلاعات در کمترین زمان (۱ میلی ثانیه) .

۳- ذخیره اطلاعات توسط میکرو و قابل برنامه ریزی .

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

٤- آنالیز قدرت شـامل ولتاژ ، جریان ، اختلاف فاز ، توان راکتیو ، توان اکتیو، ضـریب قدرت و هارمونیک اشباع MOSCAD قادر است کلیه مقادیر نیروی برق را اندازه‌گیری و آنالیز نماید .

این مدولاتور قدرت را می‌توان به سادگی به یک دو شاخه برق متصل نمود و این دستگاه خیلی پیشرفته از DA است MOSCAD مستقیماً ولتاژ و جریان ترانسفورماتور را بدون نیاز به ترانس دیودی اندازه‌گیری و ذخیره می‌کند این روش نسبت به روش سنتی خیلی کم هزینه است .

MOSCAD اطلاعات را خوانده و بدون کاســـتن ذخیره و در مورد آنها کار مربوطه را انجام می‌دهد .

شرح جعبه MOSCAD کنترل از راه دور و قابل برنامه ریزی

MOSCAD شرکت Motorola دارای ساختمانی قابل برنامه ریزی ا ست که در این جعبه تو سط نرم افزارهای مخصوص این کار انجام می‌شود .

کاربرد قوی این دستگاه این است که مانند RTU احتیاج به کامپیوتر مرکزی ندارد و تمام برنامه وتصمیم گیری را خود دستگاه انجام می‌دهد .

یکی از مشخصات ذخیره MOSCAD قدرت انجام کارها و طراحی آن از راه دور است که تعداد زیادی RTU در این سیستم وجود دارد .

سی ستم MOSCAD همچنین برنامه ریزی و کنترل RTU های زیادی را بر عهده می‌گیرد این دو کار در ســـیســـتم مهندســـی با ذخیره اطلاعات با قدرت زیادی انجام می‌گیرند و احتیاجی به فرستادن تکنولوژی زیادتری نیست .

کامپیوتر کنترل کننده مرکزی

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

کامپیوتر مرکزی کنترل اطلاعات از RTU را بر عهده می‌گیرد و وقتی مشکلی پیش آید این واحد کامپیوتر مشکل را بررسی و برطرف می‌کند.

در این واحد مرکزی برای کنترل و انجام این کارها از سیستمهای مختلف و نرم افزارهای گوناگون استفاده می‌شود .

MOTOROLA برای کامپیوترهای مرکزی خود از DOS و WINDOWS استفاده می‌کنند و از نرم افزارهای VAX/VMS برای کنترل ا ستفاده می‌کند . همچنین نرم افزار ولتاژ سطحی محلی شبکه (LAN) استفاده می‌کند .

همچنین نرم افزارهایی که در خود MOSCAD و MDLC نیز وجود دارد .

ارتباط متغیرها

ارتباط بین RTUها و ارتباط بین مرکز RTU ها با خطوط ارتباطی برقرار می‌شود این ارتباط توسط سیم تلفن ، فیبر نوری ، ماکروویو و رادیویی و غیره انجام میگیرد . تعداد زیادی RTU در یک شبکه توزیع توسط ایستگاه رادیویی به هم متصل می‌شوند . شرکت MOTOROLA در کامپیوتر کردن پیشرفته سیستمهای خود از همان سیم هادی استفاده می‌کند .

MOSCAD-RTU می‌توان با هم هر سیستم ارتباط دهنده کار کند .

MOSCAD و MDLC این شرکت از نظر کار تضمین شده و مورد اطمینان هستند .

MOSCAD می‌تواند ۹۶۰۰ bps بیت اطلاعات در ثانیه دریافت کند .

Mldc نیز همینطور است و از نظر گرفتن اطلاعات بسیار قوی است .

MOSCAD-RTU به سادگی می‌تواند تغییر خط ارتباطی دهد و کافی است آن را به یک دو شاخه متصـــل کرد . ســـیســـتم‌های ارتباطی که MOSCAD با آنها کار می‌کند عبارتند از رادیویی – ماکروویو – خط حامل توان – ۲۳۲ – RS – ٤٨٥ – RS و از سیستم‌های دیگر .

کاربردهای MOSCAD

برای ســودمند کردن برق Motorola این ســیســتم کنترل از راه دور ســاخت و در خطوط قرار می‌دهد کاربرد اول این دســتگاه به عنوان ســیســتم کنترل از راه دور برای اتوماتیک کردن شبکه‌های به توزیع ا ست . در مجموع Motorola سی ستم DAو SCADA طراحی شده را با هم مخلوط کرده و MOSCAD را تولید کرده است . شکل‌های صفحات بعد شکل ظاهری MOSCAD نشان می‌دهند .

شکل (۱) : این دو افت ولتاژ را برای جریان معینی نشان می‌دهد .

چنانچه دیده می‌شــود افت طولی ولتاژ باعث تغییرات ولتاژ ســتاره خط و افت عرضــی موجب اختلاف فاز ولتاژ ابتدا و انتهای خط می‌گردد .برای تنظیم ولتاژ باید هر یک از این دو افت ولتاژ را به طور جداگانه جبران نمود .

تنظیم طولی ولتاژ :

اغلب ترانســفورماتورهای قابل تنظیم فقط طور برداروولتاژ راتنظیم می‌کنند و به عبارت دیگر این ترانســفورماتورها یک ولتاژ اضــافی تولید می‌کنند که درامتداد و یا موازی ولتاژ ســتاره می باشــد . این تنظیم طولی برای جبران افت ولتاژ طولی خط می باشــد که نتیجه آن ثابت نگه‌داشتن ولتاژ شبکه است . تنظیم طولی به دو طریق انجام می‌شود :

الف) استفاده از یک ترانسفورماتور کمکی که عموماً به صورت اتوترانسفورماتور بسته می شود با استفاده از ترانسفورماتور کمکی (اتوترانسفورماتور) می‌توان ولتاژ نامی زکوندر – ترانسفورماتور اصلی را تا ۲۰ ± ٪ تغییر داد . شکل ۲ اتوترانسفورماتور تنظیم ولتاژ را به طور ساده نشان می‌دهد . چنانچه دیده می‌شود اختلاف سطح ستاره خروی ترانسفورماتور به اندازه $\pm \Delta U \frac{U}{\sqrt{۳}}$ قابل تنظیم است .

شکل ۲ شکل ۳

ب) تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور قدرت در خود ترانسفورماتور :

در این حالت ترانسفورماتور قدرت طبق شکل ۳ دارای انشعاب‌هایی در پیچک‌ها می‌باشد . تغییرات ولتاژ در چنین ترانسفورماتورهایی معمولاً ۱۶ ٪ و یا ۲۰ ± ٪ است . برای تنظیم ولتاژ خط کافی است که سیم پیچی فشار قوی دارای چندین انشعاب باشد تا بتوان تعداد حلقه‌های سیم پیچی فشار قوی را در موقع بدون ترانسفورماتور تا حدودی تغییر داد . در این حالت اغلب تغییراتی در دو مرحله به اندازه ۲/۵ ± تا ۵٪ کافی است .

اینگونه تنظیم ولتاژ در ترانسفورماتورهای روغنی توسط کنتاکتور مخصوص که در داخل منبع روغن کارگذارده شده است ، صورت می گیرد در ترانسفورماتورهای تا قدرت ۱۶۰۰ KvA تنظیم ولتاژ توسط گرداندن کلید مخصوصی که در روی سقف منبع روغن ترانسفورماتور نصب شده است ،عملی می‌شود و در ترانسفورماتورهای بزرگتر از ۲ MvA تنظیم ولتاژ به کمک گرداندن چرخ فرمان به خصوص که در روی درپوش ترانسفورماتور قرار دارد صورت می‌گیرد .

درترانسفورماتورهای خشک سرپیچکهای تنظیم کننده بر روی صفحه ترمینال مخصوصی هدایت می شوند و با اتصال صحیح آنها توسط تیغه‌های هادی اختلاف سطح مورد نظر تامین می‌گردد .

چون اینگونه تنظیم ولتاژ فقط در موقع بدون ولتاژ بودن ترانسفورماتور میسر است پس نمی‌توان زیر بار عملی گردد لذا تنظیم ولتاژ متناسب با بار پیوسته و یکنواخت نخواهد بود و بدین جهت مورد استعمال آن محدود است و فقط در جایی به کار برده می‌شود که تغییرات جزئی ولتاژ برای مصرف کننده‌ها بدون زیان باشد . برای تنظیم دائمی ولتاژ خط متناسب با بار ترانسفورماتور لازم است نسبت به تبدیل ترانسفورماتور زیر بار تغییر کند و بدین جهت ترانسفورماتورهای با قدرت بزرگ و متوسط تماماً دارای یک وسیله تنظیم ولتاژ در زیر بار می باشد . تنظیم ولتاژ طولی همیشه در طرف فشار قوی ترانسفورماتور انجام می شود ، زیرا طرف فشار قوی به علت داشتن تعداد حلقه‌های بیشتر امکان تغییرات یکنواخت‌تر را آسان می سازد ، در ثانی چون نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای قدرت معمولاً بزرگتر از ۱/۳ است ، نتیجتاً جریان در طرف فشار قوی بمراتب کمتر از جریان طرف فشار ضعیف می‌باشد و باعث می‌شود که ساختمان کلید تغییر دهنده ولتاژ ساده‌تر و جرقه کنتاکت ها کمتر شود . ساختمان وسیله تنظیم ولتاژ زیر بار باید طوری باشد که در ضمن تغییر نسبت تبدیل از یک انشعاب به انشعاب دیگر قطع شدگی واتصال کوتاه در سیم پیچی ترانسفورماتور ایجاد نشود . وسیله تنظیم ولتاژ ترانسفورماتور که امروزه بخصوص در اروپا از آن استفاده می‌شود توسط دکتر یانزن تکمیل شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد . تنظیم ولتاژ در ترانسفورماتورهای قدرت حداکثر ۲۲٪ است و در مرحله می‌توان ولتاژ خروجی ترانسفورماتور را ۱/۵ تا ۲٪ تغییر داد .

انتخاب ۱/۵ تا ۲٪ به این جهت اســت که اولاً تعداد قطع و وصــل زیاد نشــود زیرا این قطع و وصــل‌ها باعث جرقه در کلید و دوده زدن و خراب شــدن کنتاکت‌های کلید می‌شــود . در ثانی ازدیاد آنی ولتاژ باید در حدی باشد که بروی لامپ‌های روشنائی که در نزدیکی ترانسفورماتور قرار دارد اثرات نامطلوبی به جا نگذارد . در تنظیم کننده‌های امروزی تعداد قطع و وصل کلیدها در حدود ۱۰۰۰۰ مرتبه در سال است که متناسب با دوام و قدرت قطع و وصل کنتاکتهای کلید می باشــد و به این جهت اصــولاً احتیاج به تعویض کنتاکتهای کلید نیســت ، فقط باید روغن محفظه کلید را که در اثر جرقه‌های متوالی و مکرر کهنه و اکســیده می‌شــود ، ســالی یکبار تعویض نمود .

تغییر نسبت تبدیل و رگلاژ ولتاژ ممکن است بطور دستی از محل ترانسفورماتور و یا موتوری و فرمان از دور از اطاق فرمان انجام گیرد در ضــمن ممکن اســت تنظیم ولتاژ بطور کاملاً خودکار توسط یک رله ولتمتری انجام شود .

WikiPower.ir

تنظیم ولتاژ زیر بار

در تراذسفورماتورهای شبکه برق افت ولتاژ قبل از تراذسفورماتور و بعد از تراذسفورماتور ضابطه‌ای برای تغییر نسبت تبدیل می‌باشد . به عبارت دیگر اگر ولتاژ خروجی ترانسفورماتور بدون بار U_{20} باشــد باید ولتاژ خروجی ترانســفورماتور دربار نامی به اندازه افت ولتاژ ΔU_2 بزرگتر گردد . ($U_{20}+\Delta U_2$) ولتاژ ورودی ترانســفورماتور در اینحالت بین U_{10} و $U_{10}+\Delta U_1$ متغیر است در ضمن اینکه افت ولتاژ ΔU_2 فقط مربوط به تغییرات خود تراذسفورماتور است ، افت ولتاژ ΔU_1 اغلب بســتگی به بار خود ترانســفورماتور ندارد بلکه ممکن اســت مســبب آن

مصرف کننده‌های دیگری باشند که از این شبکه تغذیه می‌کنند . لذا همیشه لازم نیست که افت ولتاژ ΔU_1 و ΔU_2 در یک زمان بوجود آیند .

مثلاً ممکن است ترانسفورماتوری با داشتن حداقل ولتاژ ورودی ($U_{10}-\Delta U_1$) حداکثر ولتاژ خروجی $U_{20}+\Delta U_2$ را لازم داشته باشد و در موقعی که فشار ورودی ماکسیمم است (U_{10}) کمترین ولتاژ خروجی U_{20} لازم باشد . لذا نسبت تبدیل ترانسفورماتور باید بین :

$$U_{max}=\frac{U_{1.}}{U_{2.}}$$

و

$$U_{min}=\frac{U_{1.}-\Delta U_1}{U_{2.}-\Delta U_2}$$

تغییر کند . نظر به اینکه قدرتی که ترانسفورماتور می‌دهد متناسب با اندوکسیون در هسته آهن است . سعی بر این است که اندوکسیون ترانسفورماتور به همان اندازه که برای ترانسفورماتور حساب شده است ، ثابت نگه داشته شود برای ثابت نگه داشتن اندوکسیون باید نسبت تبدیل ترانسفورماتور را ثابت نگه داشت به عبارت دیگر باید سیم پیچهای ورودی و خروجی هر دو دارای انشعابهابب باشند تا بتوان هر کدام را متناسب با تغییرات ولتاژ در همان طرف تغییر داد این مو ضوع هیچ وقت نمی‌تواند عملی شود ، زیرا تعداد حلقه‌های طرف ولتاژ کم خیلی مشکل است و در ضمن ساختمان کلید تبدیل انشعابها در دو طرف (پریمر و زکوندر) از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود و باعث گران شدن ترانسفورماتور می‌شود . بدین جهات برای تغییر نسبت تبدیل فقط از انشعابهای طرف فشار قوی استفاده می‌شود و تغییرات جزئی اندوکسیون در هسته آهن نادیده گرفته می‌شود در ضمن انتخاب انشعابها در طرف فشار قوی در مقابل فشار ضعیف صحیحتر است زیرا معمولاً افت ولتاژ و تغییرات ولتاژ در

طرف فشار ضعیف دارای انشعابهایی نمی‌باشند و از طرف فشار قوی تغذیه می شود ، برای حد وسط ولتاژ انتخاب کنیم ، خواهیم داشت :

$$U_{n۲}=\frac{۲U_{۲۰}+\Delta U_{۲}}{۲}=U_{۲۰}+\frac{\Delta U_{۲}}{۲}$$

و اگر ترانسفورماتور از طرف فشار ضعیف تغذیه شود (مثل ترانسفورماتورهایی که مستقیماً به ژنراتور وصل هستند) اختلاف سطح نامی متوسط ترانسفورماتور برابر :

$$U_{n۱}=\frac{۲U_{۱۰}+\Delta U_{۱}}{۲}=U_{۱۰}+\frac{\Delta U_{۱}}{۲}$$

خواهد شد . چنانچه دیده می‌شود اگر اختلاف سطح بیش از ۱۰٪ تغییر نکند ، اندوکسیون داخل هسته آهن ماکسیمم به اندازه ۵ ±٪ تغیر خواهد کرد چون ازدیاد اندوکسیون در آهن ترانسفورماتور طبق VDE ۰۵۳۲ تا ۵٪ قابل قبول و مجاز است ، لذا ازدیاد اختلاف سطح تا ۱۰٪ برای ترانسفورماتور مزاحمتی ایجاد نخواهد کرد از روی مقادیر U_{n2} و U_{n1} طبق روابط فوق می‌توان حدود نهایی ولتاژ انشعابها را تعیین نمود و با حد وسط گرفتن ، ولتاژ نامی ترانسفورماتور را بدست آورد . مثال : به یک ترانسفورماتور کاهنده ولتاژهای بین $U_{10}=120$ Kv و U_{10}- $\Delta U_{۱}=۱۰۰KV$ می‌رسند . ولتاژ مصرف کننده $U_{20}=30$ Kv و افت ولتاژ و تغییرات ولتاژ در خود ترانسفورماتور برابر است با : $\Delta U_{۲}=۳Kv$ لذا ولتاژ نامی خروجی برابر است با :

$U_{n2}=30+\frac{۳}{۲}=31,5Kv$

و از روی نسبت تبدیل :

$\ddot{U}_{min}=\frac{۱۰۰}{۳۳}=۳.۰۳$ و $\ddot{U}_{max}=\frac{۱۲۰}{۳۰}=٤$ می‌توان حداکثر و حداقل ولتاژ ورودی را به طریق زیر حساب کرد :

Kv ۳۱/۵ × ۳/۰۳ = ۹۵/۵

Kv۳۱/۵ × ٤/۰ =۱۲٦

در نتیجه ولتاژ نامی ورودی برابر می‌شود با :

$U_{n1}=(95.5+126)/2=110.7$ Kv

و ولتاژ ترانسفورماتور باید در حدود ١٤ ±قابل تنظیم با شد . تغییرات نسبت تبدیل معمولاً در طرف نقطه صفر سیم پیچی فشار قوی ترانسفورماتور صورت می‌گیرد تا ساختمان و نصب کلید تبدیل اذشعابها با مشکلاتی مواجه نشود . در ضمن سیم پیچی تنظیم کننده ولتاژ معمولاً فقط برای نصف مقدار قابل تنظیم حساب می‌شود تا هم از تعداد زیاد کنتاکتها و سیمهای رابط انشعابها و تعداد حلقه‌های قابل تنظیم جلوگیری شود و هم نصب دستگاه از نظر اجرا ساده تر شود . شکل ٦ دو طریقه مختلف تنظیم کننده ولتاژ را نشان می‌دهد . در شکل ٦(الف) سیم پیچی تنظیم کننده ولتاژ توسط کلید مخصوص به نام کلید برگرداننده (تبدیل) از دو جهت تغذیه می‌شود ، بطوریکه برای ازدیاد ولتاژ $+\Delta U$ کلید برگرداننده در طرف مثبت

WikiPower.ir

(+) قرار می‌گیرد و جوینده ΔU با گردش به طرف چپ ولتاژ خروجی را تا $+\Delta U$ بالا می‌برد برای کم کردن ولتاژ U به $U-\Delta U$ کلید برگرداننده در محل منفی (−) قرار می‌گیرد و جوینده به جهت راست می گردد و ولتاژ خروجی را تا $U-\Delta U$ تنظیم می‌کند . چنانچه که دیده می‌شود در ازدیاد ولتاژ آمپر دورهای سیم پیچی اصلی و فرعی با هم جمع و در کم کردن ولتاژ آمپر دورها از هم کم می‌شوند .

این دو وسیله (جوینده و برگرداننده) به طریقی با هم مرتبط هستند که فقط تغییرات یک پله‌ای امکان پذیر است. در شکل ٦ (ب) برای دو برابر کردن حدود تغییرات ولتاژ ترانسفورماتور از تغییر جهت دادن استفاده نشده ،بلکه از دو پیچک مجزا استفاده شده است . (

پیچک تنظیم خشن و پیچک تنظیم ملایم) . در موقعی که کلیدها در محلی هستند که شکل ٦(ب) نشان می‌دهد ، ولتاژ خروجی U_n است و باز گرداننده جوینده بطرف چپ ، ولتاژ خروجی درجه به درجه تا مقدار لازم بالا می‌رود و برای کم کردن ولتاژ $U-\Delta U$ کلید تنظیم کننده خشن در محلی که با علامت منفی (–) مشخص شده قرار می‌گیرد . در این موقع کلیه پیچکهای تنظیم کننده ملایم توسط جوینده در مدار قرار دارند و جانشین پیچک تنظیم خشن می شوند . در این حالت با گرداندن جوینده به طرف راست (در جهت منفی) ولتاژ ترانسفورماتور درجه به درجه تا ($U-\Delta U$) کم می شود . در هر دو شکل کلید برگرداننده و کلید تنظیم کننده خشن در موقعی کار می‌کنند که پیچکهای تنظیم کننده بدون جریان باشند تا از جرقه زدن زیر کنتاکتها جلوگیری شود (تنظیم بدون بار) در ترانسفورماتورهایی که حدود تنظیم ولتاژ آنها زیاد است ، تنظیم در سیم پیچی خشن نیز در مرحله‌ای صورت می گیرد و برای جلوگیری از تغییرات شدید ولتاژ درهر مرحله ، تنظیم در دو مدار مختلف انجام می‌گیرد (شکل ۷ مدارهای b,a) و برای جلوگیری از جرقه در کنتاکتهای سیم پیچی تنظیم خشن ، کنتاکتهای کشویی مدارهای a و b به طور یک در میان و یا یکی پس از دیگری حرکت می‌کنند . بدین طریق کنتاکت مدار a موقعی حرکت می‌کند که کلید جوینده مدار پیچک تنظیم ملایم قطع کرده باشد (در محلی که شکل ۷ نشان می‌دهد) و کنتاکت مدار a قبل از اینکه کلید جوینده در این محل قرار گرفته شده باشد ، حرکت می‌کند . همانطور که اشاره شد اگر سیم پیچی ترانسفورماتور تنظیم شونده ستاره بسته شده باشد ، به خاطر صرفه جویی در عایق بندی و ایزولاسیون ، تنظیم در نقطه صفر ستاره ترانسفورماتور انجام می‌شود و در صورتی که سیم پیچی ترانسفورماتور تنظیم شونده دارای اتصال مثلث باشد ، تنظیم در محلیهایی که شکل ۸ نشان می‌دهد ، انجام می‌شود.

شکل ۷ شکل ۸

درترانسفورماتورهای با ولتاژ کم نظر سادگی در طراحی ترانسفورماتور ، انشعابهای سیم پیچی را طبق شکل ۸ (الف) در ابتدای پیچکها می‌گیرند و در بعضی مواقع فقط دو پیچک قابل تنظیم است (شکل ۸ ب) ولی در اختلاف سطح زیاد بخار بالا بردن استقامت الکتریکی ضربه‌ای ترانسفورماتورها انشعابها در وسط پیچک قرار می‌گیرند . (شکل ۸ پ) دستگاه تنظیم کننده ولتاژ طبق شکل ٦ همانطور که گفتیم نمی‌تواند زیر بار کار کند ، مگر اینکه بوسیله‌ای از اتصال کوتاه شدن حلقه‌ها و قطع شدن جریان در تنظیم ولتاژ جلوگیری شود . بدین جهت تنظیم کننده ولتاژ زیربار علاوه بر جوینده مجهز به کلید دیگری به نام کلید تبدیل بار نیز می شوند که کاملاً مجزا از جوینده در محل مخصوصی نصب می شود و برای اینکه تنظیم زیر بار انجام گیرد ،جوینده‌ها شامل دو مدار موازی می شوند (شکل ۹) . بطوریکه یک مدار شامل اتصالهای زوج پیچک مدار دیگر شامل اتصالهای فرد پیچک می‌با شد . بازوهای کنتاکت دهنده این دو جوینده به طور یک در میان فرمان می گیرند .ثانیاً چرخش جوینده‌ها فقط امکان تغییر ولتاژ به اندازه یک ΔU را دارند و در ضمن اینکه بازوی کنتاکت دهنده جوینده ساکن روی کلید تبدیل بار بسته شده است ، بازوی کنتاکت دهنده جوینده دیگر بدون بار است و می‌تواند آزادانه برای بالا بردن یا کم کردن ولتاژ به اندازه یک ΔU بچرخد و بمحض اینکه این جوینده نیز از حرکت ایستاد ، کلید تبدیل بار نیز می‌گردد و پیچک ترانسفورماتور را بر روی این مدار می‌بندد. در نتیجه ولتاژ ترانسفورماتور به اندازه $+\Delta U$ یا $-\Delta U$ تغییر می‌کند . چنانچه شکل ۹ نشان می‌دهد کلید تبدیل بار علاوه بر کنتاکت ثابت و اصلی f و a دارای دو کنتاکت دیگر c و d نیز می‌باشد . این دو کنتاکت توسط مقاومت R با کنتاکت های a و f مربوط هستند . از این دو

مقاومت در موقعی که کلید در وسط قرار دارد (اتصال d – c) علاوه بر جریان بار جریان $I_a = \frac{U_{st}}{۲R}$ نیز عبور می‌کند (Ust ولتاژ یک درجه سیم پیچی قابل تنظیم می‌باشد)

شکل ۹

لذا حرکت کلید تبدیل بار همیشه با جرقه در کنتاکتها توام است و بدین جهت کلید تبدیل بار همیشه در یک محفظه روغنی خارج از ترانسفورماتور (شکل ۱۰) و یا در محل مناسبی در داخل منبع روغنی ترانسفورماتور (شکل ۱۱) نصب می‌شود شکل ۱۲ تغییرات ولتاژ را در ضمن حرکت کلید از یک پله به پله دیگر دو گذ شتن از و ضعیت‌های مختلف I تا V برای ازدیاد ولتاژ ، و یا گذ شتن از I تا V در موقع کم شدن ولتاژ نشان می‌دهد . در و ضعیت I یا V اختلاف سطح تراذ سفورماتور U یا U+Ust ا ست . در و ضعیت II و IV جریان بار خط از مقاومت R نیز عبور می‌کند و به این جه ت باعث افت فشار IR می‌شود که همفاز با جریان I است .

موقعیکه کلید وضعیت III را پیدا می‌کند هر دو مقاومت R بصورت یک مقسم اهمی برای جریان متعادل کننده Ia در می آید که باعث نصف کردن ولتاژ انشعاب Ust می‌شود و در ضمن این دومقاومت برای جریان I که جریان بار ترانسفورماتور در لحظه تغییر وضعیت پیدا کردن کلید است ، می‌باشد ، حکم مقاومت‌های موازی را دارد ، لذا باعث افت ولتاژی به اندازه ولتاژی به اندازه ۰/۲ IR می‌شود که در امتداد بردار ولتاژ است U+Ust/2

شکل ۱۱

حرکت کلید در ضمن این که باید سریع با شد تا افت ولتاژهایی که به آن ا شاره شد نظم کار مصرف کننده‌ها را به هم نزند ، نباید عمل کرد کلید از دو پریود نیز کوتاه باشد (برای فرکانس ۵۰ در حدود ۰/۰٤ ثانیه) زیرا برای خاموش شدن جرقه در ضمن تغییر وضعیت از I به II و از

III به IV در ازدیاد ولتاژ و از V به IV و III به II در افت ولتاژ حداقل دوباره جریان از صـــفر بگذرد .

شکل ۱۳ دستگاه تنظیم ولتاژ را بطور کامل و سه فاز نشان می‌دهد .

شکل ١٤ داخل یک ترانسفورماتور سه فاز ۱۱۰ هزار ولت با قدرت ۲۰ میلیون ولت آمپر را که در نقطه صـــفر ســـتاره قابل تنظیم اســـت نشـــان می‌دهد . چنانچه دیده می‌شـــود در این ترانســـفورماتور کلید تبدیل بار در بالای ترانســـفورماتور نصـــب شـــده اســـت . شـــکل ۱۵ ترانســـفورماتور ســـه فاز به قدرت ٥و ٤ میلیون ولت آمپر را که در هر فاز قابل تنظیم زیر بار است نشان می‌دهد .

شکل ١٤

شکل ١٦

جهت و مقدار این بردارها متناســـب با ولتاژی اســـت که در نتیجه عبور جریان از مقاومت‌های مختلف ایجاد می شود و U_e با توجه به افت ولتاژها ، اختلاف سطح انتهای خط ا ست . چنانچه دیده می شود این اختلاف سطح به اندازه بردار $-\Delta U$ که منتجه نیروهای ضد الکتروموتوری (افت ولتاژهای) خط می‌باشـد از ولتاژ اول خط کوچکتر اسـت .زیرا قسـمتی از ولتاژ اول خط برای جبران نیروی ضد الکتروموتوری ΔU مصرف می‌شود .

ترانسـفورماتورهای قدرت قابل تنظیم یا ترانسـفورماتورهای اضـافی برای تنظیم ولتاژ که در تنظیم طولی ولتاژ به آن ا شاره شد همواره ولتاژ به موازی یا در امتداد ولتاژ ستاره خط تولید می‌کند و به این جهت با همان حلقه‌های تراذسفورماتور قدرت بهر شکلی که بـسته شده ا ست قابل تنظیم است (ترانسفورماتورهای قدرت قابل تنظیم) و یا اگر این تنظیم در ترانسفورماتور

دیگری انجام می‌شود ، سیم پیچی پریمر ترانسفورماتور اضافی بصورت ستاره بسته می‌شود تا در سیم پیچی زکوندر ولتاژی همفاز با ولتاژ ابتدا و یا انتهای خط بوجود آید (شکل ۱۷) لذا چنین ترانسفورماتوری می‌تواند فقط نیروی ضد الکتروموتوری با افت ولتاژهای $I_w.R$ و $I_b.X$ را جبران کند .

شکل ۱۷ شکل ۱۸

برای جبران افت اختلاف سطح‌های عرضی احتیاج به ترانسفورماتوری است که در همین جهت نیروی الکتروموتوری ا ضافی ایجاد نماید . چنین ترانسفورماتوری را ترانسفورماتور عر ضی می‌نامیم . سیم پیچی پریمر ترانسفورماتور عر ضی باید بـ صورت مثلث بـ سته شود تا ولتاژ ا ضافی نسبت به ولتاژ ستاره خط ۹۰ درجه اختلاف فاز دا شته با شد (شکل ۱۸) لذا می‌توان گفت تنها تفاوت ترانسفورماتور عر ضی با ترانسفورماتور ا ضافی در نوع اتصال سیم پیچی پریمر آن می باشد یا در نوع ایجاد ولتاژ اضافی . همانطور که گفته شد تنظیم عرضی ولتاژ به خاطر جبران افت ولتاژ عرضـــی خط $I_b.R$ و $I_w.X$ اســـت و به ما امکان می‌دهد که با کمک تنظیم طولی ولتاژ تقسیم جریان در خطوط پارالل یارینگ را تنظیم کنیم و اگر تنظیم طولی و عر ضی ولتاژ تو سط ترانسفورماتور – ا ضافی می شود که می‌تواند در ست برابر افت طولی و عر ضی شبکه ΔU باشد (شکل ۱۹) بطوریکه ولتاژ انتهای خط U_e از نظر قدر مطلق و فاز درست برابر ولتاژ اول خط U_a می‌گردد برای تنظیم ولتاژ عرضی می‌توان از یک ترانسفورماتور که در سیم پیچی زکوندار دارای انشـعابهایی می‌باشـد . (شـکل ۲۰) اسـتفاده کرد . به کمک سـیم پیچی زکوندر چنین ترانسفورماتوری می‌تواند سطحی را که ترانسفورماتور عرضی به شبکه می‌دهد ΔU_{qr} و ΔU_{qs} و ΔU_{qt} نشان می‌دهد .

شکل ۱۹

در اغلب مواقع با توجه به مقاومت اهمی خط کافی است ولتاژ اضافی نسبت به ولتاژ ستاره خط فقط ۶۰ درجه جلو افتادگی داشته باشد برای این منظور سیم پیچی پریمر ترانسفورماتور عرضی به صورت ستاره بسته می‌شود و سیم پیچی زکوندر طوری قرار می‌گیرد که ولتاژ هر فاز با عکس ولتاژ دیگر جمع شود . شکل ۲۲ اتصال چنین ترانسفورماتوری را نشان می‌دهد .

شکل ۲۳ ولتاژهای عرضی را که با ولتاژ ستاره خط ۶۰ درجه اختلاف فاز جلوافتادگی دارد نشان می‌دهد .

شکل ۲۲ شکل ۲۳

WikiPower.ir

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

فصل یازدهم

بررسی کنترل ولتاژ و راههای جبران سازی آن

WikiPower.ir

الف – کنترل قدرت راکتیو و ولتاژ توسط ترانسفورماتورهای متغیر :

ترانسفورماتورهای متغیر یکی از وسایل کنترل قدرت اکتیو در سیستمها می‌باشند . اغلب ترانسفورماتورهای متغیر برای تنظیم دامنه ولتاژ به کار می‌روند . دراین صورت قدرت راکتیوی به شبکه تزریق نمی‌شود و فقط قدرتهای راکتیو موجود در خطوط و دیگرعناصر شبکه جا بجا می شوند . محدوده کنترل دامنه ولتاژ با ترانسفورماتورها ۱۰٪ ± است . بعضی ترانسفورماتورها به منظور تغییر زاویه‌ای فاز مورد استفاده قرار می‌گرفته و در نتیجه قدرت اکتیو را جابجا و کنترل می کنند . در بعضی از ترانسفورماتورها نیز هر دو کمیت دامنه ولتاژ و زاویه فاز کنترل می‌شوند .

۱- ترانسفورماتورهای متغیر در بارداری TCUL:

عمل کنترل در ترانسفورماتورهای با تغییر تعداد حلقه‌های سیم پیچها و در نتیجه تغییر نسبت تبدیل انجام می‌پذیرد . در برخی از ترانسفورماتورها کنترل نسبت تبدیل در حالت بی‌باری و در طرف فشار ضعیف انجام می شود که این نوع ترانسفورماتورها را (ترانسفورماتورهای متغیر در بی‌باری) می‌نامیم .

که تغییر تعداد حلقه های سیم پیچ آن در حالت بی باری انجام می‌شود . در بسیاری از ترانسفورماتورها تغییر نسبت تبدیل در حالت بارداری انجام می‌شود .

این ترانسفورماتورها را (ترانسفورماتور متغیر در بارداری) (tcul) می‌نامیم . وظیفه اصلی این ترانسفور ماتور ها انتقال قدرت و وظیفه فرعی آنها کنترل ولتاژ است . از این نوع ترانسفورماتورها برای ثابت نگه‌داشتن ولتاژ در بعضی شینهای سیستم توزیع و فوق توزیع و

سیستمهای شعاعی استفاده می‌گردد . کنترل اتوماتیک تعداد حلقه‌های سیم پیچها در این ترانسفورماتورها توسط موتورهای الکتریکی و یا کنترل کننده‌های تریستوری انجام می‌شود .

۱-۱ کنترل نسبت به تبدیل ترانسفورماتور TCUL بوسیله موتورهای الکتریکی

در این نوع ترانسفورماتور، نسبت تبدیل به صورت پله‌ای کنترل می‌شود . سیم پیچ ترانسفورماتور دو قسمت شده و راکتورهای r بین این دو قسمت قرار گرفته‌اند .

S_2,S_1 کلیدهای انتقال مرحله‌ای برای تغییر نسبت تبدیل هستند . در شرایط نشان داده شده ، ولتاژ دو سر n,ph حداکثر است . برای کاهش ولتاژ کلید S_1 باز می‌شود و جریان از راکتور سمت راست و از طریق کلید S_2 ونقاط c و a عبور می‌کند .

حال نقطه b به نقطه اتصال اصلی (d) متصل می‌گردد . سپس کلید S_1 بسته و متعاقباً S_2 باز می‌شود در این حالت جریان از راکتور سمت چپ و از مسیر S_1 و d,a,b عبور می‌کند حال نقطه c به اتصال e وصل شده و کلید S_1 بسته می شود به این ترتیب پله اول از مدال خارج شده و تعداد حلقه‌های سیم پیچ یک مرحله کاهش یافته است .

همانطور یکه ملاحظه می‌شود برای یک پله کنترل ٦ کلید عمل می‌نمایند و اگر بخواهیم ٤ پله نشان داده شده را از مدار خارج کنیم ، باید ٢٤ بار عمل کلید زنی انجام شود لذا زمان این کلید زنیها و عمل موتورها برای انتقال نقاط bو c به نقاط اتصال زیاد خواهد بود .

۱-۲ کنترل ولتاژ ترانسفورماتور TCUL بوسیله کنترل کننده‌های تریستوری

کنترل نسبت تبدیل ترانسفورماتور tcul بوسیله موتورهای الکتریکی که در بخش قبلی مورد بحث قرار گرفت ، دارای دو شکل است . اولاً سیستم کنترل دیر پاسخ می‌دهد ، ثانیاً کنترل

پیوسته نبوده و بصورت پله‌ای انجام می‌شود . با استفاده از کنترل کننده ولتاژ می‌توان ترانسفورماتورها را با سرعت مناسب و بصورت پیوسته کنترل نمود .

معادله ولتاژ هر نیمه از سیم پیچ ثانویه به این صورت نوشته می‌شود :

$$v = \sqrt{۲}\sin\omega t$$

که در آن v قدر مطلق ولتاژ موثر در هر نیمه از سیم پیچ ثانویه است .

اگر فقط تریستورهای Q_4, Q_3 در زاویه‌های آتش $\pi+\alpha, \alpha$ روشن شوند ولتاژ خروجی با تغییر بین صفر و v کنترل می‌شود ، یعنی :

$$۰ \le V_۰ \le V$$

اگر فقط تریستورهای Q_1 و Q_2 در زاویه‌های آتش β و $\pi+\beta$ روشن شوند ولتاژ خروجی با تغییر β بین صفر و ۲v کنترل می‌شود ، یعنی :

$$۰ \le V_۰ \le ۲V$$

چنانچه هر چهار تریستور در زاویه‌های آتش مناسب روشن شوند می‌توان محدوده کنترل ولتاژ را بین v , 2v قرار داد . برای این کار زاویه آتش تریستورهای Q_3 و Q_4 را بترتیب صفر و α انتخاب می‌کنیم .

حال اگر تریستور Q_1 در زاویه α شروع به هدایت کند ($\alpha<\pi$) داریم :

$V_{12}=0$

$V_{12}-v_{34}-v=0$

بنابراین :

$V_{34}=-v$

و لذا Q_3 خاموش می‌شود و در فاصله α تا π فقط Q_1 هدایت می‌کند . تریستور Q_1 در $t\omega=\pi$ خاموش می‌شود و Q_4 روشن می‌گردد . در زاویه آتش $\pi+\alpha$ تریستور Q_2 شروع به هدایت

می‌کند و Q_4 که ولتاژ معکوس v- در دوسر آن قرار می گیرد ، خاموش می‌شود و لذا در فاصله $\pi+\alpha$ تا 2π فقط تریســـتور Q_2 هدایت می‌کند . به این ترتیب با کنترل زاویه آتش α مقدارموثر ولتاژ خروجی بین V و 2V کنترل می‌گردد .

مزایای این روش ،کنترل پوسته در محدوده زیاد و پاسخ سریع است واشکال اساسی آن در ایجاد هارمونی‌ها است .

۲- ترانسفورماتور تنظیم

ترانســفورماتورهایی که در ســیســتم اصــلی انتقال برای کنترل نســبت تبدیل به کار می‌روند معمولاً از نوع (ترانسفورماتورهای تنظیم) هستند وظیفه اصلی این ترانسفورماتورها انتقال انرژی نبوده بلکه تنظیم ولتاژ نقطه‌ای از سیستم قدرت در محدوده نسبتاً کم طراحی و نصب می شود تغییر ولتاژ ΔV که توسط این ترانسفورماتور بوجود می آید . در حالت کلی شامل هر دو نوع تغییر دامنه و زاویه فاز می‌باشد .

یکی از انواع ترانســـفورماتورهای تنظیم جهت کنترل دامنه ولتاژ اســـت . تنظیم بوســـیله اتوترانسفورماتوری انجام می‌شود که به ترانسفورماتورهای سری با سیم متصل است ولتاژ گرفته شده از فاز a توسط تپ چینجر Ta ، با Va همفاز است بنابراین ترانسفورماتور سری در فاز a ولتاژ Δva را به Va اضافه می‌کند .

اگر ولتاژ اضافه شده ΔV نسبت به ولتاژ اصلی سیستم V دارای اختلاف زاویه باشد ، در این صورت ترانسفورماتور تنظیم بعنوان وسیله‌ای برای کنترل زاویه فاز و در نتیجه کنترل قدرت اکتیو به کار می‌رود .

چون ΔVa عمود بر V0 است لذا قدر مطلق بردار $Va + \Delta Va$ نسبت Va به تغییر محسوسی نداشته و می‌توان گفت که فقط زاویه فاز Va تغییر کرده است .

ب- عملکرد خطوط انتقال بدون جبران کننده :

از لحاظ اقتصادی طرح یک سیستم قدرت باید طوری باشد که بتوان از خطوط انتقال بیشترین قدرت ممکن را انتقال داد . نصب جبران کننده ، قدرت قابل انتقال خطوط انتقال را بالا برده و در حفظ پایداری سیستم کمک شایانی می‌نماید از طرف دیگرجبران کننده‌ها در کنترل ولتاژ نقاط مختلف یک خط انتقال نقش اساسی را بازی می‌کنند . در خطوط انتقال بسیار بلندی که قدرتهای زیادی را منتقل می‌نماید ، کار انتقال قدرت بدون جبران کننده را مورد بحث قرار می‌دهیم و در بخشهای بعدی نقش انواع جبران کننده‌ها را در کنترل و بهبود شرایط خطوط بررسی می‌کنیم . یک خط انتقال با چهار پارامترهای گسترده مشخص می شود : مقاومت اهمی R ، اندوکتانس L، کاپاسیتانس C، و کندوکتانس G.

معمولاً از کندوکتانس G و مقاومت اهمی R و کندوکتانس G.

معادلات ولتاژ و جریان در هر نقطه از یک انتقال بلند مطابق روابط ۱و ۲بصورت زیر نوشته می‌شوند :

$$V = V_r \cosh \gamma X + I_r Z_c Sinh \gamma X \qquad (1$$

$$I = I_r \cosh \gamma X + \frac{V_r}{Z_c} Sinh \gamma X \qquad (2$$

در این روابط γ و Z_c بترتیب ثابت انتشار و آمپدانس مشخصه خط می‌باشند و از روابط زیر بدست می آیند :

$$\gamma = \sqrt{yz} = \alpha + j\beta \qquad (3$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \qquad (4$$

که در آن αوβ بترتیب ثابت تضعیف و ثابت فاز هستند اگر از مقاومت اهمی خط صرفنظر کنیم

، α =0 بوده و خواهیم داشت :

$$Y = j\beta \qquad (5$$

در این صورت معادلات ۱و ۲ به این صورت نوشته می‌شوند :

$$V = V_r \cos \beta X + jI_r Z_c Sin\beta X \qquad (6$$

$$I = J\frac{V_r}{Z_c} Sin\beta X + I_r \cos \beta X \qquad (7$$

که در آن ثابت فاز β را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد .

$$\beta = \omega\sqrt{LC} \qquad (8$$

در اینجا C,L اندوکتانس و کاپاسیتانس خط در واحد طول (یک کیلومتر) هستند .

سرعت انتشار موج U از رابطه زیر بدست می آید :

(9

می‌توان نوشت :

$$\beta = \frac{۲\pi F}{U} \qquad (10$$

در فرکانس ۵۰HZ می‌توان مقدار تقریبی β را برای خطوط انتقال بدست آورد :

$$\beta = \frac{۲\pi \times ۵۰}{۳\times ۱۰^{۸}} = ۱.۰۴۷\times ۱۰^{-۶} rad/m = ۰.۰۶/km \qquad (11$$

برای خط انتقال بدون تلفات (R=0) آمپدانس مشخصه خط را ترجیحاً آمپدانس موجی نامیدیم .

آمپدانس موجی معمولاً در حدود ۴۰۰-۲۰۰ اهم می باشد اگر آمپدانس بار درانتهای خط برابر

آمپدانس موجی Z_c باشد یعنی :

$$\frac{V_r}{I_r} = Z_c$$

دراینصورت آمپدانس ،ولتاژ جریان در هر نقطه به فاصله X از انتهای خط برابر است با :

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{Z_c I_r(\cos\beta X + j_{\sin}\beta X)}{I_r(\cos\beta X + j_{\sin}\beta X)} = Z_c \qquad (12$$

$$V = V_r(\cos\beta X + j_{\sin}\beta X) = V_r e^{j\beta x} \qquad (13$$

$$I = I_r(\cos\beta X + j_{\sin}\beta X) = I_r e^{j\beta x} \qquad (14$$

این روابط نشان می‌دهند که اولاً آمپدانس همه نقاط خط یکسان و با Z_c برابر است و ثانیاً ولتاژ و جریان در طول خط ثابت می باشـــند . همچنین ولتاژ جریان در هر نقطه با یکدیگر همفاز هستند ، چنین خطی را خط با « بار طبیعی » نامیدیم . بار طبیعی (SIL) برحسب ولتاژ نامی خط V برابر است با :

$$SIL = P_c = \frac{V_۲}{Z_c}$$

آمپدانس موجی Z_c یک عدد حقیقی است ،بنابراین در بار طبیعی ضریب قدرت در تمام نقاط خط برابر یک اســـت . یعنی قدرت راکتیو در هیچ یک از دو طرف خط تولید و یا جذب نمی‌شـــود . قدرت راکتیو تولید شده تو سط کاپا سیتانس خط بطور کامل تو سط اندوکتانس خط مـصرف می‌شود این موضوع را می‌توان به این ترتیب اثبات نمود که اگر $|V|^۲\omega C$ توسط کاپاسیتانس یک خط با بار طبیعی در واحد طول $|I|^۲\omega C$ قدرت راکتیو مصرف شده توسط اندوکتانس همان خط در واحد طول باشد ، داریم :

$$Z_c = \frac{V}{I} = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}}$$

$$\frac{|V|^۲}{|I|^۲} = \frac{\omega L}{\omega C}$$

$$|V|^{۲}\omega C=|I|^{۲}\omega L$$

ولتاژ و جریان در ابتدا خطی که بار طبیعی را انتقال می‌دهد ، عبارتند از :

$$V_s=V_re^{j\beta i}=V_re^{i\theta} \quad (15$$

$$I_s=I_re^{j\beta i}=I_re^{i\theta} \quad (16$$

بنابراین ولتاژ و جریان ابتدای خط از ولتاژ و جریان انتهای خط به اندازه θ جلوتر هستند ، زاویه $\theta=\beta I$ طول الکتریکی خط (بر حسب رادیان یا درجه) نامیده می‌شود . برای یک خط ٤٠٠ km زاویه θ برابر ۰/٤۱۹ رادیان و یا ۲٤ درجه است .

۱- **خط انتقال در شرایط بی‌باری :**

در خط بدون بار $I_r=0$ بوده و برای ولتاژ و جریان در هر نقطه از خط انتقال داریم :

$$V=V_r\cos\beta x \quad (17$$

$$I=j\frac{V_r}{Z_c}\sin\beta x \quad (18$$

ولتاژ و جریان در ابتدا خط به ازاء X=1 به این ترتیب بدست می آیند :

$$V_s=V_r\cos\theta \quad (19$$

$$I_s=j\frac{V_r}{Z_c}\sin\theta=j\frac{V_s}{Z_c}\tan\theta \quad (20$$

اگر V_r را از رابطه ۱۹ در معادلات ۱۷ و ۲ قرار دهیم خواهیم داشت :

$$V=V_s\frac{\cos\beta x}{\cos\theta} \quad (21$$

$$I=j\frac{V_s}{Z_c}\frac{\sin\beta x}{\cos\theta} \quad (22$$

پروفیل ولتاژ و جریان برای یک خط ٤۰۰km برای این خط $\theta=۲٤^{\circ}$ است . چنانچه ولتاژ در ابتدای خط $|V_s|=۱P^u$ فرض شود ، ولتاژ انتهای خط برابر است با :

$$|V_r|=\frac{V_s}{\cos\theta}=\frac{۱}{\cos ۲٤^{\circ}}=۱.۰۹٥p^u$$

که ۹/۵٪ افزایش ولتاژ را نشان می‌دهد . این افزایش « اثر فرانتی » نامیده می شود . ممکن است این افزایش آسیب زیادی به تجهیزات و عایق بندی سیستم وارد نکند ، ولی برای خطوط بلندتر ،مثلاً ۸۰۰ km، افزایش به ۱/۴۹ pu می‌رسد که غیر قابل قبول و خطرناک است . در ۱۵۰۰ km ، ولتاژ به بی‌نهایت می‌رسد و عملاً استفاده از این خطی بدون جبران کننده‌ها غیر ممکن است .

جریان ابتدا خط در حالت بی‌باری برابر است با :

$$I_s = j\frac{V_s}{Z_c}\tan\theta = j\frac{۱}{۱}\tan ۲۴ = j۰.۴۴۵p^u$$

یعنی با وجود شرایط بی‌باری ، جریان معادل ۴۴/۵ درصد جریان مربوط به بار طبیعی در ابتدا خط جاری است . قدرت تولید شده در ابتدا خط از رابطه زیر بدست می آید :

$$S = V_s I_s^* = V_s(-j\frac{V_r}{Z_c}\tan\theta) = -j\frac{|V_s|^۲}{Z_c}\tan\theta$$

P=0 (23

$$Q = P_c\tan\theta$$

در خط ۴۰۰ km قدرت راکتیو تولید شده در ابتدا خط p_c /445- =Q است و این نشان می‌دهد که اگر در ابتدای ژنراتور سنکرونی وجود داشته باشد ، در این حالت ژنراتور به رژیم کار زیر تحریک رفته وقدرت راکتیوی معادل ۴۴/۵ درصد بار طبیعی جذب می‌نماید . در خط ۶۰۰km این مقدار به ۷۲/۷ درصد می‌رسد و می‌تواند ژنراتور را از حالت پایدار خارج نماید . اگر در بی باری ، ولتاژ ترمینالها در دو طرف خط طوری تنظیم شوند که $|V_s| = |V_r|$ (مثلاً وجود دو ماشین سنکرون مشابه در دو طرف خط) ، در این صورت خط انتقال را « خط متقارن » می‌نامیم . در روابط ۶ و ۷ به ازاء X=1 درابتدا خط داریم :

$$V_s = V_r\cos\theta + jZ_cI_r\sin\theta$$ (24

$$I_s = \frac{V_r}{Z_c}\sin\theta + I_r\cos\theta \qquad (25$$

در خط متقارن بی‌بار ، جریانهایی که از دو طرف خط به طرف وسـط خط جاری می‌شـوند با هم برابرند ، یعنی :

$I_s=-I_r$ (26

بنابراین :

$$I_s = -I_r = j\frac{V_r}{Z_c}\frac{\sin\theta}{1+\cos\theta} = j\frac{V_r}{Z_c}\tan\frac{\theta}{2} \qquad (27$$

با جایگزینی این مقدار I_r در رابطه ۲۴ خواهیم داشت :

$V_s=V_r$ (28

و لذا داریم :

$$I_s = j\frac{V_s}{Z_c}\tan\frac{\theta}{2} \qquad (29$$

رابطه ۲۸ نشـان می‌دهد که V_s و V_r همفاز هسـتند . قدرت راکتیو تولید شـده در هر طرف خط انتقال نیز از رابطه زیر بدست می آید :

$$Q_s = -P_c\tan\frac{\theta}{2} \qquad (30$$

مقایسـه روابط ۲۷و ۲۹ با رابطه ۲۰ نشـان می‌دهد که خط انتقال متقارن را می‌توان معادل دو خط مشـابه با طول $\frac{L}{2}$(نصـف طول اصـلی) فرض نمود که انتهای آنها به هم وصـل شـده و وسـط خط متقارن را به وجود آورده‌اند . جریان و قدرت راکتیو در هر یک از دو انتهای خط متقارن تقریباً نصف جریان و قدرت راکتیو خط از یک سو تغذیه شده با طول مساوی است . با

توجه به این تقارن ، وسط خط متقارن صفر است . ولتاژ وسط خط متقارن ، معادل ولتاژ انتهای خط با طول $\frac{L}{۲}$ می‌باشد .

بنابراین :

$$V_m = \frac{V_s}{\cos\frac{\theta}{۲}} \qquad (31$$

پروفیل ولتاژ و جریان برای خط متقارن با طول ۴۰۰km است و نشان می‌دهد که افزایش ولتاژ در در بی‌باری برای خط متقارن به مراتب کمتر از خط از یکسو تغذیه شده است .

۲- خط انتقال در شرایط بارداری :

اگر قدرت بار در انتهای یک خط انتقال P=Jq باشد ، جریان بار از رابطه زیر بدست می آید :

$$I_r = \frac{P - jQ}{V_r} \qquad (32$$

با قرار دادن این مقدار I_r در معادله ۲۵ داریم :

$$V_s = V_r\cos\theta + jZ_c\sin\theta\frac{P - jQ}{V_r}$$

$$= V_r\cos\theta + jZ_c\sin\theta\frac{P - j\tan\phi}{V_r}$$

در اینجا ϕ زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان انتهای خط است . در رابطه اخیر $|V_S|$ را بدست آورده و طرفین معادله را بر $|V_S|$ تقسیم می‌کنیم :

$$۱ = \sqrt{(\frac{V_r}{V_s}\cos\theta + \frac{P\tan\phi}{P_c}\sin\theta)^۲ + (\frac{p}{p_c}\sin\theta)^۲}$$

چنانچه ولتاژ ابتدای خط را در $|V_s| = ۱_{pu}$ ثابت نگه داریم و P_c را بعنوان قدرت مبنا انتخاب کنیم (pc=1pu)، خواهیم داشت :

$$۱ = \sqrt{(V_r\cos\theta + P\tan\phi\sin\theta)^۲ + p^۲\sin^۲\theta} \qquad (34$$

که در آن P,V_r ولتاژ و قدرت بار در انتهای خط برحسب pu هستند ، از این معادله می‌توان تغییرات V_r را بر حسب p در ضریب قدرت‌های مختلف رسیم نمود .

در شرایط بی‌باری ، P=0 معادله ۳۲ به معادله ۱۹ تبدیل شده و ولتاژ بی‌باری V_{r0} بدست می آید . هر چه طول خط بیشتر باشد V_{r0} بزرگتر بوده و برای طول‌های زیاد تغییرات ولتاژ از بی‌باری تا بار کامل زیاد خواهد شد . مثلاً برای خط ۸۰۰km V_{ro}=1.494pu می‌گردد که عملاً این خط بدون جبران کننده قابل بهره‌برداری نیست . در بار طبیعی در ضریب قدرت یک ، پروفیل ثابت ولتاژ و جریان بدست می آید که در آن $|V_s|=|V_r|=1pu$ است در یک خط انتقال متقارن تحت شرایط بارداری $|V_s|=|V_r|$ بوده و V_s از V_r به اندازه δ جلوتر ا ست از روی تقارن می‌توان گفت که ولتاژ و سط خط به اندازه زاویه $\frac{\delta}{2}$ از انتهای خط جلوتر ا ست . همچنین زاویه ضریب قدرت در یک انتهای خط با زاویه مذکور در طرف دیگر خط قرینه است . طول خط در چنین شرایطی با $\frac{L}{2}$ جایگزین می‌شود و ولتاژ وسط خط مشابه انتهای خط انتقالی با طول $\frac{L}{2}$ می‌باشد . تغییرات ولتاژ وسط یک خط متقارن ۴۰۰KM مشابه تغییرات ولتاژ انتهای یک خط ۲۰۰KM است .

به ازاء هر ضریب قدرت و طول مشخص خط ، یک مقدار برای حداکثر قدرت قابل انتقال (P_{max}) وجود دارد . هر چه طول خط کمتر و ضریب قدرت بیشتر باشد ،حداکثر قدرت قابل انتقال بیشتر خواهد بود . اگر بار خط p+jQ باشد ، داریم :

$$V_s = V_r \cos\theta + jZ_c \frac{P-jQ}{V_s} \sin\theta = |V_s| \qquad (35$$

قسمت‌های حقیقی و موهومی این رابطه را مساوی هم قرار می دهیم :

$$|V_s|\cos\delta = |V_r|\cos\theta + Z_c\frac{Q}{|V_r|}\sin\theta \qquad (36$$

$$|V_s|\sin\delta = Z_c\frac{P}{|V_r|}\sin\theta \qquad (37$$

از رابطه ۳۷ قدرت انتقالی P بدست می آید :

$$P = \frac{|V_s||V_r|}{Z_c\sin\theta}\sin\delta = P_{\max}\sin\delta \qquad (38$$

این معادله کاربرد و همیت زیادی دارد . در خط انتقال کوتاه بجای $\sin\theta$ از طول الکتریکی خط $\theta = \beta T = \omega L\sqrt{LC}$ ، استفاده می‌کنیم .بنابراین :

$$Z_c\sin\theta = Z_c\theta = \sqrt{\frac{L}{C}}\omega L_1 = X_L \qquad (39$$

$$P = \frac{|V_s||V_r|}{X_L}\sin\delta$$

در این معادله XL راکتانس سری خط است . برای مقادیر ثابت $|V_s|$ و $|V_r|$، قدرت انتقالی خط از زاویه δ تبعیت می‌کند.

اگر $V = |V_s| = |V_r|$ باشد ، داریم :

$$P = \frac{P_c}{\sin\theta}\sin\delta \qquad (40$$

در خط ٤٠٠ km، f=50hz خواهیم داشت :

$\theta = ۲٤^\circ$

$\sin\theta = ۰.٤۰٦۷$

$P_c = 1p_u$

$$P_{\max} = \frac{P_c}{\sin\theta} = \frac{۱}{۰.٤۰٦۷} = ۲.٤٥۹p_u$$

معمولاً زاویه قدرت در یک خط انتقالی کنترل نشـــده نباید از حدود ۳۰ درجه تجاوز نماید . در این صورت حداکثر طول خط انتقالی که بتواند بار طبیعی را منتقل نماید بدست می آید . با قرار دادن (۳۰ درجه) = δ و P=PC در رابطه ٤٠ خواهیم داشت :

$\theta = ۳۰^{\circ}$

1=500Km

$\beta_{۱} = ۰.۰٦^{\circ}۱ = ۳۰^{\circ}$

برای تعیین قدرت های راکتیو در دو طرف خط انتقال ، از معادله ٣٦ قدرت راکتیو انتهای خط Qr را بدست می آوریم :

$$Q_r = \frac{|V_r|(|V_S|\cos\delta - |V_r|\cos\theta)}{Z_c \sin\theta} \qquad (41$$

روش مشابهی برای تعیین QS بکار می‌رود رابطه زیر مقدار QS را بدست می‌دهد :

$$Q_s = \frac{|V_s|(|V_r|\cos\delta - |V_s|\cos\theta)}{Z_c \sin\theta} \qquad (42$$

در خط انتقال متقارن $|V_r| = |V_s|$ بوده خواهیم داشت :

$$Q_s = -Q_r = -\frac{|V_s|(\cos\delta - |V_s|\cos\theta)}{Z_c \sin\theta} \qquad (43$$

اگر بار خط کمتر از بار طبیعی باشـــد با توجه به معادله ٤٠ زاویه δ از θکوچکتر بوده ، $\cos\delta > \cos\theta$و در نتیجه Q_s منفی اسـت و این بدان معنی اسـت که در هر دو انتهای خط قدرت راکتیو جذب می‌شـــود . اگر بار خط بیشـــتر از بار طبیعی باشـــد ، در هر دو طرف خط قدرت راکتیو تولید می‌شـــود . در بار طبیعی θ = Q_s=Q_r خواهد بود در شـــرایط بی‌باری خط انتقال ، p=0 ، $\cos\delta = ۱$و معادله ٤٣ تبدیل به معادله زیر خواهد شـــد که قبلاً نیز آنرا برای شـــرایط بی باری اثبات کرده‌ایم :

$$Q_S = -P_c \tan\frac{\theta}{۲}$$

در خط انتقال کوتاه $\cos\theta \to ۱, Z_c \sin\theta \to X_L$ در نتیجه داریم :

$$Q_s = -Q_r = \frac{|V_s|^۲ (۱ - \cos\delta)}{X_L} \qquad (44$$

جبران کننده ثابت موازی در سیستم بهم پیوسته :

خازنها و راکتورهای موازی جبران کنندههای ثابتی هستند که برای تولید و یا مصرف توان راکتیو بطور موازی در شینهای مناسب سیستم قدرت نصب میشوند ولتاژ تونن Vi از بخش بار بدست آمده است . آمپدانس تونن Zth=Zii نیز با استفاده از ماتریس Zbvs تعیین می گردد . جبران کنندهای با قدرت راکتیو (مصرفی) $Q\gamma$ و ولتاژ نامی $V\gamma$ به شین i متصل شده است . راکتانس و آمپدانس این جبران کنده عبارتند از :

$$X\gamma = \frac{V\gamma^۲}{Q\gamma} \qquad (1$$

$$Z\gamma = jX\gamma \qquad (2$$

ولتاژ شین i پس از نصب جبران کننده از Vi به Vinew تغییر خواهد یافت . جریان جبران کننده و ولتاژ جدید شین i بترتیب زیر محاسبه میشوند :

$$I_\gamma = \frac{V_i}{Z_{ii} + Z_\gamma} \qquad (3$$

ولتاژ شینهای دیگر سیستم نیز با نصب جبران کننده در شین i تغییر مینمایند .

که در آن ولتاژ شین شماره j قبل از نصب جبران کننده و عنصر موجود در سطر j و ستون i از ماتریس میبا شد برای محا سبات دقیق سیستم و تعیین پخش قدرتها میتوان آن را در (قدرت راکتیو مصرفی بار) تاثیر داد و پخش بار سیستم را با آن انجام داد تا ولتاژ شینها و

پخش قدرت‌ها را بدست آورد . همچنین برای دقت بیشتر می‌توان آن را تاثیر داد و پخش بار را با جدید انجام داد .

اگر بخواهیم ولتاژ شین i را برسانیم در اینصورت شین i را که یک شین کنترل شده با ولتاژ در نظر گرفته و پس از پخش بار ، قدرت راکتیو (مصرفی) جبران کننده را بدست می آوریم . کنترل ولتاژ با استفاده از جبران کنندگی ثابت موازی بطریق فوق الذکر فقط در یک پله انجام می‌شود برای کنترل مناسب ولتاژ ، معمولاً از جبران کنندگی ثابت کنترل شده استفاده می‌شود که در آن خازن و راکتور هنگام لزوم قطع و وصل می‌شود .

کلیدهای نشان داده شده به حلقه‌های کنترل مربوط هستند و برای کار مناسب سیستم قطع و وصل می‌شوند .

دیده می‌شود ، از بی‌باری تا ۳۵٪ با نامی راکتور متصل است . هنگامی که بار به ۳۵٪ مقدار نامی می‌رسد ولتاژ تا ۹۶ pu٪ کاهش یافته است . در اینجا راکتور قطع شده و ولتاژ بصورت پله‌ای به ۱/۰۳ pu می‌رسد . از ۳۵٪ تا ۷۵٪ بار نامی ، سیستم بدون جبران کننده کار می‌کند و ولتاژ در این فاصله از ۱/۰۳pu به ۹۵٪ pu می رسد . در ۷۵٪ بار نامی خازن وصل می‌شود و ولتاژ از ۹۵٪ pu به ۱/۰۳ pu افزایش می‌یابد و از این به بعد تا رسیدن به بار نامی ، ولتاژ از ۱/۰۳ pu تا ۹۸٪ pu متغیر است به این ترتیب ولتاژ این شین در فاصله ۹۵٪ pu تا ۱/۰۳ pu کنترل شده است .

برای کنترل دقیقتر می‌توان حالتی را در نظر گرفت که چندین راکتور و خازن موازی در زمان‌های مناسب قطع و وصل می‌شوند و کنترل ولتاژ در محدوده باریکتری (مثلا ۱۰٪ ±) انجام می‌شود .

کنترل ایده آل آن است که مشخصه ولتاژ قدرت ، خط مستقیمی بدون شیب (ولتاژ ثابت) باشد .

برای این کار از لحاظ تئوری باید تعداد بی‌نهایت خازن و راکتور بصورت موازی در شین مورد کنترل نصب شده و با کوچکترین تغییر در بار سیستم ، قطع و وصل شوند . کنترل و تثبیت ولتاژ بطور لحظه‌ای عملاً توسط کندانسور – های سنکرون و جبران کننده‌ای استاتیک امکان پذیر است . در حقیقت می‌توان مدار معادل این جبران کننده ها را بصورت یک ساسپتانس قابل تنظیم در هر دو جهت خازنی و سلفی در نظر گرفت . مدارکنترل مربوطه ، انحراف ولتاژ شین را اندازه‌گیری نموده و فرمان کنترل لازم را برای تغییر ساسپتانس تا رسیدن ولتاژ بمقدار لازم صادر می نماید .

در کندانسورهای سنکرون ، فرمان کنترل به مدار تحریک داده می شود تا با بردن ما شین به رژیم کار فوق و یا زیر تحریک و تولید یا جذب قدرت راکتور ، ولتاژ شین را کنترل نموده و ثابت نگه دارد . در حقیقت مدار کنترل ولتاژ کندانسورهای سنکرون مشابه سیستم کنترل ولتاژ اتوماتیک (AVR) ژنراتورها است بنابراین عمل کنترل ولتاژ توسط کندانسورهای سنکرون بصورت پیوسته و در هر دو جهت سلفی و خازنی انجام می‌شود ، لیکن در سیستم های قدرت مدرن امروزه ، بخاطر کند بودن سرعت پا سخ سیستم کنترل ، ظرفیت محدود قدرت راکتیو ، مصرف توان اکتیو و همچنین ملاحظات پایداری ، از کندانسورهای سنکرون کمتر استفاده می‌شود در حال حاضر استفاده از جبران کننده‌های استاتیک در سیستمها رو به افزایش است . در این جبران کننده‌ها عمل کنترل ولتاژ توسط یک ساسپتانس قابل کنترل انجام می‌شود . مدار کنترل این جبران کننده‌ها ولتاژ را اندازه‌گیری نموده و فرمان کنترل از طریق پالسهایی با

زاویه آتش مناسب ، کنترل کننده‌های تریستوری را بکار می‌اندازد و عمل کنترل ساسپتانس با کنترل زاویه آتش تریستورها انجام می‌شود . از آنجا که این جبران کننده‌ها دارای قطعات دوار نیستند ، مساله پایداری ندارند . از طرف دیگر سرعت پاسخ آنها بسیار خوب بوده (یک تا دو سیکل) و توان اکتیو ناچیزی مصرف می‌نمایند .

د- انواع جبران کننده‌ها

الف – جبران کننده‌های موازی پسیو

جبران کننده‌ی موازی پسیو شامل راکتورها و خازنهای ثابت هستند که در محل‌های مناسب در خطوط انتقال نصب می شوند . محاسبه قدرتهای نامی بهینه و محل‌های اتصال راکتورها و خازن‌های موازی ، با در نظر گرفتن وضعیت‌های مختلف از محاسبات پخش بار بدست می آیند . هنگامی که در مورد تزریق قدرت راکتور به شبکه‌ها بحث می‌کردیم ، مشخصات جبران کننده‌های موازی پسیو را تا حدودی مورد مطالعه قرار دادیم . در ادامه این بحث ، ابتدا کنترل ولتاژ بی‌باری خط انتقال را توسط راکتورهای موازی بررسی می‌کنیم . سپس یکی از حالتهای مهم استفاده از جبران کننده های موازی پسیو را که نصب آنها در وسط خط می‌باشند ، مطالعه می‌کنیم و در انتها نقش راکتورها وخازنهای موازی را در حالت گذرا مورد بحث قرار خواهیم داد .

د-۱ نقش راکتورها در کنترل ولتاژ بی‌باری

جبران کنندگی موازی بوسیله راکتورها را افزایش داده و در نتیجه باعث کاهش بار طبیعی می‌گردد تا در بارهای کم و یا بی‌باری تقریباً پروفیل ولتاژ ثابت حالص شود . راکتورها معمولاً در دو انتها و یا در وسط خطوط نصب می‌شوند در خطوط خیلی بلند چند راکتور بطور دائم

برای حفاظت اضافه ولتاژهای ناشی از شرایط اضطراری ، نظیر قطع ناگهانی بار و یا باز شدن خط نصب می‌گردند در خطوط کوتاهتر با تغییر بار در ساعات مختلف ، راکتورهای کنترل قطع و وصل می‌شوند . اگر خازن های موازی در خط نصب شده باشند ، در اثر قطع ناگهانی بار و یا باز شدن خط انتقال ، خازنها باید سریعاً قطع شوند تا از اضافه شدن بیشتر ولتاژ جلوگیری گردد .

اگر راکتور نصب نشده باشد ، ولتاژ وسط خط PU ۱/۰۹۵ و قدرت جذب شده در ابتدای خط برابر ٥٤٤٪ می باشد . در خطوط خیلی بلند کنترل ولتاژ بی‌باری با تقسیم خط به n قسمت با نصب n-1 راکتور در فواصل مساوی و دو راکتور در دو انتها انجام پذیر است . به این ترتیب عملکرد یک خط ۱۲۰۰ km با نصب ٤ راکتور در بی‌باری مشابه یک خط ٤۰۰ km است و نتایج ٤۰۰km در بی‌باری برای آن صادق است ، یعنی حداکثر ولتاژ ۱/۰۲۲ pu و جریان و قدرت راکتیو در ابتدای خط ۰/۲۱۳ pu می‌باشند .

راکتورهای دیگر دارای راکتانس هستند به این ترتیب جریان این راکتورها دو برابر جریان راکتورهای دو انتها می باشند و این بدان معنی است که راکتور انتهائی توان راکتیو تولید شده توسط کاپاسیتانس خط را در طول جذب می‌کنند و راکتورهای دیگر توان راکتیو تولید شده توسط کاپاسیتانس خط را در طول جذب می‌نمایند .

د-۲ نصب راکتور یا خازن در وسط خط :

در اینجا یکی از حالتهای خاص و مهم ، یعنی نصب راکتور و یا خازن در وسط یک خط متقارن را مطالعه می کنیم . با نصب جبران کننده موازی در وسط خط آن را به دو قسمت تبدیل می‌کنیم .

ادمیتانس وسط خط را با هم جمع می کنیم و سپس اتصال آمپدانسهای ستاره بین نقاط a و b و c را به اتصال مثلث تبدیل می‌کنیم .

در این رابطه ساسپتانس کل خط است . در ضمن باید دقت نمود که برای راکتور مثبت و برای خازن منفی می‌باشد .

د- ۳ نقش راکتور و خازن موازی در حالت گذاری سیستمها :

خازنها و راکتورهای موازی معمولاً در خلال اتفاقات و اختلالات سیستم قطع و وصل نمی‌شوند . بنابراین باید عملکرد سیستم را با وجود آنها در حالت گذرا بررسی نمود . اگر خط بار سیستم بر اثر یک اختلال ناگهانی از ۱ به ۲ تغییر وضعیت دهد ، در صورتی که خازن موازی نصب شده با شد ، اختلاف ولتاژ بر اثر اختلاف مذکور می‌با شد که در مقایسه بزرگتر است .

اگر هنگام ایجاد اختلال ، راکتور نصب شده باشد اختلاف ولتاژ جبران کننده می‌باشد که بیشتر از اختلاف ولتاژ (بدون جبران کننده) است و این نشان می‌دهد که در این حالت راکتور نقش مثبتی را ندارد .

ه) جبران کننده‌های اکتیو :

این جبران کننده‌ها به « جبران کننده‌های موازی دینامیک » نیز موسوم هستند ، عمل جبران کنندگی با تقسیم خط را انجام می‌دهند . اگر جبران کننده‌ای مانند یک موتور سنکرون در وسط خط انتقال نصب شود وولتاژ این نقطه را بطور پیوسته در مقدار ثابتی (مثلا ۱pu) کنترل نماید ، بدین ترتیب خط انتقال به دو قسمت مستقل و مشابه تقسیم می‌گردد و در این صورت پروفیل ولتاژ ، قدرت انتقالی ماکزیمم و قدرت راکتیو ابتدا و انتهای خط ، معادل یک خط انتقال با نصف

طول خواهد بود . اگر یک خط انتقال توسط جبران کننده اکتیو به دو قسمت کاملاً مشابه تقسیم شود و از کاپاسیتانس خط صرفنظر گردد (یا کاملاً با راکتورهای نصب شده خنثی شود) ، برای هر نیمه از خط قدرت انتقالی بدست می آید .

مشخصه قدرت زاویه خط انتقال در حالتهای جبران نشده و جبران شده جریانی که بو سیله جبران کننده اکتیو در وسط خط جذب می‌شود کاملاً راکتیو بوده و با ولتاژ محل اتصال ۹۰ اختلاف فاز دارد . بنابراین جبران کننده فقط قدرت راکتیویته خط داده یا از آن جذب می‌کند و به این ترتیب ولتاژ ترمینالهایش را ثابت نگه می دارد . در مورد موتور سنکرون (کندانسور سنکرون) این عمل با کنترل مدار تحریک ماشین ، درست مانند سیستم کنترل ولتاژ AVR ژنراتورهای سنکرون ، انجام می‌شود .

در یک شرایط ماندگار داده شده ، نسبت جریان جبران کننده به ولتاژ محل اتصال جبرا کننده V ادمیتانس مشخصی است . در صورتی که از V جلوتر باشد ، ادمیتانس مذکور خازنی و اگر از V عقب‌تر باشد ، ادمیتانس یاد شده سلفی (اندوکتیو) خواهد بود .بنابراین مدار معادل یک جبران کننده اکتیو ، یک ساسپتانس متغیر می‌باشد . در جبران کننده اکتیو ، چنانچه ولتاژ در محل اتصال جبران کننده از حدود تعیین شده منحرف شود ، مدار کنترل مربوطه ساسپتانس موازی را طوری تغییر می‌دهد که مجدداً ولتاژ به حدود تعیین شده برگردد . از آنجایی که اصولاً نحوه عمل این جبران کننده‌ها پیوسته و دینامیک می‌باشد ، آنها را جبران کننده‌های موازی دینامیک نیز می نامند . یک جبران کننده دینامیک ایده آل وسیله‌ای است که بطور پیوسته قدرت راکتیو را کنترل کند ، بدون تاخیر در محدوده وسیعی به تغییرات ولتاژ پاسخ داده و آن را تنظیم و تثبیت نماید ، توان اکتیو مصرف نکند و برار تغییرات سیستم پایداری

کافی داشته باشد . امروزه علاوه بر کندانسورهای سنکرون ، از جبران کننده‌های استاتیک برای کنترل دینامیک توان راکتیو ا ستفاده می شود لفظ ا ستاتیک به این دلیل به این کار می‌رود که در ساختمان جبران کننده از قطعات دوار ا ستفاده نمی شود . در دو بخش بعدی به بررسی کندانسورهای سنکرون و جبران کننده‌های استاتیک می‌پردازیم .

و) کندانسورهای سنکرون :

کنداذ سور سنکرون یک ما شین سنکرون ا ست که پس از راه اندازی ، با شبکه سنکرونیزه می‌شود . مدار کنترل ولتاژ این ماشین ، وظیفه اندازه‌گیری انحراف ولتاژ و کنترل تحریک را بعهده دارد . با کتنرل تحریک ،ماشین در رژیم‌های کار مورد نیاز ، فوق تحریک و و یا زیر تحریک ، توان راکتیو تولید و یا جذب می‌نماید تا ولتاژ ترمینالهای کندانسور را در مقدار ثابتی تنظیم نماید معمولاً کنداذ سورهای سنکرون برای بهره‌برداری در ف ضا باز طراحی می شوند . کندانسورهای با قدرت زیاد اغلب با دور تقریباً ۱۰۰۰ rpm (٦ قطب) ساخته می شوند . تلفات این ماشین‌ها حدود یک درصد قدرت نامی آنها است .

کندانسورهای سنکرون کوچک با هوا خنک می‌شوند و در قدرتهای زیاد خنک کنندگی اغلب توسط هیدروژن و در مواردی با آب انجام می گیرد . تا سال ۱۹۸۰ میلادی کندانسورهای خنک شونده با هیدروژن تا قدرت Mvar ۲۵۰ نصب و بهره برداری شدند و تا سال ۱۹٤۸ نیز یک کندانسور خنک شونده با آب با قدرت Mvar ۳٤۵ مورد استفاده قرار گرفته است . کندانسورهای سنکرون در هر دو سیستم فوق توزیع و انتقال بکار می‌روند ، لیکن در سیستم توزیع و فوق توزیع معمولاً خازنهای موازی سوئیچ شونده و تپ چنجر ترانسفورماتور کاربرد

بیشتری در کنتور توان راکتیو دارند . موارد استفاده کندانسورهای سنکرون بشرح زیر می‌باشد :

الف) کنترل ولتاژ یک نقطه مورد نظر سیستم قدرت در شرایط ماندگار .

ب) تقسیم خط و در نتیجه افزایش قدرت انتقالی ماکزیمم و بهبود پایداری سیستم .

ج) تامین قدرت راکتیو در شرایط اضطراری و اختلالات ناگهانی . در این شرایط ولتاژ شین‌ها اولین کمیتهایی هستند که تغییر ناگهانی می‌کنند از آنجایی که قدرت کندانسورهای سنکرون در هر دو جهت (زیر تحریک و فوق تحریک) در کوتاه مدت ، حدود یک دقیقه ۱/۵ برابر قدرت نامی آنها می‌باشد و اغلب اختلالات نیز در ظرف چند ثانیه تا یک دقیقه برطرف می‌شوند ، لذا این ماشینها تحت چنین شرایطی نقش موثری را در کنترل ولتاژ و پایداری سیستم دارند .

د) کاهش نوسانات ولتاژ و زاویه قدرت در شرایط قدرت

ه) تامین توان راکتور مبدلها و تنظیم ولتاژ طرف AC آنها در انتقال قدرت جریان مستقیم (HVDC)

ح) جبران کننده‌های استاتیک :

جبران کننده‌های استاتیک مانند کندانسورهای سنکرون برای « جبران کنندگی آمپدانس موجی » و جبران کنندگی با تقسیم خط در سیستم‌های انتقال فشار قوی با طول زیادتر بکار می‌روند . کاربردهای دیگر این جبران کنده‌ها ،جبران کنندگی بار ،کنترل ولتاژ طرف AC مبدلها در انتقال جریان مستقیم (HVDC) و کاهش رزونانس زیر سنکرون می باشد . مهم‌ترین خاصیت یک

جبران کننده استاتیک ، کنترل پیوسته ولتاژ ترمینالهای آن می باشد . این کار با تنظیم پیوسته تبادل قدرت راکتیو (پیش فاز و پس فاز) با سیستم قدرت انجام می گیرد . خاصیت مهم دیگر ، پاسخ سریع این جبران کننده است در حالی که یکی از اشکالات کنداسورهای سنکرون ، وجود ثابت زمانی‌های مدار کنترل ولتاژ و تاخیر در پاسخ آن می‌باشد ، جبران کننده‌های استاتیک در فاصله ۱ تا ۲ سیکل به تغییرات بوجود آمده ، پاسخ می‌دهند و لذا در کنترل ولتاژ پایداری حالت گذاری سیستمها کاملاً موثر و مفید هستند در کنداسورهای سنکرون احتمال ناپایداری بر اثر خطاهای ناگهانی در سیستم وجود دارد ، در حالی که جبران کننده‌های استاتیک بعلت نداشتن سیستم دوار دارای چنین احتمالی نیستند . با توجه به مزایای فوق الذکر ، امروزه در سیستمهای قدرت مدرن جبران کننده‌های استاتیک بعنوان کاملترین جبران کننده‌ها مطرح هستند این جبران کننده‌ها دارای انواع زیادی هستند که مهمترین آنها عبارتند از :

۱- راکتور کنترل شده با تریستور TCR.

۲- خازن سوئیچ شده با تریستور TSC.

۳- راکتور اشباع شده SR.

حال به بررسی ساختمان هر یک از انواع فوق ، مشخصه ولتاژ جریان و عملکرد آنها در شرایط ماندگار و گذرا یک سیستم قدرت می‌پردازیم .

ح-۱) راکتور کنترل شده با تریستور :

ساختمان TCR بطور شماتیک نشان داده شده است . عنصر کنترل کننده ، مدار کنترل کننده تریستوری است و شامل دو تریستور موازی است که قطب‌های غیر همنام آن بهم متصل شده‌اند .

اگر تریســـتورها در نقاط پیک ولتاژ شـــروع به هدایت کنند ، هدایت کامل درراکتور حاصـــل می‌شـــود و لذا زاویه آتش نشـــان دهنده هدایت کامل می‌باشـــد . هدایت ناقص به ازاء زاویه‌های آتش بین تا بدســـت می‌آید . در این صـــورت هر دو تریســـتور نســـبت به هدایت کامل بمیزان مســـاوی تاخیر در آتش شـــدن دارند . هر چه زاویه آتش بیشـــتر باشـــد ،هدایت ناقص‌تر بوده و مـقدار موثر جر یان مولفه اصـــلی کمتر خواهد بود و این بمنز له افزایش ا ندوکتانس راکتور مصرفی آن می‌باشد .بنابراین TCR یک ساسپتانس قابل کنترل بوده و یک جبران کننده استاتیک محسوب می گردد.

تغییرات ساسپتانس قابل کنترل TCR برحسب زاویه هدایت و زاویه آتش در شرایط هدایت کامل بوده و مقدار به حداکثر خود می‌رسد . حداقل مقدار نیز در برابرصفر می‌باشد .

TCR دارای یک سیستم کنترل است که زمان آتش تریستورها را تعیین می‌کند و پالس‌های آتش را به تریستورها می‌فرستد و به این ترتیب ساسپتانس قابل کنترل را بوجود می آورد .

نقطه کار در حالت ماندگار از محل تلاقی این مـشخـصه‌ها با خط بار سیستم بد ست می آید . هر چه زاویه آتش زیادتر و زاویه هدایت کمتر باشد جریان موثر کمتر شده و منحنی جریان از حالت سینوسی بیشتر خارج می‌گردد . بعبارت دیگر TCR ایجاد کننده هارمونیهای جریان است هارمونیهای ایجاد شـــده دارای همه مولفه‌های فرد می باشـــد . دامنه مولفه ســـوم حدود ۱۴٪ ،مولفه‌های پنجم و هفتم و نهم به ترتیب ، ۵ ، ۲/۶ و ۱/۶٪ ، .....، و مولفه ســـی و پنجم حدود ۰/۱ ٪ دامنه مولفه ا صلی جریان ا ست . وجود هارمونیها در سیستم‌های قدرت باعث – کاهش عمر خازنها و یا صدمه دیدن آنها ، سوختن فیوز خازن‌ها ، افزایش دمای ما شین‌های – الکتریکی (

بخصـــوص ژنراتورهای با قطب صـــاف) و افزایش تلفات ترانســـفورماتور می گردد . کنترل کننده‌های تریستوری و مبدلها و منابع اصلی ایجاد هورمونی در سیستم‌های قدرت هستند . هارمونی nام جریان ایجاد شده توسط این منبع نشان داده شده است . برای حذف و یا کاهش دامنه این هارمونی یک صافی شامل خازن C و راکتور L در نظر گرفته شده است .

مقادیر L و C طوری تنظیم می‌شـوند که به ازاء فرکانس هارمونی مشـخصـی (مانند هارمونی پنجم) مقدار تقریباً صفر می‌شود و در نتیجه خواهند شد . بعبارت دیگر تمامی هارمونی جریان ایجاد شده به طرف صافی هدایت شده و جریان هارمونی سیستم حذف خواهد شد .

روش دیگر حذف هارمونها استفاده از ترتیب مناسب برای اتصال سه فاز TCR است اگر مدار سه فاز TCR بصورت مثلث بسته شود ،مسیر جریان هارمونی‌های ضریب سه در داخل مثلث خواهد بود و این هارمونی‌ها در جریان‌های خطی ظاهر نخواهند شد . تقسیم راکتور هر فاز به دو قسمت ، بخاطر حفاظت بیشتر TCR در مقابل خطاها صورت گرفته است .

برای حذف هارمونی‌های ۵و۷ TCR را به دو قســمت تقســیم می‌کنیم که توســط دو ثانویه یک ترانسفورماتور کاهنده با اتصال‌های مثلث و ستاره تغذیه می‌شوند . این عمل اختلاف زاویه ۳۰ درجه بین جریانهای دو TCR ایجاد می‌کند و در نتیجه هارمونی‌های ۵و ۷ از جریان‌های خطی طرف اول ترانسفورماتور حذف می‌شوند .

طریقه اتصال به سیستم ۱۲ پالس موسوم است و کمترین ضرایب هارمونی موجود در آن ۱۱ و ۱۳ می‌باشد که با نصب صافی‌های مناسب باید حذف شوند .

ح-۲) ترکیب TCR و خازنهای ثابت موازی (TCR/FC):

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

در TCR جریان جبران کننده به طور پیوسته بین صفر تا مقدار ماکزیمم قابل کنترل است . این جریان همیشه پس فاز بوده و TCR فقط قدرت راکتیو جذب می کند . اگر یک خازن موازی شود TCR می‌تواند ضریب قدرت پیش فاز نیز برای جبران کننده ایجاد کند و قدرت راکتیو به شبکه تزریق گردد .

اگر خازن‌های دیگری نیز با خازن فوق الذکر موازی شوند ، مشخصه TCR/FC را به سمت چپ خواهند برد و با وصل هر خازن و تغییر خواهند نمود . قطع و وصل خازنها با کلیدهای مکانیکی معمولی (CB) و یا در حالت پیشرفته تر با تریستورها انجام می‌شود .

برای بررسی پاسخ گذاری این جبران کننده ، فرض کنید یک اختلاف ناگهانی در سیستم قدرت خط بار سیستم را از وضعیت ۱ به ۲ تغییر دهد . قبل از اختلال ، نقطه کار قبل از اختلال از محل تلاقی خط بار ۱ و مشخصه جبران کننده بدست می آید .(نقطه a)

بر اثر اختلال بوجود آمده ، سیستم کنترل جبران کننده عمل می نماید و نقطه کار جدید (b) از محل تلاقی بار ۲ با مشخصه جبران کننده بدست خواهد آمد .

اگر جبران کنده وجود نداشت ، اختلاف ولتاژ اختلال می‌بود که در مقایسه بسیار زیاد است .

ح-۳) خازن سوئیچ شده با تریستور :

در این جبران کننده ، ساسپتانس قابل تنظیم با کنترل تعداد خازنهایی که به طور اتوماتیک با کلیدهای تریستوری قطع و وصل می‌شوند بدست می آید . به این ترتیب کنترل ساسپتانس فقط بصورت پله‌ای انجام می‌شود .

یکی از انواع معمول ترکیبهای خازنها در TSC این است که K-1 خازن دارای ساسپتانس B و یک خازن دارای ساسپتانس باشند . به این ترتیب 2K پله کنترل حاصل خواهد شد .

مدار کنترل اتوماتیک TSC با اندازه‌گیری ولتاژ فرمان لازم را به تریستورهایی که باید خازنها را قطع و یا وصل نمایند صادر می‌کند . اگر ولتاژ از « محدوده کنترل ولتاژ» کمتر با شد . خازنها یکی پس از دیگری وصل می شوند تا جائیکه ولتاژ بیشتر از محدوده کنترل با شد . تعدادی از خازنها قطع می‌شوند تا ولتاژ مجدداً به محدوده قابل قبول کنترل برگردد.

براثر اختلالات ایجاد شده در سیستم ، خازنها سوئیچ شده یا تریستور ، TSC نقش موثری در حالت گذار دارند .

نقطه کار اولیه a می باشد که از محل تلاقی مشخصه خازن (نصب یک خازن TSC) با خط بار ۱ بدست آمده است . بر اثر اختلال خط بار ۱ در حالت گذار به خط بار ۲تبدیل می شود . نقطه کار ابتدا از a به b می‌رسد .اگر نقطه b در محدوده کنترل ولتاژ باشد خازن دیگری نصب نمی‌شود و نقطه b نقطه کار جدید خواهد بود اگر b خارج از محدوده کنترل باشد در این صورت مدار کنترل فرمان آتش شدن تریستورها را برای نصب خازن دوم صادر می‌نماید از محل تلاقی مشخصه جدید خازن (نصب دو خازن TSC) با خط بار ۲ نقطه کار C بدست می اید که بالاتر از نقطه b است همانطوریکه ملاحظه می‌شود اختلاف ولتاژ کمتر می‌باشد .

کنترل سریع و عدم ایجاد هارمونی از مزایای TCR می‌باشند از معایب عمده آن می‌توان کنترل پله‌ای (غیر پیوسته) و عدم کنترل در شرایط کم باری را نام برد .

ح-۴) راکتور اشباع شده :

وسیله کنترل در این جبران کننده یک هسته مغناطیسی قابل اشباع است . و مانند مشخصه TCR دارای شیب مثبت کمی می‌باشد این جبران کننده نیز مانند TCR فقط قدرت راکتیو جذب می‌کند .

جریان و ولتاژ SR دارای هارمونی زیادی هستند و معمولاً با بستن مدارهای مناسب ، این هارمونی‌ها به سطح بسیار نازکیمی‌رسند . که در آن از یک سیم پیچی اضافی با اتصال مثلث استفاده شده است . به این ترتیب هارمونی‌های ضریب ۳ از راکتور اصلی حذف می‌شوند .

با قراردادن راکتوری با مقدار مناسب در مدار ثانویه ، هارمونی‌های ۵ و ۷ نیز قابل حذف هستند . با استفاده از مدارهای دیگر می‌توان همه هارمونی‌های زیر ضریب ۱۷ را حذف نمود بطور کلی با توجه به کاربرد مدارها و اتصالات مناسب می‌توان SR را یک جبران کننده بدون هارمونی در نظر گرفت .شیب مشخصه ولتاژ جریان راکتور اشباع شده ، حدود ۵ تا ۱۵ درصد بوده و به طرح راکتور بستگی دارد . برای دستیابی به مشخصه‌های با شیب کمتر ، به طرح راکتورهایی با اندازه بزرگتر و مخارج بیشتر احتیاج می‌باشد . چنانچه یک خازن با راکتور اشباع شده سری شود ، مشخصه ولتاژ ، جریان دارای شیب کمتری می‌شود ، در این صورت خازن سری را « خازن اصلاح شیب » می‌نامیم .

کار تثبیت ولتاژ مانند TCR بانصب خازن موازی بهبود یافته و به قسمت ضریب قدرت پیش فاز نیز هدایت می‌شود .