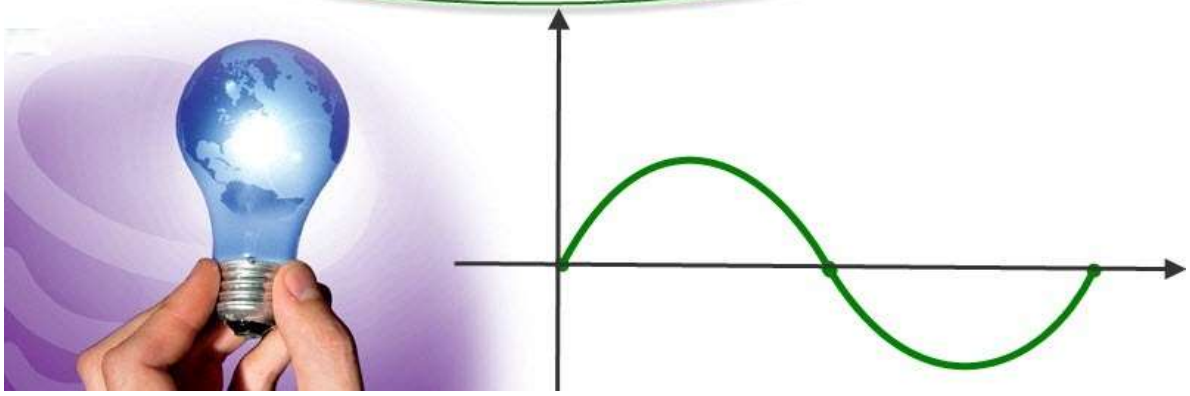
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



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

بررسی پایداری ولتاژ در شبکه توزیع توسط جبران کننده ها

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۲۱۹)

پشتیبانی : ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

فصل اول :

ناپایداری و فروپاشی ولتاژ

۱-۱ مقدمه

پایداری ولتاژ یعنی توانایی سیستم قدرت در نگهداری ولتاژ در نقاط مختلف شبکه در محدودهٔ قابل قبول. به این موضوع شاید صنعتگران و محققان و بهره برداران شبکه قدرت به اندازهٔ پایداری زاویه بار و فرکانس توجه نکرده اند و نمی کنند، ولی در سال های اخیر، مخصوصاً بعد از چندین واقعه مهم، به ناپایداری ولتاژ[1] بیشتر توجه می شود.

هرچند که ناپایداری ولتاژ و ناپایداری زاویهٔ بار در یک سیستم قدرت به هیچ وجه از هم مستقل نیستند، همان طور که در کل مطالعات دینامیکی سیستم های قدرت و در صنعت این دو هم مستقل از هم بررسی می شوند، در این فصل نیز بحث ناپایداری ولتاژ تقریباً مستقل از ناپایداری فرکانس و زاویه بار مطرح می گردد. وقتی یک سیستم قدرت پس از یک اغتشاش شدید به سمت ناپایداری برود، تمایز دقیق بین ناپایداری زاویه بار و ناپایداری ولتاژ ممکن نیست، زیرا در یک سیستم ناپایدار تمام متغیرها تحت تأثیر قرار گرفته و از نقطه تعادل خود فاصله می گیرند ولی بسته به اینکه کدام یک از دو متغیر اصلی، زاویهٔ بار و و لتاژ، ابتدا از محدودهٔ مجاز خود خارج شوند، می توان ناپایداری را به یکی از این دو نسبت داد.

[1] - Voltage Instability

هرچند که پدیده های ناپایداری زاویهٔ بار و ولتاژ در هر قسمت از شبکه ممکن است رخ دهند ولی عموماً ناپایداری زاویه بار در بخش تولید و ناپایداری ولتاژ در بخش توزیع روی می دهد یعنی در تحلیل ناپایداری زاویهٔ بار در یک شبکه چند شینه، که با چندین واحد تولیدی تغذیه می شود و چند بار حقیقی و واکنشی نیز به شبکه متصل است، درنظر گرفته می شود ولی در تحلیل ناپایداری ولتاژ عموماً یک خط شعاعی را که با شبکه تغذیه می شود و از طرف دیگر باری را تغذیه می کند درنظر می گیرند.

عامل اصلی ناپایداری ولتاژ ناتوانی سیستم در مقابل تقاضای بار راکتیو است . اگر به این تقاضا پاسخ داده نشود، ولتاژ افت می کند. اگر این افت به حدی باشد که بعضی رله های زیر ولتاژ عمل نمایند و بعضی واحدهای تولیدی خارج شوند، افت ولتاژ بیشتر می شود و این باعث خارج شدن تعدادی دیگر از واحدها می شود و این پدیده ادامه می یابد تا شبکه به چند جزیره تبدیل شود. این پدیده را فروپاشی ولتاژ[2] می نامند.

یکی از راه های جلوگیری از این پدیده این است که همواره توان واکنشی زیادی در همه جای شبکه ذخیره شود. قطعاً این کار هزینه دارد. از طرف دیگر نمی توان فقط به مسائل اقتصادی اندیشید، زیرا باید همیشه یک حداقل مقدار توان واکنشی ذخیره وجود داشته باشد. به عبارت دیگر باید بین مسائل اقتصادی و قابلیت اعتماد سیستم (کم کردن احتمال وقوع ناپایداری و فروپاشی ولتاژ) مصالحه ای صورت پذیرد.

---

[2] - Voltage Collapse

در این فصل ابتدا، در بخش دوم، انواع پایداری ولتاژ بررسی و تعریف و دربارهٔ ناپایداری ولتاژ بحث می شود. در سال های اخیر بیشتر محققین دینامیک سیستم های قدرت به این موضوع توجه کرده اند. سپس در بخش سوم چند واقعهٔ ناپایداری و فروپاشی ولتاژ مرور خواهد شد. با درنظرگرفتن یک خط شعاعی، دربارهٔ منحنی های ولتاژ بر حسب توان حقیقی (v-p) و توان واکنشی بر حسب ولتاژ (q-v) ، که در تحلیل ناپایداری ولتاژ بسیار مهم است، بحث می شود. نحوه استفاده از این منحنی ها در تشخیص احتمال وقوع ناپایداری ولتاژ بحث بعدی خواهد بود. در بخش بعد پدیده فروپاشی ولتاژ و نحوه مقابله با آن بررسی و در انتهای فصل به ملاحظات مدلسازی در مطالعات ناپایداری و فروپاشی ولتاژ پرداخته خواهد شد.

۲-۱ انواع ناپایداری ولتاژ

تعاریف و تقسیم بندی های مختلفی از ناپایداری ولتاژ ارائه شده است. در تقسیم بندی اول، دقیقاً مثل ناپایداری زاویه بار، این ناپایداری به دو دسته اغتشاش کوچک و بزرگ تقسیم می شود. در تحلیل اغتشاش کوچک از مدل خطی و در بزرگ از مدل غیرخطی استفاده می کنند.

- یک سیستم قدرت در یک نقطه کار مشخص، اگر پس از یک اغتشاش کوچک ولتاژ به همان مقدار قبل از اغتشاش بازگردد و یا در همسایگی آن آرام گیرد، پایدار ولتاژ اغتشاش کوچک نامیده می شود.

با توجه به تئوری پایداری سیستم های خطی این در صورتی امکان پذیر است که مدل خطی شدهٔ سیستم، حول نقطه کار موردنظر، مقادیر ویژه ای با قسمت حقیقی منفی داشته باشد.

- یک سیستم قدرت در یک نقطه کار مشخص، چنانچه ولتاژ سیستم پس از اغتشاش بزرگ، در نقطه تعادل بعد از خطا قرار بگیرد، پایدار اغتشاش بزرگ نامیده می شود.

با توجه به تئوری پایداری سیستم های غیرخطی، این در صورتی امکان پذیر است که مقدار خطای ولتاژ در ناحیه همگرایی نقطهٔ تعادل باقی بماند.

- یک سیستم قدرت در یک نقطه کار مشخص و تحت تأثیر اغتشاش معین، چنانچه نقطه تعادل بعد از خطای آن به زیر حد قابل قبول (قابل تحمل) برسد، به فروپاشی ولتاژ می انجامد.

تقسیم بندی دیگر در ناپایداری ولتاژ، مثل ناپایداری زاویه بار، بر اساس محدودهٔ زمانی، به کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت است. همانند ناپایداری زاویهٔ بار، پایداری کوتاه مدت (پایداری گذرای ولتاژ[3]) نیز در محدوده زمانی صفر تا ده ثانیه تعریف می شود.

عوامل اصلی ناپایداری ولتاژ، در ثانیه های اولیه، موتورهای القایی هستند. چنانچه در قسمتی از شبکهٔ قدرت، مثل واحدهای بزرگ صنعتی، تعداد زیادی موتور القایی وجود داشته باشند، احتمال وقوع چنین پدیده ای بیشتر است. از این جهت ناپایداری ولتاژ کوتاه مدت گاهی ناپایداری موتورهای القایی نامیده می شود.

نتایج وقایع ثبت شده و همچنین نتایج شبیه سازی یک سیستم قدرت با موتورهای القایی (که در آنها موتور القایی به صورت دینامیکی مدل شده باشند)، نشان می دهند که تحت

[3] - Transient Voltage Stability

این شرایط، پس از یک اغتشاش شدید، ولتاژ ممکن است سریع تر از زاویهٔ بار به خارج از محدودهٔ قابل قبول خود برسد.

ناپایداری ولتاژ میان مدت در عرض چند (دو الی سه) دقیقه بعد از خطا به وجود می آید. بعد ازخارج شدن یک یا چند واحد تولیدی بزرگ از مدار در اثر یک اغتشاش شدید و یا خروج چند منبع تأمین کنندهٔ توان واکنشی از شبکه، ولتاژ افت می کند. ترانسفورماتورهای تغییردهنده تپ، بعد از تشخیص افت ولتاژ و گذشت یک تأخیر زمانی تعریف شده برای آنها، تعداد حلقه های سیم پیچ ثانویه خود را بالا می برند تا ولتاژ ثانویه اصلاح شود و بارها در ولتاژ نامی خود توان لازم را جذب نمایند. عمل این تغییردهنده ها جریان سیم پیچ اولیهٔ آنها را زیاد می کند. این اضافه جریان باعث افت ولتاژ بیشتر می شود و واحدهای تولیدی مجاور به حالت فوق تحریک می روند و ممکن است رله های جریان اضافه آنها وارد عمل شوند. قطع این واحدها مجدداً باعث افت بیشتر ولتاژ می شود. تکرار این وقایع ولتاژ را به زیرحدنصاب قابل قبول می برد و پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ در عرض چند دقیقه اتفاق می افتد.

ناپایداری ولتاژ بلندمدت در عرض بیش از چند دقیقه و به مرور زمان رخ می دهد. عامل اصلی آن عموماً اضافه شدن تدریجی بار (مثلاً در بعدازظهر یک روز گرم تابستانی) است که کم کم به افت ولتاژ و رسیدن آن به زیرحد قابل قبول منجر می شود. این نوع پدیده ها با زیادتر شدن مراکز بزرگ مسکونی و تجاری و در نتیجه زیادترشدن تعداد هواسازها، که توان واکنشی قابل توجهی مصرف می کنند، بیشتر رخ می دهند.

۳-۱ مروری بر بعضی وقایع مهم

ریشه های ناپایداری و فروپاشی ولتاژ را می توان به چند دسته تقسیم نمود: اضافه شدن بیش از حد بار؛ به حد اشباع رسیدن منابع تأمین توان واکنشی؛ عملکرد نامناسب تغییردهندهٔ تپ و قطع خط و خارج شدن واحدهای بزرگ تولیدی. در این بخش بعضی از این وقایع مروری اجمالی و فقط مراحل مهم واقعه ذکر می شوند. بعضی از این وقایع منجر به بازیابی ولتاژ و بعضی منجر به فروپاشی ولتاژ شده اند.

۱- **سال ۱۹۸۳: فلوریدا**

- خارج شدن یک واحد تولیدی بزرگ
- افت ولتاژ زیاد در شبکه
- جزیره شدن شبکه و قطع بار 2000 MW
- عملکرد چندین راکتور و خازن شنت در 23 kv
- بازیابی ولتاژ

۲- **سال ۱۹۸۳: سوئد**

- خطا در عملکرد یک کلید در یک پست
- خارج شدن دو خط 400 kv در آن پست
- {۸ ثانیه بعد} خارج شدن یک خط 220 kv به خاطر Overload
- افت ولتاژ

WikiPower.ir

- شروع به کار تپ چنجر
- خارج شدن یک خط 400 kv دیگر
- خروج چند واحد تولیدی به خاطر Overload
- افت بیشتر ولتاژ
- خارج شدن سریع بارها یکی پس از دیگری
- خارج شدن واحدهای هسته ای به خاطر جریان زیاد
- جزیره شدن شبکه

۳- سال ۱۹۸۷: فرانسه

- تریپ متوالی چهار واحد به دلایل متفاوت در محدودهٔ زمانی پنجاه دقیقه
- افت ولتاژ
- خارج شدن نُه واحد تولیدی دیگر به خاطر افت ولتاژ در عرض هفت دقیقه
- پایدارشدن ولتاژ در حدی بسیار پایین تر از ولتاژ نامی
- خارج شدن چند ترانسفورماتور 400/225 kv و قطع بار 1400 MW
- بازیابی ولتاژ

۴- سال ۱۹۸۷: توکیو

- در هوای بسیار گرم شبکه با حداکثر توان تولید مشغول کار بوده است. به عبارت دیگر ذخیره چرخان بسیار کم بوده است.

- تمام خازن ها د SVC ها مشغول به کار بوده اند.
- اضافه بار در حد 400 MW/min در حوالی ساعت یک بعدازظهر
- 8168 MW را از مدار خارج می کنند تا ولتاژ به حالت عادی خود برگردد
- بازیابی ولتاژ (مشخصات هواسازها عامل اصلی تشخیص داده شد).

۵- سال ۱۹۸۲: بلژیک

- قطع تولید 700 MW
- قطع دو واحد دیگر بعد از ۴۵ ثانیه به دلیل Overload
- بعد از سه دقیقه خروج سه واحد دیگر از مدار (به دلیل عملکرد رله حداکثر MVAR)
- قرارگرفتن ولتاژ در ۰/۸۲ (در مبنای واحد) بعد از ۲۰ ثانیه
- تریپ دادن دو واحد دیگر با رله امپدانس بعد از یک دقیقه
- خروج چند واحد دیگر
- فروپاشی ولتاژ

۶- سال ۱۹۸۶: انگلستان

- قطع شش خط 400 kv به علت طوفان شدید در عرض یک دقیقه
- رسیدن ولتاژ به 352 kv در عرض پنج دقیقه

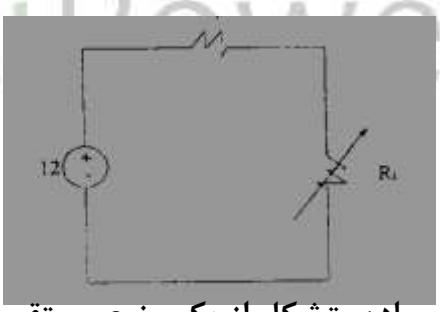
- وارد شدن 1000 MW توربین گازی در عرض پنج دقیقه
- بازیابی ولتاژ

علاوه بر وقایع اشاره شده در فوق، وقایع بسیار زیاد دیگری گزارش شده اند. در آن میان می توان به وقایع سال ۲۰۰۳ در ایران، اروپا و آمریکا اشاره کرد.

۱-۴ قضیهٔ انتقال بیشترین توان

قبل از بررسی منحنی های v-q ، q-v در یک سیستم قدرت یکی از قضایای مهم در مدارهای الکتریکی و از ابتدایی ترین اصول در تحلیل آنها، بررسی می شود: انتقال بیشترین توان است .

مثال ۱-۱ فرض کنید یک منبع ولتاژ مستقیم ۱۲ ولت با یک سیستم با مقاومت ۴ اهم، یک بار با مقاومت R_L و یا هدایت $G_L = \frac{۱}{R_L}$ را تغذیه می کند. (شکل ۱-۱)



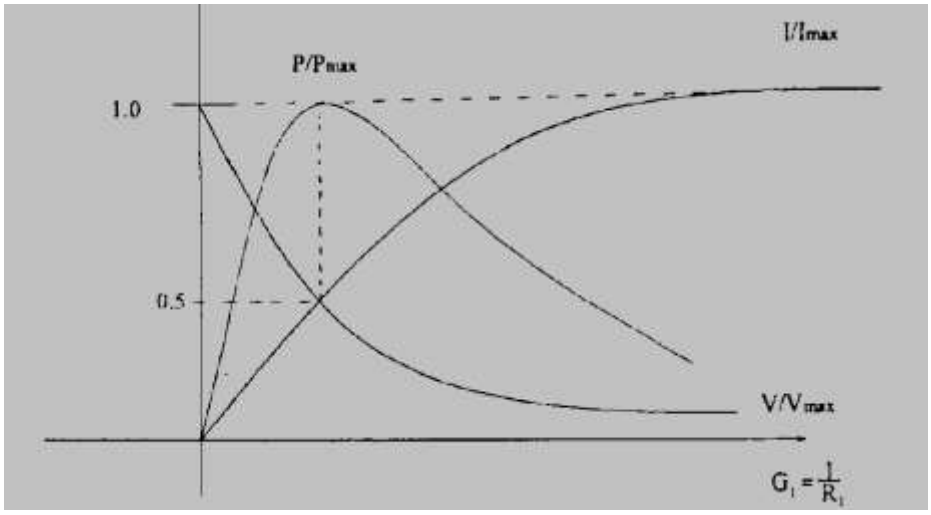
شکل ۱-۱ مدار ساده متشکل از یک منبع مستقیم و یک مقاومت

وقتی دو سر بار مدار کاملاً باز است، $R_L = \infty$ و $G_L = ۰$ است؛ ولی وقتی دو سر بار اتصال کوتاه است $R_L = ۰$ و $G_L = \infty$ است. حال اگر G_L به مرور زیادتر از صفر شود، مقدار جریان از صفر به تدریج زیادتر می شود تا در $G_L = \infty$(اتصال کوتاه) جریان سه آمپر شود. در این حالت ولتاژ از ۱۲ ولت کمتر و کمتر می شود تا در $G_L = \infty$ (اتصال کوتاه) به حداقل خود

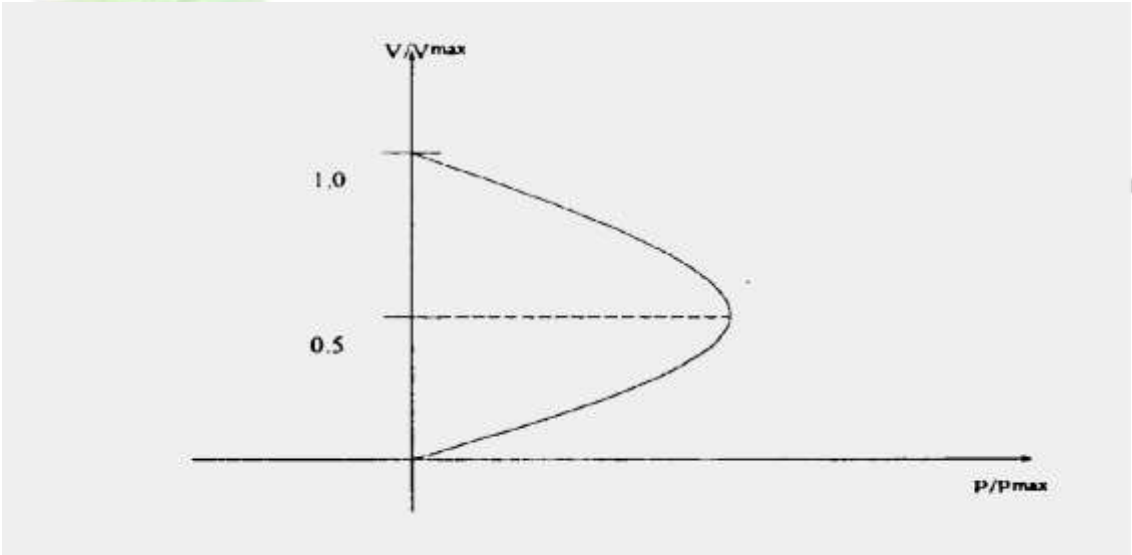
یعنی صفر ولت برسد؛ این دو مطلب با ذهن تطابق کامل دارد.ولی پذیرفتن اتفاقی که برای تـوان می افتد کمی دشوارتر است؛ در مثال فوق وقتی $G_L = ۰$ و یا $G_L = \infty$ است توان صفر اسـت و وقتی G_L به تدریج زیادتر از صفر می شود توان نیز به تدریج زیادتر می شود. وقتی R_L به مقدار مقاومت سیم (۴ اهم) نزدیک می شود، رشد توان کاهش می یابد، به طـوری کـه در $R_L = ۴\Omega$ ویا $G_L = ۰.۲۵$ توان به حداکثر خود می رسد و از این پس هرچه G_L کـاهش یابـد تـوان نیـز کاهش می یابد. شکل ۱-۲ منحنی های P ، I و V را برحسب G_Lو شکل ۱-۳ منحنـی v-p را در این مثال نشان می دهد.

به طور خلاصه قضیهٔ انتقال بیشترین تـوان بیـان مـی دارد کـه وقتـی مقـدار R_L برابـر مقاومت سیم تغذیه کننده است توان انتقالی به بار حداکثر است. مشابه این بحـث در مـدارهایی که با منابع سینوسی تغذیه می شوند (مثل شبکه های قدرت)، در حوزهٔ فاز بردار، مطـرح اسـت. در این حالت علاوه بر توان حقیقی P ، توان واکنشی Q نیز وجـود دارد. اصـل انتقـال بیشـترین توان در این حالت بیان می کند که وقتـی بـار $Z_L = R_L + jX_L$ تغییـر نمایـد، بیشـترین تـوان حقیقی وقتی منتقل می شودکه Z_L مزدوج امپدانس خط تغذیه کننده باشد.

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



شکل ۲-۱ منحنی های I، V و P بر حسب مقاومت در مثال ۱-۱



شکل ۳-۱ منحنی v-p در مثال ۱-۱

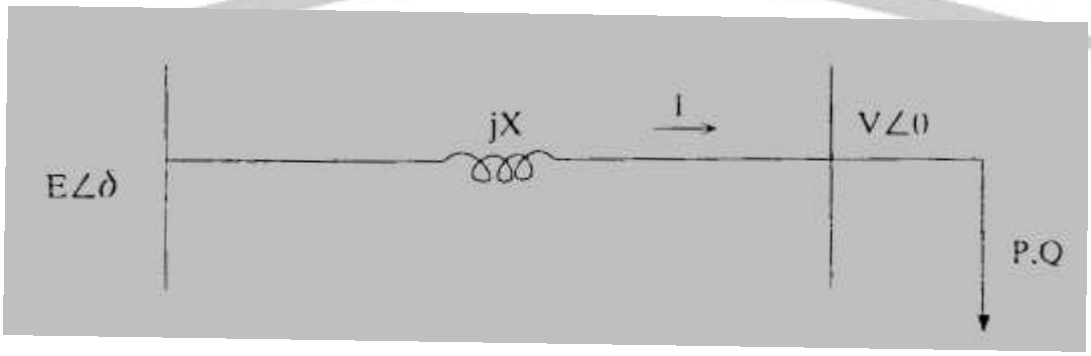
۱-۵ منحنی های v-p و q-v

در قسمت قبل قضیهٔ انتقال بیشترین توان در قالب یک مثال ساده الکتریکی بررسی گردید. حال این بحث در سیستم های قدرت بررسی می شود. نکته قابل توجه این است که

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

منحنی هایی بسیار شبیه به آنهایی که برای یک مدار ساده به دست آمد، برای سیستم های پیچیدهٔ قدرت نیز تعریف می شوند. در یک خط انتقال شعاعی که یک بار را تغذیه می کند نیز منحنی های قدرت، ولتاژ و جریان کاملاً شبیه شکل های ۱-۲ و ۱-۳ هستند. تفاوت عمده در این قسمت که در این گونه سیستم ها توان واکنشی نیز وجود دارد و علاوه بر منحنی v-p منحنی q-v نیز قابل تعریف است.

بهترین ابزار تحلیل ناپایداری و فروپاشی ولتاژ، منحنی های q-v و v-p در یک سیستم قدرت هستند که در این قسمت بررسی می شوند. برای این منظور یک خط شعاعی با امپدانس jX که یک بار با توان حقیقی P ، توان واکنشی Q و ولتاژ $V\angle 0^\circ$ را تغذیه می نماید را درنظر بگیرید.



شکل ۴-۱یک خط شعاعی که یک بار را تغذیه می کند.

در شکل ۴-۱ :

$$I = \frac{E\angle\delta - V}{jX} = \frac{ECos\delta + jESin\delta - V}{jX}$$

$$S = P + jQ \approx V.I^{*} = V.(\frac{ECos\delta + jESin\delta - V}{jX})^{*} = \frac{EVSin\delta}{X} + j\frac{EVCos\delta - V^{2}}{X}$$

$$\Rightarrow P = \frac{EVSin\delta}{X} \qquad Q = \frac{EVCos\delta - V^{2}}{X} \qquad (۱-۱)$$

حال متغیرهای نرمالیزه به صورت زیر تعریف می شوند:

$$p = \frac{P.X}{E^{2}}$$
$$q = \frac{Q.X}{E^{2}} \qquad (۱-۲)$$
$$v = \frac{V}{E}$$

WikiPower.ir

با توجه به تعاریف مقادیر فوق روابط توان حقیقی و توان واکنشی به صورت زیر درمی آیند:

$$\left\{\begin{array}{l} p = v\sin\delta \\ q = v\cos\delta - v^{2} \end{array}\right\} \qquad (۱-۳)$$

این دو رابطه اساس کار در رسم منحنی های v-p و q-v هستند.

۱-۵-۱ منحنی های v-p

از آنجا که $\sin^{۲}\delta + \cos^{۲}\delta = ۱$ است می توان از رابطهٔ ۳-۱ نتیجه گرفت:

$$p = \sqrt{v^{2} - v^{2}\cos^{2}\delta} = \sqrt{v^{2} - (q + v^{2})^{2}} \qquad (۱-۴)$$

در این رابطه برای هر مقدار توان واکنشی مشخص q ، می توان یک رابطهٔ مشخص بین توان حقیقی p و ولتاژ v به دست آورد. به عبارت دیگر برای هر q یک منحنی v-p جداگانه بـه دست می آید. به عنوان مثال اگر q=0 باشد یعنی بار صرفاً اهمی است، در آن صورت :

$$p = \sqrt{v^2 - v^4} \qquad (۱-۵)$$

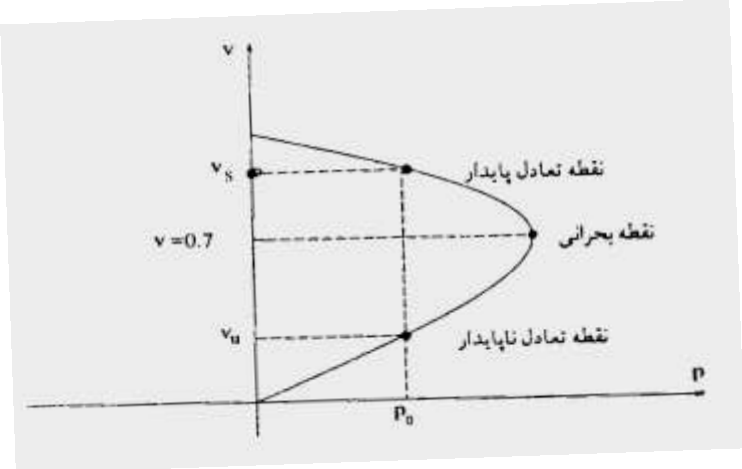
برای به دست آوردن توان حداکثر:

$$\frac{\partial p}{\partial v} = 0 \Rightarrow 1/2(v^2 - v^4)^{-1/2}(2v - 4v^3) = 0$$
$$\Rightarrow 2v^2 = 1 \Rightarrow v = \pm\frac{\sqrt{2}}{2} = \pm 0.7 \qquad (۱-۶)$$

یعنی مقدار ماکزیمم توان در v=0.7 اتفاق می افتد. رابطهٔ v-p در شـکل ۱-۵ نشـان داده شده است.

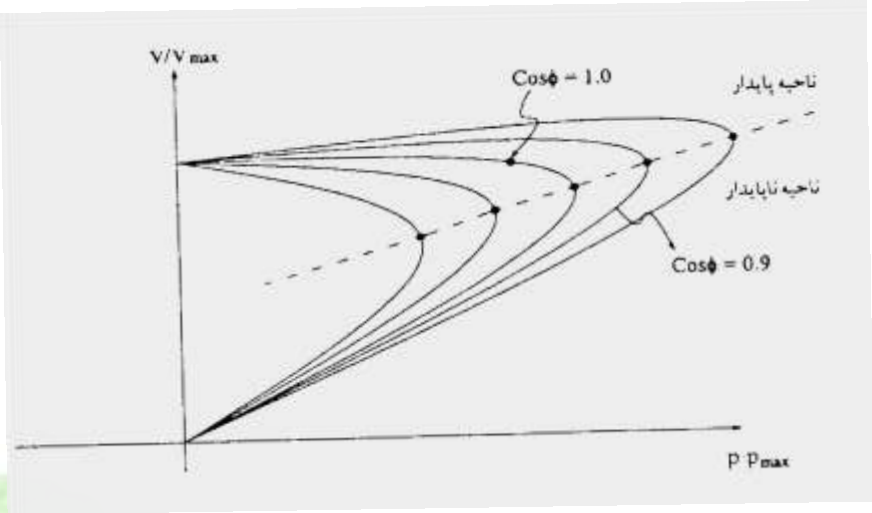
این منحنی بسیار شبیه منحنی شکل ۱-۳ است که برای یک مدار صرفاً اهمی به دست آمد.

WikiPower.ir



شکل ۵-۱ رابطهٔ v-p در مدار شکل ۱-۴

اگر منحنی فوق برای q های مختلف (یا به عبارت دیگر ضریب توان ($\cos\varphi$) های مختلف یا $tg\varphi$ های مختلف) رسم شود، منحنی های شکل ۱-۶ به دست می آید.



شکل ۶-۱ رسم منحنی v-p به ازای q های مختلف

با درنظرگرفتن یک منحنی v-p شکل ۶-۱ یا منحنی شکل ۱-۵ و فرض این که توان حقیقی که توسط بار جذب می شود p_0 باشد، می توان دو نقطهٔ تعادل برای ولتاژ بار در نظر گرفت: v_s ، نقطهٔ تعادل پایدار، و v_u ، نقطهٔ تعادل ناپایدار (شکل ۵-۱)، نقاط تعادلی که در بالای نقطهٔ بحرانی قرار دارند، نقطهٔ تعادل پایدار هستند.

۲-۵-۱ منحنی های q-v

در قسمت قبل مقادیر توان واکنشی و توان واکنشی نرمالیزه شده به صورت زیر محاسبه گردید:

$$Q = \frac{EV\cos\delta}{X} - \frac{V^2}{X}$$

$$q = v\cos\delta - v^2$$

به ازای هر P (یا δ) یک منحنی مجزا برای q-v وجود دارد.

مثلاً اگر $\delta = 0$ باشد:

برای رسم منحنی ابتدا نقطهٔ حداقل محاسبه می شود:

$$\frac{dq}{dv} = 0 \Rightarrow 1 - 2v_c = 0 \Rightarrow v_c = 0.5$$

$$q_{min} = 0.5 - 0.25 = 0.25$$

برای محاسبهٔ دقیق تر می توان دو نقطهٔ دیگر منحنی را نیز به دست آورد:

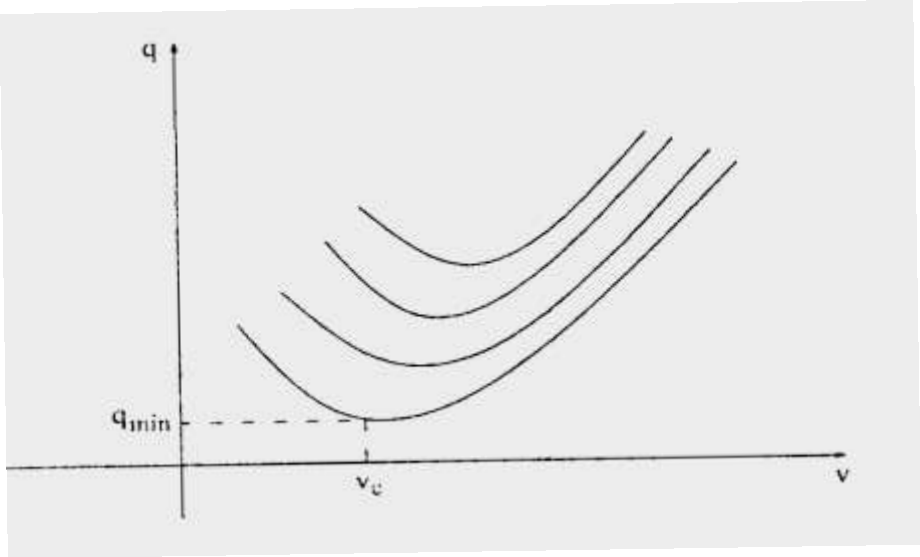
$$q = 0 \Rightarrow v - v^2 = 0 \Rightarrow v(1-v) = 0 \begin{cases} v_1 = 0 \\ v_2 = 1 \end{cases}$$

با به دست آمدن نقطهٔ حداقل و دو نقطهٔ منحنی می توان منحنی را رسم کرد. اگر این کار برای q های مختلف انجام شود، منحنی های q-v به صورت شکل ۱-۷ به دست می آیند.

در منحنی های شکل q-v نیز به ازای هر q دو نقطهٔ تعادل هست؛ کاملاً مشابه منحنی های v-p، یکی از این دو نقطهٔ تعادل پایدار و دیگری نقطهٔ تعادل ناپایدار است. نقطهٔ تعادل پایدار در منحنی های q-v در سمت راست نقطهٔ حداقل قرار دارد.

پس از آشنایی با منحنی های v-p و q-v ، نحوهٔ تحلیل وتشخیص ناپایداری ولتاژ بررسی می شود.

WikiPower.ir



شکل ۷-۱ منحنی های q-v

۶-۱ نحوهٔ تشخیص پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ

به فرض که خط شعاعی شکل ۴-۱ باری را تغذیه می کند؛ بنا به دلیل بار درخواستی زیاد می شود و ولتاژ کمی افت می نماید. دو حالت قابل تصور است.

چنانچه قبل از افت ولتاژ، سیستم در نقطه تعادل بالا (پایدار)، در یک نقطه تعادلی دیگر، که دارای ولتاژ کمتر و توان بیشتر است، آرام می گیرد. در این حالت سیستم های کنترل کننده ولتاژ مثل تپ چنجر وارد عمل می شوند و ولتاژ را به مقدار قبلی برمی گرداند. به عبارت دیگر منحنی را در شکل ۶-۱ تغییر می دهد تا توان بیشتری در همان ولتاژ به بار برسد.

چنانچه فرض کنیم قبل از افت ولتاژ سیستم، در نقطهٔ تعادل پایین (ناپایدار) باشد، با اضافه شدن بار، سیستم در یک نقطهٔ تعادل دیگر با ولتاژ کمتر آرام می گیرد. در این قسمت با کم شدن ولتاژ توان نیز کاهش می یابد. از طرف دیگر سیستم های کنترل کننده ولتاژ مثل تپ چنجر وارد عمل می شوند و سعی می کنند با تغییر منحنی (تزریق جریان واکنشی) ولتاژ را به

مقدار قبلی برگردانند. ولی در این قسمت از منحنی، این تزریق باعث افت بیشتر ولتاژ می شود. این عمل و عکس العمل در جهت کاهش ولتاژ آنقدر ادامه می یابد که ولتاژ به حد غیرقابل قبولی برسد. این پدیده را ناپایداری ولتاژ می نامند.

منحنی های q-v و v-p با هم مفهوم کاملی را در بحث ناپایداری ولتاژ ارائه می کنند. ولی عموماً ، در تحلیل این پدیده، از منحنی v-p استفاده می کنند (همان طور که در قسمت بالا این کار انجام شد)، ولی از آنجا که بحث فروپاشی ولتاژ مستقیماً با توان راکتیو رابطه دارد، در بررسی این که چه موقع این پدیده اتفاق می افتد، به عبارت دیگر در محاسباتی که برای تشخیص احتمال ناپایداری ولتاژ لازم است، بیشتر از منحنی q-v استفاده می کنند.

منحنی های v-p و q-v قسمت های قبل با این فرض رسم شده اند که منبع یا منابع تغذیه کنندهٔ خط شعاعی محدودیتی ندارند و تقاضای بار را به خوبی پاسخ می دهند. حال چنانچه محدودیتی، چه از نظر توان و چه از نظر توان واکنشی، موجود باشد، سیستم به پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ نزدیکتر می شود.

برای تشخیص این که یک سیستم قدرت در معرض ناپایداری ولتاژ قرار دارد یا خیر، معیارهای مختلفی وجود دارد. در این قسمت به بعضی از این معیارها اشاره می شود.

۱-۶-۱ معیار تغییرات توان واکنشی بر حسب ولتاژ بار

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

بر اساس منحنی های q-v و در یک تحلیل ساده،می توان گفت که یک سیستم قدرت از نظر ولتاژ در صورتی پایدار است که در منحنی مربوط به تمام شین ها در سمت راست نقطه حداقل (ناحیه پایدار) قرار داشته باشد. ($\frac{\delta q}{\delta v}$ در تمام شین ها مثبت باشد) پس برای تشخیص احتمال ناپایداری ولتاژ باید $\frac{\delta q}{\delta v}$ را در تمام شین ها محاسبه کرد. روش انجام کار به طور خیلی ساده به شرح زیر است:

با فرض معلوم بودن ادمیتانس شبکه، رابطهٔ ولتاژ، جریان، توان ظاهری، توان حقیقی و توان واکنشی به شرح زیر است :

$$I = Y.V$$
$$S = V.I^{*} = P(v,\delta) + Q(v,\delta)$$

در این روابط توان حقیقی و توان واکنشی در هر شین به صورت تابعی از ولتاژ و زاویه بار در آن نمایش داده شده است.

می توان با خطی کردن روابط فوق تغییرات توان حقیقی و توان واکنشی را نسبت به ولتاژ و زاویهٔ بار محاسبه کرد :

$$\begin{bmatrix}\Delta P\\ \Delta Q\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}J_{p\delta} & J_{pv}\\ J_{Q\delta} & J_{Qv}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta\\ \Delta V\end{bmatrix}$$

در این روابط منظور از J_{fx} ماتریس ژاکوبین تابع f نسبت به متغیر x است. در رابطهٔ بالا ماتریس های ژاکوبین توابع توان حقیقی P و توان واکنشی Q نسبت به ولتاژ V و زاویهٔ بار δ آمده است.

چون در این قسمت هدف محاسبهٔ تغییرات توان واکنشی نسبت به ولتاژ است، از تغییرات توان حقیقی صرف نظر می شود. اگر در رابطه بالا با تقریب، $\Delta P = 0$ فرض شود:

$$J_{p\delta}\Delta\delta + J_{pV}\Delta V = 0 \Rightarrow \Delta\delta = -J_{p\delta}^{-1}.J_{pV}.\Delta V$$

$$J_{Q\delta}\Delta\delta + J_{QV}\Delta V = \Delta Q \Rightarrow \Delta Q = \left[-J_{Q\delta}.J_{p\delta}^{-1}\ J_{pV} + J_{QV}\right]\Delta V$$

حال:

$$J_R \overset{\Delta}{=} -J_{Q\delta}.J_{p\delta}^{-1}J_{pV} + J_{QV}$$

در آن صورت :

$$\Delta Q = J_R\Delta V$$

این رابطه نحوهٔ تغییرات توان واکنشی در شین های مختلف نسبت به تغییرات ولتاژ را نشان می دهد.

اگر J_R یک اسکالر بود، قطعاً با مثبت بودن آن نتیجه می گرفتیم که سیستم از نظر ولتاژ پایدار است، ولی چون J_R یک ماتریس است، باید مقادیر ویژهٔ ماتریس را مدنظر قرار داد.

۲-۶-۱ معیارهای دیگر

معیارهای دیگر برای تشخیص پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ عبارتند از $\frac{dE}{dV}$ و $\frac{dQ_G}{dQ_L}$ (در این روابط E ولتاژ شبکه، Q_G توان واکنشی تزریقی توسط شبکه و Q_L توان واکنشی بار است) چارچوب بحث کاملاً شبیه بحث بخش قبل است و فقط متغیرها و روابط آنها فرق می کنند. در

این روش ها نیز نشان داده می شود که در ناحیه پایدار و ناپایدار علامت معیار تغییر می کند و از روی علامت آن می توان به پایداری ولتاژ و یا ناپایداری ولتاژ پی برد.

۷-۱ فروپاشی ولتاژ و نحوهٔ مقابله با آن

پدیدهٔ فروپاشی ولتاژ چیزی غیر از گسترش غیرقابل کنترل پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ در یک شبکه و رسیدن ولتاژ به حد غیرقابل قبول و در نتیجه جزیره شدن شبکه نیست.

این پدیده، همان طور که در قسمت ۳-۱ و در بررسی وقایع مهم ملاحظه گردید، عموماً در اثر یک اغتشاش شدید شروع می شود. مثلاً چند خط یا واحد تولیدی از مدار خارج می شود، به طوری که ولتاژ افت می کند و به سمت نقطه بحرانی روی منحنی های v-p و q-v متمایل می شود. در این حالت ولتاژ در قسمت کوچک یا بزرگی از شبکه افت می کند. حال اگر بعضی واحدهای تولیدی به خاطر کمبود ولتاژ از مدار خارج شوند، مشکل دوچندان می شود و بار راکتیوی که به شبکه تزریق می شد کم می شود، در نتیجه ولتاژ بازهم افت می کند و پدیده ناپایداری ولتاژ ظهور می کند. در این حالت برخلاف انتظار اولیه با عمل کردن سیستم های تأمین توان راکتیو، مثلاً تپ چنجرها، کار بهتر نمی شود و افت ولتاژ باز هم ادامه می یابد و خطوط و واحدها یکی پس از دیگری از شبکه خارج می شوند. گسترش پدیدهٔ ناپایداری ولتاژ که منجر به جزیره شدن شبکه می شود فروپاشی ولتاژنام دارد.

احتمال وقوع فروپاشی ولتاژ تحت تأثیر عواملی مثل فاصلهٔ بین تولید و مصرف، عمل نامناسب تپ چنجر، مشخصه های نامطلوب بار و ناهماهنگی بین سیستم های کنترلی و حفاظتی بیشتر است. برای مقابله با این پدیده می توان اقدامات زیر را انجام داد:

الف- بالابردن قابلیت تزریق توان راکتیو در شبکه

ب- جلوگیری از عمل نامناسب تپ چنجر

ج-بارزدایی کمبود ولتاژ

د- هماهنگی بهتر رله ها و سیستم های کنترلی

۸-۱ تئوری دوشاخگی[۴] و کاربرد آن در سیستم های قدرت

این تئوری در بررسی پایداری سیستم های غیرخطی به کار می رود. هرچند که این بحث از مباحث بسیار مفصل در پایداری سیستم های غیرخطی است و در سیستم های قدرت کاربردهای متفاوتی دارد، در این قسمت یک نوع از این تئوری یعنی دوشاخگی نقطهٔ زین[۵] خیلی مختصر توضیح داده می شود و سپس کاربرد آن در بحث فروپاشی ولتاژ بررسی می شود.

۸-۱-۱ تئوری دوشاخگی نقطهٔ زین

این پدیده مربوط به سیستم های غیرخطی است. برای توضیح مختصر این بحث، یک سیستم درجه ۲ غیرخطی را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\bar{x} + x^{۲} + ۲ax + b = ۰$$

در این مدل a و b عوامل سیستم هستند که ممکن است در طی زمان به آهستگی تغییر کنند. همان طور که ملاحظه می گردد، این سیستم دینامیکی است و مثل هر سیستم دینامیکی دیگر نقطهٔ تعادل دارد که برای محاسبهٔ آن باید از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$x^{۲} + ۲ax + b = ۰$$

---

[4] - Bifurication
[5] - Saddle Point Bifurication

که نشان می دهد این سیستم دو نقطهٔ تعادل به صورت زیر دارد:

$$x_1 = -a + \sqrt{a^2 - b}$$

$$x_2 = -a - \sqrt{a^2 - b}$$

اگر فرض شود که سیستم در حالت اولیه در حالت آرامش قرار دارد و به آن یک اغتشاش وارد شود، سیستم از حالت تعادل اولیه خارج می شود. سیستم تعریف شده طوری که در اثر این اغتشاش عوامل سیستم نیز با زمان تغییر می کنند. به طوری که در یک زمان ممکن است $a^2<b$ بشود، در آن صورت ریشه های معادله بالا موهومی می شوند. از آنجا که مقدار یک متغیر حالت (برخلاف مقدار قطب) به هیچ وجه نمی تواند مقدار موهومی باشد، در واقع سیستم بدون نقطه تعادل می شود. در این حالت سیستم پایداری خود را از دست می دهد و به نقطه تعادل شروع اولیه بازنمی گردد.

مثال فوق یک مثال ساده از پدیدهٔ دوشاخگی نقطهٔ زین است. قبل از رسیدن سیستم به حالت فوق یعنی درست وقتی که $a^2=b$ می شود، هر دو نقطه تعادل به هم می رسند، یعنی در این حالت $x_1 = x_2 = -a$ است که همان نقطه زین نامیده می شود.

اگر عوامل سیستم طوری باشند که نقطه تعادل پایدار وجود داشته باشد، یعنی $a^2<b$ ، می توان برای هر دو نقطه تعادل مقادیر ویژه را محاسبه کرد. تفاوت عمده در این است که برای نقطهٔ تعادل اول دو مقدار ویژهٔ موهومی پیدا می شوند؛ در صورتی که برای نقطهٔ تعادل دوم دو مقدار ویژهٔ حقیقی، مثبت و منفی، به دست می آیند. این بدان معنی است که نقطه تعادل اول

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

پایدار و نقطه تعادل دوم ناپایدار هستند. این نکته تشابه بحث با مطالبی که در بخش های قبلی پایداری ولتاژ بیان شد را به خوبی روشن می کند.

برای تشخیص نزدیک شدن به یک نقطه زین نیز، در بحث های تئوریک، راه های مختلفی پیشنهاد شده است که از آن میان می توان به نکات زیر اشاره نمود:

۱- در نزدیکی نقطهٔ زین، دو نقطه تعادل بسیار به هم نزدیک هستند.

۲- در نزدیکی نقطهٔ زین، حساسیت متغیر نسبت به عامل بسیار زیاد است (در نقطهٔ زین این مقدار بی نهایت است).

۳- در نزدیکی نقطهٔ زین، ماتریس ژاکوبین سیستم یک مقدار ویژه صفر دارد.

WikiPower.ir

فصل دوم :

انواع و عوامل تغییرات ولتاژ

۲-۱ تغییرات کوتاه مدت

این گروه در دسته بندی فرورفتگی های ولتاژ و قطعی های کوتاه مدت IEC جای می گیرند. این تغییرات برحسب زمان تداوم آنها در سه دسته آنی، لحظه ای و موقتی قرار می گیرند. تغییرات ولتاژ کوتاه مدت اغلب بعلت شرایط اتصال کوتاه، انرژی دار کردن بارهای بزرگ که محتاج جریان راه اندازی زیاد می باشند، و یا بعلت عدم اتصال محکم سیم بندی قدرت بوجود می آیند. بستگی به محل اتصال کوتاه و شرایط سیستم، اتصال کوتاه می تواند موجب افزایش موقتی ولتاژ (swell) یا افت ولتاژ (sag) یا از دست دادن کامل ولتاژ (قطعی) شود. محل وقوع اتصال کوتاه ممکن است در نزدیکی یا دور از نقطهٔ موردنظر باشد. در هر صورت وقوع اتصال کوتاه تأثیری کوتاه مدت روی ولتاژ داشته و اثر آن تا زمانی است که وسایل حفاظتی وارد عمل شوند و اتصال کوتاه را رفع نمایند.

۲-۱-۱ قطعی

یک قطعی، موقعی اتفاق می افتد که ولتاژ تغذیه یا جریان بار به مقدار کمتر از ۰/۱ پریونیت برای مدت کمتر از یک دقیقه کاهش یابد. عوامل مؤثر در قطعی می تواند اتصال کوتاه سیستم قدرت، خرابی دستگاه و بدکارکردن سیستم کنترل باشد. قطعی ها توسط زمان تداوم شان اندازه گیری می شوند چون دامنه آن همواره کمتر از ۱۰ درصد مقدار نامی است. مدت

زمان یک قطعی ناشی از خطای اتصال کوتاه در سیستم توزیع توسط زمان عملکرد سیستم حفاظتی تعیین می شود. مدت زمان یک قطعی ناشی از خرابی دستگاه و یا قطع شدن اتصالات می تواند نامنظم باشد و از قاعده خاصی پیروی نکند. بعضی از قطعی ها ممکن است بعد از یک کمبود ولتاژ (sag) ناشی از خطای اتصال کوتاه در سیستم رخ بدهد. بیشبود ولتاژ (swell) بین لحظه وقوع اتصال کوتاه و زمان عمل کردن رله های حفاظتی اتفاق می افتد. در فیدر اتصالی شده، مصرف کنندگان یک کمبود ولتاژ را تجربه می کنند که بلافاصله قطعی را در پی دارد. مدت تداوم قطعی بستگی به قابلیت باز بستن (reclosing) سیستم حفاظتی دارد. بازبست آنی عموماً خطاهای اتصالی بی دوام را با قطعی کمتر از ۳۰ سیکل محدود می کند. بازبست تأخیری سیستم حفاظت، ممکن است موجب قطعی لحظه ای و یا موقتی گردد.

۲-۱-۲ کمبود ولتاژ (sags)

کمبود ولتاژ عبارت است از کاهش در ولتاژ مؤثر به اندازهٔ ۰/۱ الی ۰/۹ پریونیت در فرکانس نامی که برای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه ادامه یابد. تعریف IEC برای توصیف این پدیده کلمه dip است. این دو عبارت هم معنی هستند و می توانند بجای هم استفاده شوند.

یک "کمبود ۲۰ درصد" به ولتاژی گفته می شود که دارای دامنه ای برابر ۰/۸ پریونیت باشد.

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

کمبود ولتاژ معمولاً با خطاهای اتصال کوتاه همراه است البته کلیدزنی بارهای سنگین یا راه اندازی موتورهای پرقدرت هم می تواند علت آن باشد. همچنین خطای اتصال کوتاه در یکی از فیدرهای موازی موجب افت ولتاژ در باس توزیع شده که در نتیجه روی کلیه فیدرهای خروجی از آن باس، تا زمانی که خطای اتصال کوتاه برطرف شود تأثیر می گذارد. معمولاً زمان رفع خطای اتصال کوتاه از ۳ تا ۳۰ سیکل است که بستگی به دامنه جریان اتصال کوتاه و نوع تشخیص دهنده اضافه جریان و کلید قطع دارد.

کمبود ولتاژ ممکن است ناشی از تغییرات بار یا راه اندازی موتور باشد. یک موتور القائی هنگام راه اندازی به مقدار ۶ تا ۱۰ برابر جریان نامی از شبکه جریان می کشد. این جریان پس فاز موجب افت ولتاژ در دو سر امپدانس شبکه می گردد. اگر دامنه دایم جریان در مقایسه با جریان اتصال کوتاه قابل ملاحظه باشد، کمبود ولتاژ بوجود آمده می تواند چشمگیر باشد.

قبلاً مدت دوام حادثه کمبود بوضوح تعریف نشده بود. زمان تداوم کمبود در بعضی از مقالات در محدوده ای از یک دهم سیکل (۲ میلی ثانیه) تا چند دقیقه تعریف شده بود. افت ولتاژهائی که بیشتر از ۱ دقیقه طول بکشند معمولاً توسط تجهیزات تنظیم ولتاژ کنترل شده و ممکن است که عوامل متعددی بغیر از اتصال کوتاه داشته باشند. لذا این پدیده ها تحت تغییرات بلندمدت تقسیم می شوند.

مدت زمان کمبود در این قسمت به سه دسته تقسیم می شود: آنی، لحظه ای و موقتی که منطبق بر دسته های سه گانه قطعی ها، کمبودها و بیشبودها است. این تقسیم های زمانی در رابطه با عملکرد زمانی دستگاه های حفاظتی تعیین شده اند.

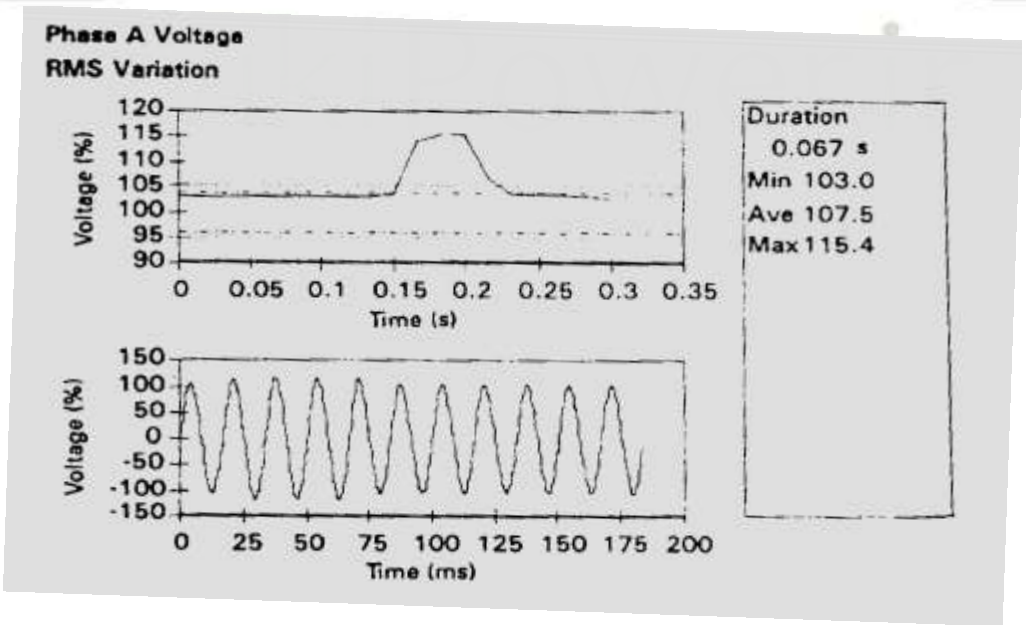
بیشبود ولتاژ به صورت یک افزایش در مقدار مؤثر ولتاژ یا جریان بین ۱/۱ الی ۱/۸ پریونیت در فرکانس نامی برای مدت زمان از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تعریف می شود. دامنه بیشبود بصورت باقیمانده ولتاژ توصیف می شود که در این حالت معمولاً بزرگتر از ۱/۰ پریونیت است.

همانند کمبودها، بیشبودها معمولاً بر اثر شرایط خطای اتصال کوتاه سیستم بوجود می آیند اما وقوع آنها بسیار کمتر از وقوع کمبودهاست. یک بیشبود می تواند بر اثر یک اتصال کوتاه تک خط به زمین اتفاق بیفتد که در اثر آن در فازهای دیگر یک اضافه ولتاژ موقتی رخ دهد. بیشبودها همچنین ممکن است بعلت از مدار خارج شدن بارهای بزرگ یا وارد مدار شدن یک بانک خازنی بزرگ رخ دهد.

بیشبودها توسط دامنه (مقدار rms) و مدت زمان شناسایی می شوند. شدت اضافه ولتاژ هنگام شرایط خطای اتصال کوتاه تابعی از محل خطا، امپدانس سیستم و نحوه زمین کردن می باشد. در یک سیستم زمین نشده، ممکن است در اثر اتصال کوتاه یک فاز به زمین، ولتاژ فازهای سالم به ۱/۷۳ پریونیت برسد.

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

در نزدیکی پست توزیعی که زمین شده است، هیچگونه اضافه ولتاژی بعلت وجود ترانسفورماتور پست روی فازهای اتصالی نشده رخ نمی دهد چون این ترانسفورماتورها بصورت ستاره – مثلث متصل شده اند که مسیری را برای عبوری مؤلفه صفر جریان اتصال کوتاه با امپدانس کم ایجاد می کند.



شکل ۱-۲ بیشبود ولتاژ آنی ناشی از خطای اتصال کوتاه خط به زمین (SLG)

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

در اثر اتصال کوتاه در نقاط مختلف یک سیستم چهار سیمه که در چند جا زمین شده است، مقدار بیشبودهای ولتاژ در فازهای سالم متفاوت خواهد بود. بسیاری از نویسندگان عبارت "اضافه ولتاژ لحظه ای" را بعنوان مترادفی برای واژهٔ بیشبود استفاده می کنند.

۲-۲ تغییرات بلندمدت ولتاژ

تغییرات بلندمدت هرگونه تغییر در مقدار مؤثر ولتاژ در فرکانس نامی برای زمان بیشتر از ۱ دقیقه را شامل می شود.

تغییرات بلندمدت می تواند بصورت اضافه ولتاژ و یا کاهش ولتاژ باشد، که بستگی به عوامل ایجاد کننده آن دارد. اضافه و یا کاهش ولتاژ عموماً از خطاهای اتصال کوتاه سیستم ناشی نمی شوند بلکه عوامل ایجادکننده آنها تغییرات بار سیستم و عملکرد کلیدزنی در سیستم می باشد. مشخصه های این پدیده ها توسط منحنی های ولتاژ مؤثر بر حسب زمان است.

WikiPower.ir

۲-۲-۱ اضافه ولتاژ

اضافه ولتاژ به افزایش در مقدار مؤثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد ، در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می شود.

اضافه ولتاژها می توانند در نتیجه کلیدزنی بار (از مدار خارج شدن بارهای بزرگ)، یا تغییرات جبران کننده های راکتیو موجود در سیستم (وارد مدار شدن بانک خازنی) بوجود آیند. قابلیت ضعیف سیستم تنظیم ولتاژ یا کنترل کننده ها موجب اضافه ولتاژها خواهد شد. همچنین تنظیم نامناسب تپ های ترانسفورماتورها می تواند موجب اضافه ولتاژها گردد.

۲-۲-۲ کاهش ولتاژ

کاهش ولتاژ به کاهش در مقدار مؤثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می شود.

کاهش ولتاژ در نتیجه وقایعی بوجود می آیند که برعکس عوامل ایجادکننده اضافه ولتاژ عمل می کنند. وارد مدار شدن بارهای سنگین یا از مدار خارج شدن بانک خازنی می تواند موجب کاهش ولتاژ گردد، مگر اینکه تجهیزات تنظیم کننده ولتاژ وارد مدار گردد و کاهش ولتاژ را برطرف سازد. علاوه بر این اضافه بار مدار هم می تواند موجب کاهش ولتاژ گردد.

۳-۲-۲ قطعی بادوام

کاهش ولتاژ منبع تغذیه به مقدار صفر برای مدت زمان بیشتر از یک دقیقه بعنوان قطعی بادوام در نظر گرفته می شود. قطعی های ولتاژ بیشتر از یک دقیقه اغلب طبیعتاً ماندگار هستند و محتاج بازبینی های موردی برای رفع آن می باشند. قطعی های بادوام بصورت یک پدیده سیستم قدرت هیچ رابطه ای با عبارت مستعمل خاموشی (outage) ندارد. خاموشی، همچنان که در استاندارد IEEE . Std ۱۰۰-۱۹۹۲ آمده است، به یک پدیده خاصی اطلاق نمی شود.

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

۳-۲ کمبود ولتاژ و قطعی ها

تعریف کمبود ولتاژ عبارت است از : کاهش کوتاه مدت (معمولاً ۰/۵ تا ۳۰ سیکل) در مقدار مؤثر (rms) ولتاژ که بعلت خطاهای اتصال کوتاه و یا راه اندازی بارهای بزرگ از قبیل موتورهای پرقدرت در شبکه بوجود می آید. قطعی های موقتی (نوعاً از ۲ تا ۵ سیکل) موجب قطع کامل ولتاژ می شود و علت اصلی آن، مانورهای اعمالی برای رفع اتصال کوتاه در سیستم می باشد. قطعی هائی که تداوم آنها بیش از یک دقیقه است عموماً ناشی از خطاهای اتصالی دائم می باشد.

در سالهای اخیر، شرکت های برق شکایات زیادی از جانب مصرف کنندگان بخاطر بدی کیفیت توان ناشی از کمبودهای ولتاژ و قطعی ها دریافت می کنند. دلایل عمده برای این امر وجود دارد که اکثر آنها وجود مصرف کنندگان با ادوات حساسی همانند کامپیوترها و سایر کنترل کننده های الکترونیکی می باشد. کنترل کننده ها و کامپیوترها در اثر این پدیده ها، حافظه و پروسه ای که باید کنترل کنند را از دست می دهند و بعلت پیچیدگی، راه اندازی مجدد آنها زمان طولانی تری را طلب می کند. صنایع به خاطر دستیابی به تولید بیشتر و باقی ماندن در میدان رقابت، از تجهیزات اتوماتیک بیشتری نسبت به قبل استفاده می کنند بنابراین اثرات زیان بار کمبودها و قطعی ها در این زمان نسبت به چند دهه قبل بیشتر شده است.

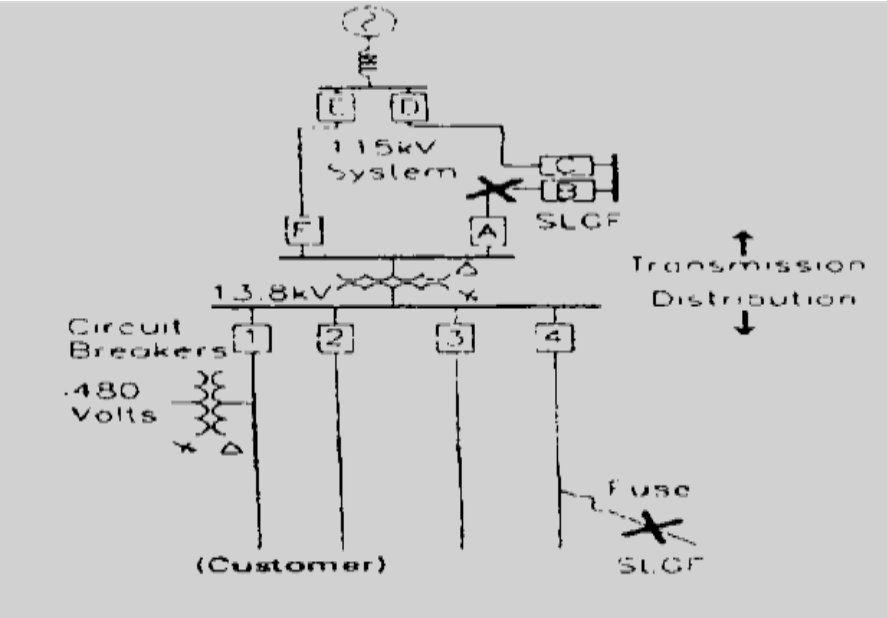
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۴ عوامل کمبودها و قطعی ها

کمبودهای ولتاژ و قطعی ها عموماً توسط اتصالهای کوتاه در سیستم توزیع بوجود می آیند. سیستم شکل ۲-۲ را در نظر بگیرید که مصرف کننده ای با فیدری که توسط بریکر ۱ حفاظت می شود تغذیه می گردد. اگر اتصال کوتاهی در این فیدر رخ دهد، مصرف کننده شاهد یک کمبود ولتاژ در زمان اتصال کوتاه خواهد بود و پی آمد آن قطعی کامل است که در اثر بازشدن بریکر برای رفع اتصال کوتاه بوجود می آید. اگر اتصال کوتاه دارای طبیعتی موقتی باشد، عملکرد بازبست بریکر موفقیت آمیز بوده و قطعی بوجود آمده موقتی می باشد. معمولاً برای این نوع بریکرها حدوداً پنج یا شش سیکل لازم است تا عمل بکنند که در این مدت کمبود ولتاژ رخ می دهد. بریکر حداقل به مدت ۲۰ سیکل تا ۲ یا ۵ ثانیه به صورت باز باقی می ماند تا عمل بازبست انجام شود. تجهیزات حساس مطمئناً در این مدت تریپ خواهند کرد و از مدار خارج می شوند.

WikiPower.ir

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

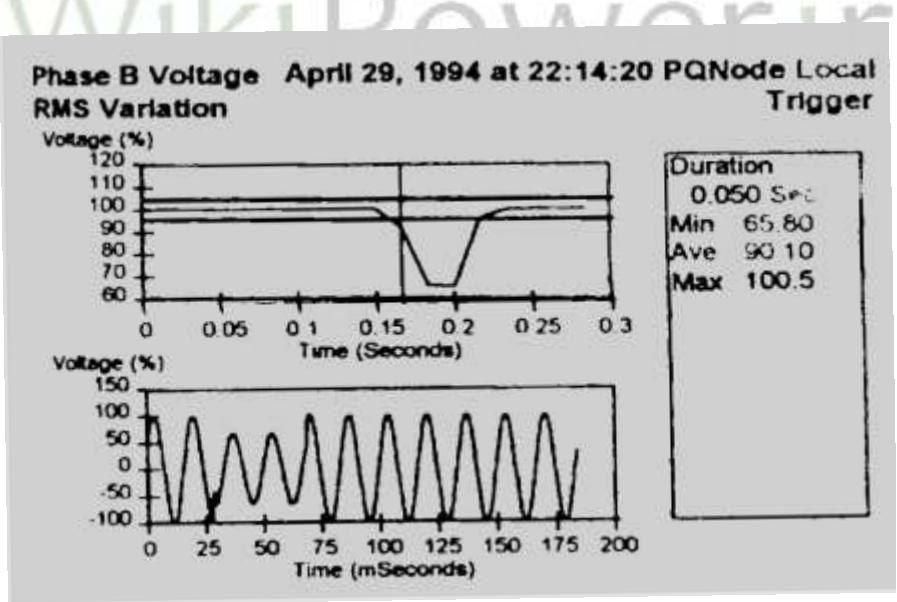


شکل ۲-۲ کمبود ولتاژ در اثر اتصال کوتاه خط به زمین

حادثه ای که بیشتر احتمال وقوع آن هست، اتصال کوتاهی است که روی یکی از فیدرهای دیگر پست و یا در مکان دیگر، روی سیستم انتقال (که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است)رخ دهد. در هریک از این حالات مصرف کننده شاهد یک کمبود ولتاژ در مدت زمان وقوع اتصال کوتاه خواهد بود. بمحض بازشدن بریکرها برای خارج کردن منطقه اتصالی، ولتاژ عادی دوباره به مصرف کننده برمی گردد.

شکلهای ۲-۳ و ۲-۴ توسط ثبات های اندازه گیری گروه تحقیق (FPRI) در دو محل مختلف سیستم توزیع در اثر اتصال کوتاه بدست آمده است. شکل بالائی هریک از این دو تغییرات ولتاژ مؤثر را بر حسب زمان و نمودار پایینی شکل واقعی موج را برای ۱۷۵ میلی ثانیه اول نشان می دهد.

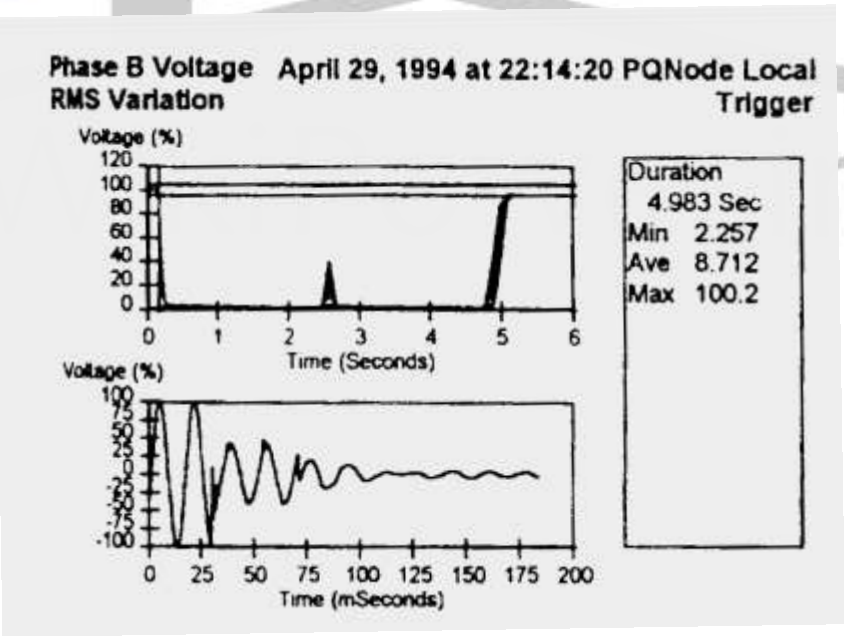
مقادیر اندازه گیری شده در محل مصرف کننده که روی فیدر غیراتصالی شده قرار دارد در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. شکل ۴-۲ قطعی موقتی در انتهای خط معیوب را نشان می دهد. دستگاه قطع کننده در این سیستم یک بازبست است که قادر است خطای اتصال کوتاه را در مدت کوتاه ۲/۵ سیکل قطع نماید. این بازبست می تواند تنظیم های مختلفی داشته باشد. در این سیستم این دستگاه دارای تنظیم معمولی است یعنی دو عملکرد سریع و دو عملکرد تأخیری . شکل ۳-۲ نشان می دهد که کمبود ولتاژ مختصر در عملکرد سریع اول رخ می دهد. در عملکرد دوم یک کمبود ولتاژ کاملاً مشخص در شکل ملاحظه می شود. در حالی که کمبود ولتاژ مختصر که اثر آنرا حتی نمی توان به صورت چشمک زدن لامپ مشاهده کرد، در بسیاری از پروسه های صنعتی موجب ازکارافتادن تجهیزات حساس می شود. چون کمبود ولتاژ در این مدت به ۶۵ درصد خود می رسد.



شکل ۳-۲ کمبود ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه در دو فیدر موازی

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

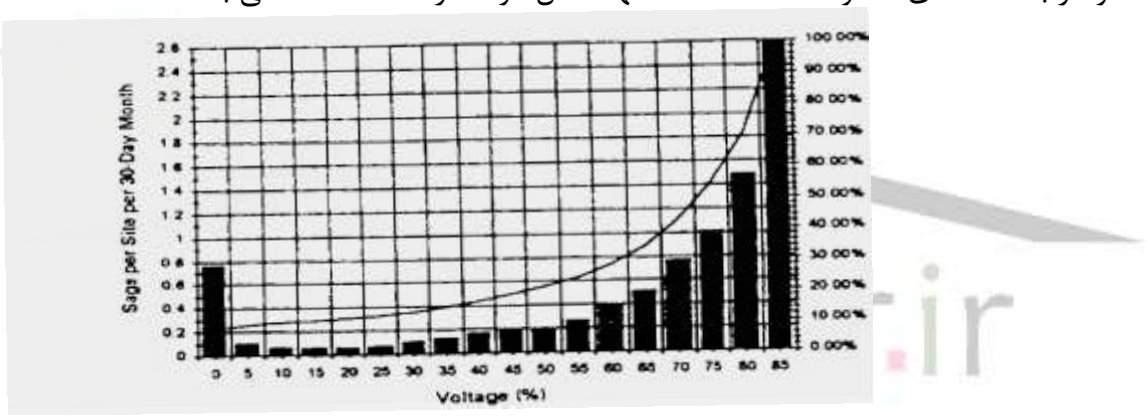
شکل ۴-۲ بوضوح کمبود ولتاژ قبل از رفع اتصال کوتاه و همچنین حاصل عملکرد سریع بازبست دو مرحله ای را نشان می دهد. زمان بازبست (زمان بازبودن آن) کمی بیشتر از ۲ ثانیه بود که زمان متعارف بازبستهای شرکتهای برق می باشد. ظاهراً خطای اتصال کوتاه در مرحله اول عملکرد برطرف نشده بود که در نتیجه آن عملکرد دوم بوقوع پیوست. سیستم پس از عملکرد دوم بحالت عادی برگشته است.



شکل ۴-۲ حادثه اتصال کوتاه با عملکرد سریع دو مرحله ای یک بازبست خط توزیع

شکل ۵-۲ کمبودهای ولتاژ ثبت شده سیستم توزیع در آمریکا را نشان می دهد. نمودار میله ای مقدار متوسط تعداد وقایعی از کمبود ولتاژ که در طول ۳۰ روز یک ماه رخ داده است را نشان می دهد. منحنی رسم شده در شکل جمع احتمال وقایعی که ولتاژ کمتر از مقدار نامی است را بیان می کند.

قطعی واقعی توسط میله ولتاژ صفر نشان داده شده است. بر اساس این داده ها تقریباً ۱۰ درصد وقایع، مربوط به ولتاژ کمتر از ۹۰ درصد (قطعی) می باشد. باقیماندهٔ وقایع، کمبودهای ولتاژ با دامنه های متفاوت است که علت آنها اتصال کوتاه در نقاط مختلف می باشد.

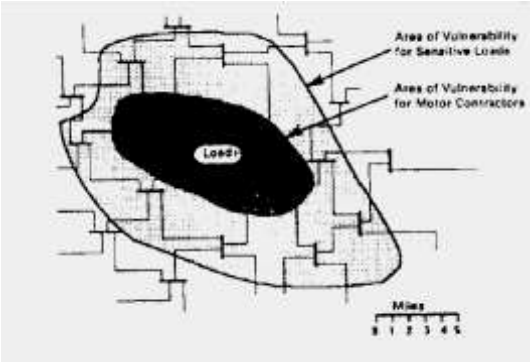


شکل ۵-۲ کمبود ولتاژ سیستم توزیع در یک پریود یک ماهه

۵-۲ ناحیهٔ تأثیرپذیر

مفهوم "ناحیه تأثیرپذیر" برای بررسی کمبود ولتاژ در همسایگی منقطه اتصال کوتاه بسیار مفید است. شکل ۶-۲ یک منقطه تأثیرپذیر را برای مصرف کننده صنعتی که از یک فیدر توزیع تغذیه می شود نشان می دهد.

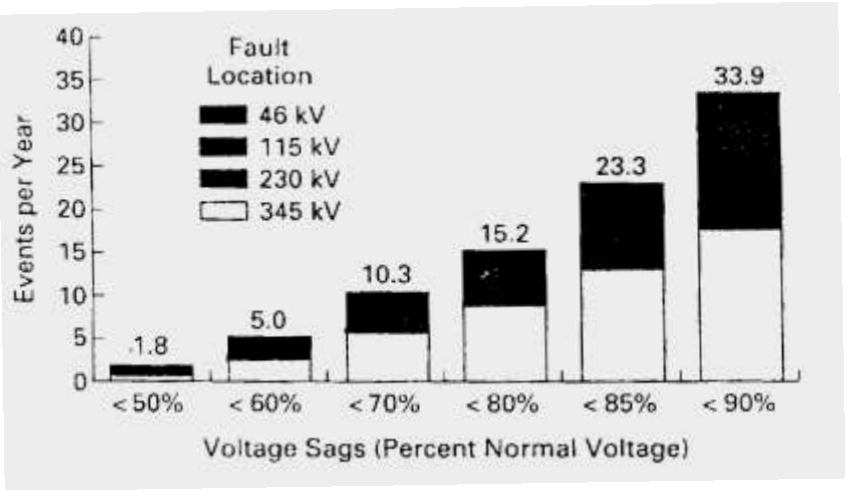
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۶-۲ ناحیه تأثیرپذیر یک سیستم توزیع در اثر اتصال کوتاه

کمبود ولتاژ پیش بینی شده بر اساس شبیه سازی اتصال کوتاه و محاسبه دامنه ولتاژ بر حسب محل قرارگرفتن اتصال کوتاه در سیستم قدرت بدست آمده است. این شکل نشان می دهد ناحیه تأثیرپذیر به حساسیت تجهیزات به ولتاژ بستگی دارد. بارهایی که در ۵۰ درصد ولتاژ از مدار خارج می شوند ناحیه کوچکی را دربرمی گیرند در حالی که بارهای موتوری که به ۹۰ درصد ولتاژ بر اثر اتصال کوتاه در نواحی دیگر حساس هستند منطقه وسیعتری از ناحیه تأثیرپذیر در سیستم توزیع را شامل می شوند.

مشخصه زمانی اتصال کوتاه (برحسب تعداد خطا در سال در هر ۱۰۰ مایل ازخط) می تواند برای تخمین تعداد کمبودهای هر سال که زیر مقدار مجاز قرار می گیرند مورد استفاده قرار می گیرد. شکل ۲-۷ چنین مشخصه ای را نشان می دهد . این اطلاعات برای بررسی نیاز مصرف کننده به سیستم تنظیم ولتاژ می تواند مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۷-۲ تخمین کمبود ولتاژ (مصرف کننده) بر حسب سطح ولتاژ خطوط معیوب و میزان کمبود ولتاژ

WikiPower.ir

۶-۲ اصول بنیادی حفاظت

راههای متعددی می تواند توسط شرکت توزیع، مصرف کننده ها، و کارخانجات سازنده وسایل برای جلوگیری از کمبود ولتاژ و تحت تأثیر قرارگرفتن تجهیزات حساس به ولتاژ صورت گیرد.

معمولاً هرچه مسئله در سطح پایین تر (نزدیک مصرف کننده) حل شود کم هزینه تر است. کم هزینه ترین راه حل استفاده از تجهیزاتی است که در برابر کمبودهای ولتاژ طراحی

مناسبی داشته باشد. در قدم بعدی ممکن است از منابع تغذیه بدون قطع (UPS) [۶] یا دستگاههای دیگری که عملکرد مشابه دارند استفاده شود. این راه حل برای مواقعی سودمند است که خود ماشین کمبود ولتاژ را می تواند تحمل کند ولی کنترلرها بطور اتوماتیک سیستم را خارج می کنند. در سطح ۳ در شکل، بعضی از منابع قدرت پشتیبان که قابلیت تحویل توان به مصرف کننده را در مدت زمان محدود دارد موردنیاز است. سطح ۴ راه حلهائی را پیشنهاد می کند که خود سیستم توزیع برای کاهش اثر کمبودها تدابیری اتخاذ کند.

۲-۷ مسائل مربوط با مصرف کننده

برای حل مشکل کمبود ولتاژ، مصرف کننده محتاج سیستمی است که در مدت یک و نیم سیکل عمل کند و برای چند ثانیه شرایط عادی توان را ایجاد نماید تا آنکه سطح ولتاژ به حالت عادی برگردد. لازمه اینکار یا داشتن یک منبع ذخیره کننده انرژی در محل و یا منبع دیگری است که انرژی خواسته شده را تأمین نماید. این دستگاهها یا بایستی قابلیت سوئیچ شدن را داشته باشند و یا اینکه دائماً در مدار باشند.

بعلت مسائل اقتصادی، در حالت عادی حفاظت فقط به بارهائی که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند اعمال می شود. این بارها معمولاً کنترل کننده های الکترونیکی یا کامپیوترها هستند و برای رفع مشکل آنها عموماً از سیستم های تغذیه بدون قطع (UPS) استفاده می شود. ولی در سالهای اخیر فعالیتها بسوی تغذیه کردن کل سیستم در مدت زمانی که خطا اتفاق

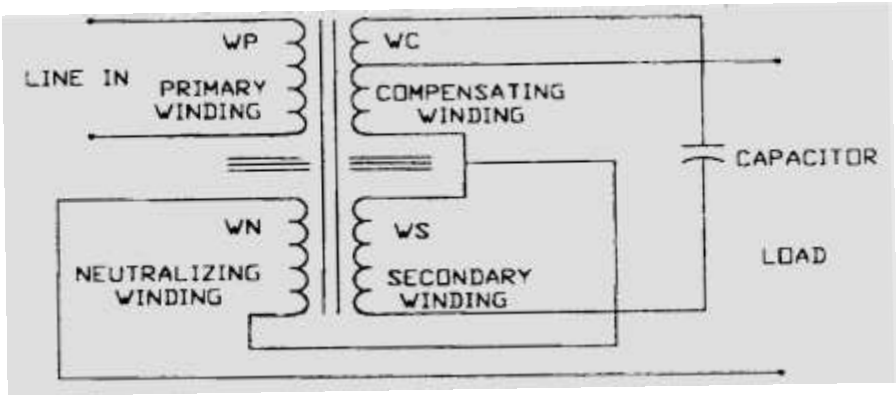
---

[6] - Uninterruptible Power Supply

می افتد سوق داده شده است. این امر موجب توسعه دستگاههای ذخیره ساز انرژی بالا از قبیل دستگاه ذخیره ساز ابررساناها (SSD) و کلیدهای انتقال دهنده سریع که بسرعت می تواند بار را به یک فیدر دیگر متصل کند شده است. بارهای جریان مستقیم از قبیل سیستم های تلفن محتاج سیستم های بزرگ تغذیهٔ بدون قطع (UPS) می باشند لذا آنها می توانند در فاصله ای بصورت آماده باش عمل کنند تا آنکه ژنراتورهای کمکی وارد عمل شوند. ترانسفورماتورهای فرورزونانس، منابع تغذیهٔ پیوسته و جمع کننده های مغناطیسی می توانند به عنوان دستگاههای بهبود دهنده قدرت که سیستم را در برابر کمبودها و قطعی ها نجات می دهد بکار گرفته شوند. از این دستگاهها می توان برای تغییرات بلندمدت تا ۱۵ دقیقه هم استفاده نمود.

۱-۷-۲ ترانسفورمرهای فرورزونانس

ترانسفورماتورهای فرورزونانس که ترانسفورماتورهای ولتاژ ثابت هم نامیده می شوند (CVT) می توانند بسیاری از کمبودهای ولتاژ را جبران کنند. این ترانسفورماتورها خصوصاً برای بارهای ثابت و کم مصرف بسیار مورد توجه هستند. بارهای متغیر بخصوص با جریانهای هجومی زیاد برای آنها مشکل ساز هستند. این نوع ترانسفورماتورها اصولاً ترانسفورماتورهای با نسبت تبدیل ۱/۱ که با جریان تحریک زیاد روی قسمت اشباع مشخصه خود قرار دارند موجب داشتن یک ولتاژ ثابت در خروجی، صرف نظر از اینکه ولتاژ ورودی چه تغییراتی داشته باشد، خواهد بود.شکل ۹-۲ چگونگی برطرف شدن کمبود ولتاژ را برای یک پروسه کنترل کننده که از یک ترانسفورماتور فرورزونانس ۱۲۰ ولت آمپر استفاده شده را نشان می دهد.



شکل ۹-۲ ترانسفورماتور ولتاژ ثابت فرورزونانس

ترانسفورماتور فرورزونانس از لحاظ اندازه بایستی چهار برابر بزرگتر از قدرت مصرف کننده طراحی شوند.

۲-۷-۲ جمع کننده های مغناطیسی

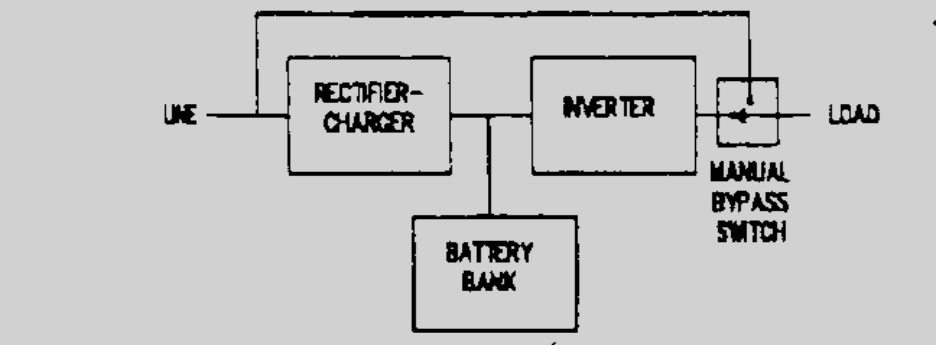
جمع کننده های مغناطیسی عموماً برای بارهای سنگین مورد استفاده قرار می گیرند. برای بهره برداری اقتصادی از این نوع سیستم، میزان مصرف بایستی در حد کیلوولت آمپر باشد. اینها برای کامپیوترهای بزرگ و سایر تجهیزات الکترونیکی حساس به ولتاژ مورد استفاده قرار می گیرند. جمع کننده های مغناطیسی دستگاههای مغناطیسی هستند که توان ورودی را گرفته و خروجی به فاز کاملاً عاری از هرگونه اغتشاش را صرف نظر از اینکه کیفیت توان ورودی چه باشد تحویل می دهند.

انتقال انرژی و ایزولاسیون خط توسط چک های غیرخطی تأمین می شوند با این عمل مسائلی از قبیل نویز برطرف خواهد شد. شکل موج ac خروجی توسط ترکیب کردن ولتاژهای مشخص و ترانسفورماتورهای اشباع شده ساخته می شود.

شکل موج انرژی ترانسفورماتورهای اشباع شده و خازنها بصورت جریان و ولتاژ ذخیره می گردد. این منبع ذخیره انرژی موجب تولید خروجی کاملاً صاف و عاری از هرگونه اعوجاج هارمونیکی خواهد شد. در نهایت توان سه فاز توسط یک ترانسفورماتور زیگزاگ به مصرف کننده تحویل می شود.

۳-۷-۲ منبع تأمین برق (UPS) همیشه در مدار

شکل ۱۳-۲ آرایش متعارف یک منبع تغذیه بدون قطع برق (UPS) همیشه در مدار را نشان می دهد. در این طراحی بار همواره توسط UPS تغذیه می شود. توان ac ورودی پس از یکسوسازی بشکل توان dc درمی آید که یک بانک باتری را شارژ می کند. آنگاه توان dc دوباره به صورت توان ac تبدیل شده و مصارف را تغذیه می کند. اگر توان ac ورودی قطع شود، اینورترها از باتری ها تغذیه شده و توان بار بطور مداوم تأمین خواهد شد، ولی داشتن UPS همیشه در مدار کاملاً گران قیمت و پرتلفات می باشد.

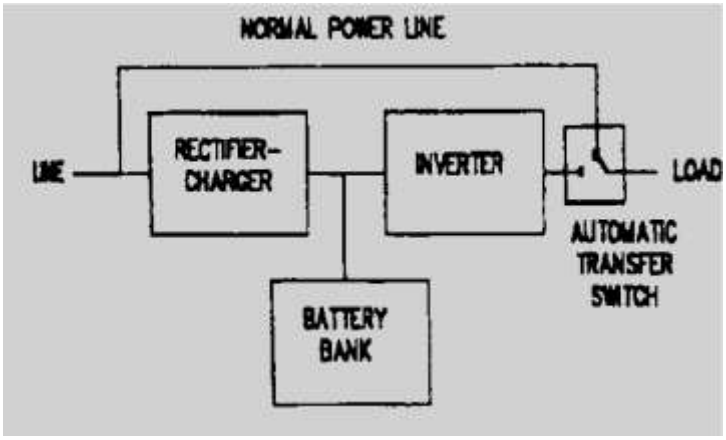


شکل ۱۱-۲ یک منبع تأمین برق همیشه در مدار

۴-۷-۲ منبع تغذیه (UPS) آماده باش

یک منبع تغذیه آماده باش (شکل ۱۲-۲)، گاهی اوقات بعنوان UPS خارج از خط نیز نامیده می شود چون در حالت عادی از توان خط برای تغذیه مصارف استفاده می شود. ولی موقعی که اغتشاش مشاهده شود آنگاه کلیدها بطور خودکار بار را به اینورترهائی که توسط باتری تغذیه می شوند وصل می کنند.

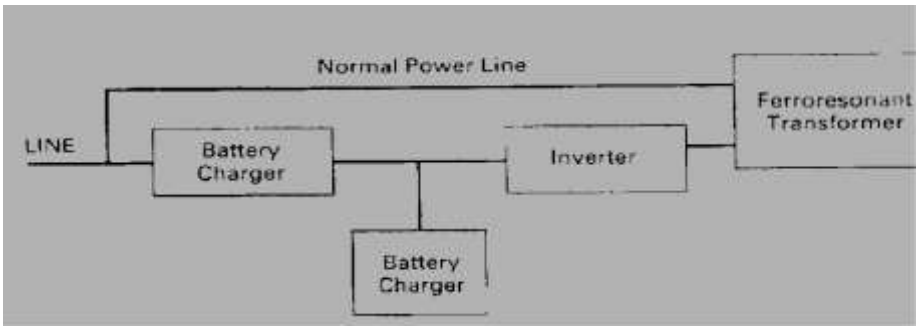
زمان انتقال بار از خط اصلی به اینورترها از اهمیت خاصی برخوردار است. منحنی CMEBA نشان می دهد که ۸ میلی ثانیه حداکثر زمانی است که می تواند برای خلاصی از کمبود ولتاژ مورد استفاده قرار گیرد. لذا زمان انتقال ۴ میلی ثانیه مطمئناً تداوم عملکرد بارهای حساس را تضمین می کند. یک منبع تغذیه آماده باش هیچگونه حفاظت گذرا یا تنظیم ولتاژی که UPS همیشه در مدار انجام می دهد را تأمین نمی کند. مشخصه های منبع تغذیهٔ آماده باش شامل ظرفیت (کیلوولت آمپر)، تنظیم ولتاژ دینامیک و استاتیک، اعوجاج هارمونیکی جریان و ولتاژ ورودی، حفاظت ضربه و تضعیف نویز می باشد.



شکل ۱۲-۲ منبع تغذیه آماده باش

۲-۷-۵ منبع تغذیه (UPS) هایبرید

منبع تغذیه (UPS) هایبرید همانند UPS آماده باش طراحی می گردد با این تفاوت که با استفاده از ترانسفورماتورها فرورزونانس عمل تنظیم ولتاژ هم بنحو کامل صورت می پذیرد. (شکل ۱۳-۲)



شکل ۱۳-۲ منبع تغذیه (UPS) هایبرید

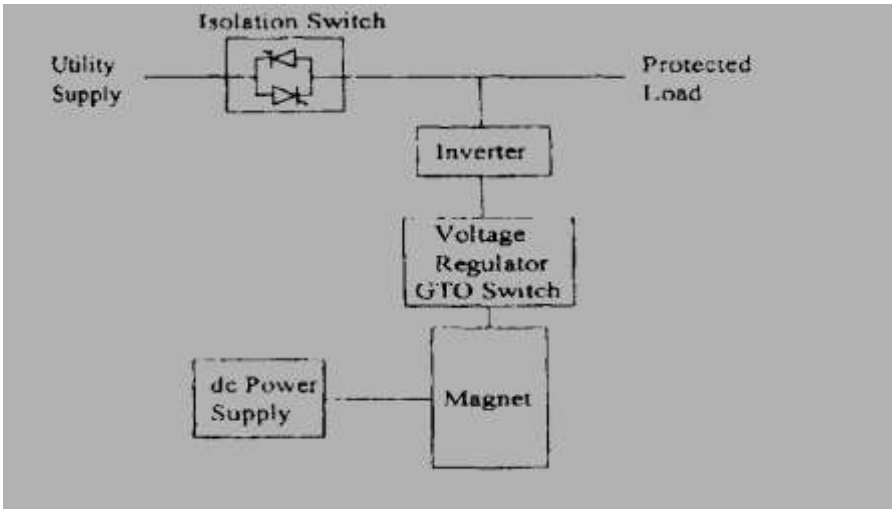
۲-۷-۶ مجموعه های موتور – ژنراتور

مجموعه های موتور – ژنراتور (M-G) در اندازه ها و آرایش های متنوع وجـود دارنـد. یک نوع از مجموعه M-G از یک موتور الکتریکی برای چرخانـدن یـک ژنراتـور سـنکرون بـرای ایجاد یک ولتاژ ثابت ۶۰ هرتز استفاده می شود. خروجی ثابت تا هنگامی که سرعت روتـور بـین ۳۱۵۰ تا ۳۶۰۰ دور در دقیقه باشد قابل حصول است. با استفاده از اینرسی یک چرخ لنگـر مـی توان تحت شرایط بارداری کامل به مدت ۱۵ ثانیه به هنگام قطعی کامل،توان لازم در ۶۰ هرتز را به مصرف کننده رساند.

۷-۷-۲ ذخیره سازی انرژی مغناطیسی ابررسانائی (SMES)

یک SMES با بهره برداری از یک مغناطیس ابررسـانائی بـرای ذخیـره کـردن میـدان مغناطیسی می تواند همانند یک منبع تغذیه (UPS) در ذخیره سـازی انـرژی در باتریهـا عمـل کند. ذخیره سازهای طراحی شده در محدوده ۱ الی ۵ مگاژول بعنوان micro-SMES نامیـده می شوند تا بتوان آنها را از ذخیره سازهای قدرت تمیز داد. یکی از مزیت های مهم ایـن ذخیـره سازها کاهش بسیار زیاد اندازه آنها در مقایسه با باتری هاست.

اتصالات micro-SMES در مقایسه با UPS بسیار اندک است لذا قابلیـت اطمینـان آنها افزایش و مسائل نگهداری آنها بمراتب کاهش می یابد. طراحی هـای اولیـه ذخیـره سـازهای ابررسانائی در حال حاضر در مکانهای متعدد مورد آزمایش مطلوبی قرار گرفته است.



شکل ۱۴-۲ دیاگرام تک خطی یک دستگاه ذخیره ساز ابررسانا

۸-۲ کمبودهای ولتاژ ناشی از راه اندازی موتور

موتورها در حالت راه اندازی بخاطر کشیدن جریان زیاد (چندین برابر جریان نامی) اثرات نامطلوبی ایجاد می کنند. بر حسب امپدانس شبکه، این جریان زیاد ممکن است موجب کمبود ولتاژی شود که باعث کم نور شدن چراغها، قطع شدن کنتاتورها و از مدار خارج شدن بارهای حساس گردد. این مسئله وقتی بدتر می شود که با ضریب جابجائی ضعیف راه اندازی معمولاً بین محدوده ۱۵ تا ۳۰ درصد مواجه باشیم. زمان لازم برای دورگرفتن موتور در حالت کمبود ولتاژ افزایش می یابد و اگر این کمبود شدید باشد ممکن است موجب عدم راه اندازی موفق موتور گردد. کمبودهای ناشی از راه اندازی موتور ممکن است برای چندین ثانیه ادامه یابد .

۱-۸-۲ روشهای راه اندازی موتور

انرژی دارکردن موتور در یک مرحله (راه اندازی ولتاژ کامل) موجب هزینه کمتر و سرعت بیشتر خواهد شد. این روش در حالتی که کمبود ولتاژ یا استرس های مکانیکی ناشی از آن مهم نباشد ارجعیت دارد. راه اندازی توسط اتوترانسفورماتورها شامل ترکیب دو اتوترانسفورماتور بصورت دلتای باز باشد. تپ های ولتاژ ۸۰، ۶۵ یا ۵۰ درصد، ولتاژ سیستم را برای راه اندازی تأمین می کنند. جریان خط و گشتاور راه اندازی با مربع ولتاژ اعمالی رابطه دارد. لذا تپ ۵۰ درصد فقط ۲۵ درصد جریان و گشتاور ولتاژ نامی را تأمین می کند.

مقاومت و راکتانس راه انداز اصولاً وظیفه شان اضافه کردن امپدانس سری به موتور می باشد. مقاومت های راه انداز ممکن است در مراحل راه اندازی یکی پس از دیگری اتصال کوتاه شده و از مدار خارج گردد ولی راکتورهای راه انداز در یک مرحله اتصال کوتاه شده و خارج می شوند. در این نوع راه اندازی جریان و گشتاور مستقیماً با ولتاژ اعمالی رابطه دارند لذا جریان راه اندازی در این روش بیشتر از مورد قبلی با اتوترانسفورماتور می باشد ولی بهمین نسبت گشتاور راه اندازی نیز افزایش می یابد. راکتورها معمولاً دارای تپ های ۵۰ ، ۴۵ ، یا ۳۷/۵ درصد می باشند. راه اندازی سیم بندی دوگانه برای موتورهای با ولتاژهای دوگانه (۲۲۰/۴۴۰ ولت یا ۲۳۰/۴۶۰ ولت) مناسب است. استاتور این نوع موتورها شامل دو سیم بندی بهم متصل شده بصورت موازی در ولتاژ پائین و متصل شده بصورت سری در ولتاژ بالا می باشد. در حالت راه اندازی در ولتاژ پائین فقط یک سیم بندی در مدار قرار می گیرد که جریان و گشتاور راه اندازی به مقدار ۵۰ درصد مقداری که هر دو سیم بندی در مدار باشند کاهش می یابد. راه اندازی

ستاره- مثلث موجب اتصال استاتور در حالت راه اندازی بصورت ستاره و بعد از مدتی بصورت مثلث می باشد. اتصال ستاره موجب ولتاژ اعمالی راه اندازی ۵۷ درصد می شود که در این حالت جریان و گشتاور راه اندازی به مقدار ۳۳ درصد مقدار ولتاژ نامی خود کاهش می یابد.

۲-۸-۲ تخمین کمبود ولتاژ در زمان راه اندازی

راه اندازی یک مرحله ای موتور القایی موجب یک کاهش ولتاژ ناگهانی که بتدریج از بین می رود می شود. در این حالت ولتاژ برحسب درصد ولتاژ سیستم عبارت است از :

$$V_{\min(}pu) = \frac{V_{(pu)}.KVA_{sc}}{KVA_{LR} + KVA_{sc}}$$

$V_{(pu)}$ = ولتاژ سیستم بر حسب پریونیت

$KVA=KVA_{LR}$ موتور در حالت رتور قفل

$KVA=KVA_{sc}$ اتصال کوتاه در ترمینال موتور

اگر نتایج مقدار حداقل کمبود ولتاژ حالت مانا را برآورده کند، آنگاه راه اندازی در ولتاژ کامل قابل قبول است. در غیر این صورت دامنه کمبود ولتاژ بر حسب مشخصه تداوم بایستی با منحنی تلرانس تجهیزات مقایسه گردد.

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

فصل سوم :

اضافه ولتاژهای گذرا

۳-۱ منابع اضافه ولتاژهای گذرا

دو منبع اصلی اضافه ولتاژهای گذرا در مؤسسات برق عبارتند از:

کلیدزنی خازن و صاعقه که منابع اضافه ولتاژهای گذرا برای وسایل مصرف کننده نهایی می باشند. بعضی از وسایل الکترونیک قدرت در هنگام کلیدزنی اضافه ولتاژهای گذرای قابل ملاحظه ای تولید می کنند. همانطور که در فصل قبل توضیح داده شد، اضافه ولتاژهای گذرا می توانند با فرکانس بالا (کلیدزنی بار و صاعقه)، یا با فرکانس متوسط (تحت تانسیون قراردادن خازن ها) یا فرکانس پایین ایجاد شوند.

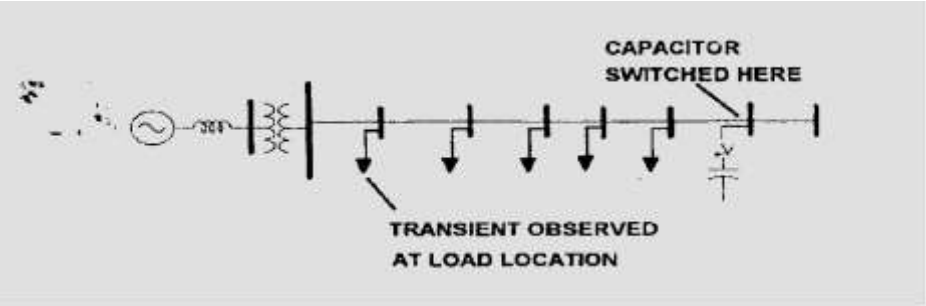
۳-۱-۱ کلیدزنی خازن

کلیدزنی خازن یکی از معمولترین حوادث کلیدزنی در مؤسسات برق می باشد. خازنها برای تولید قدرت راکتیو (وار) جهت تصحیح ضریب قدرت بکار می روند، تا تلفات را کاهش داده و ولتاژ سیستم را تقویت کنند. خازنها وسایلی بسیار اقتصادی و عموماً دردسر برای تأمین مقاصد فوق الذکر هستند. البته با کمک ماشینها دوار و جبران کننده های وار الکترونیکی نیز می توان به این اهداف رسید ولی این ادوات بسیار گرانترند و هزینه نگهداری بالایی نیز دربر دارند. به همین جهت، خازنها در سیستمهای قدرت بسیار متداولند.

عیب استفاده از خازنها این است که آنها در هنگام کلیدزنی، اندوکتانس سیستم قدرت را تحت تأثیر قرار داده و در سیستم حالتهای گذرای نوسانی ایجاد می کنند. بعضی از خازنها در تمام مدت زیربار واقع می شوند (یک دسته ثابت) در حالیکه در بیشتر موارد مطابق سطوح بار راکتیو، خازنها زیربار قرار می گیرند. برای تعیین زمان کلیدزنی خازنها از عوامل کنترلی مختلفی مانند زمان، درجه حرارت، ولتاژ، جریان و قدرت راکتیو استفاده می شود. معمولاً برای کنترلها از ترکیب دو یا بیشتر این عوامل مثلاً ترجیحاً درجه حرارت و ولتاژ استفاده می شود.

یکی از معمولترین مشکلات کیفیت قدرت مربوط به علائم اضافه ولتاژهای کلیدزنی خازن است که تقریباً در هر روز در یک زمان ظاهر می شود. در فیدرهای توزیع با بارهای صنعتی، خازنها با یک افزایش بار در شروع کار روزانه، به کمک ساعت وارد مدار می شوند. ازجمله مشکلات، قطع و وصل کنترلرهای ساعت (ASD) و عملکرد نادرست سایر تجهیزات کنترل بار الکترونیکی می باشند که گاهی حتی با یک چشمک غیرقابل توجه که تأثیری بر روی تجهیزات دیگر ندارد، بوجود می آیند.

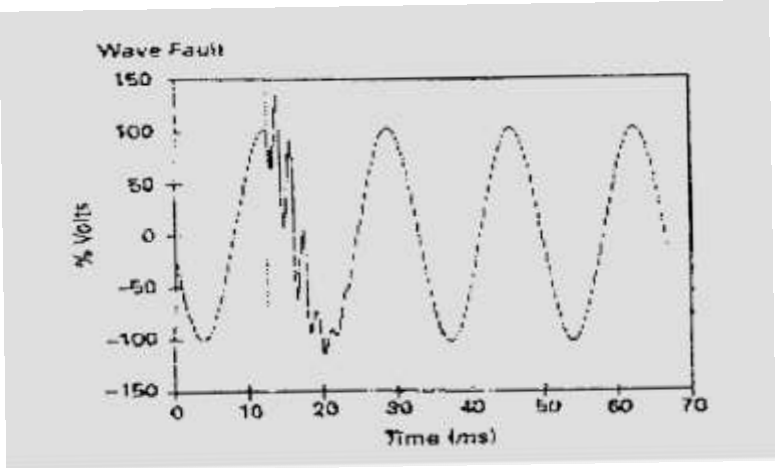
شکل ۱-۳ دیاگرام تک خطی وضعیت کلیدزنی خازنی یک فیدر موسسهٔ نمونه را نشان می دهد.



شکل ۱-۳ دیاگرام تک خطی عملکرد کلیدزنی خازن

با بسته شدن کلید، ولتاژ گذرای مشابه آنچه که در شکل ۲-۳ دیده مـی شـود ممکـن است در طرف بالای خازن مشاهده شود. همان طور که این شکل نشان می دهد اتصـالات کلیـد خازن در نزدیکی ولتاژ پیک سیستم بسته می شوند که برای بسـیاری از کلیـدها امـری متـداول است. ولتاژ در سراسر خازن در این لحظه صفر است.

از آنجایی که ولتاژ نمی تواند تغییر آنی داشته باشد، ولتاژ سیستم در محـل خـازن بـه آرامی به صفر می رسد و همان طور که خازن شروع به شارژشدن به طرف ولتاژ سیستم می کند ولتاژ بالا می رود. همانند خازنهای نمونه در سیستم های قدرت انـدوکتیو، ولتـاژ خـازن از ولتـاژ نامی بیشتر می شود و در فرکانس طبیعی سیستم منعکس (نوسانی) می شود. اگر نقطه مشاهده در بالا باشد، بدلیل امپدانس بین نقطه مشاهده و خازن وصل شده، تغییر اولیه در ولتاژ کاملاً بـه صفر نخواهد رسید.



شکل ۲-۳ حالت گذرای کلیدزنی خازن یک مؤسسه برقی نمونه با ۱۳۲ درصد ولتاژ نامی

بسته به میزان خفه کنندگی سیستم، افزایش اضافه ولتاژ گذرا، بین ۱ و ۲ پریونیت ایجاد می شود. درحالت نشان داده شده در شکل، اضافه ولتاژ گذرا حدود ۱/۳۴ پریونیت است. اضافه ولتاژهای گذرای کلیدزنی خازنها عموماً در محدودهٔ ۱/۳ ال ۱/۴ پریونیت هستند ولی در محدوده حداکثر نظری و عملی نیز مشاهده شده اند.

اضافه ولتاژ نشان داده شده در اسیلوگرام به داخل سیستم قدرت محلی منتشر می شود و عموماً از میان ترانسفورماتورهای توزیع با مقداری حدوداً معادل نسبت تبدیل ترانسفورماتور به داخل وسایل بار مشترک می رود. اگر خازنها در سیستم ثانویه موجود باشند و اگر فرکانسهای طبیعی سیستم ها به طور مناسب در یک ردیف قرار گرفته باشند (به بخش بعد توجه کنید) ولتاژ ممکن است واقعاً بزرگ شود. علیرغم این مسئله که ولتاژهای گذرای تا ۲ پریونیت عموماً به عایق سیستم صدمه ای وارد نمی کنند، وقوع چنین اضافه ولتاژهایی غالباً سبب عمل نادرست

ادوات تبدیل قدرت الکترونیک می شود. کنترل کننده ها ممکن است ولتاژ بالا را به عنوان نشانه ای از یک موقعیت خطرناک تعبیر کنند و سپس برای ایمنی، بار را قطع کنند – ولتاژ گذرا ممکن است با روشن شدن تریستورها تداخل کند.

کلیدزنی بانکهای (دسته های) ستاره زمین شده در سیستم زمین محلی به سبب موج ضربه ای که همراه با زیربار قرار گرفتن (خازنها) ایجاد می شود، ممکن است باعث تولید اضافه ولتاژهای گذرای غیرعادی گردند.

۲-۱-۳ بزرگی ولتاژ گذرای کلیدزنی خازن

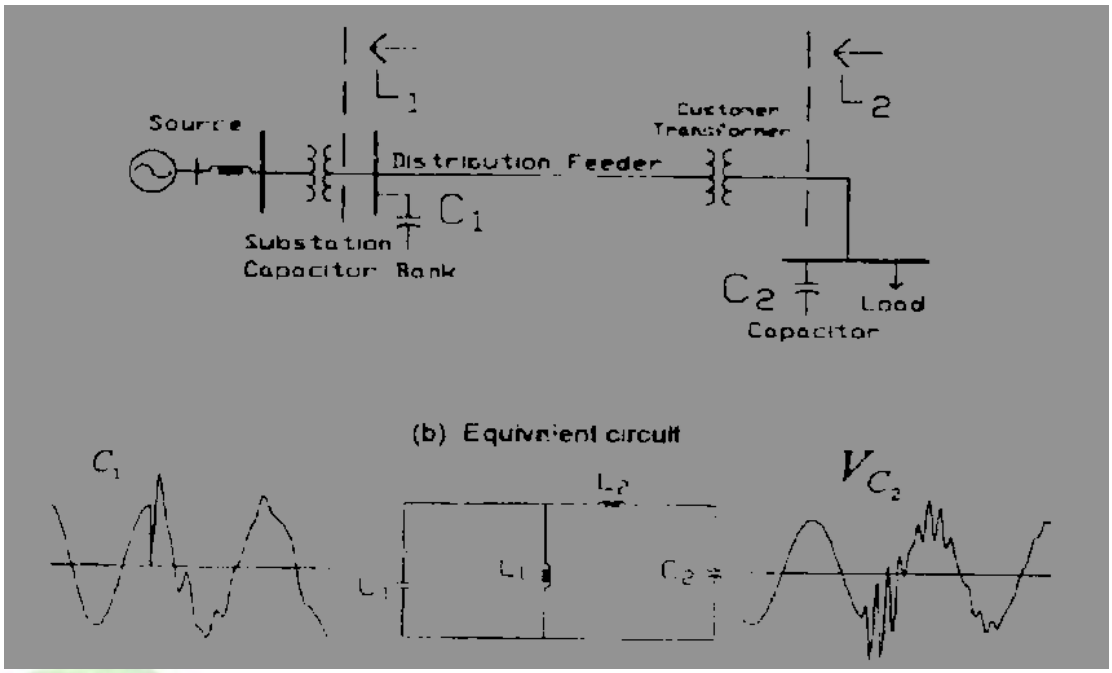
یک تأثیر بلقوه در افزودن خازنهای تصحیح کننده ضریب قدرت در محل مشترک که امکان افزایش ولتاژهای گذرای کلیدزنی خازن است که در تجهیزات نهایی در موقع سوئیچینگ دسته های خازنی ظاهر می شوند. معمولاً یک اضافه ولتاژ کم وجود دارد که عموماً ۱/۳ تا ۱/۴ پریونیت ولتاژ نرمال است و همان طور که قبلاً گفته شد بیشتر از ۲ پریونیت نیست. اضافه ولتاژهای گذرا می توانند در باس مصرف کننده نهایی برای بعضی خازنهای ولتاژ فشار ضعیف و تعدادی از ترانسفورماتورهای کاهنده، بزرگ شوند. مدار مربوط به این پدیده در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.

تحت این شرایط اضافه ولتاژهای گذرا در طرف مصرف کننده نهایی بدون پیامدهای آسیب رسانی بالقوه برای کلید تجهیزات مشترک می توانند به ۳ تا ۴ پریونیت روی باس فشار ضعیف برسند.

بزرگ شدن حالتهای گذرای کلیدزنی خازن در محل مصرف کننده نهـایی در محـدودهٔ وسیعی از اندازه های ترانسفورماتورها و خازن ها اتفاق می افتد. بنابراین تغییر ابعاد خـازن هـای تصحیح ضریب قدرت مشترک یا ترانسفورماتورهای کاهنده، معمولاً یک راه عملی نیست. کنترل اضافه ولتاژ گذرا در خازن شبکه گـاهی اوقـات بـه اسـتفاده از بریکرهـای سـنکرون یـا کلیـد بـا مقاومتهای از قبل تعبیه شده امکان پذیر است. جزئیات این مطالب در بخشهای بعـد بحـث مـی شود.

در محدودهٔ مشترکین، برقگیرهای با انرژی بالا می توانند برای محدودکردن دامنه ولتاژ گذرا در باس مشترک بکار روند. سطوح انرژی که با اضافه ولتاژهای گذرای بزرگ شده همراهنـد معمولاً در محدودهٔ ۱ کیلوژول می باشند. برقگیرهای جدیدتر وریستورهای اکسیدفلز (MOV= metal oxide varistor) با انرژی بالا، برای کاربردهـای فشـار ضـعیف مـی تواننـد از ۲ تـا ۴ کیلوژول را تحمل کنند.

WikiPower.ir



شکل ۳-۳ بزرگ شدن ولتاژ کلیدزنی دسته های خازنی

۳-۲ انرژی ایجادشده در برقگیر توسط حالتهای گذرای

باید توجه داشت که فقط تا سطح حفاظتی برقگیر می توانیم اضافه ولتاژ را محدود کنیم. این سطح بعنوان نمونه ۱/۸ برابر ولتاژ نرمال پیک (۱/۸ پریونیت) است. این سطح برای حفاظت تجهیزات الکترونیک حساس که فقط قابلیت تحمل ۱/۷۵ پریونیت را دارد ممکن است کافی نباشد (ولتاژ پیک معکوس ۱۲۰۰ ولت "PIV " در بسیاری از یکسوکننده های کنترل شده سیلیکونی مورد استفاده در محیطهای صنعتی می باشد). چون این مشخصات توسط خواص فیزیکی مواد اکسید فلزی محدود می شوند، ممکن است قادر نباشیم مشخصه های حفاظتی برقگیرها را اصلاح کنیم. بنابراین برای هماهنگی مناسب باید ظرفیت تحمل تجهیزات حساس بکاربرده شده را در مواردی که این حالتهای گذرا واقع می شوند با دقت ارزیابی نمود. از دیگر

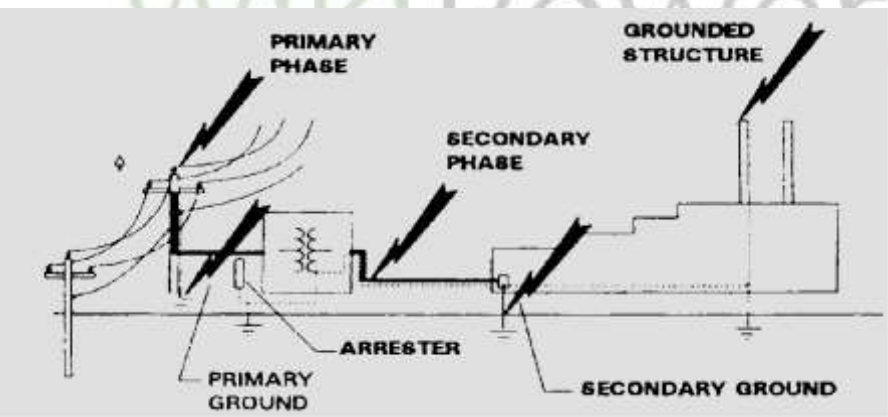
موارد محدودکننده بزرگ شدن حالت گذرا، تجهیز بانکهای تصحیح ضریب قدرت مصرف کننده نهایی به فیلترهای هارمونیک می باشد. قراردادن یک اندوکتانس بطور سری با بانک تصحیح ضریب قدرت، اضافه ولتاژ گذرا در باس مشترک را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می دهد.

۱-۲-۳ صاعقه

صاعقه یک منبع نیرومند اضافه ولتاژهای گذرای ضربه ای است.

شکل ۴-۳ مناطق اصابت صاعقه و جریان هدایت امواج در سیستم قدرت که به بار منتهی می شود را نشان می دهد.

آشکارترین مسیر هدایت، ضربه مستقیم به یک سیم فاز خواه روی اولیه یا روی ثانویه می باشد. این حادثه می تواند اضافه ولتاژهای بزرگی را تولید کند، ولی بعضی از تحلیل گران می پرسند که آیا این معمولترین راه برای ورود امواج ساعقه به بار و زیان رساندن به آنهاست؟



شکل ۴-۳ مناطق محلی اصابت ساعقه و هدایت ضربه های امواج به طرف تجهیزات بار

ولتاژهای گذرای مشابه می توانند توسط جریانهای صاعقه در طول مسیرهای سیم زمین ایجاد شوند. توجه شود که مسیرهای بیشماری برای جریانهای صاعقه جهت ورود به سیستم زمین می تواند داشته باشد. معمولترین این مسیرها شامل زمین اولیه، زمین ثانویه و اسلکت فلزی تجهیزات بار می باشد. همچنین توجه به ضرباتی که به فاز اولیه وارد می شود از طریق برقگیرهای روی ترانسفورماتور توزیع به روی زمین هدایت می شوند.

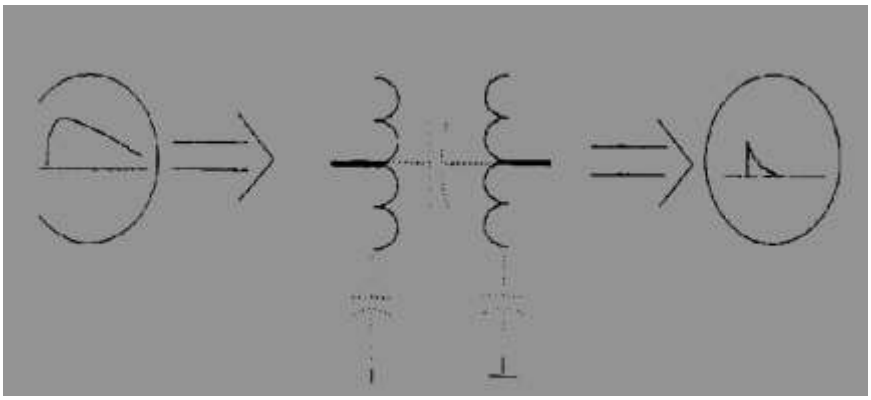
بخاطر بسپارید که زمینها هرگز هادی های کاملی بخصوص برای ضربه ها نیستند، در حالی که موج جریان ممکن است واقعاً در نزدیکترین اتصال زمین مستهلک شود.

برخورد مستقیم به فاز عموماً سبب جرقه خط (تخلیه الکتریکی غیرعادی خط) در نزدیکی نقطه اصابت می شود. این عمل نه فقط یک ولتاژ گذرای ضربه ای تولید می کند، بلکه باعث ایجاد یک خطا همراه با کمبود ولتاژ و قطعی های برق می شود. موج صاعقه می تواند چندین برابر در طول خطوط مورداستفاده هدایت شده و سپس جرقه های زیادی را در بدنه تیرهایی که از آنها می گذرد تولید نماید. اگر خط در منبع ضربه جرقه بزند، دنباله ضربه عموماً قطع می شود. بسته به طول مسیر جریان موج، مقداری از جریان ممکن است بداخل لوازم بار راه یابد. صاعقه ممکن است بسادگی به نزدیک خط برخورد کند و با ایجاد میدان الکتریکی ضربه ای را وارد کند. همچنین صاعقه ممکن است بسادگی به زمینی که در نزدیکی تأسیساتی قرار دارد، برخورد کند و سبب شود که مرجع زمین محلی به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش یابد. این امر باعث می شود تا جریانها در طول هادیهای زمین شده بداخل زمین اطراف جاری شوند.

دانشمندان زیادی در این زمینه فرض می کنند که امواج صاعقه همان گونه که در شکل ۵-۳ نشان داده شده از طریق ظرفیت خازنی بین سیم پیچی ترانسفورماتور سرویس سیستم مورد استفاده وارد بارها می شود. این امر به این مفهوم است که ضربه صاعقه بسیار سریع است بطوری که اندوکتانس ترانسفورماتور مانع از عبور اولین قسمت موج توسط نسبت تبدیل می شود. در عوض، ظرفیت بین سیم پیچی، یک مسیر آماده برای موج فرکانس بالا ارائه می دهد. این موضوع اساس یک ولتاژ روی ترمینالهای ثانویه را که خیلی بیشتر از نسبت تبدیل است بوجود می آورد.

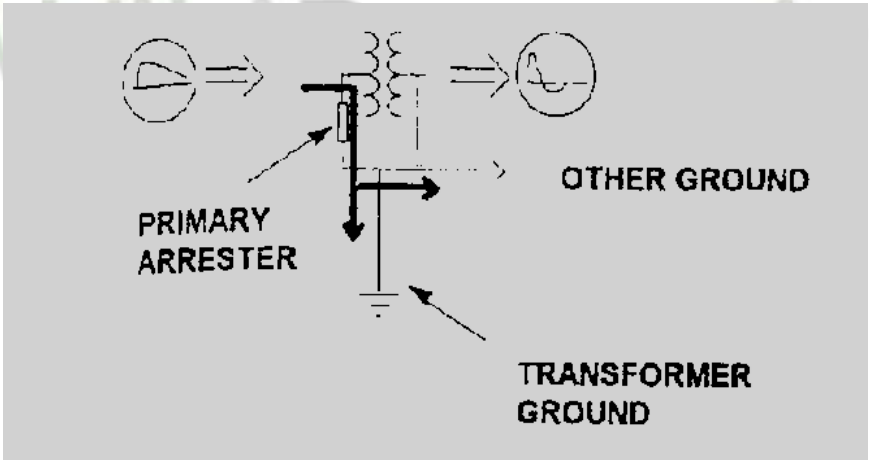
درجه ای که در آن کوپلاژ خازن اتفاق می افتد بستگی زیادی به طراحی ترانسفورماتور دارد. بدلیل تقاطع مسیر سیم بندی ها در تمام ترانسفورماتورها، هادی های ولتاژ زیاد از روی هادی های ولتاژ کم رد می شوند. ظرفیت سیم پیچ به زمین ممکن است بزرگتر از ظرفیت سیم پیچ باشد و بیشتر امواج ممکن است عملاً از سیم پیچ ثانویه بگذرند وبه زمین متصل شوند. در هر حال، بدلیل شارژ سریع خازنی بین سیم پیچی ها هم در حالت ضربه منفرد و هم هنگام وجود قطاری از ضربه ها، حالتهای گذرای ناشی از آن بسیار کوتاه است. در چنین موجی، برقگیرهای روی ثانویه مشکلی با انرژی ندارند ولی نرخهای افزایش می تواند بالا باشد. بنابراین طول هدایت در موفقیت یک برقگیر در نگهداری ضربه خارج از تجهیزات بار، بسیار مهم است.

وقتی که یک ضربه به اولیه سیستم توزیع وجود داشته باشد، مکرراً، ضربه ای طولانی ترکه در بعضی اوقات نوسانی نیز هست، در ثانویه مشاهده می شود.



شکل ۵-۳ کوپلاژ ضربه ها از طریق ظرفیت بین سیم پیچی ترانسفورماتورها

احتمالاً این امر به خاطر کوپلاژ خازنی از طریق ترانسفورماتور سرویس نبوده، بلکه بیشتر به سبب هدایت اطراف ترانسفورماتور از طریق سیستمهای زمین می باشد که در شکل ۶-۳ نشان داده شده است.



شکل ۶-۳ ضربه های صاعقه که از طریق ترانسفورماتورها به اتصالات زمین وارد می شوند.

مهمترین مسائل کیفیت قدرت در رابطه با جریانهای ضربه صاعقه کـه وارد زمـین مـی شوند عبارتند از:

بالارفتن پتانسیل زمین در محل نسبت بـه سـایر زمینهـا تـا حـدود چنـدین کیلـووات تجهیزات الکترونیکی حساس که بین دو مرجع زمین متصل می شوند، همانند کامپیوتری کـه از طریق مودم به سیستم تلفن متصل شده، وقتی در معرض ولتاژهای جرقه صاعقه قرار می گیرنـد می توانند دچار خطا گردند.

جریانهای صاعقه در حالی که از طریق کابلها در مسیرشان از زمـین بهتـری عبـور مـی کنند می توانند پتانسیل های بالایی را به هادیهای فاز القا کنند.

۳-۳ حالتهای گذرای کلیدزنی خازن در شبکهٔ توزیع

در این بخش چگونگی ارتباط شبکهٔ توزیع با مسائل مربوط به اضافه ولتاژهـای گـذرای کلیدزنی خازن توضیح داده می شود.

اضافه ولتاژهای کلیدزنی خازن بسیار متداول هسـتند و معمـولاً صـدمه ای وارد نمـی کنند. معذلک ممکن است بهمین علت بعضی بارهای حسـاس صـنعتی در یـک زمـان کلیـدزنی ناموفق باشند. برای مثال ممکن است با توجه به اینکه بار در یک زمان مشـخص در هـر روز بـالا می رود مؤسسه ای تصمیم بگیرد که خازنها را همزمان با افزایش بـار وارد مـدار کنـد. حالتهـای مختلفی وجود دارد که این پدیده ها با شروع کار هر شیفت همزمان شده و بلافاصله بعد از شروع فرایند باعث قطع چند موتور گردان با سرعت قابل تنظیم گردد. یک راه حـل سـاده و ارزان ایـن

است که به کاربردهای آنهایی که تحت تأثیر قرار می گیرند توجه کنیم و بررسی نماییم آیا زمان قابل قبول

گذر وجود دارد. برای مثال ممکن است قادر باشیم خازن را در چند ثانیه قبل از شروع شیفت و قبل از اینکه بار واقعاً بالا رود وارد مدار کنیم. ممکن است نیازی به سوئیچینگ بعدی خازن نباشد، و در این صورت احتمالاً به چیزی صدمه وارد نخواهد شد. اگر این راه حل نتواند بکار رود راه حل های گرانتر دیگر را باید بکار برد.

۱-۳-۳ مقاومتهای از پیش تعیین شده

مقاومتهای از پیش تعبیه شده می تواند اضافه ولتاژهای گذرای کلیدزنی خازن را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش دهند. معمولاً اولین پیک ولتاژ گذرا بیشترین صدمه را وارد می کند.

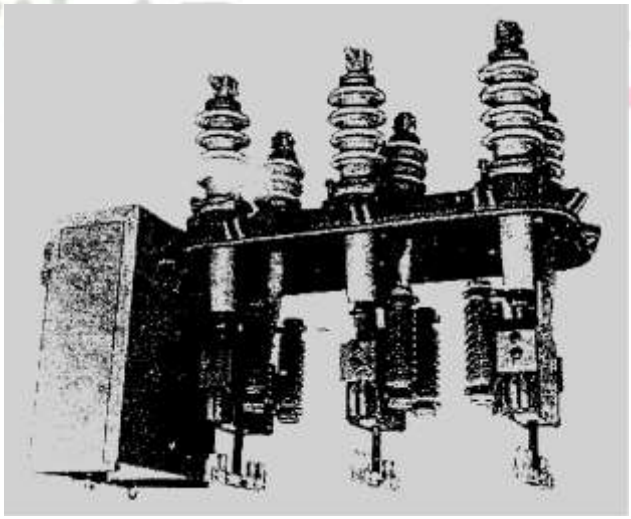
WikiPower.ir

با قرار دادن مقاومت در مدار عقیده بر این است که، اولین پیک به میزان قابل ملاحظه ای مستهلک می شود.

شکل ۷-۳ یک نمونه از وارد مدار شدن خازن با مقاومتهای از پیش تعبیه شده را برای کاهش اضافه ولتاژهای گذرا نشان می دهد. عمل از پیش تعبیه کردن مقاومت، بوسیله کنتاکت قابل حرکت که بر روی اتصالات مقاومتی می لغزد و قبل از کلیدزنی خازن به اتصالات اصلی وصل می گردد انجام می شود. زمان از پیش تعبیه کردن تقریباً ۲۵٪ سیکل در فرکانس ۶۰ هرتز می باشد.

تأثیر مقاومتها به اندازه خازن و جریان اتصال کوتاه قابل دستیابی در محل، بستگی دارد. جدول ۳-۱ ماکزیمم اضافه ولتاژهای گذرای موردانتظار در هنگام تحت تانسیون قرار دادن و شرایط مختلف با مقاومتهای از پیش تعبیه شده و هم چنین بدون آن را، نشان می دهد. مقادیر جدول، عددهای مورد انتظار ماست. مقادیر متوسط، بطور نمونه ۱/۳ تا ۱/۴ پریونیت برای بدون مقاومتها و ۱/۱ تا ۱/۲ پریونیت برای با مقاومتها هستند.

کلیدهای با راکتورهای از پیش تعبیه شده نیز به همین منظور توسعه یافته اند. اندوکتور در محدودکردن مقادیر فرکانسهای گذرای بالاتر مفید است. در بعضی از طراحی ها، راکتورها عمداً با تلفات زیاد انتخاب می شوند تا حالتهای گذرای تحت تانسیون قرار دادن را بسرعت مستهلک نمایند.



شکل ۷-۳ کلید خازن با مقاومتهای از پیش تعبیه شده

Size (kvar)	Available short circuit (kA)	Without resistor (per unit)	With 6.4-Ω resistor (per unit)
900	4	1.95	1.55
900	9	1.97	1.45
900	14	1.98	1.39
1200	4	1.94	1.50
1200	9	1.97	1.40
1200	14	1.98	1.34
1800	4	1.92	1.42
1800	9	1.96	1.33
1800	14	1.97	1.28

Courtesy of Cooper Power Systems.

جدول ۱-۳ اضافه ولتاژهای گذرای ماکزیمم مربوط به کلیدزنی خازنی با یا بدون مقاومت

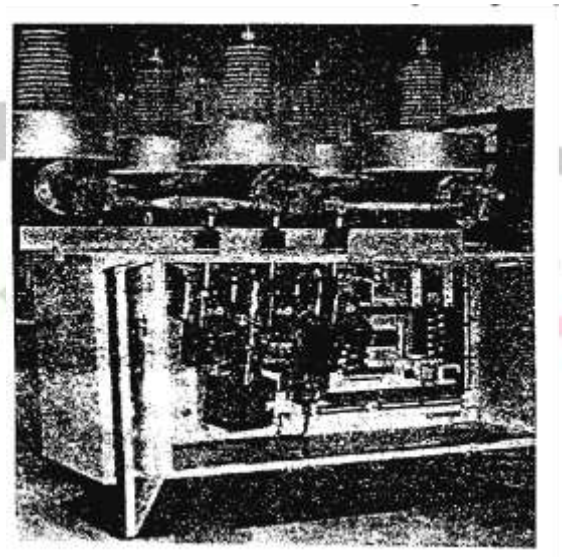
۲-۳-۳ وصل همزمان

راه حل دیگر برای کاهش حالتهای گذرا در کلیدزنی خازن، استفاده از یک بریکر وصل کننده همزمان است. وصل همزمان از طریق همزمان کردن اتصال کنتاکت ها از حالتهای گذرا جلوگیری می کند بطوری که ولتاژ سیستم با ولتاژ خازن در لحظه ای که کنتاکتها وصل می شوند بسیار بهم نزدیک می شوند. همچنین از تغییر پله ای در ولتاژ که با وارد مدار شدن خازن ها، بطور طبیعی اتفاق می افتد و سبب می شود که مدار نوسان کند جلوگیری می کند.

شکل ۸-۳ یک مثال از یک دژنکتور که به این منظور طراحی شده است را نشان می دهد.

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

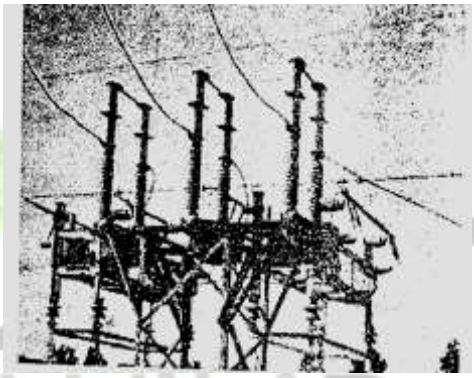
این قطع کننده بطور نرمال در سیستم انتقال یا توزیع بکار می رود. (کلاسهای ۷۲، ۱۴۵ کیلووات) و یک بریکر SF6 سه فاز می باشد که از یک مکانیزم عمل با طراحی خاص متشکل از سه میله گردان قابل کنترل مستقیم استفاده می کند و قادر است با ولتاژ صفر، در یک میلی ثانیه بسته شود. عوامل مختلف مثل درجه حرارت محیط بیرون، ولتاژ کنترل، انرژی ذخیره شده و زمان را از آخرین عملکرد برای جبران الگوریتم ها در پیش بینی زمان کنترل بکار می گیرند. در عملکرد واقعی قطع کننده ها بمنظور تنظیم زمان بندی جهت عملیات آینده، نمونه گیری انجام می شود تا تغییرات در مشخصات مکانیکی را جبران کنند.



شکل ۸-۳

شکل ۹-۳ کلید دیگری که به این منظور ساخته شده است را نشان می دهد که یک کلید خلاء است و در بانکهای خازنی توزیع در کلاسهای ۱۵ تا ۲۳۰ کیلوولت استفاده می شود. شامل سه قطب مستقل با مکانیزمهای عمل مجزا می باشد . زمان برای بستن همزمان با یک

ولتاژ که از مقدار زیاد به صفر می رسد محاسبه می شود و موفقیت آن به عملکرد درست کلید خلاء بستگی دارد که بطور عادی در ۰/۲۵ میلی ثانیه با ولتاژ صفر بسته می شود. کلید جریان های هجومی خازن را با یک فرمان در دامنه و و لتاژ گذرای حدود ۱/۱ پریونیت، کاهش می دهد.



شکل ۹-۳ کلید خازن سنکرون ۶۹ کیلوولت

۳-۳-۳ محل خازن

در فیدر توزیع، بانکهای خازن می تواند به یک مشترک حساس و یا محلی که اضافه ولتاژهای گذرا تمایل به بزرگتر شدن دارند بسیار نزدیک شود.

اغلب می توان خازن را به طرف پائین مدار یا شاخه دیگری از مدار حرکت داد و مشکل را حل کرد. استراتژی این است که با مقاومت در مدار هم استهلاک بیشتری ایجاد کنیم و هم امپدانس بیشتری بین خازن و مشترک حساس بدست آوریم.

موفقیت این استراتژی به تعدادی از عوامل بستگی دارد. البته اگر خازن در یک بار بزرگ قرار داده شود که قدرت راکتیو را برای آن بار بخصوص فراهم کند، حرکت دادن بانک ممکن است یک هدف نباشد. در این صورت باید روش کلیدزنی ملایم و یا کلیدزنی در زمانهای غیربحرانی باید مورد مطالعه قرار گیرد.

WikiPower.ir

فصل چهارم:
تنظیمات و کنترل ولتاژ

شرکت های برق همواره تلاش می کنند که ولتاژ اعمالی به مصرف کننده را تحت ولتاژ نامی با تغییرات مجاز ۵ ± درصد تأمین نمایند. در حالت های اضطراری، برای مدت زمان کوتاه، استاندارد ANSI شماره C84.1 مجاز می دارد که ولتاژ تحویلی در محدوده ۶+ درصد و ۱۳- درصد ولتاژ نامی تغییر نماید. در این فصل مسائل اصلی تنظیم ولتاژ و وسایلی که برای تصحیح آن بکار می رود شناسایی می شوند.

۴-۱ اصول تنظیم ولتاژ

علت ریشه ای بیشتر مسائل تنظیم ولتاژ وجود امپدانس بیش از اندازه در سیستم قدرت می باشد که مانع تغذیه مناسب بار می گردد. لذا تحت بارهای سنگین ولتاژ کاهش چشمگیری را نشان می دهد و برعکس هنگامی که برای غلبه بر کاهش ولتاژ مقدار ولتاژ منبع تقویت گردد در موقع بی باری مواجه با پدیده اضافه ولتاژ خواهیم شد. راههای بهبود این مسئله معمولاً شامل جبران سازی امپدانس Z یا جبران سازی کاهش ولتاژ نامی از (R+jX)I می باشد.

موارد متعدد تنظیم ولتاژ عبارتند از :

۱- اضافه کردن تنظیم کننده ولتاژ که ولتاژ V_1 را تقویت می کند.

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

۲- اضافه کردن خازن موازی برای کاهش جریان I و انتقال دادن مؤلفه جریان بسمت هم فاز شدن بیشتر با ولتاژ.

۳- اضافه کردن خازن سری جهت خنثی نمودن افت ولتاژ ناشی از امپدانس اندوکتیو (IX)

۴- تعویض مقاطع هادی با اندازه های بزرگتر برای کاهش امپدانس Z

۵- تعویض ترانسفورماتور تحت سرویس با نوع بزرگتر آن برای کاهش امپدانس Z

۶- اضافه کردن جبران ساز وار استاتیک (SVC)

WikiPower.ir

۲-۴ تجهیزات تنظیم ولتاژ

در شبکه های توزیع و سیستم های قدرت صنایع، وسایل متعددی برای تنظیم ولتاژ وجود دارد. این تجهیزات به سه دسته اساسی تقسیم می شوند:

۱- ترانسفورماتورهای با تپ چنجر

۲- دستگاههای ایزوله یا تنظیم کننده های ولتاژ مجزا

۳- تجهیزات جبران ساز امپدانس از قبیل خازنها

ترانسفورماتورهای تپ چنجر با عملکرد مکانیکی و بصورت الکترونیکی وجود دارند. در بیشتر طراحی ها ترانسفورماتور تپ چنجر بصورت ترانسفورماتور است ولی در مواردی

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

ترانسفورماتورهای دو سیم پیچه و سه سیم پیچه با تپ چنجر هم وجود دارد. تجهیزات مکانیکی برای تغییرات آهسته بارها بکار می روند در حالی که نوع الکترونیکی آن به تغییرات ولتاژ پاسخ بسیار سریع می دهد.

دستگاههای ایزوله شامل سیستم های با منابع تغذیه بدون قطع (UPS) ، ترانسفورماتورهای فرورزونانس، مجموعه های M-G و مشابه آنها هستند. این دستگاهها اصولاً بار را از منبع قدرت جدا می سازند. لذا طرف بار می تواند بصورت مجزا تحت تنظیم ولتاژ قرار گیرد و صرف نظر از تغییرات ولتاژ ورودی، ولتاژ نسبتاً ثابتی را به مصرف کننده تحویل دهند. مسائل مبتلا به این تجهیزات وجود تلفات زیاد در آنها و تولید هارمونیک در شبکه قدرت می باشد. خازنهای موازی به تثبیت ولتاژ توسط کاهش جریان خط کمک می کنند. همچنین، با جبران سازی بیش از حد می توان سطح ولتاژ را هم افزایش داد. برای تقبیت بیشتر ولتاژ، خازن می تواند همگام با بار سوئیچ شود. اگر هدف تثبیت ولتاژ در سطح بالاتر برای اجتناب از کاهش ولتاژ باشد می توان فقط از خازنهای ثابت (نه سوئیچ شونده) استفاده کرد.

خازنهای سری بندرت استفاده می شوند. بسیاری از مصرف کنندگان از نصب آن بخاطر مراقبتهای زیادی که لازم دارد دوری می جویند. ولی درصورت نصب صحیح کارکرد آنها بسیار رضایت بخش است.

خازنهای سری برای جبران سازی بیشتر اندوکتانس منتهی به بار بکار می رود. اگر سیستم کاملاً اندوکتیو باشد، جبران سازی خازن سری موجب کاهش قابل ملاحظه ای در

امپدانس خواهد شد. اگر سیستم کاملاً اندوکتیو نباشد بلکه قسمت اعظم امپدانس را مقاومت تشکیل دهد، استفاده از خازن سری چندان مفید نخواهد بود. این حالت در بسیاری از کارخانه هائی که توسط کابل های طویل، ترانسفورماتور را به بارها وصل می کنند وجود دارد.

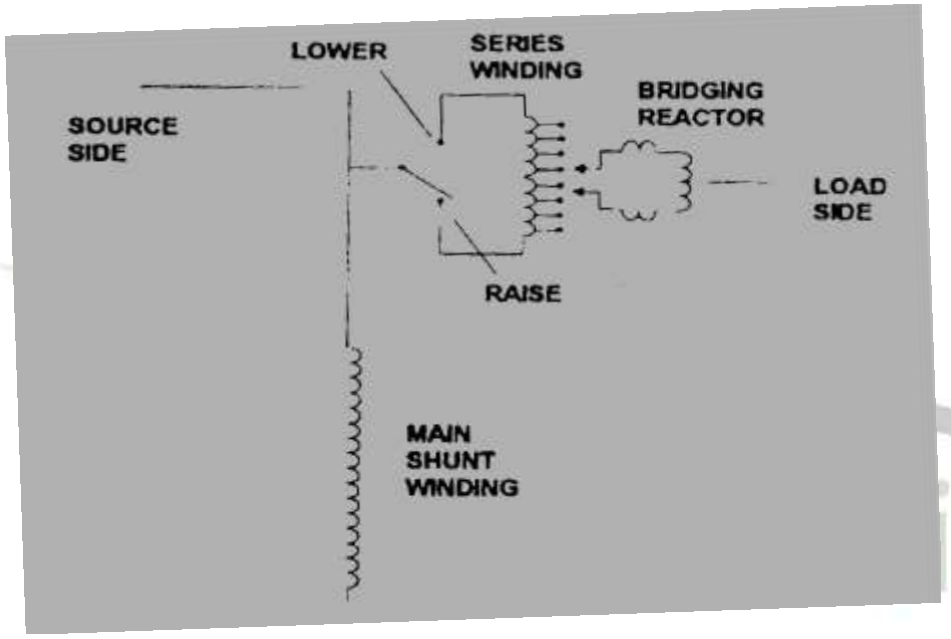
روش دیگر برای از بین بردن اثر بارهائی که تولید فیلکر می کنند، استفاده از جبران ساز (SVC) می باشد. این دستگاه می تواند برای تثبیت ولتاژ با کنترل توان راکتیو درمدت چند سیکل وارد مدار شود. این قبیل دستگاهها در کوره های قوسی و سایر جاهاوی که دارای بارهای تصادفی هستند بکار می رود.

۴-۲-۱ تنظیم کننده های پله ای ولتاژ توزیع

تنظیم کننده های تپ چنجر متعارف توزیع می توانند از ۱۰- تا ۱۰+ درصد ولتاژ ورودی را در ۳۲ پله ۰/۵۸ درصد تنظیم کنند. ترانسفورماتورهای پست توزیع عموماً دارای تپ چنجرهای سه فاز زیر بار (LTC) می باشند، در حالی که رگولاتورهای نصب شده خروجی فیدر معمولاً تک فاز هستند.

تنظیم کننده های خط ممکن است بصورت بانک های دوتائی یا سه تائی نصب شوند، استفاده از بانک های دلتای باز روی فیدرهای سه فاز با بارهای کم و متوسط بخاطر مسائل اقتصادی چندان غیرمعمول نیست، شکل ۲-۴ طرح واره یک تنظیم پله ای ولتاژ توزیع را نشان می دهد.

تنظیم کننده های ولتاژ توزیع نسبتاً کند عمل می کنند. زمان تأخیر برای موقعی که ولتاژ از محدوده خارج می شود حداقل ۱۵ ثانیه است که بطور متعارف ۳۰ یا ۴۰ ثانیه است.



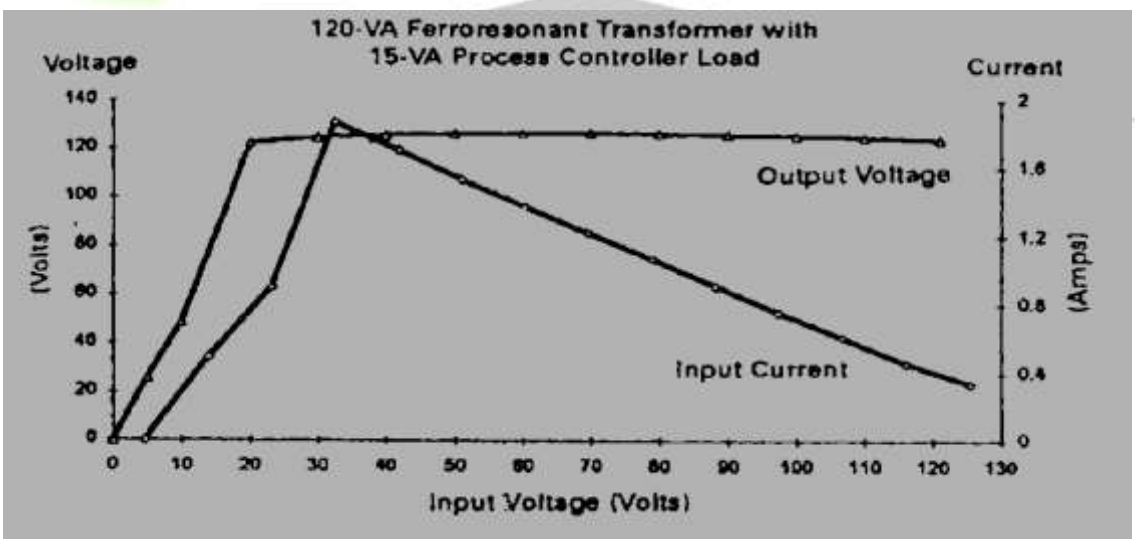
شکل ۲-۴ طرح واره یک تنظیم کننده پله ای ولتاژ برای خطوط توزیع

بنابراین برای جاهائی که ولتاژ امکان تغییر در محدوده سیکل و یا ثانیه را دارد بکارگیری آنها چندان مناسب نیست. عملکرد اصلی آنها، تقویت ولتاژ فیدرهای طویل است. محدوده تغییرات ولتاژ در مبنای ۱۲۰ ولت بین ۱/۵ تا ۳ ولت می باشد.

۲-۲-۴ ترانسفورماتورهای فرورزونانس

در طرف مصرف کننده، ترانسفورماتورهای فرورزونانس نه تنها برای حفاظت دستگاهها در برابر کمبود ولتاژ مفیدند بلکه می توانند بعنوان تنظیم کننده ولتاژ، خیلی خوب ($1\% \pm$ در خروجی) عمل کنند. شکل ۳-۴ مشخصه ورودی- خروجی حالت مانای یک ترانسفورماتور فرورزونانس ۱۲۰ ولت آمپری را با بار ۱۵ ولت آمپر نشان می دهد.

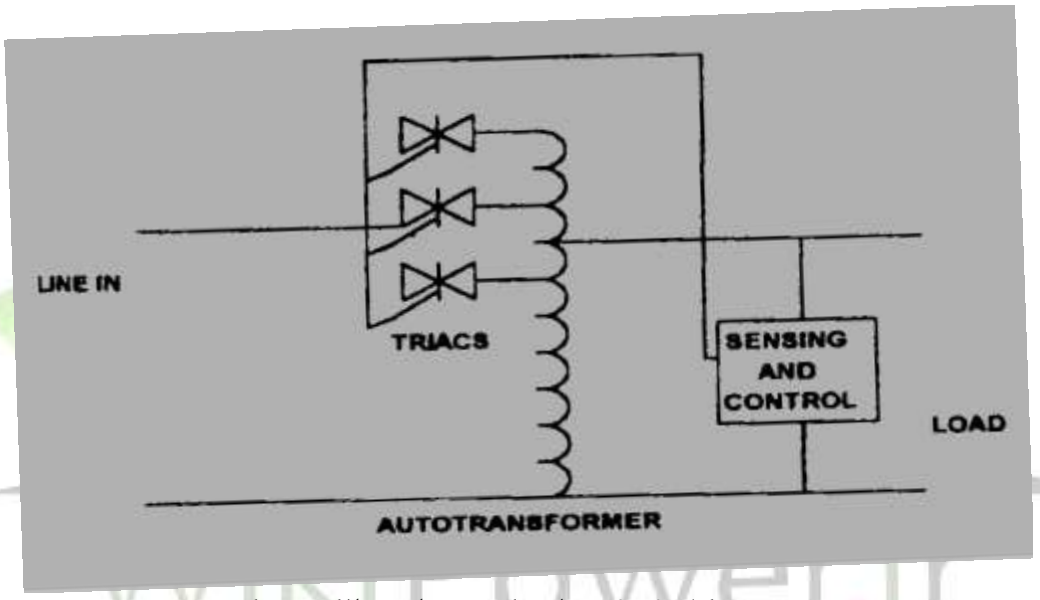
وقتی که ولتاژ ورودی به مقدار ۳۰ ولت کاهش می یابد، ولتاژ خروجی ثابت باقی می ماند. اگر ولتاژ ورودی بیشتر کاهش یابد، ولتاژ خروجی شروع به فروپاشی می کند. ولی باید درنظر داشت که این نوع ترانسفورماتورها دارای تلفات زیادی هستند و بازدهی آنها بسیار کم است.



شکل ۳-۴ مشخصه های حالت مانای ترانسفورماتورهای فرورزونانس

۳-۲-۴ رگولاتور با تپ سوئیچ شونده الکترونیکی

تنظیم کننده یا تپ الکترونیکی (شکل ۴-۴) هم می تواند بعنوان تنظیم کننده ولتاژ بکار رود. بازدهی آنها بمراتب بیشتر از ترانسفورماتورهای فرورزونانس است. این نوع تنظیم کننده ها بعلت بکارگیری کلیدهای SCR یا تریستوری دارای سرعت پاسخ بسیار سریع می باشند و می توانند در کمتر از نیم سیکل عمل کنند.



شکل ۴-۴ تنظیم کننده با تپ الکترونیکی

۴-۲-۴ جمع کننده های مغناطیسی

جمع کننده های مغناطیسی اگر چه برای کمبودهای ولتاژ کوتاه مدت بکار می روند ولی می توانند برای تنظیم ولتاژ حالت مانا هم بکار گرفته شوند. یکی از کارخانجات سازندهٔ آن بیان می دارد که برای ولتاژ ورودی ۲۰ درصد، ولتاژ خروجی در محدوده ۵ درصد در بار کامل ثابت خواهد ماند.

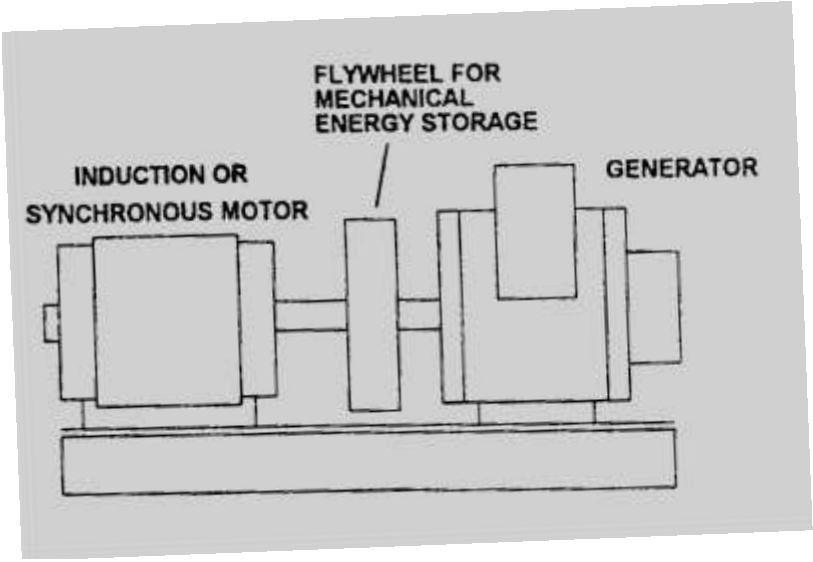
۴-۲-۵ سیستم های تغذیه (UPS) روی خط

سیستمهای منبع تغذیه (UPS) روی خط که برای حفاظت در برابر کمبودهای ولتاژ قطعی کوتاه بکار می روند هم می توانند بعنوان تنظیم کننده ولتاژ عمل کنند. این یک راه حل مناسب برای بارهای کوچک از قبیل کامپیوتر یا بارهای کنترلرهای الکترونیکی در محیط صنایع می باشد.

۴-۲-۶ مجموعه های موتور ژنراتور

مجموعه های موتور ژنراتور (شکل ۵-۴) هم می توانند بعنوان تنظیم کننده ولتاژ بکار روند. آنها بکلی بار را از سیستم قدرت الکتریکی ایزوله می کنند. تنظیم ولتاژ توسط کنترل کردن ژنراتور حاصل می شود. مجموعه موتور ژنراتور می تواند در عرض چند ثانیه ولتاژ را به سطح مطلوب تغییر دهد که البته برای بعضی از بارها این مدت زمان بسیار کند خواهد بود.

WikiPower.ir

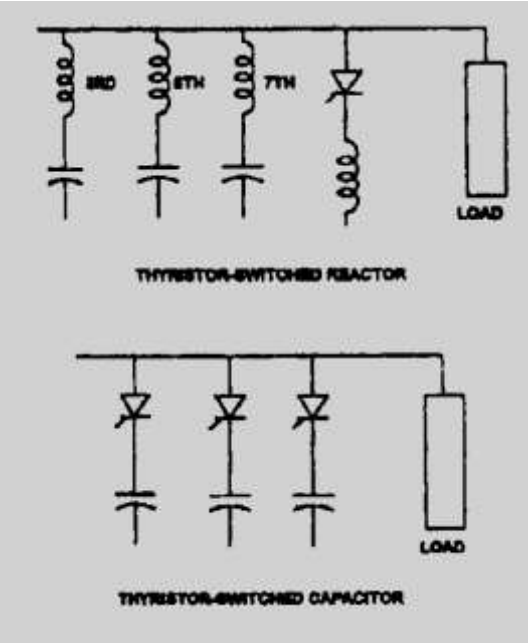


شکل ۵-۴ مجموعه موتور ژنراتور

۴-۲-۷ جبران کننده های استاتیک وار (SVC)

جبران کننده های استاتیک وار را می توان در شبکه های توزیع و یا در سیستم های صنایع بکار برد و آنها با پاسخ سریع به تغییرات توان راکتیو سیستم یا مصرف کننده وظیفه تنظیم ولتاژ را بخوبی انجام می دهند. این عمل می تواند روی امپدانس شبکه تأثیر گذاشته و بر مبنای سیکل به سیکل ولتاژ را افزایش و یا کاهش دهد.

در کاربردهای عمومی معمولاً دو نوع پایه SVC وجود دارد. همچنان که در شکل ۶-۴ نشان داده شده است. نوعی که از راکتور کنترل شده توسط تریستور (TCR) استفاده می کند احتمالاً بیشترین مصرف را دارد. در این آزمایش یک بانک خازنی ثابت برای تهیه توان راکتیو پیش فاز و یک اندوکتانس کنترل شده با تریستور که با کنترل زاویه آتش آن اثر خازن کمی یا کاملاً خنثی می شود تشکیل شده است خازنها طوری آرایش داده می شوند تا هارمونیک های ناشی از عملکرد تریستور را فیلتر کنند.



شکل ۶-۴ آرایش متعارف جبران کننده های استاتیک وار (SVC)

نوع دیگر خازن با کلید تریستوری طوری عمل می کند تا سریعاً احتیاجات بار را برآورده سازد. مشکلات استفاده از این نوع بیشتر از راکتور – تریستور است ولی با این حال به اندازه کافی از آنها استفاده می شود. خازنها بطور کامل به مدار وارد یا خارج می شوند لذا جریانهای هارمونیکی در این مورد وجود ندارد.

۳-۴ کاربرد تنظیم کننده ولتاژ توزیع

رگولاتور ولتاژ متعارف ۳۲ پله ای که در شبکه های توزیع آمریکا استفاده می شود. این دستگاه تک فاز ساخته می شود و بطور تکی روی یک پایه (تیر) قرار می گیرد و نصب سه تائی آنها روی یک سکو بین دو تیر انجام می گیرد. اتصال آنها بصورت ستاره زمین شده یا مثلث باز می باشد. سیستم کنترل آنها بطور جداگانه برای هر فاز در کنار دستگاه قرار می گیرد.

۱-۳-۴ جبران ساز افت خط

رگولاتورها یکی از وسایل بسیار مفید در شرایط کاهش ولتاژ روی فیدرهای توزیع برای هنگامی که بار بیش از حد ظرفیت فیدر در زمان پیک باشد می باشند.

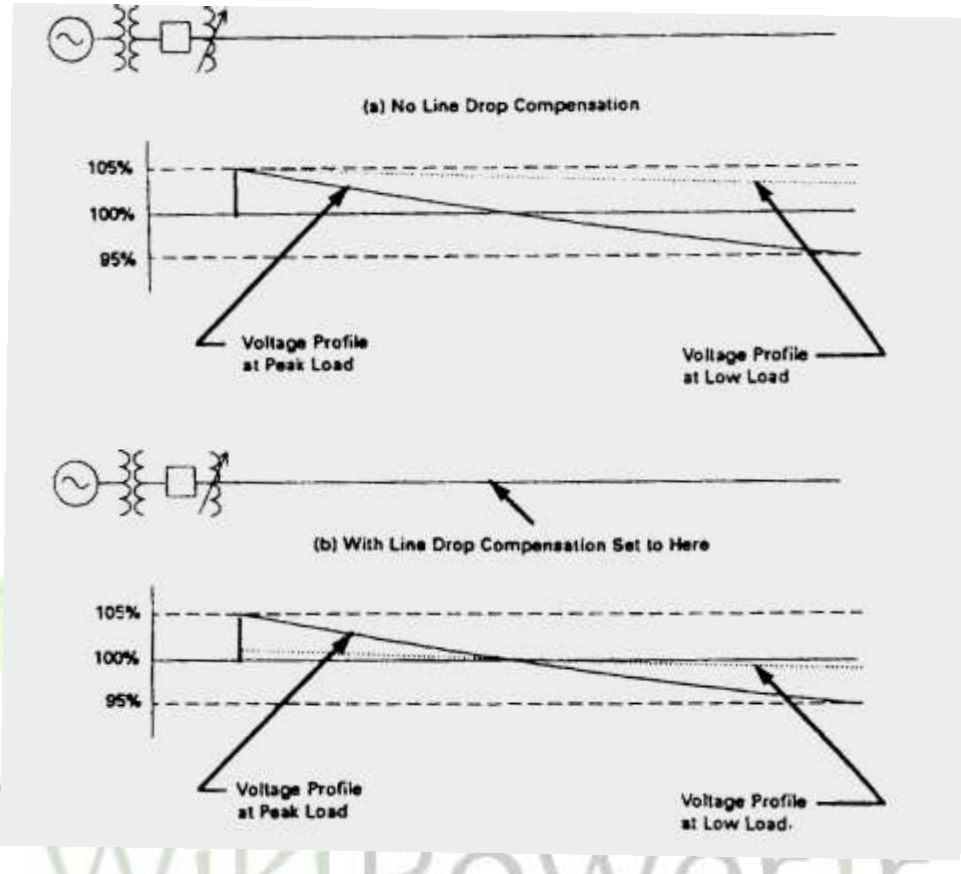
از آنجایی که تعیین صحیح تنظیم برای جبران سازی افت ولتاژ مستلزم زمان زیادی است لذا، تنظیمات X.R اغلب روی صفر تنظیم می شود و نقطه تنظیم رگولاتور ولتاژ در نزدیکی حداکثر مجاز (۱۲۵ یا ۱۲۶ برای مبنای ۱۲۰ ولت) انتخاب می شود. در نتیجه ولتاژ فیدر در بیشتر مواقع نزدیک حداکثر مجاز آن قرار دارد چون بار نقطه پیک، فقط درصد کوچکی از ساعات را در سال تشکیل می دهد. این امر در بیشتر مواقع رضایت بخش است مگر در موارد زیر:

۱- ترانسفورماتورها در نقطه بالای منحنی اشباع کار می کنند که موجب تولید هارمونیک های بیشتر جریان و (تلفات) و تأثیر روی اعوجاج هارمونیکی روی فیدر می شوند که در حالت کم باری موجب اشکال خواهد شد.

۲- سوختن زودهنگام لامپهای رشته ای مصرف کنندگان:

هدف از جبران سازی افت ولتاژ عبارت است از تعیین مشخصه ولتاژ به طوری که در شرایط پیک بار ولتاژ تقویت شده ای را داشته باشیم. با این شرط که در حالت بی باری ولتاژ در نزدیکی ولتاژ نامی باشد. این مطلب در شکل ۸-۴ تشریح شده است.

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



شکل ۸-۴ اثر جبران ساز افت خط روی پروفیل ولتاژ

برای ساده کردن بحث فرض شده است که هیچ گونه LTC در پست قرار ندارد و تنها رگولاتور مطرح همان رگولاتور فیدر در پست باشد. در قسمت a ، هیچگونه جبران سازی به کار نرفته است و تنظیم ولتاژ روی ۵ درصد بالا قرار دارد.

در قسمت b ، تنظیم ولتاژ ۱۰۰٪ می باشد و جبران ساز افت خط در فاصله دورتری نسبت به فیدر قرار دارد. در بار پیک ولتاژ رگولاتور به ۱/۵ درصد می رسد که برای تثبیت ولتاژ

انتهایی فیدر در سطح ولتاژ مناسب لازم است. ولی در بار کم پروفیل ولتاژ فیدر در نزدیکی ۱۰۰٪ ولتاژ قرار دارد.

تلاشهای متعددی برای تعیین تنظیم های جبران ساز افت ولتاژ صورت می پذیرد. کارخانجات سازنده با استفاده از برنامه های کامپیوتری به محاسبه این تنظیم ها می پردازند مشروط به اینکه نسبت تبدیل های PT، CT معلوم باشند. البته کارخانجات سازنده، همچنین کتابهای راهنمایی ارائه می کنند تا با استفاده از فرمولهای ساده بطور تخمینی بتوان تنظیم ها را حدس زد. تنظیم های جبران ساز افت خط برای قسمتهای مقاومتی و راکتیو جبران سازها با X,R نامیده می شوند درحالیکه واحدها بجای اهم بصورت ولت بر مبنای ۱۲۰ ولت داده می شوند.

برای تبدیل مقدار واقعی خط از اهم به تنظیم های X,R رابطه اصلی بصورت زیر است:

$$\text{تنظیم } (R+jX) = \text{اهم } (R+jX) = (\text{نسبت PT / نامی CT})$$

که CT جریان نامی خط و PT نسبت ولتاژ نامی فاز تقسیم بر ۱۲۰ ولت مشخص می شوند.

این مقادیر R ، X برای رگولاتورهای متصل شده بصورت ستاره مستقیماً استفاده می شوند. برای اتصال مثلث رگولاتورها، این مقادیر بایستی توسط مقادیر $1<-30^0$ برای اتصال مثلث پیش فاز و $1<+30^0$ برای اتصال مثلث پس فاز ضرب شوند.

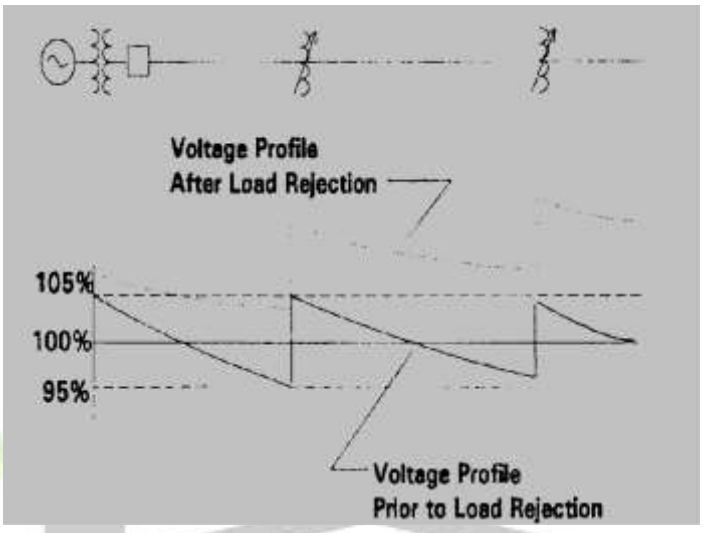
بعضی از شرکتهای توزیع تنظیم کننده های استاندارد متوسطی را تهیه کرده اند و از آن استفاده می کنند. بعضی ها X,R را بر اساس تجربه تنظیم می کنند به این صورت که شخصی را در نقطه کم ولتاژ فیدر قرار می دهند در حالیکه دیگری مقدار X , R را تنظیم می کند. بطور ایده آل این کار بایستی در زمان پیک بار صورت پذیرد. البته این عمل زمان بر و احتیاج به بازبینی های مجدد دارد.

۲-۳-۴ رگولاتورهای سری

در مناطق کم جمعیت این امر جا افتاده است که برای خطوط بسیار طولانی که بار را تغذیه می کنند از دو عدد و یا تعداد بیشتری از بانک های رگولاتور بصورت سری استفاده کنند. این عملکرد محتاج ملاحظات مخصوصی است تا مشکلاتی برای کیفیت توان پیش نیاورد.

یکی از ملاحظات مهم در هماهنگ کردن رگولاتورهای سری عبارت است از تنظیم مناسب تأخیر اولیه. نزدیکترین رگولاتور به پست بایستی روی حداقل زمان تأخیر (معمولاً ۱۵ یا ۳۰ ثانیه) تنظیم شود. رگولاتورهای دورتر باید بر اساس زمان تأخیر بیش از ۱۵ ثانیه تنظیم شوند. این عمل موجب حداقل کردن تغییرات تپ رگولاتورهای ته خط و حداقل کردن تغییرات ولتاژ و افزایش عمر کنتاکت ها خواهد شد. شاید بزرگترین مسئله کیفیت توان در این موقعیت همان عدم پذیرش بار (load rejection) باشد در هنگام از دست دادن ناگهانی بار که می

تواند بعد از یک خطا رخ دهد و موجب افزایش بیش از حد ولتاژ بعلت تقویت ولتاژ توسط رگولاتور گردد. (شکل ۹-۴)، اضافه ولتاژ ۲۰ درصد و یا بیشتر امکان وقوع دارد.



شکل ۹-۴ اضافه ولتاژ ناشی از عدم پذیرش بار درصورت داشتن رگولاتورهای سری

اشباع ترانسفورماتور و باقیمانده مصرف کنندگان به پایین آمدن ولتاژ کمک می کند اما این عمل از محدوده مجاز تجاوز می کند. برای کاهش صدمه به مصرف کنندگان، رگولاتورها مجهز به یک برگردان سریع هستند که زمان تأخیری عادی را بای پس کرده و ولتاژ را با سرعت تمام پایین می آورند. این عمل معمولاً ۲ تا ۴ ثانیه در هر تغییر تپ طول می کشد.

۴-۴ بکارگیری خازنها برای تنظیم ولتاژ

برای تنظیم ولتاژ در سیستم قدرت از خازنها بصورت موازی و یا سری استفاده می شود.

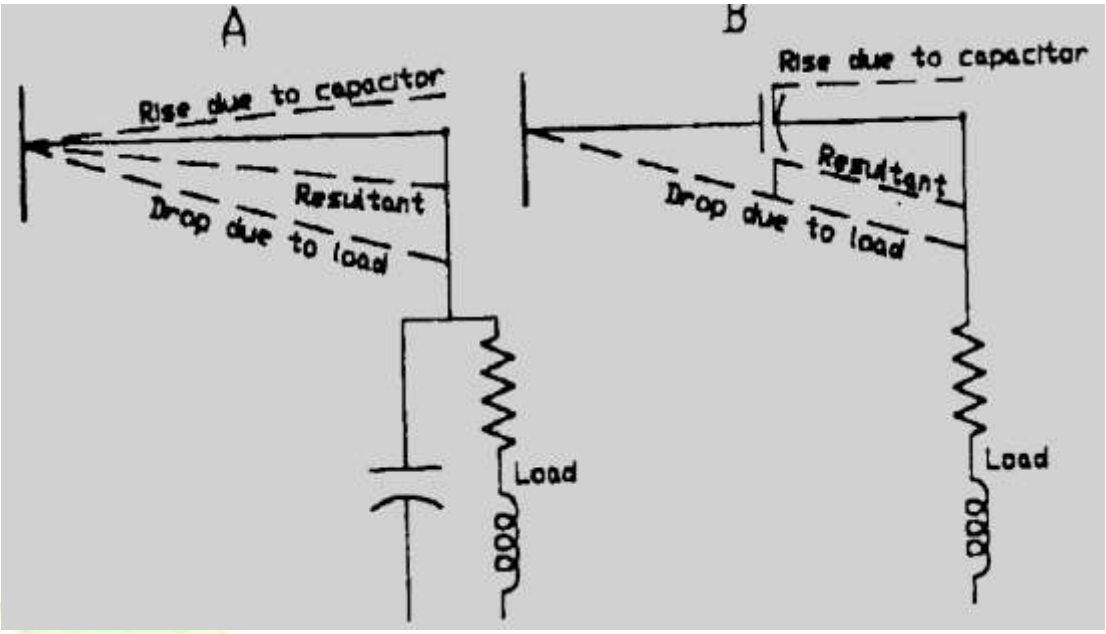
۴-۴-۱ خازنهای موازی

همچنان که در شکل ۴-۱۰- A نشان داده شده است، حضور خازن موازی در انتهای فیدر موجب تغییرات تدریجی در طول فیدر می گردد. بصورت ایده آل، درصد افزایش ولتاژ در خازن عبارتست از:

$$\%\Delta V = ۱۰۰ . (V \text{ با خازن} - V \text{ بدون خازن}) / V \text{ با خازن}$$

که این مقدار در بی باری صفر و در بار کامل، مقدار حداکثر را خواهد داشتو ولی با خازنهای موازی، درصد افزایش ولتاژ از مقدار مصرف بار، مستقل است. لذا بعضی اوقات با بکارگیری کلیدزنی اتوماتیک مقدار رگولاتور مطلوب برای بارهای سنگین ایجاد می شود ولی مشکل اضافه ولتاژ در بارهای کم همچنان پابرجاست. این عمل ممکن است موجب اضافه ولتاژهای گذرا در تجهیزات مصرف کنندگان گردد.

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



شکل ۱۰-۴ تقویت ولتاژ بعلت بکارگیری خازن A) B)

بکارگیری خازنهای موازی همچنین ممکن است مشکلات هارمونیکی متعددی را ایجاد کنند.

۲-۴-۴ خازنهای سری

بر خلاف خازن موازی، یک خازن سری موجب افزایش ولتاژ در انتهای فیدر می گـردد با این تفاوت که این افزایش رابطه مستقیم با جریان بار دارد.

بنابراین خازن های سری در ازای تغییرات بار لزومی به سوئیچ شدن ندارند. علاوه بر این خازنهای سری دارای کیلووات و کیلووار نامی کمتری در مقایسه با خازنهای موازی برای عملکرد مشابه می باشند. ولی خازنهای سری معایب متعددی هم دارند، اولاً آنها توانائی تولید توان راکتیو برای بارهای فیدر را ندارند و اثر چندان مؤثری هم روی کاهش تلفات سیستم ندارند. خازنهای سری تنها می توانند در صورت افت شدید ولتاژ فیدر، ظرفیت اضافه ای را برای سیستم آماده کنند. در مقابل، خازنهای موازی در موقعی که ظرفیت سیستم توسط جریان فیدر محدود شد مؤثر واقع می شوند.

ثانیاً ، خازنهای سری نمی توانند جریان خطا را تحمل کنند و موجب اضافه ولتاژ شدیدی می شوند که بایستی با بای پس کردن خازن با استفاده از یک کلید اتوماتیک از آن ممانعت به عمل آورد. یک برقگیر هم بایستی به دو سر خازن نصب گردد تا هنگامی که کلید بسته نشده است جریان را منحرف کند.

مسائل دیگری هم در این رابطه وجود دراد که بایستی قبل از اعمال خازن سری مدنظر باشد . اینها شامل تشدید و یا پدیده هانتینگ در موتورهای سنکرون و القائی و پدیده فرورزونانس با ترانسفورماتورها می شود. بخاطر این مسائل، کاربرد خازن سری در سیستم های توزیع بسیار محدود شده است.

۴-۵ کاربرد خازن در سوی مصرف کننده

خازنهای تصحیح کننده ضریب قدرت عموماً بخاطر منافع اقتصادی کاربرد دارند اما علاوه بر این از نظر کیفیت توان هم می توانند مورد بررسی قرار گیرند. دلایلی که یک مصرف کننده را تشویق به استفاده از خازن تصحیح قدرت می کند عبارتند از:

- کاهش هزینه مصرفی
- کاهش تلفات I^2R و در نتیجه، کاهش حرارت در خطوط و ترانسفورماتورها
- بهبود سطح ولتاژ مصرف کننده، افزایش تولید و بازدهی بهره برداری
- کاهش جریان خطوط و ترانسفورماتورها، که موجب دادن سرویس به بارهای اضافی بدون ساختن مدارهای جدید می شود.

در اثر اضافه کردن خازن، امکان بروز مشکلات کیفیت توان وجود دارد. عمومی ترین آن مسائل هارمونیکی است. با اینکه خازنهای تصحیح قدرت منبع تولید هارمونیک ها نیستند، ولی می توانند با تأثیر متقابل روی سیستم، اثر هارمونیک های موجود در سیستم را تشدید کنند. البته گذارهای ناشی از کلیدزنی خازنی هم وجود دارد.

۱-۵-۴ مکان یابی خازنهای تصحیح قدرت

نصب خازن تصحیح ضریب قدرت موجب کاهش توان راکتیو سیستم می شود. لذا برای گرفتن بهترین نتیجه بایستی تا آنجا که امکان دارد تصحیح ضریب قدرت در نزدیکی محل بار صورت گیرد. اما این کار بخاطر تأثیر متقابل هارمونیک ها و خازنها ممکن است بهترین راه حل مهندسی نباشد.

اغلب خازن ها با موتور القائی بزرگ نصب می شوند. این امر امکان می دهد که خازن و موتور بعنوان یک واحد سوئیچ شوند. تأسیسات بزرگ با سیستم توزیع گسترده، اغلب خازنها را در باس ولتاژ اولیه نصب می کنند. ولی در موارد بسیاری تصحیح ضریب قدرت و تصحیح اعوجاج هارمونیکی توسط خازنهای واحدی صورت می پذیرد. مکان فیلترهای هارمونیکی بزرگ روی باس توزیع (C_2) موجب جبران سازی و ایجاد مسیری با امپدانس کم برای عبور جریان هارمونیکی می شود که مانع حضور جریانهای هارمونیکی در شبکه توزیع می گردد.

از مزایای نصب خازنها در باس توزیع این است که این عمل موجب هیچ گونه کاهش جریان و تلفات خطوط درون تأسیسات نمی گردد. کاهش تلفات و جریان موقعی بدست می آید که خازنها در کل تأسیسات توزیع شود. بعضی از صنایع، خازنها را در مرکز کنترل موتورها نصب می کنند که بیشتر اوقات از قراردادن خازن روی هرموتور اقتصادی تر است.

WikiPower.ir

۲-۵-۴افزایش ولتاژ

افزایش ولتاژ ناشی از نصب خازنها روی یک مدار اندوکتیو ازنظر کیفیت توان یک شمشیر دو لبه است. اگر ولتاژ پایین باشد، آنگاه خازنها موجب افزایش و برگرداندن ولتاژ به مقدار مجاز می شوند ولی موقعی که بارها قطع گردد و خازنهای شارژ شده رها شوند. ولتاژ شدیداً افزایش یافته و موجب بروز اضافه ولتاژ پایدار مدارمی گردد.

افزایش ولتاژ ناشی از نصب خازنها تقریباً برابر است با :

$$\%\Delta V = \frac{K\ \mathrm{var}_{cap} \times Z_{tx}(\%)}{KVA_{tx}}$$

که $\%\Delta V$ = درصد افزایش ولتاژ

$K\ \mathrm{var}_{cap}$ = قدرت نامی بانک خازنی

KVA_{tx} = قدرت نامی ترانسفورماتورهای کاهنده

Z_{tx} = امپدانس ترانسفورماتور کاهنده ،٪

در این فرمول فرض بر این است که امپدانس ترانسفورماتور در برگیرنده کلیه امپدانس های شبکه تا نقطه نصب خازن می باشد.

همان طور که در بالا ذکر شد، یکی از مسائلی که در کیفیت توان مطرح است اضافه ولتاژ ناشی از باقی ماندن خازن شارژ شده بعد از قطع بار می باشد. مشکلات ایجاد شده توسط این امر عبارت از صدای هوم از ترانسفورماتور و در بعضی از حالات ایجاد حرارت بالا، ناشی از فوق تحریک شدن هسته می باشد. مشکل دیگر سوختن تعداد زیادی از لامپهای رشته ای می باشد. بنابراین باید فرمولی برای بررسی اینکه کجاها می توان خازن را شارژ شده رها کرد یا نه بدست آورد.

۳-۵-۴ کاهش تلفات سیستم قدرت

از آنجایی که تلفات، با عکس مجذور ضریب توان (PF^2) رابطه دارد، کاهش تلفات سیستم قدرت را می توان از رابطه زیر تقریب زد:

$$\%\text{Power loss } \alpha \ 100\ (PF_{original} / PF_{corrected})^2$$

$$\%\ \text{Loss reduction} = 100\ [1- (PF_{original} / PF_{corrected})^2\ ]$$

که در این رابطه %Loss reduction = درصد کاهش در تلفات

$PF_{original}$ = ضریب قدرت اولیه (pu)

$PF_{corrected}$= ضریب قدرت تصحیح شده (pu)

این فرمول اصولاً به یک خازن واحد روی یک خط تغذیه شعاعی اعمال می شود.

باید این مطلب را بخاطر داشت که این فرمول، درصد کاهش ممکن، نسبت به تلفات حاضر تا قبل از خازنها می باشد. در اینجا هیچگونه کاهش تلفاتی در خطوط و ترانسفورماتورهای بین بار و خازن وجود نخواهد داشت.

۴-۵-۴ کاهش جریان خط

درصد کاهش جریان خط را می توان بصورت زیر تقریب زد:

$$\%\Delta I = 100[1-(Cos\,\theta_{before} / Cos\,\theta_{after})]$$

که $\%\Delta I$ = درصد کاهش جریان

θ_{before} = زاویه ضریب قدرت قبل از تصحیح

θ_{after} = زاویه ضریب قدرت بعد از تصحیح

۵-۵-۴ ضریب قدرت جابجایی[۷] بر حسب ضریب قدرت واقعی [۸]

[1] - DPF (Displacement Power Factor
[8] - TPF (True Power Factor)

مفهوم سنتی تصحیح ضریب قدرت بر مبنای این فرض استوار است که بارهای سیستم داری مشخصه های خطی ولتاژ- جریان هستند و اینکه از اعوجاج هارمونیک می توان چشم پوشی کرد.

با این فرضیات، ضریب قدرت برابر است با ضریب قدرت جابجائی (DPF). مقدار DPF را با استفاده از روش سنتی مثلث ضریب قدرت که بصورت زیر هم نوشته می شود می توان محاسبه کرد.

$$DPF = KW / KVA = Cos\theta$$

که KVA، KW مقادیر مؤلفه فرکانس اصلی می باشد.اعوجاج هارمونیکی در ولتاژ و جریان ناشی از بارهای غیرخطی در سیستم، روش محاسبه ضریب قدرت را تغییر می دهد. ضریب قدرت واقعی (TPF) بصورت نسبت توان حقیقی به مجموع ولت آمپر در مدار تعریف می شود.

$$TPF = KW / KVA = P / V_{rms} \times I_{rms}$$

همانند قبل، ضریب توان بصورت نسبت KW به KVA تعریف می شود، اما در این حالت مقدار KVA شامل ولت آمپرهای اعوجاج هارمونیکی هم می باشد. کل KVA توسط ضرب مقدار rms واقعی ولتاژ در مقدار rms واقعی جریان بدست می آید.

۶-۵-۴ انتخاب مقدار خازنها

مقدار نامی kvar لازم برای تصحیح قدرت از رابطه زیر بدست می آید.

$$k\,\mathrm{var} = KW(\tan\phi_{orig} - \tan\phi_{new})$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\mathrm{PF}^2{}_{\mathrm{orig}}} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\mathrm{PF}^2{}_{\mathrm{new}}} - 1}$$

که kvar = جبران سازی لازم به kvar

ϕ_{orig} = زاویه فاز ضریب قدرت اولیه

ϕ_{new} = زاویه قدرت مطلوب

PF_{orig} = ضریب قدرت اولیه

PF_{new} = ضریب قدرت مطلوب

بعد از انتخاب مقدار تخمینی خازن، برای کیفیت توان موارد زیر بایستی بررسی شوند.

۱- محاسبه افزایش ولتاژ بی بار برای اطمینان اینکه در حالت بی باری ولتاژ از ۱۱۰ درصد تجاوز نکند. در غیر این صورت مقدار خازن بایستی کاهش یابد تا مقدار اضافه ولتاژ مجاز بدست آید.

۲- محاسبه اثر متقابل خازنها روی هارمونیک ها

در صورت مشاهده مسئله ساز بودن خازن برای هارمونیک ها عملیات زیر باید صورت گیرد.

۱- تغییر در مقدار خازنها در صورت امکان و اجتناب از کلیدزنی ترکیبی. این کم هزینه ترین راه حل می باشد.

۲- تبدیل بعضی از خازنها بصورت یک یا دو فیلتر که معمولاً روی باس اصلی قرار می گیرد.
بکارگیری یک کنترل آداپتیو برای مانیتورینگ اعوجاج
هارمونیکی و کلیدزنی خازنها برای اجتناب از تشدید.

۴-۶ جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع متقارن

همان گونه که می دانیم شبکه های موجود در تمامی کشورها به شکلهای مختلفی وجود دارند. بدین معنی که نحوهٔ بارگذاری بر روی یک خط هوایی با یک کابل می تواند مختلف باشد. بعنوان مثال شبکهٔ روشنایی معابر یک شبکهٔ با بار یکنواخت محسوب شده و یا یک کارخانه شبکه ای با بار متمرکز است. همچنین ترکیبی از این دو حالت نیز می تواند وجود داشته باشد. در این بخش ضمن بررسی معادلات تلفات در شبکه های توزیع قبل و بعد از نصب خازن، خازن گذاری را در این گونه شبکه های مورد بررسی قرار می دهیم، تا دید بهتری نسبت به شبکه های نامتقارن پیدا کنیم.

اما همان طور که می دانیم ترانسفورماتورها بطور کلی دو نوع تلفات را بر شبکه تحمیل می کنند. یکی تلفات آهن (تلفات هیسترزیس+ تلفات جریان فوکو) یا تلفات بی باری که ثابت بوده و با تغییر جریان بار مربوط به ترانسفورماتور هیچ تغییری نکرده و نصب خازن نیز این تلفات را کم نخواهد کرد و دیگری تلفات مس است که فقط در صورت نصب خازن در طرف ۴۰۰ ولت و فقط در همان ترانسفورماتوری که خازن در طرف فشار ضعیفش نصب شده کم خواهد شد. بنابراین به طور عمده می توان گفت که تلفات ترانسفورماتورها با نصب خازن تغییری نخواهد

کرد. البته لازم به ذکر است که تلفات مس ترانسفورماتور تابع جریان بار همان ترانسفورماتور بوده و با افزایش بار افزایش می یابد.

تلفات دیگر شبکه تلفات مقاومتی شبکه است که تلفات ناشی از مؤلفه اکتیو جریان یعنی $ICos\varphi$ نیز ثابت بوده و با نصب خازن از بین نخواهد رفت و تنها مؤلفه اکتیو جریان یعنی $ISin\varphi$ پس از نصب خازن بهبود می یابد.

از نظر پروفیل ولتاژ نیز دو عامل $RICos\varphi$ و $X_L ISin\varphi$ باعث ایجاد افت ولتاژ می گردند که مقدار $RICos\varphi$ از بین نخواهد رفت اما مؤلفه $X_L ISin\varphi$ با نصب خازن کاهش خواهد یافت.

بنابراین چه در مورد کاهش تلفات و چه در مورد کاهش افت ولتاژ در طول خطوط توجه خود رابه مؤلفه راکتیو جریان یعنی $ISin\varphi$ معطوف می داریم.

۴-۷ روش جایابی بهینهٔ خازن در شبکه های متقارن

روش جایابی بهینهٔ خازن در شبکه های متقارن مبتنی است بر جایابی بهینهٔ خازن بر اساس بهینه سازی تلفات توان و رگولاسیون ولتاژ.

مطالعهٔ پروفیل یک فیدر برای جایابی خازن بسیار ارزشمند است. نوع قرارگرفتن بار روی فیدر در نحوهٔ ارزیابی مکان خازنها بر روی فیدر بسیار مهم می باشد هرچند که نحوهٔ قرارگیری بار بر روی فیدرهای واقعی موجود در شبکه غیریکنواخت و بدون نظم ازنظر مقدار و مکان انشعاب می باشد لیکن برای درک مطلب لازم است بررسی خود را بر روی چند فیدر

مشخص با بارگذاری خاص معطوف سازیم تا بدین وسیله بتوانیم در هنگام بررسی خازن گـذاری بر روی فیدرهای واقعی با دقت بیشتری عمل کرده و احاطهٔ بیشتری بر مطلب داشته باشیم.

الف- فیدر با بار متمرکز در یک نقطه.

ب- فیدر با بار یکنواخت و توزیع شدهٔ یک شکل.

ج- فیدر با بار متمرکز و یکنواخت مداوم .

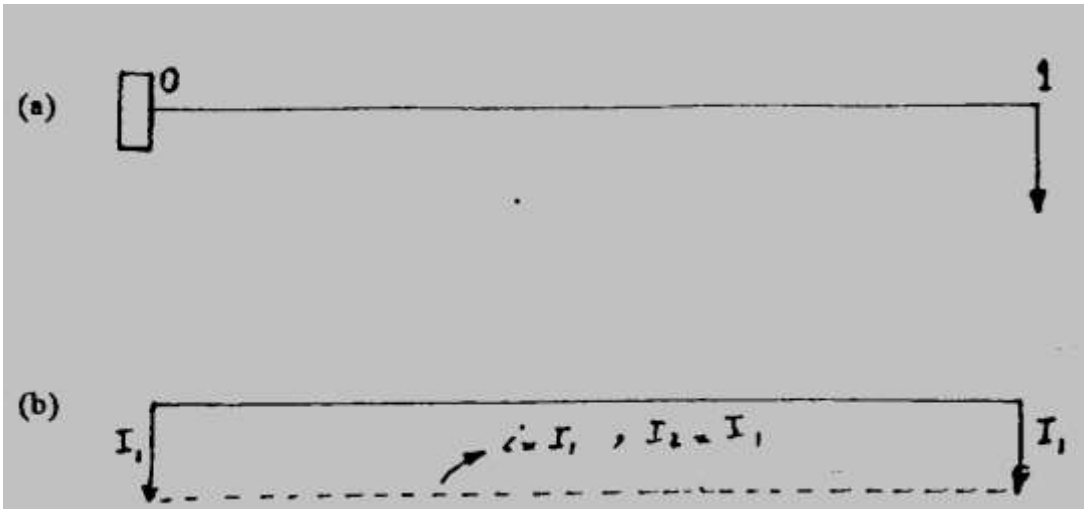
۴-۷-۱ فیدر با بار متمرکز در یک نقطه

یک چنین فیدری دارای بار مشخص در فاصلهٔ معینی از پست بوده و بـار متمرکـز مـی باشد.

۴-۷-۱-۱ تلفات قبل از نصب خازن

کل تلفات توان راکتیو در روی فیدر فوق را می توان از روی منحنی بر اساس محاسـبهٔ سطح زیر منحنی بدست آورد.

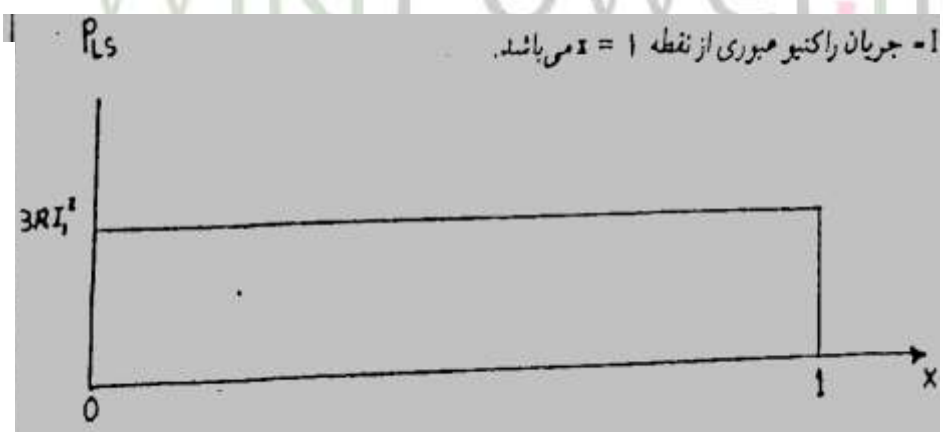
WikiPower.ir



شکل(۱-۱-۷-۴) (a) مدار و (b) پروفیل توزیع جریان راکتیو در طول فیدر قبل از نصب خازن

I_1 = جریان راکتیو از نقطه x=0 می باشد.

I_2 = جریان راکتیو عبوری از نقطه x=1 می باشد.



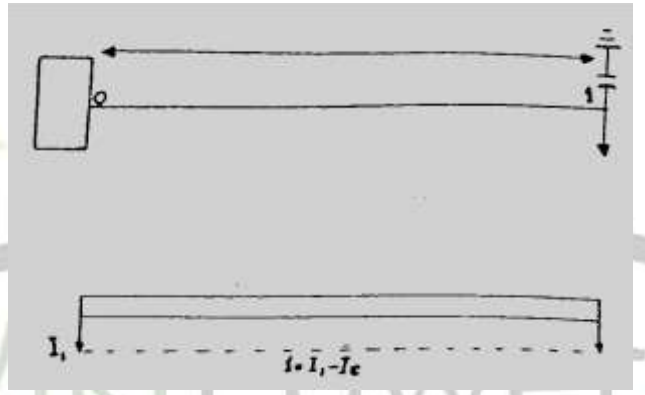
شکل(۱-۱-۷-۴) تغییرات تلفات توان راکتیو در طول فیدر قبل از نصب خازن

$$dP_{LS} = 3Ri^2 dx = 3RI^2{}_1 dx \Rightarrow P_{LS} = 3RI^2{}_1 \int_0^1 dx \Rightarrow P_{LS} = 3RI^2{}_1 \qquad (۴-۱)$$

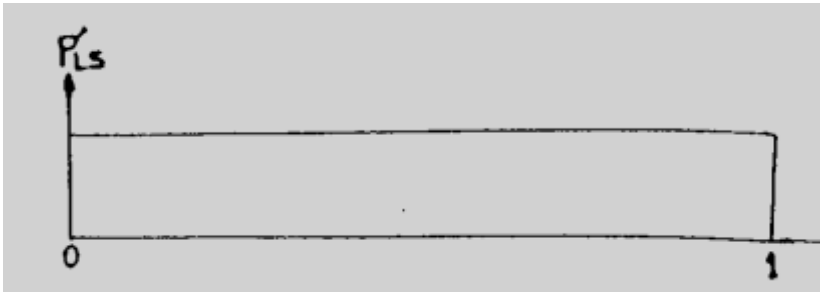
R مقاومت کل سیم از نقطهٔ x=0 تا x=1 است.

۲-۱-۷-۴ محاسبهٔ تلفات با درنظرگرفتن خازن

تحت این شرایط اگر یک بانک خازنی در انتهای فیدر در همان نقطهٔ بار قرار دهیم منحنی توزیع جریان راکتیو و تلفات توان راکتیو مطابق شکل ۴-۱۱ خواهد بود.



شکل ۲-۱-۷-۴ (a)مدار و (b) پروفیل توزیع جریان راکتیو بعد ازنصب خازن



شکل ۲-۱-۷-۴ تغییرات تلفات توان راکتیو در طول فیدر بعد از نصب خازن

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

$$P'_{LS} = \int_0^1 3Ri^2 dx = \int_0^1 3R(I1 - Ic)^2 dx \Rightarrow P'_{LS} = 3R(I_1 - I_c)^2 \qquad (۴-۲)$$

یا

$$P'_{LS} = ۳RI'_{۱} - ۶RI_{۱}I_c + ۳RI'_c \qquad (۴-۳)$$

چنانچه پارامتر C را بصورت $C \overset{\Delta}{=} \frac{I_c}{I_1}$ تعریف کنیم می توان کاهش تلفات توان رادر اثر خازن گذاری محاسبه نمود.

$$P_{LS} - P'_{LS} = 3RI^2_1 - 3RI^2_1 + 6RI_1I_c - 3RI^2_c$$

$$\rightarrow P_{LS} - P'_{LS} = 3RI^2_1(\frac{2I_c}{I_1} - \frac{I^2_c}{I^2_1}) = 3RI^2_1(2C - C^2)$$

$$\Delta P_{LS} = \frac{P_{LS} - P'_{LS}}{P_{LS}} = \frac{3RI^2_1(2C - C^2)}{3RI^2_1}$$

$$\rightarrow \Delta P_{LS} == 2 - C^2$$

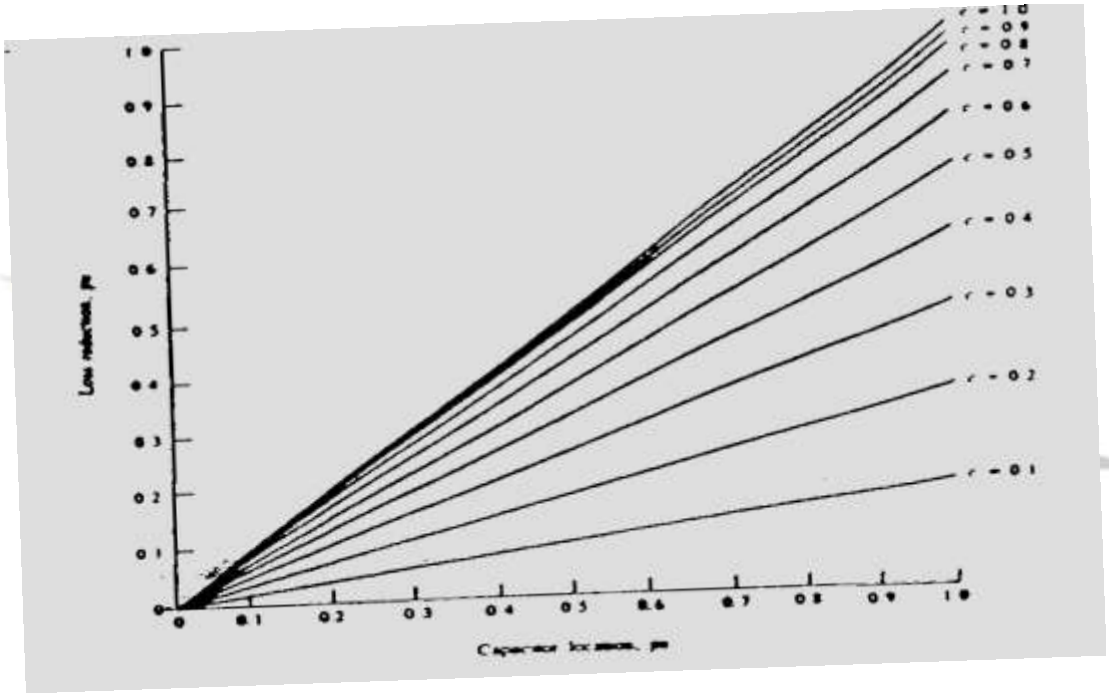
که ΔP_{LS} کاهش تلفات بر حسب پریونیت می باشد.

شکل ۴-۱۶ میزان کاهش تلفات توان را بر حسب مکان نصب بانک خازنی با تغییر C نشان می دهد. از روی این منحنی پیداست که با کاهش C کاهش تلفات توان کمتر می شود و هرچقدر بانک خازنی به مصرف کننده نزدیکتر باشد کاهش تلفات افزایش می یابد.

هرچند رابطهٔ $P_{LS} - P'_{LS}$ بستگی به مقدار x1 ندارد اما با توجه به منحنی های کاهش تلفات برحسب فاصله بوضوح دیده می شود که بهترین مکان نصب خازن در محل بار است یعنی x = 1 Pu . حال بهینه سازی را بر مبنای مقدار خازن انجام می دهیم.

$$\frac{\partial \Delta P_{LS}}{\partial C} = 0$$
$$\Rightarrow (2-2C) = 0 \Rightarrow C = 1$$
$$C = 1 \Rightarrow \Delta P_{LS} = 1$$

یعنی کاهش بهینه تلفات وقتی بدست می آید که توان راکتیو تزریقی به اندازه کل مصرف توان راکتیو باشد یعنی جبران خازنی بصورت کامل صورت گیرد.

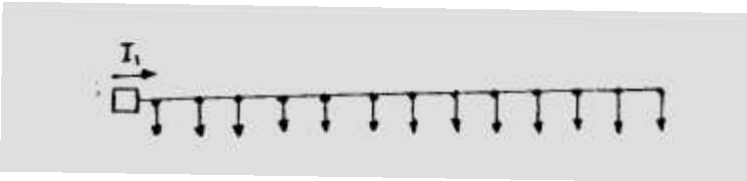


شکل ۱۱-۴ کاهش تلفات برحسب مکان نصب خازن درحالات مختلف سطح جبران خازنی

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

۴-۸ فیدر با بار یکنواخت و توزیع شدهٔ یک شکل

یک چنین فیدری دارای بارهایی به یک میزان و با فاصلهٔ مساوی نسبت به یکدیگر است.



شکل ۱۲-۴ فیدر با بار یکنواخت و توزیع شدهٔ یک شکل

مصرف کننده هایی که روی فیدر قرار می گیرند هم جریان اکتیو و هم جریان راکتیو از شبکه توزیع می کشند ولی از آنجایی که هدف بهینه سازی تلفات شبکه می باشد و خازن گذاری تأثیری بر روی جریان اکتیو به جای نمی گذارد لذا تغییرات جریان فیدر تنها نسبت به مؤلفهٔ راکتیو سنجیده می شود. بطور کلی برای هر فیدری روابط کلی زیر می تواند حاکم باشد.

$RI^2 = R(I^2{}_r + I^2{}_x) = R[(ICos\varphi)^2 + (ISin\varphi)^2]$ تلفات توان قبل از خازن گذاری

$P_{LS} = R(ISin\varphi)^r$ تلفات توان ناشی از جریان راکتیو قبل از خازن گذاری

$P'_{LS} = R(ISin\varphi - I_c)^۲$ تلفات ناشی از جریان راکتیو بعد از خازن گذاری

$P_{LS} - P'_{LS} = ۲RI_c ISin\varphi - RI^۲{}_c$ کاهش تلفات در اثر خازن گذاری

در روابط ذکرشده و روابطی که از این پس می آید معرفی پارامترهای زیر ضروری است:

$I_r = ICos\varphi$ مؤلفه اکتیو جریان

$I_x = ISin\gamma$ مؤلفه راکتیو جریان

R = مقاومت کل فیدر

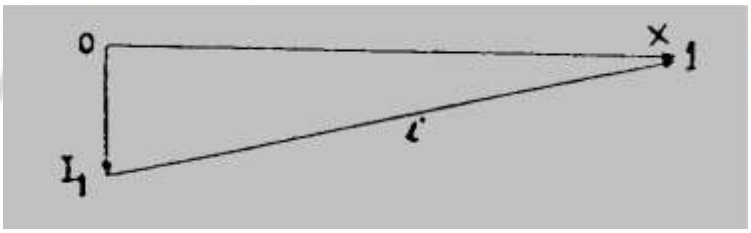
I_1 = جریان راکتیو ابتدای فیدر قبل از نصب خازن

I_2 = جریان راکتیو انتهای فیدر قبل از نصب خازن

x = فاصله از ابتدای فیدر بر حسب پریونیت (طول کل فیدر ۱ پریونیت است)

۱-۸-۴ تلفات توان راکتیو قبل از نصب خازن

پروفیل توزیع جریان راکتیو برای چنین فیدری به شکل زیر است:



شکل ۱۳-۴ پروفیل توزیع جریان در طول فیدر قبل از نصب خازن

در این شرایط معادله تغییرات جریان راکتیو نسبت به فاصله بصورت زیر است:

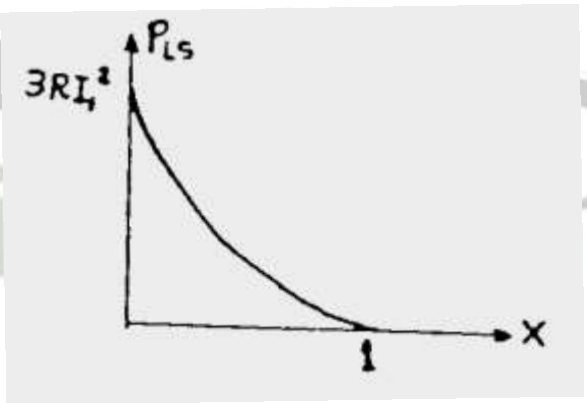
$$i = I_1 - I_1 x = (1-x)I_1$$

$$I_2 = 0$$

منحنی تلفات توان سه فاز در این حالت به شکل زیر است (تلفات تـابعی از تـوان دوم جریان است $P=Ri^2$) از روی منحنی علاوه بر این می توان تلفات توان را در هـر نقطـه از فیـدر بدست آورد.

$$dP_{LS} = 3Ri^2 dx$$

$$P_{LS} = 3R\int_0^1 (1-x)2I^2{}_1 dx = RI^2{}_1$$



شکل۴-۱۴ تغییرات تلفات توان راکتیو قبل از نصب خازن

۴-۸-۲ تلفات توان راکتیو بعد از نصب خازن

حال اگر خازن جریان راکتیوی را به خط تزریق نمایـد در نقطـهٔ جایگـذاری خـازن بـا شکست ناگهانی جریان روبرو شده و این امر موجب تقلیل تلفات می گردد.

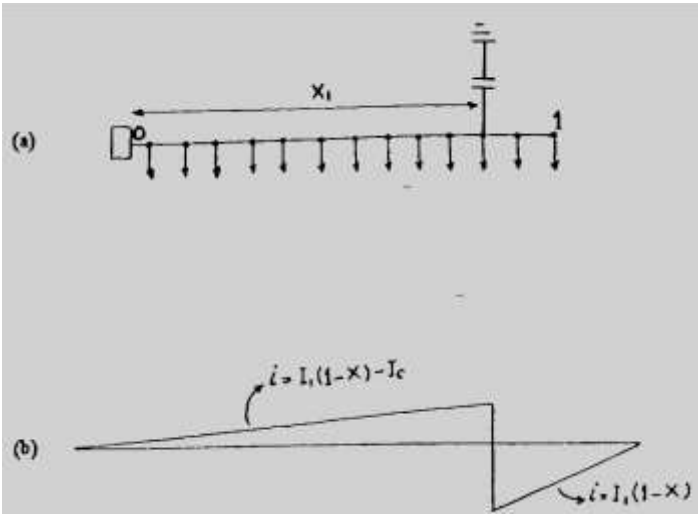
میزان جریان در نقاط قبل از خازن گذاری به اندازهٔ مقدار جریان تزریقی خازن کاهش پیدا کرده است.

منحنی تغییرات تلفات بسته به اینکه مقدار خازن در مقایسه با حداکثر بار راکتیو موردنیاز مصرف کننده چقدر انتخاب شود می تواند متفاوت باشد. برای حالتی که مقدار جریان تزریقی خازن برای میزان مصرف توان راکتیو باشد $I_c=I_1$ خواهد بود.

$$P'_{LS}=3R\{\int_{x=0}^{x=1}[(1-x)I_1-Ic]^2dx+\int_{x=0}^{x=1}[(1-x)I_1]^2dx\}$$
$$=3R(I_c{}^2x_1-2I_1I_cx_1+I_1I_cx^2{}_1+\frac{1}{3}I^2{}_1)$$

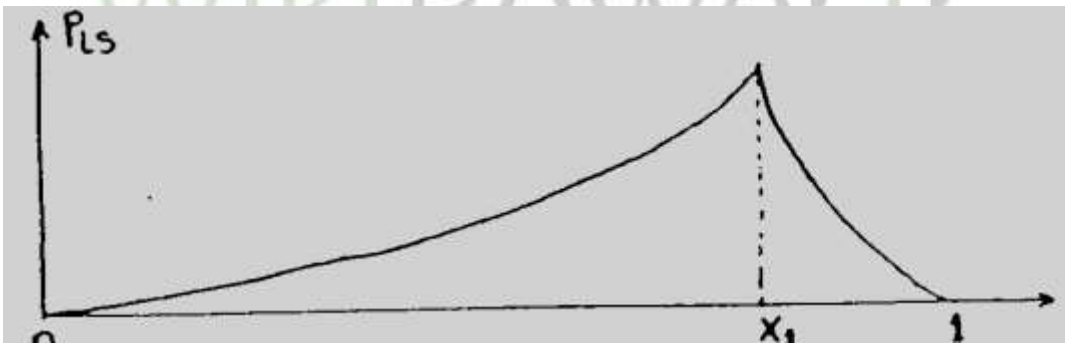
بادرنظر گرفتن پارامتر $C=\frac{I_c}{I_1}$ جهت ساده سازی روابط می توان کاهش تلفات را محاسبه نمود:

$$P_{LS}-P'_{Ls}=3RI_cx_1(2I_1-I_c-I_1x_1)=3I^2{}_1x_1(\frac{2I_c}{I_1}-\frac{I^2{}_c}{I^2{}_1}-\frac{I_c}{I_1}x_1)$$
$$\Rightarrow P_{LS}-P'_{Ls}=3RI^2{}_1x_1(2C-C^2-Cx_1)$$
$$\Delta PLS=\frac{P_{Ls}-P'_{LS}}{P_{LS}}=\frac{3RI^2{}_1x_1(2C-C^2-Cx_1)}{RI^2{}_1}=3x_1C(2-C-x_1)$$



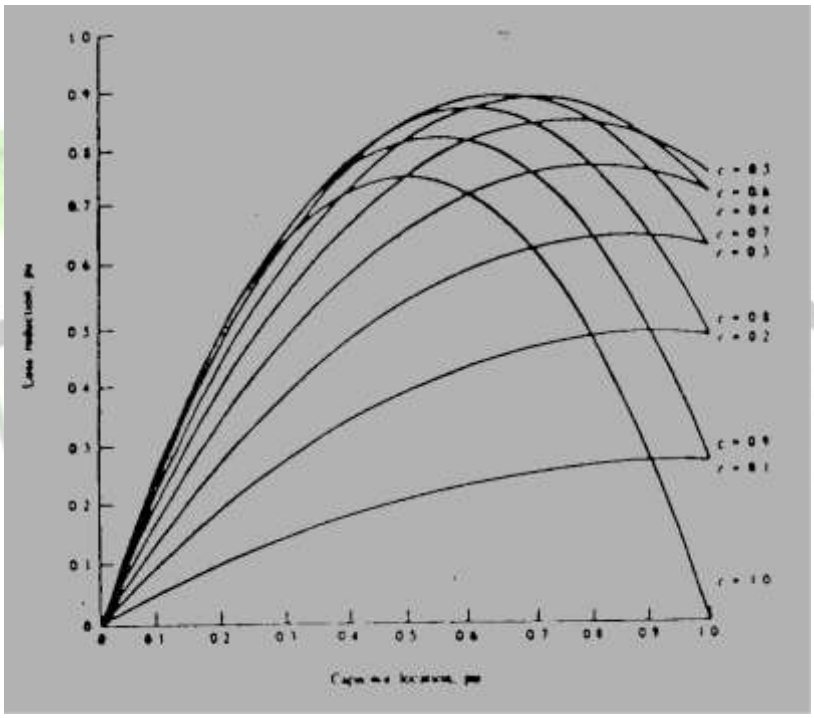
شکل۱۵-۴ (a) مدار و (b) پروفیل توزیع جریان در طول فیدر بعد ازنصب

خازن



شکل ۱۶-۴ تغییرات تلفات توان راکتیو در طول فیدر بعد از نصب خازن

میزان کاهش تلفات توان را برحسب مکان نصب بانک خازنی با تغییر نسبت $C = \frac{I_c}{I_1}$ نشان می دهد. این نسبت می تواند معرف سطح جبران خازنی باشد . از روی منحنی پیداست که هر چقدر C کوچکتر باشد یعنی خازن کمتری بکار برده شود کاهش تلفات کمتر است ضمناً هرچقدر فاصلهٔ خازن از ابتدای فیدر بیشتر شود کاهش تلفات بیشتر می گردد تا اینکه به یک مقدار بهینه برسیم و بعد از آن حالت معکوس خواهیم داشت.



شکل ۱۷-۴ کاهش تلفات توان راکتیو بر حسب مکان نصب خازن در حالات مختلف سطح جبران خازنی

ضمناً هرچقدر خازن به محل ابتدای فیدر نزدیکتر باشد کاهش تلفات کمتر است چون در هر صورت جریان خازنی باید مسیر خود را طی کند. این حالت وقتی خازن در انتهای خط است و کل توان راکتیو را خازن تأمین می کند نیز به چشم می خورد. تمام نقاط با ماکزیمم کاهش تلفات از ۵۰٪ طول خط به بعد اتفاق می افتد. پس خازن باید جلوتر از نصف طول خط نصب گردد.

۹-۴ کاهش بهینه تلفات

حال برای اینکه بدانیم به ازای چه مقدار از x_1 می توان حداکثر کاهش تلفات توان را بدست آورد از تعریف مشتق استفاده می کنیم:

$$\frac{\partial \Delta P_{LS}}{\partial x_1}=0$$

$$\frac{\partial[3x_1C(2-Cx_1)]}{\partial x_1}=0 \Rightarrow x_1=1-\frac{1}{2}C \Rightarrow \Delta P_{LS}=3x^2{}_1C$$

اگر بخواهیم بهینه سازی را بر مبنای مقدار خازن انجام دهیم داریم:

$$\frac{\partial \Delta P_{LS}}{\partial x_1}=0 \Rightarrow C=1-\frac{1}{2}x_1$$

$$\begin{vmatrix} x_{1OPT}=1-\frac{1}{2}C \\ C_{OPT}=1-\frac{1}{2}x_1 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} x_1=1-\frac{1}{2}C \\ C=1-\frac{1}{2}x_1 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} x1=\frac{2}{3} \\ C=\frac{2}{3} \end{vmatrix} \Rightarrow \Delta P_{LS}=3\times\frac{4}{9}\times\frac{2}{3}=\frac{8}{9}$$

پس در حالت بهینه باید مقدار خازن $\frac{۲}{۳}$ برابر کل مصرف توان راکتیو بوده و خازن در $\frac{۲}{۳}$ طول کل فیدر از ابتدای فیدر قرار گیرد. تحت این شرایط کاهش تلفات توان راکتیو حداکثر

بوده و برابر $\frac{۸}{۹}$ پریونیت است که می بینیم چقدر به یک نزدیک است و تقریباً ۸۹٪ جبران سازی صورت می گیرد.

شبکه با بار متمرکز در انتها و بار یکنواخت توزیع شدهٔ یک شکل در طول فیدر

یک چنین فیدری که تلفیقی از دو حالت قبل است هم بار توزیع شده یکسان و هم بار متمرکز در یک نقطه دارد.

WikiPower.ir

فصل پنجم:

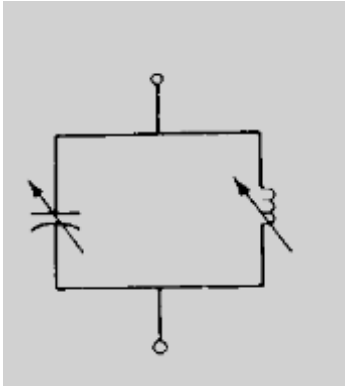
اصول کار جبران کننده های استاتیک

این فصل به جبران کننده های موازی استاتیک مربوط می شود. این وسایل جبران کننده در طبقه جبران کننده های اکتیو قرار می گیرند. استاتیک به این معناست که برخلاف کندانسورهای سنکرون، دارای قسمت متحرک نمی باشند. این نوع جبران کننده ها در جبران امپدانس ضربه ای و جبران یا تقسیم بندی درخطوط ولتاژ بالا، و طویل، به کار برده می شوند. به علاوه کاربردهای متنوعی در زمینه جبران بار دارند.

۵-۱ مشخصات جبران کننده های استاتیک

شکل ۵-۱ یک جبران کننده استاتیک ایده آل را نشان می دهد. یک جبران کننده ایده آل وسیله ای است که قادر است که توان راکتیو خود را به طور پیوسته تنظیم نموده و پاسخ آن سریع و بدون تأخیر باشد و در یک رنج نامحدود (پس فاز و پیش فاز) عمل نماید.

از مهم ترین مشخصه جبران کننده استاتیک این است که قادر است با تنظیم توان راکتیوی که با سیستم تبادل می نماید، ولتاژ را به طور قابل ملاحظه ای در ترمینال خود ثابت نگاهدارد. این خاصیت ولتاژ- ثابت جبران کننده اولین نیازمندی جبران موازی دینامیک یا جبران با تقسیم بندی خط را تشکیل می دهد و به همین میزان در کاهش چشمک زدن و تغییرات ولتاژ ناشی از بارهای متغیر، از اهمیت برخوردار است.



شکل ۱-۵ جبران کننده راکتیو استاتیک ایده آل

۲-۵ کاربردهای عملی جبران کننده های استاتیک در سیستم های قدرت الکتریکی

ثابت نگاهداشتن ولتاژ در یک سطح معین و یا نزدیک به آن تحت شرایط تغییرات کند

ناشی از تغییرات بار تصحیح تغییرات ولتاژ ناشی از حوادث غیرمنتظره (مثب قطع بار، خارج

شدن از خط یا ژنراتور)

WikiPower.ir

کاهش چشمک زدن لامپ ناشی از تغییرات سریع بار (نظیر کوره های الکتریکی)

بهبود پایداری سیستم قدرت

با حمایت ولتاژ در نقاط کلیدی (مثلاً در نقطه میانی یک خط طویل)

با بهبود میرایی نوسانات

بهبود ضریب توان

تصحیح عدم تقارن فازها

از مشخصه های مهم دیگر جبران کننده استاتیک، سرعت پاسخ آن است. توان راکتیو جبران کننده بایستی در پاسخ به تغییرات موجک ولتاژ ترمینال، با سرعت کافی تغییر نماید. راجع به اینکه چه چیزی پاسخ با سرعت کافی را تشکیل می دهد نمی توان قاعده کلی را بیان کرد. در سیستم های انتقال ثابت های زمانی که در برقراری مجدد سیستم به وضعیت پایدار (پس از اغتشاش) حکمفرماست (یعنی مدهای سیستم یا مقادیر خاص)[9] به همان میزانی که به سیستم قدرت خارجی بستگی دارند به جبران کننده بستگی خواهند داشت و آنها همچنین با تغییر پیکربندی سیستم[10]، تغییر خواهند کرد.گرچه عموماً یک پاسخ سریع مطلوب ما است، اما امکان دارد که عوامل دیگر، پایداری سیستم را محدود کنند به طریقی که جایی برای مشخص کردن جبران کننده با پاسخ سریع – به میزانی که از نظر تئوری امکان پذیر است- باقی نماند. در جبران بار، کاهش چشمک زدن تنها با انواع جبران کننده ها با پاسخ خیلی سریع امکان پذیر است.

مشخصه کنترل معمولاً یک شیب مثبت کوچکی دارد تانقطه کار – که از تلاقی آن با خط بار سیستم به دست می آید- تثبیت نماید. جریان راکتیو جبران کننده در رژیم های پس فاز و پیش فاز توسط فاکتورهای دخیل در طراحی جبران کننده و همچنین در اصول کار آن، محدود می گردد. و همچنین بر حسب میزان تغییر جریان و ولتاژ، مشخصه می تواند از خط مستقیم منحرف شده و دارای گسستگی و تغییر شیب باشد.

---

[9] - Eigenvalue
[10] - System Configuration

بر روی سه نوع اصلی جبران کننده متمرکز می شویم: راکتور تایریستور کنترل (TCR) [11]، خازن تایریستوری سوئیچ (TSC)[12] و راکتور قابل اشباع (SR)[13] .این جبران کننده ها همراه با ترکیبات مختلف آن، اکثریت کاربردهای جبران کننده در سیستم های انتقال و توزیع را دربر می گیرند.

۳-۵ انواع اصلی جبران کننده

شکل های ۲-۵ الی ۴-۵ دیاگرام تک خطی انواع اصلی جبران کننده را نشان می دهند. قبل از آنکه به بررسی تفصیلی هریک بپردازیم چند وجه کلی را متذکر می شویم. اول اینکه عموماً خازن های ثابت به موازات سوسپتانس قابل کنترل قرار می گیرند. خازنهای ثابت اغلب با راکتورهای کوچک برای فرکانس های هارمونیک که ممکن است عدد صحیح یا غیرصحیح باشند، همنوا می گردند. این عمل همنوایی به منظور جذب هارمونیک هایی که توسط سوپتانس قابل کنترل (SR یا TCR) ایجاد می شود و یا اجتناب از رزونانس های مزاحم انجام گیرد. خازن های ثابت موجب می شوند که خروجی راکتیو جبران کننده به سمت رژیم پیش فاز (تولید توان راکتیو) سوق داده شود. وجه کلی دیگر در جبران کننده های اشکال ۲-۵ الی ۴-۵، به کار گرفتن ترانسفورماتور کاهنده است. ترانسفورماتور همیشه وجود ندارد لیکن وقتی که وجود دارد عملکرد و رفتار جبران کننده را به خصوص نسبت به هارمونیک، تلفات و اضافه ولتاژ به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر قرار می دهد. خازن های موازی ثابت در بعضی مواقع به طرف فشار

---

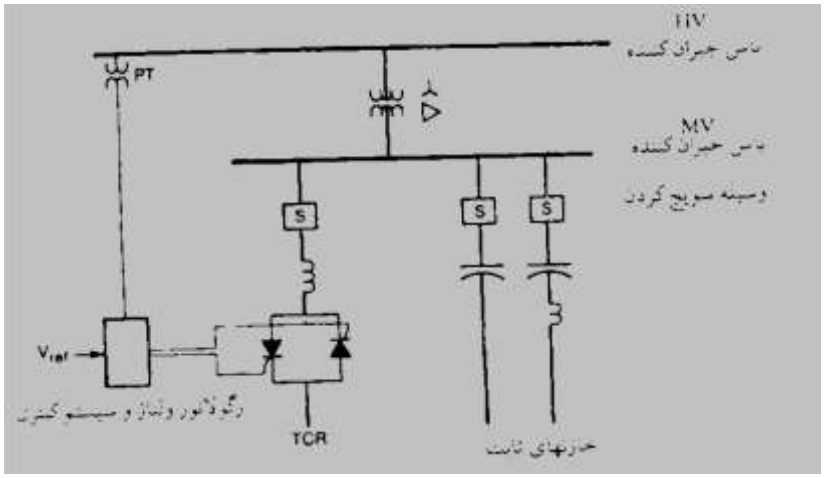
[11] - Thyristor Controlled Reactor
[12] - Thyristor Switched Capacitor
[13] - Saturated Reactor

قوی این ترانسفورماتور متصل می شوند، اما عموماً در باس جبران کننده با ولتاژ متوسط، به طور مشترک با عنصر کنترل شده قرار می گیرند. گاهی جبران کننده به سیم پیچی سوم[۱۴] ترانسفورماتور موجود در شبکه متصل می شود. در جبران کننده های از نوع TCR اتصال دادن خازن های موازی به طرف فشار قوی مستلزم ترانسفورماتور کاهنده بزرگتری است و این امر تأثیر نامطلوبی بر تلفات می گذارد. عین همین مطلب در مورد جبران کننده نوع ترانسفورماتور تایریستور کنترل [۱۵] (TCT) که از TCR مشتق شده است، صادق است. طرح پست[۱۶] و قرارگرفتن انواع جبران کننده ها می تواند به طور متنوع تغییر نماید. به عنوان مثال، راکتور قابل اشباع از نظر ساختمان از نوع ترانسفورماتور است در صورتی که کنترلر تایریستور در جبران کننده های TSC و TCR از نظر فیزیکی از خازن ها و راکتورهایشان جدا هستند و اغلب در یک ساختمان ساده برای حفاظت در مقابل جو، نگاهداری می شوند.

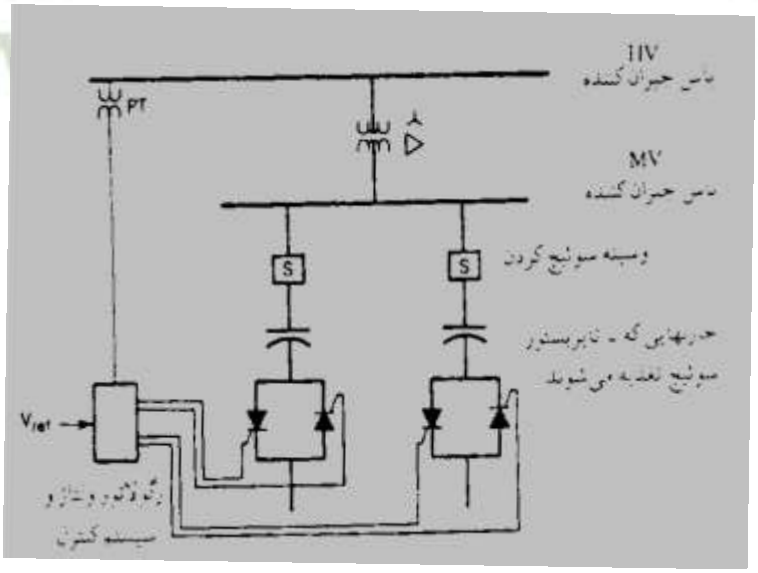
WikiPower.ir

14 - Tertiary
15 - Thyristor-Controlled Transformer
16 - Substation – Layout

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

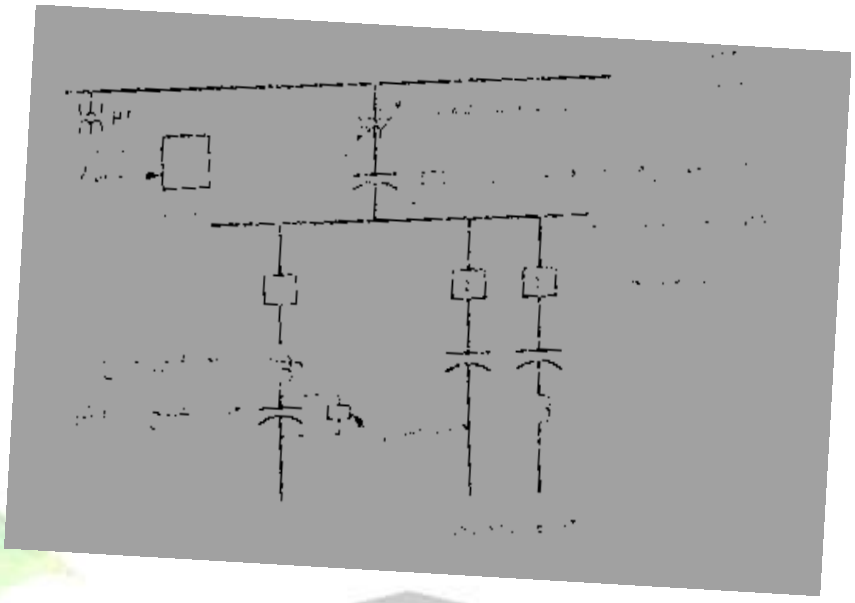


شکل ۲-۵ دیاگرام تک خطی جبران کننده TCR همراه با خازنهای ثابت موازی .



شکل ۳-۵ دیاگرام تک خطی جبران کننده TSC

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



شکل ۴-۵ دیاگرام تک خطی جبران کننده راکتور قابل اشباع همراه با خازنهای موازی و اصلاح کننده شیب

WikiPower.ir

۴-۵ راکتور تایریستور کنترل (TCR) و انواع جبران کننده مربوط به آن

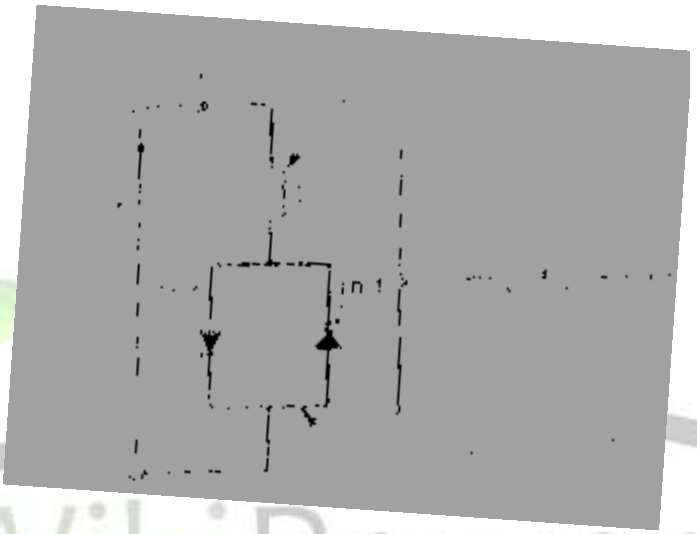
اصول راکتور تاریستور کنترل (TCR) در شکل

۵-۵ نشان داده شده است. عنصر کنترل کننده، کنترلر تایرستوری[۱۷] است که در آن یک زوج

[17] - Thyristor Controller

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

تایریستوری هریک در جهت خلاف هم قرار گرفته اند و در نیم سیکل متوالی فرکانس تغذیه هدایت می کنند. اگر تایریستورها دقیقاً در لحظه پیک ولتاژ تغذیه، آتش شوند، تایریستورها به طور کامل هدایت کرده و جریان عبوری از راکتور مشابه وقتی است که کنترلر تاریستور اتصال کوتاه شده باشد. جریان اساساً راکتیو بوده و از ولتاژ تقریباً ۹۰ درجه عقب تر است.



شکل ۵-۵ راکتور تایریستور کنترل مقدماتی

اثر افزایش زاویه آتش، کاهش دادن مؤلفه هارمونیک جریان است و این امر معادل است با افزایش اندوکتانس راکتور که در نتیجه جریان و توان راکتیو آن کاهش می یابد. تاکنون جایی که به مولفه جریان پایه مربوط می شود، راکتور کنترل شده با تایریستور یک سوسپتانس قابل کنترل بوده و بنابراین می تواند به عنوان جبران کننده استاتیک به کار برده شود.

تاکنون TCR را به عنوان وسیله تک فاز تشریح کرده ایم. برای سیستم سه فاز ترتیب سه TCR تک فاز به صورت مثلث بسته شده اند، ترجیح داده می شود. وقتی سیستم متقارن

باشد تمامی هارمونیک سوم در مثلث بسته به گردش درمی آیند و از جریان های خط حذف می گردند.

در TCR این مساله حائز اهمیت است که مطمئن باشیم زاویه هدایت در دو تایریستور که در جهت خلاف هم قرار دارند یکسان است. نامساوی بودن زاویه هدایت منجر به تولید مؤلفه های هارمونیک زوج و مولفه dc در جریان می گردد.

همان طوری که قبلاً بیان شد، جریان های هارمونیک TCR ، گاهی توسط فیلتر حذف می شوند . روش دیگر حذف هارمونیک های مرتبه ۵ و ۷ این است که TCR را به دو قسمت تقسیم کرده طوری که هر دو قسمت از ثانویه های یک ترانسفورماتور کاهنده که یکی دارای اتصال ستاره و دیگری مثلث است. به این ترتیب یک جابجایی فاز ۳۰ درجه بین جریان ها و ولتاژهای دو TCR بوجود آمده و هارمونیک ۵ و ۷ را از جریان خط در طرف اولیه ترانسفورماتور حذف می نماید. این ترتیب قرار گرفتن TCR به ترتیب با آرایش ۱۲ پالس معروف است، زیرا در هر پریود ۱۲ تایریستور تریگر می شوند. به منظور حذف هارمونیک روش مشابهی در ترانسفورماتورهای موجود در ایستگاه یکسوساز HVDC به کار برده می شود و شباهت زیادی با جبران کننده راکتیو قابل اشباع چندفازه از نوع چندبرابر کننده فرکانس دارد.

مقادیر بصورت درصدی از دامنه مولفه پایه در هدایت کامل بیان شده است. مقادیر به جریان های فاز و خط اعمال می گردند، به استثناء اینکه هارمونیکهای سوم در جریانهای خط ظاهر نمی شوند شرایط متعادل فرض شده اند.

در ترتیب ۱۲ پالس پایین ترین مرتبه هارمونیک مشخص، هارمونیک مرتبه ۱۱ و ۱۳ است. بنابراین می توان آن را بدون فیلتر هارمونیک ۵و۷ به کار برد که در صورت اتفاق رزونانس در نزدیکی این فرکانس ها، این نوع دارای امتیاز است. برای هارمونیک های مرتبه بالاتر اغلب اتصال یک خازن به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور کاهنده کفایت می کند. در غیر این صورت یک فیلتر بالاگذر بایستی به کار گرفته شود.

۵-۵ ترانسفورماتور تایریستور کنترل

نوع دیگر TCR ، ترانسفورماتور کنترل شده با تایریستور است. به جای اینکه از ترانسفورماتور کاهنده جداگانه و راکتورهای خطی استفاده گردد، ترانسفورماتوری را راکتانس پراکندگی بالا طراحی شده و سیم پیچی های ثانویه به وسیله کنترل کننده تایریستوری کاملاً اتصال کوتاه می شوند. برای به دست آوردن راکتانس پراکندگی بالا به کاربردن هسته با فاصله هوایی ضروری است و ترانسفورماتور می تواند از سه ترانسفورماتور جداگانه تک فاز تشکیل گردد. بدین ترتیب باس (شین) ثانویه وجود ندارد و خازن های موازی بایستی به ولتاژ اولیه متصل گردند مگر آنکه یک ترانسفورماتور کاهنده جداگانه ای در سیستم موجود باشد. راکتانس پراکندگی بالا، ترانسفورماتور را در مقابل نیروهای ناشی از اتصال کوتاه در خلال اتصال کوتاه ثانویه، حفاظت می کند. به واسطه خطی بودن و ظرفیت حرارتی بالای آن، TCT قادر است که اضافه بار را در رژیم پس فاز (جذب توان راکتیو) تحمل نماید.

۶-۵ TCR همراه با خازن های موازی

توجه به این نکته حائز اهمیت است که جریان TCR (جریان جبران کننده) قادر است به طور پیوسته، یعنی بدون پله، از صفر تا حداکثر مقدار که به هدایت کامل مربوط می شود، تغییر نماید. جریان همواره پس فاز است بنابراین همواره توان راکتیو جذب می گردد. البته، جبران کننده TCR می تواند با خازن های موازی توأم گشته طوری که قادر باشد همچنین توان راکتیو را تولید نماید.

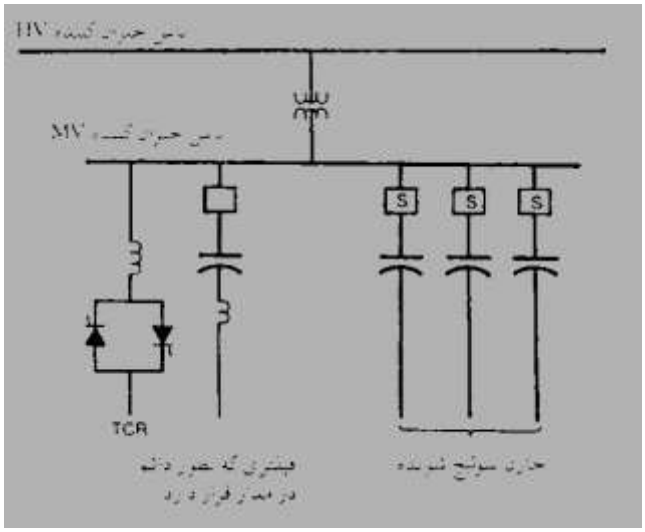
همان طوری که در مورد بانک های خازنی موازی معمول است، ممکن است خازنها به بیش از یک گروه سه فاز تقسیم گردند طوری که هر گروه بطور جداگانه با کلید قدرت سوئیچ می شوند. با سری کردن راکتورهای کوچک با خازن های هر فاز می توان آنها را برای فرکانس های معین همنوا کرده طوری که جریان های هارمونیک تولید شده به وسیله TCR را فیلتر نموده و از عبور آنها از سیستم خارجی ممانعت کرد.

WikiPower.ir

از لوازمات عمومی جبران سازی این است که جبران کننده از رنج پیش فاز تا پس فاز بسط داده شود. یک TCR توأم با خازن های ثابت قادر نیستند جریان پس فاز تولید نمایند مگر اینکه مقدار نامی توان راکتیو TCR از مقدار نامی راکتیو خازن ها تجاوز نماید. مقدار نامی توان راکتیو جذب شده منتجه برابر با تفاوت مقدار نامی توان راکتیو TCR و خازن های ثابت می باشد. در این گونه موارد در حقیقت مقدار نامی TCR خیلی زیاد خواهد بود. (در کاربردهای سیستم انتقال تاچند صد MVAr). وقتی که توان راکتیو منتجه کوچک و یا پس فاز است جریان زیاد راکتیو بین TCR و خازن ها در گردش خواهد بود بدون آنکه عمل مفیدی را در

سیستم انجام دهند. به همین دلیل در بعضی مواقع خازن ها را طراحی می کنند که به صورت گروهی به مدار سوئیچ شوند طوری که میزان بایاس کاپاسیتیو در مشخصه ولتاژ- جریان به صورت مرحله ای تنظیم می گردد. با انجام این عمل یک TCR با مقدار نامی کمتر را می توان به کار برد. یک مثال به طور شماتیک در شکل ۶-۵ نشان داده شده است که در آن خازن های موازی به سه گروه تقسیم شده است. کنترلر TCR سیگنالی را که معرف تعداد خازن ها می باشد فراهم می کند و طوری طراحی می شود که در کل یک مشخصه ولتاژ – جریان پیوسته را فراهم کند. هنگامی که یک گروه خازن از مدار قطع یا به مدار سوئیچ می شود، زاویه هدایت همراه با سایر سیگنال های مرجع بلافاصله تنظیم می شود طوری که مقدار توان راکتیو خازنی که اضافه یا کم می شوند دقیقاً با تغییر توان راکتیو القایی TCR معادل است. آنگاه مطابق نیازمندی های سیستم زاویه هدایت به طور پیوسته تغییر می نماید تا اینکه سوئیچ کردن خازن بعدی انجام گیرد.

WikiPower.ir



شکل ۶-۵ جبران کننده ترکیبی شامل TCR و خازنهای موازی قابل سوئیچ S می تواند کلید قدرت مکانیکی و یا سوئیچ تایریستوری باشد.

جبران کننده ترکیبی شامل TCR و خازنهای موازی قابل سوئیچ، به روش استراتژی سوئیچ کردن خازن ها بستگی دارد. ارزان ترین روش سوئیچ کردن خازن ها، به کار گرفتن کلیدهای قدرت مرسوم است. اگر نقطه کار دائماً بر روی مشخصه ولتاژ- جریان به بالا و پایین تغییر کند عمل سوئیچ کردن مکرر ممکن است منجر به مساله نگهداری کلیدهای قدرت گردد.

این عمل سبب می شود که نتوانیم از پتانسیل کامل خازنها در وقتی که قادرند نقش فوق العاده مفیدی در پایداری سیستم داشته باشند استفاده نمائیم. در بعضی موارد برای قطع و

وصل خازن ها با استفاده از تایریستور- به جای کلید قدرت- که توانایی و عمر سوئیچینگ نامحدود دارند، این مشکل رفع شده است.

۷-۵ خازن تایریستور سوئیچ

سوسپتانس به وسیله کنترل کردن تعداد خازن های در حال هدایت تنظیم می گردد. همواره هر خازن برای مجموعه ای از نیم سیکل ها هدایت می کند. وقتی k خازن به طور موازی قرار دارند و هریک توسط یک سوئیچ کنترل می شود سوسپتانس کل می تواند ترکیبی از k سوسپتانس تکی، یعنی مقادیر ۰ ، ۱ ، ۲و ... یا k در هر زمان باشد. بنابراین سوسپتانس کلی در یک روش پله ای تغییر می کند. در اصول می توان پله ها را تا حد امکان با افزایش تعداد خازنها کوچک کرد. برای یک تعداد معین k حداکثر تعداد پله ها در صورتی حاصل می شود که حداقل تمامی سوسپتانس های تکی متفاوت باشند. البته به دلیل پیچیدگی کنترل و مقرون به صرفه بودن داشتن سوسپتانس های تکی برابر، معمولاً در جبران کننده ها چنین قابلیت انعطافی مشاهده نمی شود. یک روش بینابین داشتن سیستم دوتایی یا باینری است که در آن k -۱ سوسپتانس مساوی B و یک سوسپتانس B/2 وجود دارد. سوسپتانس نصف، تعداد ترکیب ها را از k به 2k افزایش می دهد.

گذرای سوئیچ کردن خازن و مفهوم سوئیچ کردن بدون گذرا هنگامی که جریان هر خازن به نقطه صفر طبیعی اش می رسد تایریستورها می توانند خاموش شوند و در نتیجه جریانی عبور نمی کند. توان راکتیو تحویلی به سیستم قدرت به طور ناگهانی متوقف می گردد.

بنابراین خازن قطع شده از مدار به ورت باردار باقی می ماند. به واسطه وجود همین بار، ولتاژ دو سر تایریستورها بین صفر و ۲ برابر پیک ولتاژ تغییر می کند. تنها لحظه ای که تایریستورها می توانند بدون گذرا آتش شوند، لحظه ای است که ولتاژ دوسر آنها برابر صفر است. و این لحظه بر پیک ولتاژ فاز منطبق است.

سوئیچ کردن بدون گذرای ایده آل. به منظور توصیف اهمیت مفهوم سوئیچ کردن بدون گذرا، مدار ساده ای مرکب از خازن و منبع ولتاژ- بدون درنظر گرفتن سایر عناصر مدار- به کار برده می شود. با منبع ولتاژ سینوسی $\omega = \hat{v}\sin(\omega_0 t + \alpha)$ تایریستورها فقط می توانند در پیک ولتاژ آتش شوند، یعنی وقتی که

$$\frac{dv}{dt} = \omega_0 \hat{v}\cos(\omega_0 t + \alpha) = 0$$

آتش کردن تایریستورها در لحظات دیگر مستلزم این است که جریان i=Cdv/dt یک تغییر پله ای منفصل در لحظه t=0+ داشته باشد. در عمل به واسطه وجود اندوکتانس چنین تغییر پله ای تحقق پیدا نمی کند.

برای تحلیل لازم است که هدایت تایریستور درپیک ولتاژ صورت گیرد و با این محدودیت، جریان توسط رابطه زیر بدست می آید.

$$i = C\frac{dv}{dt} = \hat{v}\omega_. C\cos(\omega_. t + \alpha)$$

که در آن $\alpha = \pm\pi/۲$ است. حال $\omega_. C = B_C$ سوسپتانس فرکانس پایه خازن و $X_C = ۱/B_C$ راکتانس است طوری که با $\alpha = \pm\pi/۲$

$$i = \pm \hat{v} B_c \sin \omega_0 t = + \hat{i}_{ac} \sin \omega_0 t$$

در آن $\hat{i}_{ac}$ مقدار پیک ac است، $\hat{i}_{ac} = \hat{v} B_c = \hat{v} / X_c$

آرایش دیگری از خازن تایریستور سوئیچ سه فاز ثانویه با اتصال مثلث، TSC با اتصال مثلث ثانویه با اتصال ستاره، TSC با اتصال ستاره (سیستم ۴ سیمه)

هر فاز شامل ترکیب موازی از خازنهای سوئیچ شونده این نوع می باشد.

(الف) شرایط لازم برای سوئیچینگ بدون گذرا- برای سوئیچ کردن بدون گذرا وقتی تحقق پیدا می کند که دو شرط زیر به طور همزمان برقرار گردد.

$$(A) \cos \alpha = 0 (\sin \alpha = \pm 1)$$

$$(B) V_{c0} = \pm \hat{v} \frac{n^2}{n^2 - 1} = \pm X c \hat{i}_{ac}$$

مفهوم شرط اول این است که بایستی تایریستورها در پیک مثبت یا منفی موج سینوسی ولتاژ آتش شوند. شرط دوم به این معناست که همچنین خازن ها بایستی تا ولتاژ $\hat{v}$ $n^2/(n^2-1)$ از قبل شارژ شده باشند. (با همان پلاریته موج ولتاژ). وجود اندوکتانس ایجاب می کند که برای داشتن کلیدزنی بدون گذرا، لازم است خازن از ولتاژ $\hat{v}$ یعنی با ضریب بزرگنمایی $n^2/(n^2-1)$ شارژ گردد. برای مقادیر پایین n این ضریب قابل ملاحظه خواهد بود.

$n^2/(n^2-1)$ ضریب بزرگنمایی جریان و ولتاژ در عمل سیستم کنترل بایستی سبب شود که تایریستورها طوری آتش شوند که گذرای نوسانی در محدوده قابل قبول قرار گیرد. از بین دو

شرط A و B اصولاً می تواند همواره برقرار گردد. شرط B در شرایط نرمال تقریباً برقـرار اسـت. برای مقادیر ولتاژ نزدیک 1pu ، در صورتی که خازن مقدار ولتاژ پایین تخلیه نشود (در پریودی که هدایت صورت نمی گیرد) شرط B تقریباً برقرار می گردد.

ب) شرایط گذاری سوئیچینگ در شرایط غیر ایده آل: مواردی است که در آنها شـرایط A و B برقرار می شود. یکی از آن موارد این است که خازن به طور کامل تخلیه شده باشـد، بـه عنوان مثال وقتی که جبران کننده برای مدت زمـان طـولانی خـارج از مـدار بـوده اسـت، آنگـاه $V_{c0}=0$ است. بنابراین بر روی موج ولتاژ نقطه ای یافت نمی شود کـه شـرایط A و B بـه طـور همزمان برقرار گردد.

دو انتخاب عملی زاویه آتش عبارتند از (الف) در لحظه ای که $v=V_{C0}$ کـه منجـر بـه $\sin\alpha = V_{c.}/\hat{v}$ شود و (ب) وقتی که $dv/dt=0$ که منجر به $\cos\alpha = ۰$ می شود. اگر چنانچـه خازن بیش از ولتاژ شارژ شده باشد هرگز حالت اول اتفاق نمی افتد. دامنه مولفه نوسانی جریـان $\hat{i}_{osc}$ می تواند برای دو زاویه مختلف آتش به دست آید.

فصل ششم:

کندانسورهای سنکرون

کندانسورهای سنکرون[۱۸] در مدت زمان بیش از ۵۰ سال نقش اصلی را در کنترل توان راکتیو عهده دار بوده اند. کندانسور سنکرون در سطوح ولتاژ انتقال و زیرانتقال- برای بهبود پایداری و نگاهداری ولتاژ در محدوده مطلوب در شرایط تغییر بار و در وضعیت های اضطراری- به کار رفته است. بنا به دلایل اقتصادی کاربرد آنها در ناحیه زیرانتقال به طور وسیع با بانک های خازنی موازی جایگزین شده است. کندانسورهای سنکرون در حمایت فوری و اضطراری از ولتاژ و نگهداری یا افزایش خروجی آنها در ولتاژ کاهش یافته، نسب به خازن ها دارای مزیت ذاتی هستند. این مزیت سبب شده است که کاربرد آنها در سطوح ولتاژ انتقال که به مقادیر بزرگی نیاز است، ادامه یابد. در خلال دهه گذشته افزایش قابل توجهی در اندازه کندانسور سنکرون، رخ داده است. این افزایش به سبب افزایش مداوم در سطوح ولتاژ انتقال و توانایی انتقال توان بالاتر هر مدار، صورت گرفته است. همزمان با این، مؤسسات تولیدکننده برق با به تعویق انداختن و یا حذف مدارهای انتقال طراحی شده، مواجه بوده اند. این موضوع وضعیت های بحرانی را به وجود آورده است که حمایت فوری و اضطراری مقادیر عظیمی از توان راکتیو را فرامی خواند.

[18] - Synchronous Condensers

۶-۱ جنبه های طراحی کندانسور

کندانسور سنکرون اساساً یک ماشین سنکرون است که به آن سرعت داده و با سیستم قدرت سنکرون می شود. پس از سنکرون شدن ماشین، جریان تحریک آن کنترل می شود تا بر حسب نیاز سیستم قدرت توان راکتیو را تولید و یا جذب نماید. و در طبقه جبران کننده های موازی اکتیو قرار می گیرد.

اکثریت تاسیسات کندانسور سنکرون برای نصب در فضای آزاد طراحی شده اند و برای راه اندازی، خاموش کردن و نمایش وضعیت کار آن از کنترل های اتوماتیک استفاده شده است.

ساختمان (بتا) مربوط به سیستم کنترل[19] علاوه بر تجهیزات کنترل اتوماتیک و حفاظت، تجهیزات کنترل تحریک و تجهیزات کنترل موتور را در خود جا داده است.

۶-۲ عملکرد کندانسور

در سال های اخیر موارد استعمال اصلی کندانسورهای سنکرون برای مقاصد زیر بوده است:

۱- کنترل ولتاژ سیستم قدرت

(a) کنترل ولتاژ عادی

(b) کنترل ولتاژ اضطراری

۲- کاربردهای HVDC

کنترل ولتاژ سیستم قدرت

---

[19] - Control Building

عملکرد «عادی» سیستم قدرت به وسیله تغییر پیوسته در میزان بار خط انتقال- بین پریودهای بار کم و بار پیک که در نتیجه تغییر در تقاضا و تغییرات شبکه ناشی از خروج خط برای تعمیرات و غیره ایجاد می شود- مشخص می گردد. چنین تغییرات باری به تغییرات پیوسته مشابهی در توان راکتیو موردنیاز سراسر سیستم انتقال می یابد. در نواحی توزیع و زیرانتقال تغییرات توان راکتیو موردنیاز معمولاً توسط بانک های خازنی همراه با تپ چنجر ترانسفورماتور و رگولاتورهای ولتاژ واقع بر خطوط توزیع، برآورده می شود. در شبکه انتقال تغییرات وسیعی از توان راکتیو موردنیاز بین دو حالت بار کم (که خطوط مشابه منابع توان راکتیو رفتار می کنند) و بار زیاد (که خطوط نقش مصرف کننده توان راکتیو دارند) وجود دارد. نتیجه کلی می تواند به این صورت باشد که نتوان سطوح ولتاژها را در مقدار صحیح نگاهداشت یا در حد کفایت تبادل توان راکتیو را با موسسات مجاورانجام داد.

بانک های خازنی موازی سوئیچ شونده و بانک های راکتور موازی معمولاً برای کنترل ولتاژ انتقال به کار برده می شوند و توانایی آنها در انجام چنین نقشی بستگی به اندازه خازن یا راکتوری که در هر مرحله سوئیچ می شود، دارد.

در انجام این نقش، کندانسورهای سنکرون دارای مزایای تکنیکی زیر هستنئد:

۱- توان راکتیو پیوسته قابل تنظیم را فراهم می کند طوری که کنترل ولتاژ سیستم انتقال را میسر می نماید.

۲- جهت برآورده کردن نیازمندی های دارای توانایی تأمین راکتیو اندوکتیو و کاپاسیتیو می باشد.

۳-۶ استفاده در اتوماسیون:

بعد از بررسی تجهیزاتی که برای کنترل ولتاژ استفاده شد حال می خواهیم ببینیم که چطور می توان بوسیله اتوماسیون کنترل ولتاژ را انجام دهیم. با تغییر تپ ترانس ها و طبق قابلیتهای سیستم اتوماسیون توزیع، شرکت توزیع خراسان جنوبی در فشار متوسط و با واردکردن جبران سازها (خازنها و راکتورها) (طبق مرجع کنترل توان راکتیو) و ... می توان ولتاژ را ثابت کرد. (ثابت نگه داشت)

همان طور که قبلاً در قسمت اول پروژه گفته شده در یک سیستم اتوماسیون ما نیاز به یک بخش مرکزی کنترل (کنترل سطح اول) و کنترل های سطح ۲ و یا ۳ داریم که بنا به خواسته ما از رایانه یا میکروپروسسور استفاده می شود. وقتی کمبود ولتاژ یا افزایش ولتاژ داشته باشیم در ابتدا سیستم های اندازه گیری آن را تشخیص داده و سپس به بخش کنترل ارجاع می دهد. بخش کنترل نیز که یک میکروپروسسور یا pe رایانه معمولی است بوسیله عملیات پخش بار میزان تغییر تپ ترانس ها یا زاویه آتش تریستور جبران سازها را تشخیص داده و آنها را وارد مدار یا از مدار خارج می کند. بدین طریق می توانیم ولتاژ ثابتی داشته باشیم.

مراجع:

- قابلیت های سیستم اتوماسیون توزیع ، مرکز دیسپاچینگ
- بررسی سیستم های قدرت، دکتر کراری
- پایداری و کنترل سیستم های قدرت، پروفسور پرابها شانکار کندور، ترجمۀ دکتر حسین سیفی
- منابع اینترنتی

WikiPower.ir