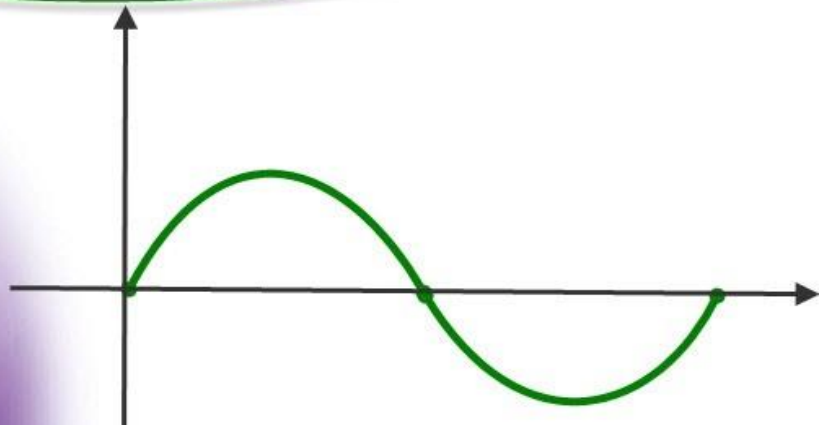


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

# بررسی خازن برقگیر ژنراتور و محاسبه آن



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۴۷۴ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

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

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

مقدمه

فصل اول: حالت‌های گذرا در سیستم های قدرت

۱-۱-۱- بررسی انواع پدیده گذرا در سیستم های قدرت .....

۱- اضافه ولتاژهای موقت .....

۲- اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی .....

۳- اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه .....

۴- اضافه ولتاژهای مربوط به پستهای CIS .....

دسته بندی حالات گذرا براساس سرعت .....

الف) حالت گذرای فوق سریع ( پدیده موج) .....

ب) حالت گذرای نیمه سریع ( پدیده اتصال کوتاه) .....

[ بررسی پدیده اتصال کوتاه در این حالت ]

۱- اتصال کوتاه متقارن سه فاز .....

۲- اتصال کوتاه دوفاز به یکدیگر .....

۳- اتصال کوتاه یکفاز به زمین .....

۴- از هم گسیختگی و پارگی های روی خط انتقال .....

ج) حالت‌های گذرای کند ( پایداری در شرایط گذرا) .....

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

..... آشنایی با پدیده تخلیه جوی

..... خصوصیات تخلیه جوی الکتریکی و طریقه شکل گیری آن

..... نوع موج تخلیه جوی

..... شکل جریانهای موجی

..... مختصات تخلیه جوی

..... خطاهای ناشی از بروز تخلیه جوی در سیستم های قدرت

..... حالت های گذرا ناشی از کلید زنی



صفحه

عنوان

WikiPower.ir

..... فصل دوم: بررسی حالات گذرای ژنراتور سنکرون

..... ۱- اتصال کوتاه در پایانه ژنراتور سنکرون بی بار - بررسی اتصال کوتاه

..... ۲- اتصال کوتاه ، در ماشین سنکرون باردار

..... ۳- اتصال کوتاه نامتقارن در ژنراتور سنکرون بدون بار

..... محاسبه ظرفیت خازن برقگیر در ترمینال ژنراتور

..... فصل سوم: خازنهای برقگیر برگرفته از کتاب حالت های گذرا

..... مقاله دوازدهمین کنفرانس برق (بررسی نقش خازن برقگیر)

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

مقدمه

در بررسی سیستم های قدرت پایداری سیستم از نکات قابل اهمیتی می باشد و مهندسین قدرت برای هر چه بهتر و پایدار تر بودن سیستم تلاش می کنند. در این راستا بررسی سیستم های قدرت در حالت مانا و گذرا قابل اهمیت می باشد.

حالت گذرا در سیستم های قدرت یکی از المانهای مورد توجه است با بررسی پدیده گذرا در ژنراتور در ترانس های قدرت و دیگر وسایل و تجهیزات می توانیم نحوه حفاظت از آنها و نحوه عایق بندی و تجهیزات عایقی مربوطه را طراحی کنیم. از این نظر بررسی ژنراتور در شبکه قدرت که از جایگاهی ویژه برخوردار است و مسوول تولید توان اکتیو در اکتیو در سیستم می باشد. به همین جهت در حالت گذرا هنگامی که ژنراتور سنکرون به شبکه بی نهایت وصل می شود و قطع و وصل کلیدهای مربوطه و همچنین انواع خطاها و اتصال کوتاههایی که در سیستم قدرت بوقوع می پیوندد و اثراتی در روی ژنراتور سنکرون دارد و این اثرات حالت گذرای در سیستم بوجود می آورد که اگر از بین نرود موجب وارد آمدن خساراتی به عایقها و تجهیزات دیگر در سیستم ما می گردد.

برای رفع این پدیده برای ژنراتور سنکرون که در حالت گذرا دچار مشکلاتی می شود و ممکن است بعد از طی مدت زمانی عایق و حتی سیم پیچهای استاتور آن دچار خرابی گردد و کل شبکه ما دچار قطع برق شود برای محافظت از آن از خازنهایی به نام **Surge Capsitor** یا خازن برقگیر استفاده میکنند که در حالت های اتصال کوتاه و قطع و وصل کلید در شبکه این خازنها بتوانند اضافه ولتاژ گذرای را که به سمت ژنراتور می آید خنثی کنند.

حالت های گذرا در سیستم های قدرت

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

عوامل بوجود آورنده حالت‌های گذرا در سیستم های قدرت که باعث بروز خطا در سیستم می گردند.  
عبارتند از:

۱- شرایط جوی مانند باران و یخبندان

۲- صاعقه

۳- سالم نبودن تجهیزات و لوازم سیستم

برخورد وسایل نقلیه زمینی با دکلها و برخورد وسایل نقلیه هوایی با هادیهای خطوط انتقال

۴- برخورد پرندگان با هادیهای خطوط انتقال و یا ورود حیوانات به پستها و کلید خانه ها و نیروگاهها

۵- سقوط درختان بر روی هادیهای خط انتقال

۶- عوامل تصادفی و اتفاقات غیر قابل پیش بینی

بر اثر این عوامل خطاهایی در سیستم قدرت بوجود می آیند.

بررسی پدیده گذرا منجر به دسته بندیهای این حالتها براساس زمان وقوع این پدیده می باشد. زیرا که این حالت در زمانهای بسیار کوتاهی در حد میلی ثانیه تا نانو ثانیه موجی با فرکانس بیشتر و ولتاژ بالاتر از حد سیستم بر روی سیستم سوار شده و باعث اختلال در شبکه و صدمه به تاسیسات و نیروگاه و... می باشد.

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

### انواع پدیده گذرا در سیستم های قدرت

#### ۱- (Siant) اضافه ولتاژهای موقت : (Tran)

این اضافه ولتاژها که در قبل عوامل بروز آنها را متذکر شدیم دارای فرکانس ۵۰ هرتز و زمان سوار شدن این موج بر روی موج اصلی حدود میلی ثانیه است. پس در این حالت چونکه مدت زمان این حالت گذرا بسیار زیاد می باشد از لحاظ انتخاب دستگاههای حفاظتی بسیار مهم می باشد.

در طراحی کلیدهای قدرت و برقگیر و خازن های برقگیر حالت *Transiant* به دلیل زمان زیادش مد نظر می باشد. برای بررسی بیشتر می توانیم بگوئیم که این نوع پدیده از تخلیه الکتریکی جوی روی خطوط انتقال و قطع و وصلهای سریعی که معمولا در شبکه ایجاد می گردد ناشی می شود.

این حالتها گذرا سرشتی کاملا الکتریکی دارند و تنها در خطوط انتقال سیستم های قدرت دیده می شوند. از نظر فیزیکی اختلالی از این نوع منجر به یک سری موج الکترومغناطیسی می شود که با سرعتی نزدیک به سرعت نور در طول خطوط منتشر می شود و موجب افزایش دامنه امواج برگشتی در پایانه های خط می گردد. که بعد از چند رفت و برگشت در طول خط در طی چند ثانیه به دلیل تلفات موجود در خطوط، این امواج تضعیف می شوند و پس از چند رفت و برگشت این امواج میرا می گردند یعنی از بین می روند.

اندوکتانس بزرگ ترانسفورماتورها در اغلب مواقع به طور موثری مانع از ورود این اختلالات به سیم پیچهای ژنراتور می شود ولی برگشت این اختلالات موجب تولید موجهای با دامنه ولتاژ زیاد می شود ولی برگشت از این اختلالات موجب تولید موجهای با دامنه ولتاژ زیاد می شود که قادر است عایق تجهیزات فشار قوی را لطمه بزند. بارهای الکتریکی گذرا می توانند از طریق برقگیرها به زمینه انتقال یابد. ولی اگر عایق تجهیزات یا خطوط آسیب ببینند این امواج گذرا منجر به حالتها گذرای جدیدی از نوع کند می شوند.

#### ۲- اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی (*Fast Transiant*)

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

این اضافه ولتاژها ناشی از قطع و وصل کلیدها می باشد که فرکانسی در حدود ۵۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز می باشد که مدت زمان اثر این امواج گذرای سریع در حدود میکروثانیه است.

۳- اضافه ولتاژهای صاعقه (Fast Transiant)

اضافه ولتاژهای تخلیه جوی دارای فرکانس بالایی هستند این فرکانس در حدود ۱۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز می باشند و مدت زمان گذر این موج در حدود نانو ثانیه است.

۴- اضافه ولتاژهای مربوط به پست (Very Fast Transiant GIS)

این اضافه ولتاژها مربوط به پستهای (SF6) می باشند و دارای فرکانسی در حدود ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۵ مگاهرتز و مدت زمان اثر این موج نانو ثانیه می شود.



۱-۱-۲ - دسته بندی حالت‌های گذرا

حالت‌های گذرا را در قبل بر اساس فرکانس و زمان اثر آنها برشمردیم حال به بررسی این پدیده‌ها و علل و بروز آنها و سرعت آنها می پردازیم.

الف) حالت‌های گذرا فوق سریع - (پدیده موج)



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

این نوع پدیده های گذرا از تخلیه الکتریکی جوی خطوط انتقال و قطع و وصل های سریع که معمولا در شبکه ایجاد می گیرد ناشی می شود. این حالت های گذرا سرشستی کاملا الکتریکی دارند و تنها در خطوط انتقال دیده می شوند. از نظر فیزیکی اختلال از این نوع منجر به یک موج الکترومغناطیسی می شود که با سرعتی نزدیک به سرعت نور در طول خطوط منتشر می شود و موجب افزایش دامنه امواج برگشتی در پایانه های خط می گردد که بعد از چند رفت و برگشت در طول خط در طی چند ثانیه به دلیل تلفات موجود در خطوط این امواج به صورتی تضعیف می شوند و پس از چند رفت و برگشت از بین می روند.

این حالت های گذرا باعث صدمه رساندن به عایق های ترانسها و ژنراتورهای سنکرون و عایق خطوط و همچنین موتورهای سنکرون می گردند که پس از صدمه رساندن به عایق و مقره ها باعث می گردند که اتصال کوتاهی یا حالت گذرا خطایی در آن نقطه بوجود بیاید. که در تست عایقی انواع مقاومت در مقابل اضافه ولتاژها و همچنین اتصال کوتاهها و صاعقه ها در آزمایشگاه فشار قوی این موارد مورد بررسی کافی قرار می گیرند که برای جلوگیری و یا حتی عدم بروز چنین حالت گذرای منجر به طراحی مقره ها و یا حتی منجر به طراحی فاصله هوایی مناسب و طراحی و ساخت عایق هایی که قدرت تحمل ولتاژهای گذرا را داشته باشند و حتی در مواردی هم که بتوانیم صدمه زدن ولتاژهای گذرا به تجهیزات جلوگیری کنیم. برقگیرهایی را با توجه به امواج گذرای آن طراحی می کنیم. که برای محافظت از تجهیزاتی مثل ترانس و ژنراتور در کلیدهای قدرت آنها برقگیرهایی مناسب نصب می کنند تا بارهای الکتریکی گذرا از این طریق به زمین انتقال پیدا کند که همانطور که دیدیم این قسمت از حالت های گذرا مبنایی برای انتخاب سطح عایق بندی و تجهیزات خط خواهد بود.

### ۱-۱-۳- ب) حالت های گذرای نیمه سریع «پدیده اتصال کوتاه»

تعداد زیادی اتصال کوتاه که در خطوط انتقال بدون حفاظ روی می دهند ناشی از شکست الکتریکی عایقها بر اثر موجهای تولید شده می باشند. و یا خرابی در مقره ها و عواملی مثل باران و برف و یخ زدگی

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

مقره ها و همچنین برخورد اجسام خارجی با خطوط و سایر عوامل مکانیکی دیگر باعث چنین پدیده ای می گردد. بدین منظور است که در سیستم ما انواع و اقسام اتصال کوتاههای خطوط اتفاق می افتد که به بررسی انواع اتصال کوتاهها می پردازیم.

۱- اتصال کوتاه بر اثر برخورد سه فاز به یکدیگر بوجود می آید. اتصال سه فاز ممکن است مستقیما و با امپدانس صفر صورت گیرد و یا از طریق سه آمپدانس مساوی  $Z_f$  بین هر فاز و نقطه صفر (زمین) بوقوع بپیوندد.

۲- اتصال کوتاه دوفاز به همدیگر

در این صورت باید دو وضعیت مورد بررسی قرار گیرد. در حالت اول دوفاز فقط به یکدیگر وصل می شوند. و در حالت دوم دوفاز همزمان به زمین نیز متصل می گردند.

۳- اتصال کوتاه یک فاز به زمین: در حالتی است که فقط برای یک فاز حطا اتفاق بیافتد و دو فاز دیگر سالم هستند.

۴- از هم گسیختگی و یا پارگی هادیهای خط انتقال

اغلب اتصال کوتاهها در سیستم های قدرت بیش از ۷۵٪ از نوع اتصال کوتاه یک فاز به زمین می باشد که معمولا بر اثر شکست الکتریکی و ایجاد جرقه روی مقره ها پدید می آیند. احتمال وقوع اتصال کوتاه دوفاز نیز بیشتر از اتصال کوتاه متقارن می باشد. گرچه احتمال وقوع اتصال کوتاه متقارن بسیار کم ( حدود ۵٪) می باشد لیکن بسیاری از محاسبات کلاسیک سیستم ها نظیر انتخاب کلیدهای قدرت بررسی پایداری گذرا و حفاظت از سیستم های قدرت بر مبنای جریانهای اتصال کوتاه متقارن بنا شده اند.

ظرفیت انتقال قدرت یک خط انتقال بر اثر اتصال کوتاه متقارن به صفر می رسد در حالیکه در اتصال کوتاههای نامتقارن قسمتی از قدرت قبلی خط منتقل می گردد.

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

علاوه بر کاهش ظرفیت انتقال قدرت ، جریانهای زیاد اتصال کوتاه می تواند به وسایل و تجهیزات سیستم آسیب برساند و لذا محل های اتصال کوتاه شده در اسرع وقت باید از سیستم قدرت جدا شوند. بنابر این مطالعه سیستم قدرت در شرایط اتصال کوتاه برای حفاظت سیستم و تعیین مقادیر نامی کلیدهای قدرت در رله ها و وسایل حفاظتی و برق گیرها کاملا ضروری می باشد. بسیاری از اتصال کوتاهها موقتی بود و بخودی خود برطرف می گردند. بهمین منظور در عمل در بعضی نقاط سیستم از کلیدهای وصل مجدد استفاده می گردد. این کلیدها پس از وقوع اتصال کوتاه یک یا دوبار و یا بیشتر وصل می شوند تا از برطرف شدن اتصال کوتاه مطمئن شوند اگر پس از یک ، دو یا چند بار وصل مجدد هنوز اتصال کوتاه برقرار باشد کلید به طور دائمی باز خواهند ماند. زمان کلی عمل این کلیدها ممکن است تا یک ثانیه نیز بطول انجامد.

اتصال کوتاه متقارن باعث می شود تا ظرفیت انتقال توان یک خط به سرعت صفر برسد، اتصال کوتاههای دوفاز باهم و زمین تکفاز بازمین باعث از کار افتادن خط خواهد شد. اتصال کوتاههایی که در سیستم روی می دهند نه تنها باعث قطع کامل شارژ انرژی ، باعث افزایش انرژی در بخشهایی از سیستم می شوند. بلکه دامنه خود آنها ممکن است به مراتب بیشتر از جریان نامی ژنراتورها و ترانسفورماتورهای سیستم باشد. که تداوم شارژ چنین جریانهایی باعث بالا رفتن دمای تجهیزات و آسیب رساندن به سیستم قدرت و تجهیزات و ژنراتورها می باشد.

( ج ) حالت های گذرای کند ( پایداری در شرایط گذرا )

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

یک اتصال کوتاه باعث فروپاشی ولتاژهای باس سیستم است. با کاهش ناگهانی ولتاژهای ژنراتور توان خروجی آن بی آن نیز به سرعت کاهش می یابد. چون در لحظاتی پیش از آنکه کنترل کننده های مکانیکی توربین وارد عمل شوند. توان ورودی به ژنراتور ثابت میماند. در نتیجه هر کدام از ژنراتورها در معرض یک گشتاور شتاب دهنده واقع می شوند که در صورت تداوم میتواند به خطرناک ترین حالتها گذاری یک سیستم قدرت یعنی نوسانات مکانیکی روتور ماشین سنکرون منجر می شود (SSR) که چنین اتفاقی باعث خاموشی بخشی از سیستم قدرت یا تمامی آن می شود.

### ۱-۱-۳-۱- آشنایی با پدیده تخلیه جوی

برطبق مشاهدات و تجربیات روزانه و بروز طوفانهای موضعی در شرایط جوی مناسب یونیزه گشتن ملکول های بخار آب و ملکولهای تشکیل دهنده ابرها را سبب گردیده بارهای الکتریکی مثبت و منفی حاصل در آنان را تقسیم و متراکم می سازد. قطرات حامل بارهای مثبت در یک طرف و بارهای منفی در طرف دیگر ابرها انباشته گشته، توده ابرها با بارهای الکتریکی را به وجود می آورند، ظهور ابرها با بارهای الکتریکی تفکیک شده دو قطب منفی و مثبت را پدید آورده اصطلاحاً آنان را پلاریزه می سازد.

ایجاد دو قطب مثبت و منفی شدت میدان الکتریکی را در حد فاصل آنان بوجود می آورد. انباشته گشتن هر چه بیشتر بارها شدت میدان الکتریکی را به طور مدام افزایش می دهد. در صورت تجاوز میدان از شدت میدان مقاوم هوا و قابل قبول ابرها، قوس و تخلیه الکتریکی بین دو قطب مثبت و منفی در ابر روی می دهد.

#### خصوصیات تخلیه جوی الکتریکی و طریق شکل گیری آن

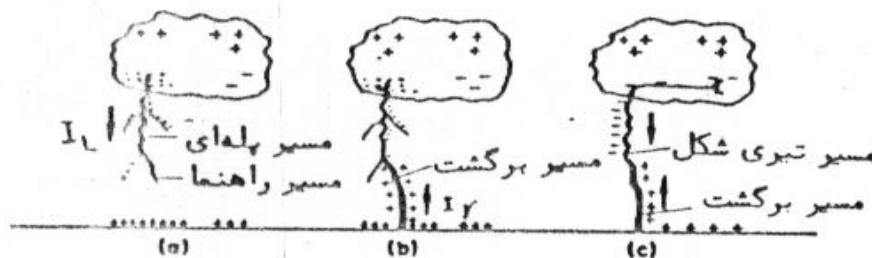
تخلیه جوی و بروز رعد و برق در پی انباشته گشتن بارهای الکتریکی در ابر و ظهور شدت میدان الکتریکی بین ابر و ابر بازمین روی می دهد. انباشته گشتن بارهای الکتریکی به صورت الکتریسیته ساکن در ابر و در قسمتی از سطح زمین واقع در مجاورت ابر باعث تجمع بارهای مخالف و در نتیجه شدت میدان الکتریکی خواهند شد. هنگامی که مقدار شدت میدان از شدت میدان مقاوم ابر و هوا تجاوز نماید تخلیه جوی بصورت قوس الکتریکی ظاهر می گردد. بروز قوس تخلیه بین ابرها معمولتر از تخلیه ابرها می باشد. متقابلاً تخلیه ابرها و زمین بیش از تخلیه بین ابرها و شبکه های الکتریکی و خطوط انتقال فشار قوی را تحت تاثیر قرار میدهد.

تخلیه بین ابرها و یا ابرها با زمین بدنبال افزایش شدت میدان الکتریکی و یونیزه گشتن مسیر باریک و نامشخص از هوا در فاصله بین دو قطب میدان الکتریکی آغاز می گردد. قبل از بروز قوس اصلی و برقراری جریان تخلیه کامل قسمتی از بارهای الکتریکی تحت

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

تأثیر میدان الکتریکی قرار گرفته و از طریق مسیر باریک یونیزه که به شکل پله ای می باشد به سمت قطب دیگر مخالف رانده شده و با برخورد به آن در فاصله زمانی ۳۰ تا ۵۰ میکروتانیه به قوس کامل تبدیل می گردد.

علت نامگذاری مسیر پله ای این است که یونیزا سیون به شکل زیگزاک می باشد و از یک سری پله های با طول حدود ۵۰ متر و به شکل سرنیزه تشکیل شده است. که در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.



شکل (2-3) تشکیل موج ضربه برق آسمانی

بنابر این با یونیزا سیون هوای موجود بین ابر و زمین که به شکل پله ای می باشد همراه با یکسری قوسهایی است که به قوس جزئی موسوم است، این قوس جزئی باعث به وجود آمدن جریان تخلیه اصلی بین بارهای الکتریکی مخالف با یکدیگر می شود که مدت برقراری آن بسیار کوتاه بود و متقابلاً دامنه جریان تخلیه بسیار بالایی را دارا می باشد.

جریان تخلیه جزئی بین دو قطب به جریان خزنده پیشرو موسوم است که معمولاً با  $I_L$  نمایش می دهند.

با افزایش شدت میدان الکتریکی تا مقدار لازم و کافی، جریان پیشرو یا جریان خزننده با سرعت فوق العاده در مسیر پله ای در فاصله بین دو میدان جابجا و به سمت جلو رانده می شود. سرعت پیشروی این جریان به حدود ۱۰۰ کیلومتر بر ثانیه بالغ می گردد که شروع جریان پیشرو از سمت یکی از دو قطب و یا از سمت هر دو آنها به طور همزمان صورت می پذیرد.

پس از طی قسمتی از فاصله بین دو قطب توسط جریان مشابه از طرف مقابل با بارهای مخالف موسوم به جریان برگشتی  $I_L$  برقرار می گردد. که این دو جریان با بارهای مخالف راه خود را به سوی یکدیگر گشوده قوس و تخلیه الکتریکی را بین دو قطب به وجود می آورند.

بر طبق ملاحظات و تجربیات به عمل آمده، جریان برگشتی و بارهای آغازگران آن جریان قوس اصلی تخلیه را به وجود می آورد و این جریان برگشتی است که به جرقه منجر می گردد که به اصطلاح برق آسمانی گفته می شود.

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

نقطه تخلیه جریان اصلی به نقطه برقراری جریان پیشرو بستگی دارد یعنی اگر جریان پیشرو از سمت زمین واز مانعی یا ارتفاعی آغاز شود، تخلیه اصلی به آن مانع صورت خواهد گرفت که این به دلیل انباشته شدن فوق العاده بارهای الکتریکی در موانع و متراکم شدت میدان الکتریکی در مجاور آنان می باشد. بلافاصله پس از هر بار قوس از شدت میدان کاسته می شود.

و قوس تخلیه خفه می گردد. مجدداً به فاصله چند میلی ثانیه قوسی از جریان پیشرو دیگر واقع در مسیر متفاوت از مسیر اول در مجاور آن برقرار می گردد، چنین تخلیه ای که مسیر یونیزه شده قبلی را مورد استفاده قرار می دهد و در نتیجه بودن شاخه وانشعاب است که با جریان زیاد همراه می باشد و مسیر تیری می نامند که در شکل (۳-۲-۳) نشان داده شده است. هر یک از قوسها که به ترتیب فوق صورت می گیرند را **Stork** می نامند. که فاصله زمانی تشکیل این قوسها بسیار کوچک می باشد. مجموعه قوسهای **Stork** که به صورت قوس واحد متشکل از شاخه های متعدد و به طور همزمان می باشد را رعد و برق یا **Flash** یا صاعقه می نامند. بنابراین صاعقه از یک قوس یا قوسهای متوالی **Stork** تشکیل شده است.

اولین قوس به **First Stork** موسوم است که حداکثر دامنه را دارا می باشد. این قوس به حدود دهها تا صدها میکروثانیه به طول می انجامد.

طبق آزمایشاتی که به عمل آمده است. با توجه به خصوصیات ابر، جریان پیشرو با بارهای منفی با حدود ۵۰ تا ۲۰۰ آمپر و جریان پیشرو با بارهای مثبت به حدود ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ آمپر بالغ می گردند. نوع بارها در جریان پیشرو جهت و مقدار بارهای تخلیه اصلی را تعیین می گردد و جریان پیشرو مثبت از سمت ابر با بار مثبت قوس اصلی تخلیه با جریان ۳۰۰ کیلوآمپر را موجب می گردند. ( شکل ۳-۲)

نوع موج تخلیه جوی:

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

در حدود ۹۰٪ تخلیه جوی بر خطوط انتقال انرژی که در مناطق کوهستانی، دشتهای بی‌شمار، بی‌شماره زارهای با شدت بارهای الکتریکی منفی تشکیل شده اند که در پی بروز تخلیه به صورت موج منفی جریان تخلیه جوی در قسمتهای مختلف خطوط انتقال ظاهر می‌گردند.

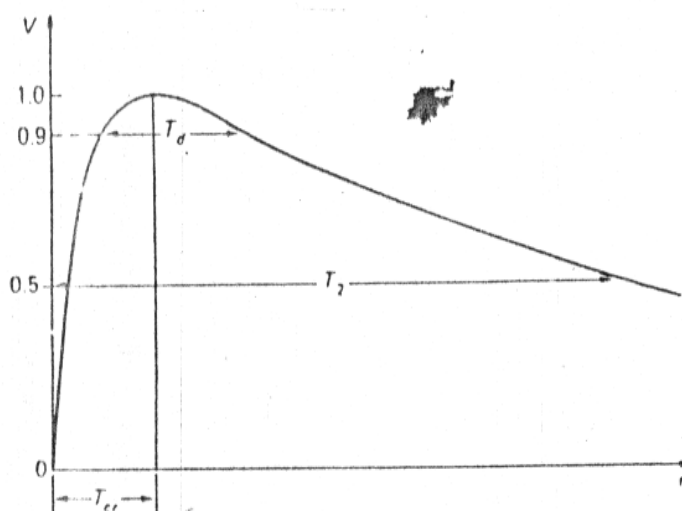
درصد تخلیه های جوی با بارهای الکتریکی مثبت در فصل زمستان از مقدار ۱۰٪ تجاوز نمی‌نماید.

در صورت افزایش از این مقدار لازم است شرایط تخلیه با بارهای الکتریکی مثبت نیز در هنگام طرح خطوط انتقال انرژی در نظر گرفته شوند.

شکل جریانهای موجی و تخلیه جوی

جریان تخلیه به طور لحظه ای در فاصله زمانی بسیار کوتاه چند میکروثانیه و کمتر از آن تا مقدار حداکثر خود معادل ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو آمپرافزایش یافته و سپس به طور تدریجی کاهش می‌یابد که این همچون دشارژ خازن شارژ شده می‌باشد. به همین علت منحنی تخلیه خازن شارژ شده به عنوان منحنی استاندارد موج رعد و برق تعیین می‌گردد.

قسمت دم موج این منحنی اکسپونانشیل با رابطه  $e^{-at}$  می‌باشد که منحنی جریان موجی یا منحنی ضربه ای **Impulse** موسوم است که در شکل (۳-۴) نشان داده شده است.



شکل (۳-۴) شکل کلی ولتاژهای ضربه کلید زنی.  $T_{cr}$  زمان تا قله

$T_2$  زمان مجازی تا نیم مقدار.  $T_d$  زمان بالای ۹۰٪

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

مشخصات جریان تخلیه جوی

شکل منحنی جریان تخلیه جوی و مشخصات آن با توجه به خصوصیات جغرافیایی و شرایط آب و هوا تغییر می نماید و در صد بروز مقادیر آن کاملاً اتفاقی می باشد.

مشخصات جریان تخلیه شامل: نوع بارهای الکتریکی مورد تخلیه (مثبت یا منفی) تعداد متوالی تخلیه خوبی برح سب کیلوآمپر و سرعت افزایش آن در اولین مرحله پیشانی موج می باشد.

همانطور که در بالا به آن اشاره شد یکی از مشخصات اصلی موجهای ضربه ای و موجهای تخلیه جوی سرعت افزایش آنها در فاصله زمانی یا پیشانی موج می باشد. این سرعت افزایش با کیلوآمپر بر میکروثانیه بیان می گردد که بدین ترتیب سرعت افزایش موج ولتاژ تخلیه جوی تعریف می گردد. این سرعت از تقسیم حداکثر ولتاژ موجی به زمان و پیشانی آن موج بدست می آید که برحسب کیلوولت بر میکروثانیه نشان داده می شود.

کیلو ولت

حداکثر ولتاژ موجی

= سرعت افزایش موج ولتاژ تخلیه جوی

زمان پیشانی موج

میکروثانیه

مقدار حداکثر سرعت افزایش موج ولتاژ تخلیه جوی به حدود ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوولت بر میکروثانیه بالغ می گردد که هر قدر سرعت افزایش موج کمتر باشد، تخلیه آن توسط برق گیرهای فشار قوی با اطمینان بیشتری روی داده و احتمال بروز قوس در ایزولا سیون تجهیزات تحت تاثیر موج کاهش می یابد.

خطاهای ناشی از بروز تخلیه جوی در سیستم های قدرت



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

با بروز تخلیه جوی بر خطوط انتقال انرژی، موج جریان تخلیه جوی در خطوط ظاهر می گردد که با توجه به مقاومت اهمی مسیر تخلیه این موج جریان تبدیل به ولتاژ موجی باعث شکست در مقره ها و ایزولاتورها می شود. برخورد ضربه با خط باعث ایجاد موج سیاری در خط می شود

. شدت افزایش ولتاژ سیار در مبدا مستقیماً متناسب با تندی جریان صاعقه است که میتواند متجاوز از ۱۰۰ کیلو آمپر بر میکروثانیه باشد.

سطح ولتاژ ایجاد شده را می توان به سادگی با ضریب، جریان در امپدانس موج موثر خط هوایی محاسبه کرد. تخلیه جوی مستقیم بر خطوط انتقال انرژی، تخلیه برسیمهای فاز، سیمهای زمین و برجها را شامل می گردد. همزمان با تخلیه بارها از ابرانتشار و پخش آنها در طول سیمهای فاز و سیمهای زمین به دو سوی محل تخلیه آغاز می گردد که سرعت انتشار آن معادل با سرعت انتشار نور یعنی

$\frac{m}{\mu s}$  ۳۰۰ می باشد. اگر این موج دفع نگردد در طول خط باعث خرابیهای جبران ناپذیری خواهد شد.

با توجه به تجربیات بدست آمده با نتیجه کلی تخلیه جوی بر هر قسمت از خطوط انتقال انرژی مشابه خواهد بود که باعث به وجود آمدن انواع مختلفی اتصالی در خط می شوند.

الف) اگر تخلیه جوی بر هر نقطه و هر قسمت از خطوط انتقال انرژی اعم از سیمهای فاز و سیمهای زمین و بدنه برجها روی دهد باعث می شود که اضافه ولتاژ به صورت قوس در فواصل ایزولاسیون خطوط ظاهر گردد که این قوس بلافاصله به اتصالی بین فازها و یا فاز با زمین تبدیل می گردد.

ب) ۹۵٪ اتصالیها ناشی از تخلیه جوی بر خط از نوع اتصالیهای فاز به زمین می باشد و ۵٪ از سایر انواع اتصالیها خواهند بود.

ولتاژ ضربه استاندارد برای تخلیه جوی ( صاعقه)

## برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

امروزه استاندارد های ملی بین المللی مختلف ولتاژهای ضربه را به شکل ولتاژی یک جهته که شیب افزایش آن تندتر از شیب کاهش آن است، تعریف میکنند. در توصیه های IEC که امروزه به طور گسترده ای توسط کمیته های ملی پذیرفته شده است. بین ضربات صاعقه و کلید تمایز گذاشته شده است ولتاژهای ضربه با دوره پیکشی متغیر از کمتر از یک یا چند ده میکروثانیه به طور کلی به عنوان ضربات صاعقه مورد نظر قرار گرفته اند. که در شکل (۷-۳) نشان داده شده است.

همانطور که در شکل مشاهده می کنیم. مبدا مجازی  $Q_1$  جایی است که خط  $AB$  مصور زمان را قطع میکند، زمان پیشانی مجازی  $T_1$  را فقط می توان برای ضربات صاعقه کامل یا آنهایی که از ناحیه قله یا دم بریده شده اند تعریف کرد. در مورد ضربات دارای پیشانی بریده شده زمان معادل  $T_C$  است یعنی زمان بریدگی

لازم به ذکر است که شکل مزبور ضربه صاعقه ای که به واسطه تخلیه ناشی از شکست از ناحیه سریادم بریده شده دیده می شود.

دلیل تعریف نقطه  $A$  در  $30\%$  سطح ولتاژ را می توان در بیشتر سیلوگرام های ولتاژ ضربه یافت. به دست آوردن شیب آرامی در اولین صعود ولتاژ بسیار مشکل است. زیرا سیستمهای اندازه گیری و همینطور ظرفیت های پراکنده و اندوکتانس ها می توانند باعث نوسان شوند. در اکثر کاربردها زمان و پیشانی مجازی اکنون  $1/2$  میکروثانیه و زمان مجازی تار سیدن به نیم مقدار  $50$  میکروثانیه می باشد. مشخصات فنی همچنین تولرانس تا  $30\%$  را برای  $T_1$  و  $20\%$  درصد را برای  $T_2$  مجاز می دانند. چنین ولتاژهای ضربه ای به شکل موج  $T_1/T_2$  مورد اشاره قرار می گیرند. بر این اساس موج  $1.2/50$  امروزه به عنوان ولتاژ ضربه صاعقه استاندارد پذیرفته شده است. به طور خلاصه می توان بیان کرد که:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1.2 \pm 30\%}{50 \pm 20\%}$$

اضافه ولتاژهای ناشی از قطع و وصل در سیستم های قدرت

حالتهای گذرا ناشی از کلید زنی

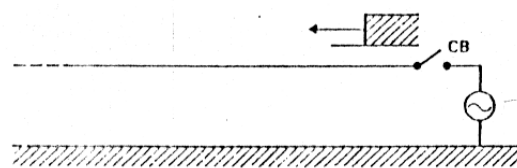
امواج گذرای ناشی از اختلالات جوی که با سرعت زیادی روی خطوط ظاهر و پس از مدت کوتاهی نیز مستهلک می شوند یک نوع پدیده های گذرای خطوط انتقال به شمار می آیند. نوع دیگر پدیده های گذرای تند که در عمل از اهمیت زیادی برخوردارند در حین عملیات معمول کلیدزنی در شبکه تولید می شوند و در مجموع به آنها حالت های گذرای کلید زنی گفته می شود. ساده ترین نوع حالت گذرای کلید زنی به هنگام بسته شدن یک مدار شکن جهت انرژی دار کردن یک خط انتقال، تولید می شود. این وضعیت در شکل

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

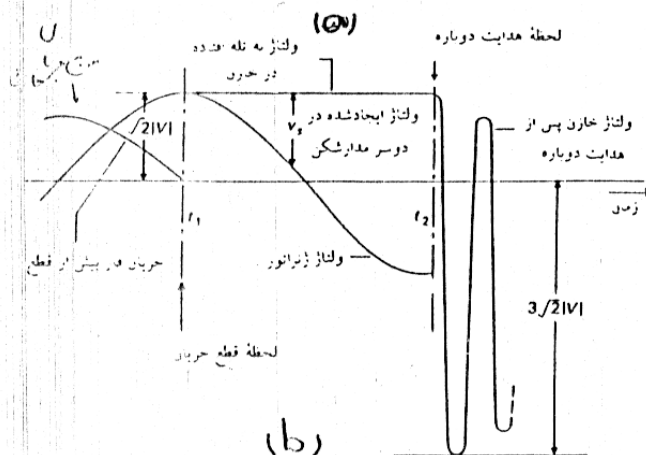
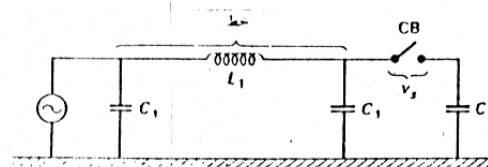
(۴-۵) نشان داده شده است با بسته شدن مدار شکن یک موج در طول خط از طرف منبع به سمت مقابل شروع به حرکت می کند. دامنه پیدایشانی موج بستگی به آن دارد که مدار شکن در چه لحظه ای از یک سیکل ولتاژ ۵۰ هرتز، بسته می شود. بدترین حالت هنگامی است که مدار شکن در ماکزیمم ولتاژ بسته می شود. اگر مقدار مؤثر ولتاژ شبکه  $|V|$  باشد دامنه موج تولید شده  $\sqrt{2}|V|$  خواهد بود روشن است پس از انعکاس دامنه موج برگشتی به  $2\sqrt{2}|V|$  خواهد رسید.

به هنگام باز شدن دیژنکتورها نیز اضافه ولتاژهای خطرناکی تولید می شود. برای مثال حالتی را که در شکل (a-۶-۴) دیده می شود در نظر بگیریم. یک خازن موازی C به انتهای خط انتقالی که آنرا با مدار هم ارز  $\pi$  نمایش داده ایم متصل شده است. می خواهیم خازن C را از مدار

خارج کنیم برای این منظور به دیژنکتور فرمان قطع می فرستیم. با دریافت این فرمان کنتاکتهای مدار شکن شروع به دور شدن از یکدیگر می کنند.



شکل (4-5) نحوه ایجاد اضافه ولتاژ گذرای ناشی از کلید زنی



شکل (4-6) چند برابر شدن ولتاژ در اثر هدایت دوباره به هنگام فدلج یک خازن

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

در لحظه زمانی  $t_1$  هنگامی که موج جریان خازنی از نقطه صفر خود می‌گذرد، جرقه خاموش می‌شود. و به دنبال آن جریان نیز قطع می‌شود. در این لحظه خازن با ولتاژ حداکثر  $\sqrt{2}|V|$  شارژ شده است. در نیم سیکل منفی ولتاژ شبکه، ولتاژ  $V_s$  در دو سر کنتاکتهای مدار شکن ظاهر می‌شود. اگر محیط بین کنتاکتها سریع‌تر از ظهور  $V_s$  استحکام عایقی خود را باز یابد. عمل قطع با موفقیت با پایان خواهد رسید. و در غیر این صورت هدایت دوباره روی خواهد داد.

در شکل (b-۶-۴) فرض می‌کنیم در خطرناکترین لحظه ( $t_2$ ) یعنی هنگامی که  $V_s$  حداکثر مقدار خود را دارا است، چنین هدایت دوباره‌ای روی داده باشد. این هدایت دوباره باعث یک ولتاژ نوسانی در مدار **LC** خواهد شد. فرکانس این ولتاژ گذرا معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ برابر فرکانس سیستم خواهد بود. و همچنین فرا رفت (اورشوت) این ولتاژ به  $3\sqrt{2}|V|$  خواهد رسید.



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

شکل کلی ولتاژهای ضربه کلید زنی استاندارد

شکل ۷-۴ مربوط به یک ضربه کلید زنی میباشد. با توجه به اینکه زمان مجازی تا نیم مقدار  $T_2$  شبیه ولتاژهای ضربه صاعقه تعریف شد زمان تا قله  $T_{cr}$  فاصله زمانی واقعی بین مبداء حقیقی و لحظه ای است که ولتاژ به مقدار حداکثرش رسیده است. این تعریف به دلیل اینکه برقراری مقدار قله واقعی با دقت زیاد مشکل است ممکن است مورد انتقاد قرار بگیرد از این نظر پارامترهای اضافی دیگری به عنوان زمان ۹۰ در صد قله  $T_d$  تعریف می شود. با مشخص شدن مقیاس زمانی می توان تعاریفی مختلف را در مقایسه با ضربات صاعقه درک نمود. با در نظر گرفتن تولرانسهها، ضربه کلید زنی استاندارد دارای مقادیر زمانی زیر است.

$$T_{cr} = 250 \mu\text{sec} \pm 20\%$$

$$T_2 = 2500 \mu\text{sec} \pm 60\%$$

بنابراین ضربه  $\frac{250}{2500}$ ، ضربه کلید زنی استاندارد است. اگر که چنین شکل موجی کافی یا مناسب نباشد استفاده از ضربات

$$\frac{500}{2500} \text{ ، } \frac{100}{2500} \text{ توصیه شده است.}$$

برای تحقیقات پایه ای که استقامت الکتریکی فواصل هوایی بلند یا اصولاً سایر وسایل را مورد توجه قرار دهد زمان آن تا قله باید بین ۱۰۰ تا  $1000 \mu\text{sec}$  باشد. زیرا که استقامت الکتریکی سیستم های عایق ممکن است به شکل موج ولتاژ حساس باشد.

مشخصه های ولتاژ آزمایش موج کلید زنی

در سیستم های انتقال نیرو دارای ولتاژ ۲۴۵ کیلو ولت به بالا، استقامت الکتریکی عایق در برابر اضافه ولتاژها مسئله مهمی در طراحی عایق است. اطلاعات قابل توجهی در مورد شکست ناشی از امواج کلید زنی موجود است. با وجود این تنوع شکل موج کلید زنی و محدوده گسترده مقادیر شکست مربوطه، انتخاب یک شکل استاندارد ضربات کلید زنی را مشکل می کند آزمایشات متعدد نشان داده است که ولتاژ شکست برای ترتیبات مختلف هندسی تحت تأثیر موج ولتاژ کلید زنی یک جهت با افزایش دوره پیدایشی موج کاهش یافته و در محدوده بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکروثانیه به کمترین مقدار خود می رسد. زمان نیم مقدار اثر کمتری روی قدرت شکست دارد، به خاطر اینکه شکست تقریباً همیشه در نزدیکی قله موج رخ میدهد. در شکل (۸-۴) رابطه ولتاژ در متر به شکل تابعی از زمان رسیدن به شکست به ترتیب برای یک فاصله هوایی میله سه متری و یک فاصله هوایی هادی - صفحه نشان داده شده است. دیده می شود که ولتاژهای ضربه استاندارد مقادیر شکست بالاتری را ارائه می دهد و مقادیر موج کلید زنی قله بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکروثانیه به خوبی زیر مقادیر شکست فرکانس قدرت مربوطه قرار می گیرد.

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

تأثیر زمان رسیدن به قله روی مقدار شکست با فواصل هوایی و رطوبت نیز تغییر می‌کند. در شکل (۹-۴) مشخصه های شکست

سطحی مثبت ضربات استاندارد  $\frac{200}{2000}$  (میکروثانیه) با ولتاژهای فرکانس قدرت برای یک فاصله هوایی میله - میله به شکل ولتاژ

شکست در متر در مقابل طول فواصل هوایی مورد مقایسه قرار گرفته است.

مشاهده می‌کنیم که با افزایش فاصله هوایی افت سریعی در قدرت شکست موج کلیدزنی به وجود آمده است. این افت شدید در

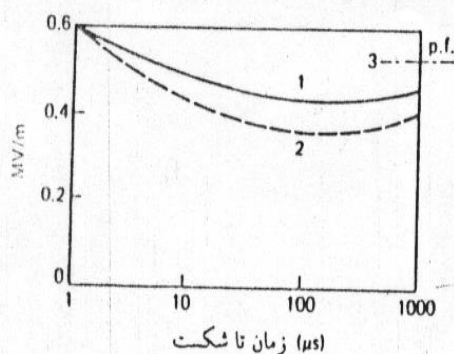
قدرت متوسط موج کلید زنی متناسب با طول عایق منجر به طراحی‌هایی هزینه بر، مخصوصاً در نواحی ماورای فشار قوی **U.H.V**

می‌گردد. کلیه پژوهشها نشان میدهند که در تمام اشکال فواصل هوایی که از نظر عملی مورد توجهند ضربه‌های کلید زنی مثبت در

مقایسه با ضربات منفی در ولتاژ شکست کمتری حاصل می‌شوند رفتار شکست سطحی عایقهای خارجی با شکلهای مختلف تحت اثر

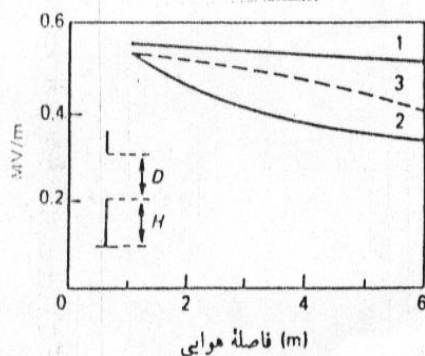
ضربه به کلید زنی مثبت از رطوبت هوا تأثیرپذیر است. طبق گزارشات و مقالات در محدوده رطوبت مطلق ۳ تا ۱۶ گرم بر متر مکعب

ولتاژ شکست فواصل هوایی میله‌ای مثبت افزایش می‌یابد.



شکل ۸-۴- رابطه بین ولتاژ شکست سطحی قائم در متر و زمان رسیدن به شکست، (فاصله ۳m)

(۱) فاصله هوایی میله - میله (۲) فاصله هوایی صفحه هادی (۳) فرکانس قدرت



شکل ۸-۹- رابطه بین ولتاژ شکست سطحی  $MV/m$  و طول فاصله هوایی برای:

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

همانطور که در قبل گفته شده است. ضربه کلید زنی استاندارد عموماً به شکل  $\frac{250}{2500}$  [میکروثانیه] می باشد. یعنی پیشانی از شروع واقعی ضربه تا رسیدن به مقدار قله است.

باید توجه کرد که فاصله هوایی موجود بین دو الکتروود با میدان غیر یکنواخت به شکل هر دو الکتروود روی شکل گیری و انتشار جریانهای نورانی ارتباط دارد و تأثیر مستقیمی روی مقادیر شکست دارد. این موضوع مقادیر متفاوت شکست مشاهده شده برای سازه های عایقی مختلف را مخصوصاً در مورد امواج کلید زنی بدست آمده برای فواصل میله - صفحه توجه میکند. تلاشهای متعددی به عمل آمده که اطلاعات مربوط به سایر سازه ها را به فاصله میله - صفحه ربط دهند.

پژوهشگرهای متعددی نشان داده اند که ولتاژ موج کلیدزنی ۵۰٪ مثبت برای فواصل مختلف موجود در هوا در محدوده ۲ تا ۸ متر از عبارت زیر تبعیت میکند.

$$V_{50} = K 500d^{0.6} [KV]$$

که  $d$  طول فاصله هوایی بر حسب متر و  $K$  ضریب فاصله مربوط به شکل الکتروودها می باشد.

برای شکل میله - صفحه  $K$  برابر یک در نظر گرفته شده است. بنابراین ضریب  $K$  ضریب تناسب ولتاژ شکست ۵۰٪ هر شکل هندسی فاصله با آرایش میله - صفحه (برای فاصله مشابه) می باشد.

WikiPower.ir

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

#### هماهنگی عایقی

طراحی عایقهای وسایل و تجهیزات نیروگاهی در مقایل اضافه ولتاژها است.

طراحان عایق سیستمهای الکتریکی در انتخاب را پیش رو قرار میدهند.

۱- سطوح عایق عناصر سیستم را چنان طراحی میکنند که در برابر اضافه ولتاژها مقاوم باشند.

۲- با تعبیه ابزار حفاظتی در نقاط حساس سیستم اضافه ولتاژها را محدود می نمایند.

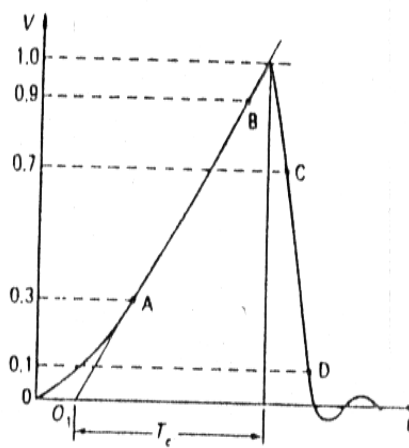
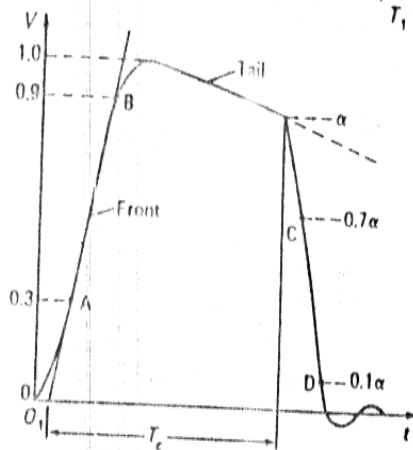
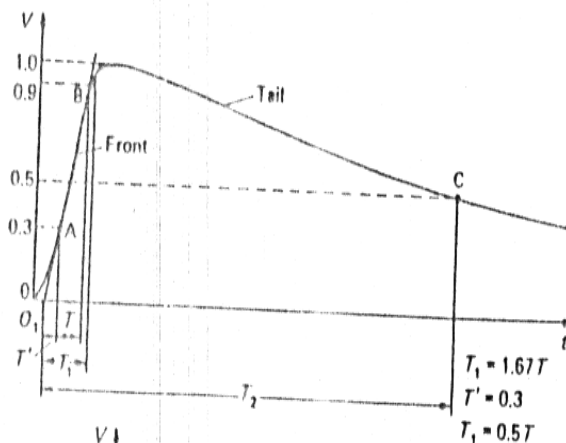




برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## فصل دوم:

### بررسی حالات گذرا ژنراتور سنکرون



شکل (۳-۷) شکل کلی و تعاریف ولتاژهای ضربه صاعقه. (a) تمام موج. (b) موج بریده شده در دم. (c) موج

بریده شده در پیشانی.  $T_2$ : زمان مجازی تا نیم مقدار.  $T_c$ : زمان تا بریدگی.  $O_1$  مبدا مجازی

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

اتصال کوتاه در پایانه ژنراتور سنکرون بی بار

یک ژنراتور سنکرون سه فاز که روتور آن با سرعت ثابت  $W_m$  چرخانده می شود و جریان تحریک  $I_f$  ولتاژ  $E_f$  رادر هر فاز استاتور آن القاء میکند. واضح است که در حالت بی باری ولتاژ پایانه استاتور ماشین نیز معادل  $E_f$  است یعنی  $V_t = E_f$ . حال اگر پایانه استاتور اتصال کوتاه شود، جریان گذرای شدیدی از سیم پیچهای استاتور خواهند گذشت. گفتنی است پس از آنکه حالت گذرا از بین برود جریان اتصال کوتاه در حالت ماندگار به قرار زیر است.

$$I_{sc} = \frac{E_f}{X_s} \quad (1)$$

باید دانست که هنگام وقوع اتصال کوتاه جریان استاتور حدود ۵ تا ۱۰ برابر جریان حالت ماندگار است. لذا جهت طراحی و ژنکتورها برای برطرف کردن اتصال کوتاه الزامی است تا بتوان از صدمه دیدن ژنراتور جلوگیری نمود. قبل از وقوع اتصال کوتاه، شار دوره های سیم پیچی میدان تحریک و سیم پیچی میرا کننده ثابت است. در سیم پیچی میرا کننده قبل از بروز اتصال کوتاه جریان بچرخش در نمی آید. زیرا قبل از بروز حادثه این سیم پیچی همراه با سیم پیچی تحریک تحت سرعت سنکرون چرخانده می شود و تنها جریان موجود در روتور همان جریان DC سیم پیچی تحریک می باشد. اکنون اگر اتصال کوتاه در پایانه ماشین بی بار رخ دهد. در آرمیچر جریان برقرار می شود. و  $mmf$  حاصله از آرمیچر با  $mmf$  حاصله از مدار تحریک مخالف یکدیگر عمل میکنند و لذا شار دورسیم سیم پیچی تحریک و سیم پیچی میرا کننده از این امر متأثر می گردد.

برای اینکه شار دورها در همان مقدار اولیه خود باقی بمانند جریان القایی در دو سیم پیچی تحریک و میرا کننده برقرار می شود. این پدیده را این چنین میتوان توجیه کرد: یک حلقه هادی را در نظر می گیریم

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

که دارای اندوکتانس  $L$  باشد. اگر به ناگهان میدان مغناطیسی به این حلقه اعمال شود. حلقه در مقابل تغییر شار دور از خود عکس العمل نشان میدهد. در نتیجه جریان  $I$  در حلقه القاء میگردد:

$$i = \frac{\phi}{L}$$

در این رابطه  $\phi$  شار اعمال به حلقه است.

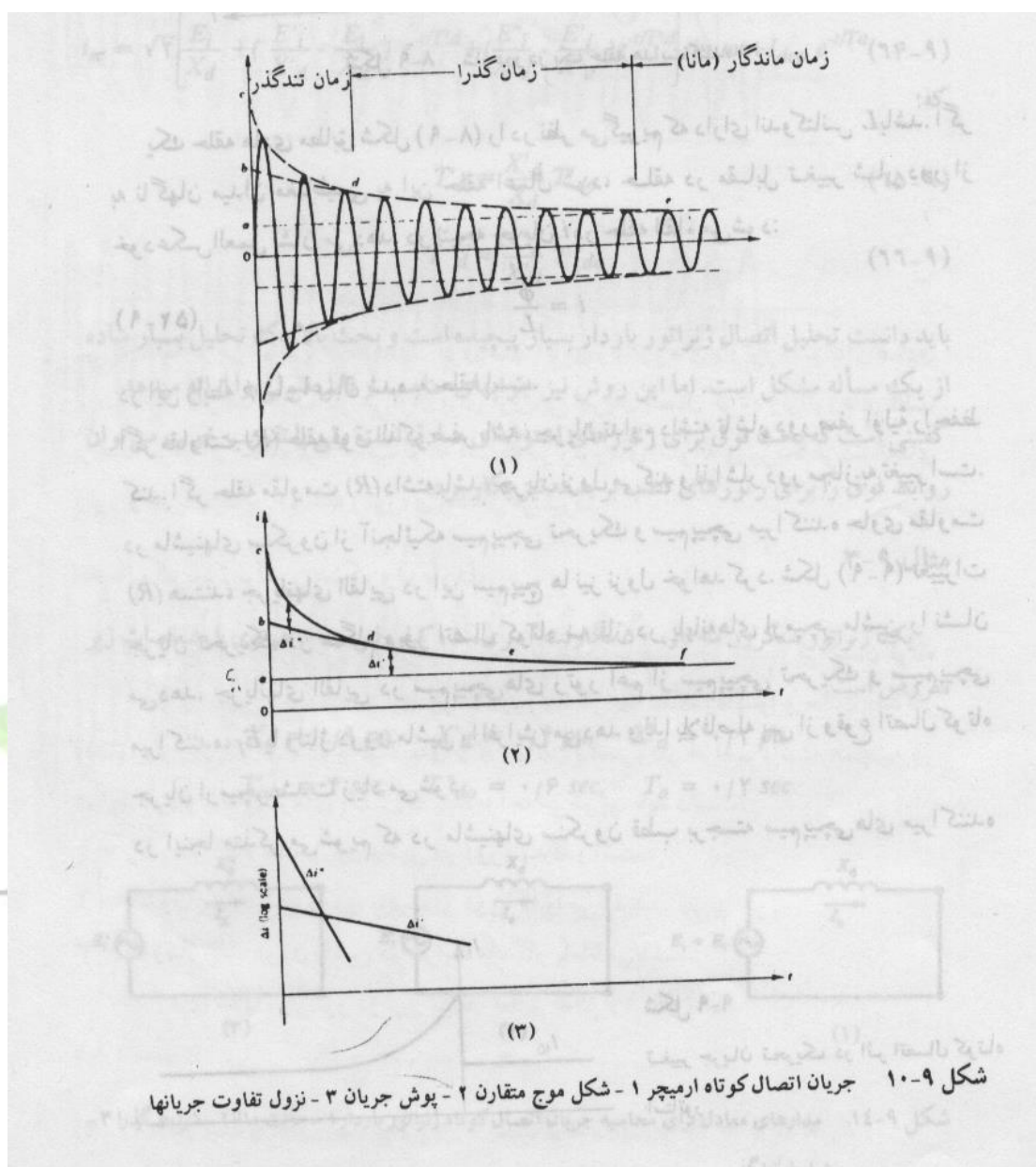
اگر مقاومت  $R$  حلقه فوق الذکر صفر باشد، جریان تداوم داشته تا شار دور صفر اولیه را حفظ کند. اگر حلقه مقاومت  $R$  داشته باشد، جریان نزول میکند و لذا شار دور مجاز به تغییر است. در ماشینهای سنکرون از آنجائیکه سیم پیچی تحریک و سیم پیچی میرا کننده حاوی مقاومت  $R$  هستند جریانهای القایی در این سیم پیچها نیز نزول خواهد کرد.

در اینجا متذکر می شویم که در ماشینهای سنکرون قطب برجسته سیم پیچیهای میرا کننده بر روی کفشک قطبها قرار دارند. در ماشینهای با روتور استوانه‌ای عموماً پیچی میرا کننده وجود ندارد. اما در شرایط گذرا جریان در بدنه روتور القاء شده و اثر مشابهی همچون اثر سیم پیچی میرا کننده پدیدار می شود.

WikiPower.ir -۱-۵-

شکل (۹-۱۰) جریان اتصال کوتاه در فاز  $a$  استاتور را نشان میدهد. و این جریان در اثر رخ دادن اتصال کوتاه در پایانه ماشین بی بار حاصل گشته است. پوش موج جریان در شکل (۲-۹-۱۰) نشان داده شده است. که مطابق شکل که یک مؤلفه گذرای  $dc$  جریان سوار بر یک مؤلفه  $ac$  متقارن است نشان داده شده است. این پوش سه دوره زمانی متمایز را نشان می دهد.

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



۱ — دوره زمانی اول بنام دوره تند گذر (*subtransient period*) معروف است و حدود دو سیکل

طول میکشد در برهه جریان بشدت نزول میکند.

۲ — دوره زمانی که بنام دوره زمانی گذرا (*Transient period*) معروف بوده و چند سیکل طول

میکشد و در این برهه جریان نزول آرام خواهد داشت.

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

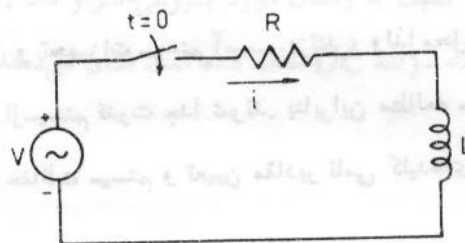
۳ — دوره زمانی سوم که بنام دوره زمانی ماندگار یا مانا (steady state period) معروف بوده و جریان معادل رابطه (۱) خواهد شد.

و در شکل (۲-۹-۱۰) داریم:

الف:  $\Delta i'$  تفاوت بین پوش در دوره زمانی گذرا و پوش در دوره زمانی ماندگار است.

ب:  $\Delta i''$  تفاوت بین پوش در فاصله زمانی تندگذر و پوش در دوره زمانی گذرا میباشد.

اگر  $\Delta i'$  و  $\Delta i''$  در مختصات نیمه لگاریتمی رسم شوند همانند شکل (۳-۹-۱۰) نزول خواهند کرد. و این بدین معنا است که نزول جریان بصورت نمائی خواهد بود. در دوره زمان تند گذر، همانطور که در قبل نیز اشاره شد در سیم پیچی میرا کننده و سیم پیچی تحریک جریان القایی پدیدار می گردد. تا تثبیت شار به میزان شرایط قبل از اتصال کوتاه حاصل گردد. این اثر به مثابه افزایش تحریک روتور بوده و لذا دوره تندگذر جریان آرمیچر بشدت افزایش می یابد جریان سیم پیچی میرا کننده بشدت نزول میکند زیرا ثابت زمانی این سیم پیچی کوچک است. رفتار جریان آرمیچر (استاتور) در دوره تند گذر عمدتاً توسط جریان سیم پیچی میرا کننده مشخص می شود. در دوره گذرا، جریان سیم پیچی میرا کننده به صفر می رسد و در این دوره رفتار و جریان آرمیچر استاتور عمدتاً توسط جریان سیم پیچی تحریک مشخص می شود. باید دانست نزول جریان تحریک آرامتر صورت می گیرد زیرا ثابت زمان این مدار نسبتاً بزرگ است.



شکل ۹-۱۱ مدار سری RL

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

با توجه به این موضوع میتوانیم مداری برای حالتی که ژنراتور سنکرون اتصال کوتاه اتفاق می افتد بدست بیاوریم که مشابه یک مدار  $RL$  سری است که به آن ولتاژ سینوسی اعمال گردیده است. مدار معادل یکفاز آن در این حالت مطابق شکل (۱۱-۱) است که ولتاژ سینوسی (۲)  $v = V_{max} \sin(Wt + \alpha)$  به آن اعمال میشود. در  $t=0$  کلید بسته می شود و جریان  $i$  در مدار برقرار می گردد. معادله دیفرانسیل مدار برای تعیین جریان آن عبارت است از:

$$V_{max} \sin(Wt + \alpha) = Ri + L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

با حل این معادله دیفرانسیل، جریان  $i$  را بدست می آوریم:

$$i = \frac{V_{max}}{Z} \left[ \sin(Wt + \alpha - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t} \sin(\alpha - \theta) \right] \quad (4)$$

که در آن  $Z$  امپدانس مدار مجموع مقاومت اهمی و راکتانس القایی و  $\theta$  هم عبارت است از

$$Z = \sqrt{R^2 + W^2 L^2}, \quad \theta = \text{tg}^{-1} \frac{WL}{R} \quad (5)$$

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

در معادله (۴) جمله اول پاسخ ماندگار مدار بوده و نسبت به زمان بصورت سینوسی تفسیر میکند. جمله دوم که به مؤلفه DC معروف است پاسخ گذاری مدار بوده و نسبت به زمان بصورت نمایی و با ثابت زمانی  $\frac{L}{R}$  تفسیر می نماید. دامنه مؤلفه DC به مقدار لحظه ای ولتاژ هنگام بسته شدن کلید و همچنین به

ضریب قدرت مدار RL بستگی دارد. که در شکل (۱-۹-۱۰) این مؤلفه ها نمایان هستند که در ۰ حدافل

می باشند و به ازای  $\frac{\pi}{2}$  مقدار اولیه آن با دامنه موج سینوسی  $\frac{V_{\max}}{Z}$  مساوی می باشد.

### ۱-۰-۱ - بررسی اتصال کوتاه

ولتاژ بی باری ژنراتور بر حسب جریانهای آنرا در قبل داشتیم که عبارت است از

$$E_f = V + I_a R_a + j I_d X_d - j I_q X_q \quad (۶)$$

که در شرایط اتصال کوتاه با قرار دادن  $I_d = I$  و  $I_q = 0$  و  $R_a = 0$  و  $V = 0$  در رابطه اخیر داریم:

$$E_f = j I X_d \quad (۷)$$

و این رابطه نشان میدهد که در مطالبات اتصال کوتاه سیستم های قدرت باید از راکتانس محور مستقیم

$X_d$  استفاده نمود. در شکل (۹-۱۲) مقدار ماکزیمم جریان ماندگار اتصال کوتاه میباشد راکتانس

سنکرون و یا راکتانس محور مستقیم با توجه به رابطه (۷) از معادله زیر تعریف می شود.

$$I = \frac{oa}{\sqrt{2}} = \frac{|E_f|}{X_d} \quad (۸)$$

که در آن  $I$  مقدار مؤثر جریان ماندگار اتصال کوتاه و  $X_d$  راکتانس محور مستقیم ماشین می باشند. اگر از

چند سیکل اول که در آن دامنه جریان بشدت کاهش می یابد صرف نظر کنیم طول  $ob$  نشان دهنده مقدار

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

ماکزیمم جریان گذرای اتصال کوتاه می باشد. در این صورت اگر  $E_f$  را ثابت فرض کنیم باید راکتانس

جدیدی را برای ماشین تعریف کنیم که به راکتانس گذرای محور مستقیم یا  $X'd$  موسوم است و از رابطه

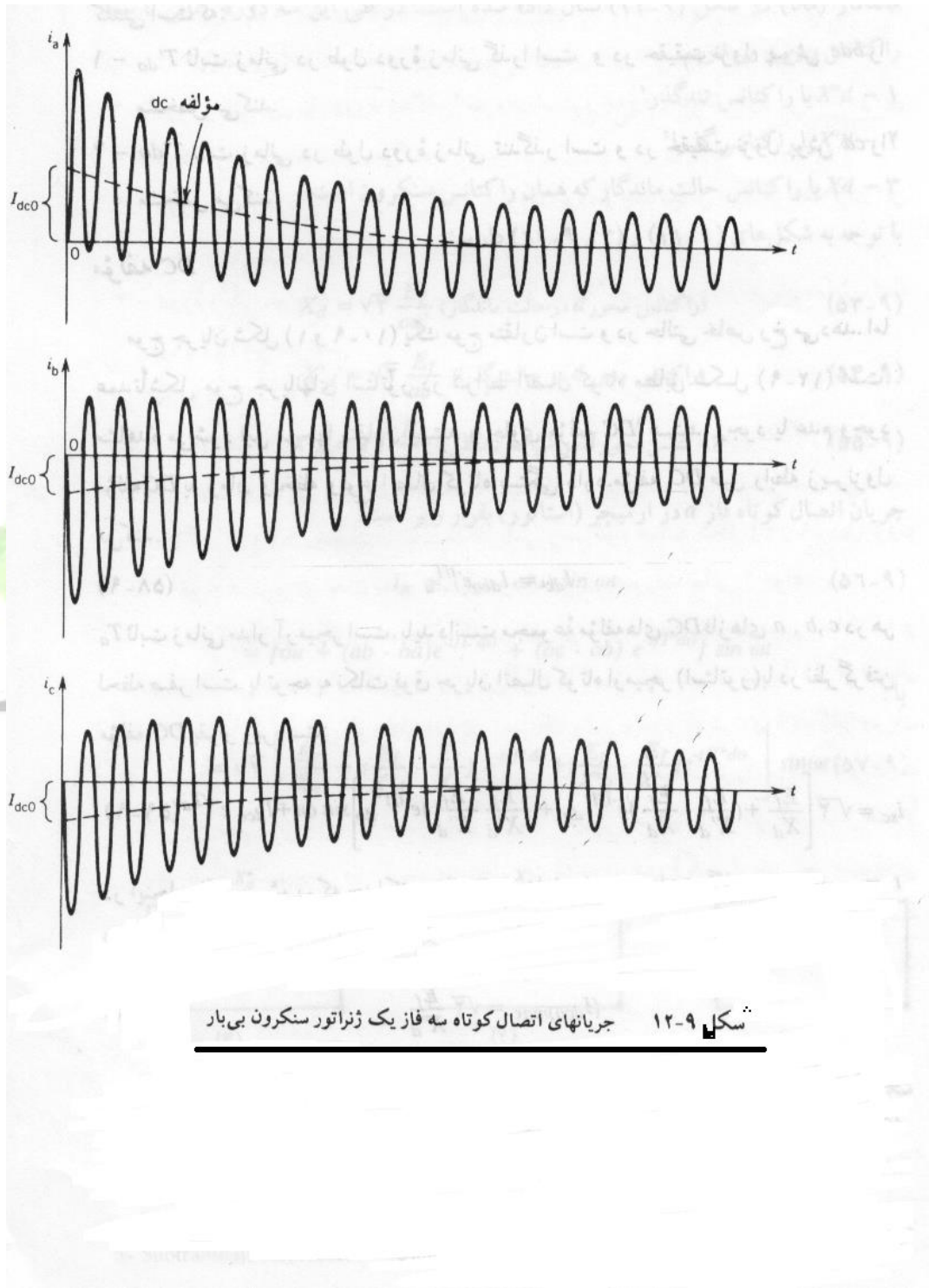
زیر تعریف می شود:





برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

$$I' = \frac{ob}{\sqrt{2}} = \frac{|E_f|}{X'_d}$$



(۹)

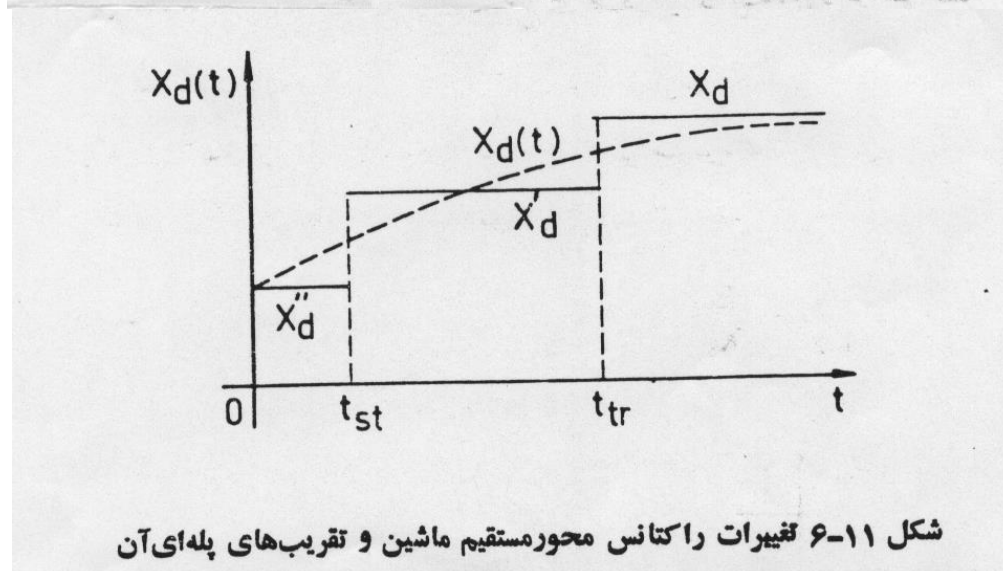
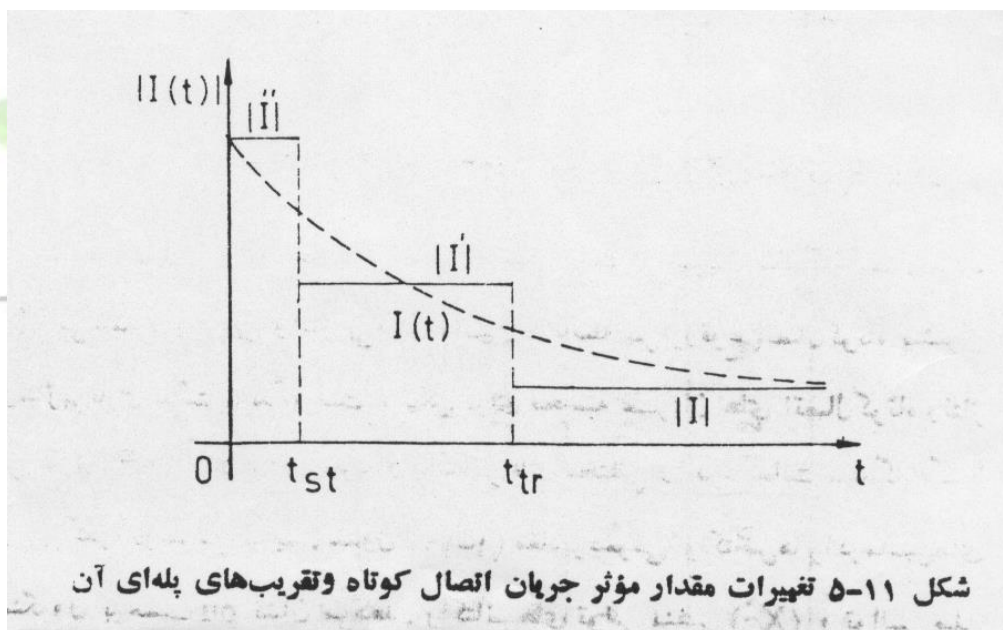
در این معادله  $I'$  مقدار مؤثر جریان گذرای اتصال کوتاه میباشد.

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

جریانی که بلافاصله پس از وقوع اتصال کوتاه از آرمیچر عبور میکند به جریان زیر گذرای اتصال کوتاه  $I''$  معروف است. راکتانس مربوط به این جریان که به راکتانس زیر گذرای محور مستقیم موسوم می باشد از رابطه زیر تعریف می گردد.

$$I'' = \frac{oc}{\sqrt{2}} = \frac{E_f}{X_d''} \quad (10)$$

شکل های (۱۱-۵) و (۱۱-۶) تغییرات مقدار مؤثر جریان اتصال کوتاه و راکتانس محور مستقیم ماشین و تقریب های پله ای این کمیت ها را بر حسب زمان نشان می دهد. زمان زیر گذرا  $t_{st}$  حدود ۲ سیکل تقریباً ۰/۰۴ ثانیه بوده و زمان گذرا  $t_{tr}$  حدود ۲۵ سیکل (۰/۵ ثانیه) می باشد.



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

جریان زیر گذرای اتصال کوتاه "I" خیلی بیشتر از جریان ماندگار اتصال کوتاه I می باشد. بنابراین ولتاژ بی باری ما شین بلافاصله پس از وقوع اتصال کوتاه بیشتر از ولتاژ بی باری حالت ماندگار است، لیکن برای محاسبه جریان های اتصال کوتاه ولتاژ بی باری Ef را ثابت فرض نموده و راکتانسهای مختلفی را در سه حالت ماندگار، گذرا و زیرگذرا در نظر می گیریم. جدول (۱-۱۱) مقادیر عمومی راکتانسها را در ماشین های سنکرون بر حسب Pu نشان میدهد. راکتانسهای منفی و مثبت که در جدول آمده است در بخش بعدی معرفی خواهند شد.

بنابراین مدار معادل ژنراتور سنکرون را در سه دوره زمانی تند گذر و گذرا و ماندگار در شکل (۹-۱۱) نشان داده شده است. و از این طریق جریان اتصال کوتاه فاز a را در استاتور بدست می آوریم.

$$i_{sc} = \text{Sin}Wt \quad (11) \quad (\text{دامنه متغییر})$$



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

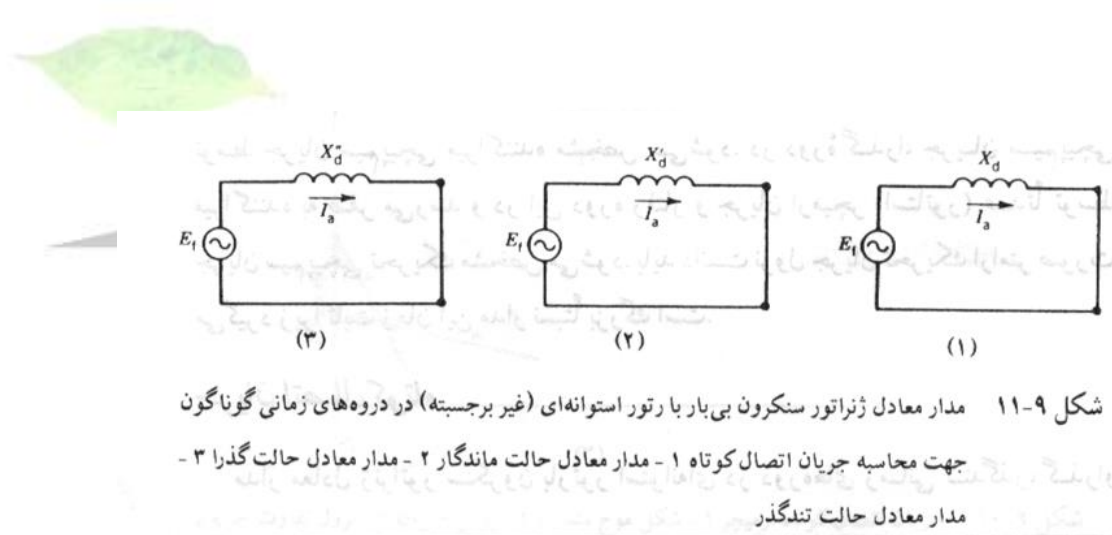
جدول ۱-۱۱ مقادیر عمومی راکتانس ها در ماشین های سنکرون بر حسب pu

	$X_d$	$X_d'$	$X_d''$	$X_-$	$X_0$
توربو ژنراتورهای دوقطب	0.95 - 1.45	0.12 - 0.21	0.07 - 0.14	0.07 - 0.14	0.01 - 0.08
توربو ژنراتورهای چهارقطب	1.00 - 1.45	0.2 - 0.28	0.12 - 0.17	0.12 - 0.17	0.015 - 0.14
ژنراتورهای با قطب بسیار	0.6 - 1.5	0.2 - 0.5	0.13 - 0.32	0.13 - 0.32	0.03 - 0.23
کندانسورهای سنکرون	1.25 - 2.20	0.3 - 0.6	0.19 - 0.38	0.18 - 0.37	0.025 - 0.16

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$i_{sc} = \left[ oa + (ab - oa)e^{-t/T'_{do}} + (oc - ob)e^{-t/T'_{do}} \right] \sin \omega t \quad (12)$$

$$i_{sc} = \sqrt{2} \left[ \frac{E_f}{X_d} + \left( \frac{E_f}{X'_d} - \frac{E_f}{X_d} \right) e^{-t/T'_{do}} + \left( \frac{E_f}{X''_d} - \frac{E_f}{X'_d} \right) e^{-t/T''_{do}} \right] \sin \omega t \quad (13)$$



گفتنی است که

۱-  $T'_{do}$  ثابت زمانی در طول دوره گذرا است و در حقیقت نزول پرش  $bde$  را مشخص میکند.

۲-  $T''_{do}$  ثابت زمانی در طول مدت زمانی تند گذراست و در حقیقت نزول پرش  $cd$  را مشخص میکند.

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

### مؤلفه DC

موج جریان شکل (۱-۹-۱۰) یک موج متقارن است و در حالت خاصی رخ میدهد اما عمدتاً شکل موج جریانهای استاتور در شرایط اتصال کوتاه مطابق شکل (۹-۱۲) است. مشاهده می شود که موجها متقارن نیستند و حاوی مؤلفه DC هستند. وجود یا عدم وجود مؤلفه DC به زمان و لحظه وقوع اتصال کوتاه بستگی دارد. مؤلفه DC طبق رابطه زیر نزول میکند.

$$I_{dc} = I_{dco} e^{-t/T_a} \quad (14)$$

$T_a$  ثابت زمانی مدار آرمیچر است. باید دانست مجموعه مؤلفه های DC فازهای a و b و c در هر لحظه صفر است. با توجه به نکات فوق جریان اتصال کوتاه استاتور با در نظر گرفتن مؤلفه DC به قرار زیر است.

$$i_{sc} = \sqrt{2} \left[ \frac{E_f}{X_d} + \left( \frac{E_f}{X'_d} - \frac{E_f}{X_d} \right) e^{-t/T'_{do}} + \left( \frac{E_f}{X''_d} - \frac{E_f}{X'_d} \right) e^{-t/T''_{do}} \right] \sin \omega t + I_{dco} e^{-t/T_a} \quad (15)$$

در اینجا متذکر می شویم که حداکثر مؤلفه DC معادل دامنه جریان تندگذر در لحظه  $t=0$  است یعنی

$$(16)$$

مؤلفه DC در فازهای استاتور یک میدان ساکن در شکاف هوایی ایجاد میکنند و این میدان ولتاژ و جریانی تحت فرکانس اصلی در مدار موتور القاء میکند. اعداد زیر داده های متداول برای ژنراتور سنکرون میباشد.

$$T'_{do} = 6 \text{ sec}$$

$$T''_{do} = 0.06 \text{ sec}$$

$$T_a = 0.15 \text{ sec}$$

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

### اتصال کوتاه در ماشین سنکرون باردار:

اگر هنگام اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون باردار باشد محاسبه جریان اتصال کوتاه با آنچه در بخش قبل دیدیم تفاوت دارد. اگر اتصال کوتاهی در پایانه ژنراتور باردار اتفاق بیفتد حالات قبل پاسخگو نیستند بلکه میتوان از حالت های قبل جریان حالت ماندگار را بدست بیاوریم. برای محاسبه جریان گذرای اتصال کوتاه  $I'$  باید از راکتانس گذرای محور مستقیم  $X'_d$  در مدار معادل ژنراتور استفاده کرد. در این صورت برای اینکه مدار معادل تونن از دیدگاه ترمینال های ژنراتور تغییری نکند و جریان و ولتاژ ژنراتور در مقادیر  $I$  و  $V$  ثابت بمانند بجای ولتاژ داخلی  $E_g$  مقدار  $E'_g$  را جایگزین می کنیم و آنرا ولتاژ داخلی گذرا می نامیم. و همینطور ولتاژ داخلی زیر گذرا را با  $E''_g$  نشان میدهم.

ولتاژهای داخلی گذرا و زیر گذرا باز روابط زیر محاسبه می شوند.

$$E'_g = V + j I X'_d \quad (17)$$

$$E''_g = V + j I X''_d \quad (18)$$

در حالت بی باری  $I=0$  داریم:

$$E_g = E'_g = E''_g$$

لذا چنانچه از جریانهای بار در مقایسه با جریانهای اتصال کوتاه صرف نظر کنیم برای محاسبه هر سه نوع

جریان ماندگار گذرا زیر گذرای اتصال کوتاه می توانیم از  $E_g$  استفاده کنیم.

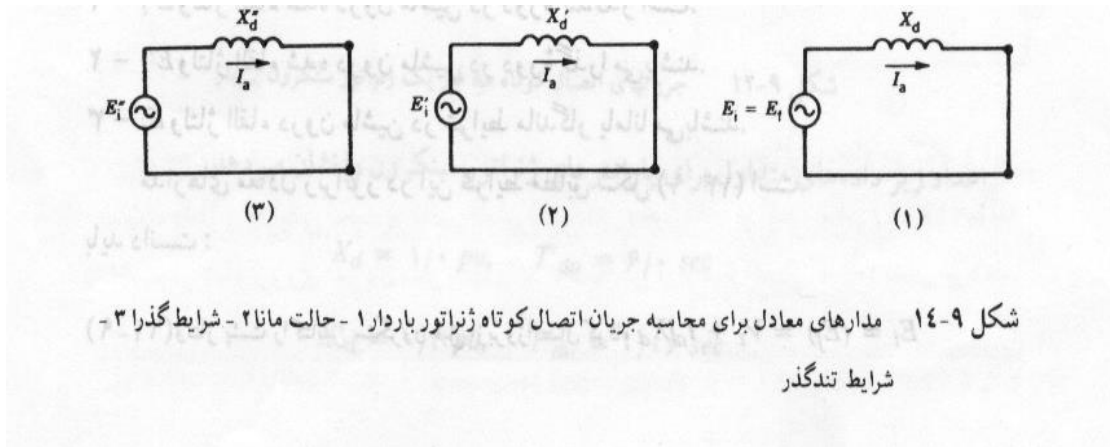
با توجه به مقادیر ولتاژهای داخل گذرا - و زیر گذرا و ماندگار مقدار جریان  $I_a$  استاتور عبارت است از

$$i_{sc} = \sqrt{2} \left[ \frac{E_g}{X_d} + \left( \frac{E'_g}{X'_d} - \frac{E_g}{X_d} \right) e^{-t/T'd} + \left( \frac{E''_g}{X''_d} - \frac{E'_g}{X'_d} \right) e^{-t/T''_d} \right] \sin \omega t + I_{dco} e^{-t/T_a} \quad (19)$$

که در اینجا داریم:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$T'_d \cong \frac{X'_d}{X_d} T'_{do} \quad , \quad T''_d \cong \frac{X''_d}{X'_d} T''_{do} \quad (20)$$





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

### اتصال کوتاه نامتقارن در ژنراتور سنکرون

با توجه به تبدیل مؤلفه های متقارن فور تسکیو مقادیر امپدانسهای توالی ژنراتور عبارتند از  $Z_0$  و  $Z_d$  و  $Z_1$

$$V_{g0} = -Z_{g0} I_0 \quad (21) \quad \text{که عبارتند از: } Z_0, Z_-, Z_+$$

$$V_+ = E_a - Z_+ \cdot I_+ \quad (22)$$

$$V_- = -Z_- \cdot I_- \quad (23)$$

با توجه به این مقادیر میتوانیم شبکه های توالی ژنراتور را رسم کنیم شبکه توالی مثبت و منفی و صفر برای یکفاز ژنراتور اگر ژنراتور تحت شرایط متقارن کار کند، توالی ولتاژها و جریانهای سه فاز آن مثبت بوده و میدان دوار استاتور نسبت به موتور ساکن می باشد. بنابراین بر اثر عبور جریان توالی مثبت از ژنراتور امپدانسهای توالی مثبت ماشین، بستگی به جریان اتصال کوتاه مورد نیاز عبارتند از

$$Z_+ = j X_d \quad (24) \quad \text{حالت ماندگار}$$

$$Z_+ = j X'_d \quad (25) \quad \text{حالت گذرا}$$

$$Z_+ = j X''_d \quad (26) \quad \text{حالت زیر گذرا}$$

جدول (۱-۱۱) مقادیر عمومی راکتانسهای توالی منفی و صفر ماشینهای الکتریکی را نشان میدهد. با کمی دقت در جدول مذکور ملاحظه میگردد که راکتانسهای توالی مثبت و منفی با هم برابرند. ( $X''_d = X_-$ ) و با این مقادیر میتوانیم مقدار جریان اتصال کوتاه را در حالتی مختلف زیر را بررسی کنیم:

$$-۱-۶-۱ \quad ۱- یکفاز به زمین \quad ۲- دو فاز به زمین \quad ۳- دو فاز به هم$$

۱-۶-۱- اتصال کوتاه یکفاز به زمین در ژنراتور بی بار **(Single-line-to-Ground**

**Fault)**

اگر در یک ژنراتور سه فازه یک فاز آن اتصال کوتاه گردد. مثلاً در فاز **a** اتصال کوتاه اتفاق بیفتد پس داریم:

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

$$I_b = I_c = 0 \quad V_a = 0$$

با استفاده از روش مؤلفه های متقارن داریم:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I}_0 \\ \mathbf{I}_+ \\ \mathbf{I}_- \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \mathbf{a} & \mathbf{a}^2 \\ 1 & \mathbf{a}^2 & \mathbf{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{I}_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (۲۷)$$

$$\mathbf{I}_+ = \mathbf{I}_- = \mathbf{I}_0 = \frac{1}{3} \mathbf{I}_0 \Rightarrow \mathbf{I}_a = 3\mathbf{I}_+ \quad (۲۸)$$

$$\mathbf{I}_+ = \frac{\mathbf{E}_a}{\mathbf{Z}_+ + \mathbf{Z}_- + \mathbf{Z}_0}, \quad \mathbf{Z}_0 = \mathbf{Z}_{go} + 3\mathbf{Z}_0 \quad (۲۹)$$

و نوع اتصال در این حالت هر سه شبکه توالی به صورت سری بهم وصل میگردند.

و سپس جریان اتصال کوتاه فاز  $\mathbf{a}$  را بدست می آوریم با توجه به (۲۸) میتوانیم مقدار  $la$  را محاسبه کنیم

و جریان گذرای آن که بصورت نامتقارن بود به حالت متقارن بدست می آید.

و در نهایت ولتاژهای فازها هم حاصل می آیند:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{V}_a \\ \mathbf{V}_b \\ \mathbf{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \mathbf{a} & \mathbf{a}^2 \\ 1 & \mathbf{a}^2 & \mathbf{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\mathbf{E}_a \\ \mathbf{E}_a \\ 0 \end{bmatrix} \quad (۳۰)$$

### اتصال کوتاه دو فاز به یکدیگر در ژنراتور بی بار (Line-to-Line Fault)

برای حالتی که دو فاز از ژنراتور بهم متصل باشند.

$$V_b = V_c, \quad I_c = -I_b, \quad I_a = 0 \quad (۳۱)$$

و در نتیجه در این حالت مدار معادل شبکه توالی دو فاز به صورت مثبت و منفی بهم بطور موازی متصل می گردند. و از آن نتیجه

می گیریم که

$$\mathbf{I}_+ = \frac{\mathbf{E}_a}{\mathbf{Z}_+ - \mathbf{Z}_-} \quad (۳۲)$$

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

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} I_+ \\ -I_- \\ 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

و با توجه به این ماتریس مقادیر  $I_a$  و  $I_b$  مقادیر جریانهای فازهای  $a$  و  $b$  بدست می آیند.

اتصال کوتاه دو فاز به زمین (**Double Line – to – Ground Fault**)

طبق شرایط این حالت داریم.

$$I_a = 0 \quad V_b = V_c = 0 \quad (34)$$

در این حالت مؤلفه صفر را هم داریم و ولتاژهای توالی فازها با هم برابر هستند، طبق (۳۴):

$$V_+ = V_- = V_0 = \frac{1}{3} V_a \quad (35)$$

$$I_+ = \frac{E_a}{Z_+ + \frac{Z_- Z_0}{Z_- + Z_0}} \quad (36)$$

$$V_+ = V_- = V_0 = E_a - Z_+ I_+ \quad (37)$$

$$I_- = -\frac{V_-}{Z_-}, \quad I_0 = -\frac{V_0}{Z_0} \quad (38)$$

و با توجه به روابط (۳۵) (۳۶) و (۳۷) و (۳۸) با تعیین  $I_+$  میتوانیم ولتاژ توالی را بدست آورد و سپس جریانهای توالی را بدست

بیاوریم و از روی این جریانهای اتصال کوتاه دو فاز به هم و زمین را بدست بیاوریم.

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

اندازه گیری ظرفیت خازن برقگیر

با توجه به حالت های مختلف برای اتصال کوتاهها و خطاها و عواملی که باعث بروز اضافه ولتاژ در شبکه می شود. در حالت صاعقه اضافه ولتاژهای گذرای ناشی از صاعقه را به توسط برقگیرهایی که برای این کار تعبیه شده اند **Damp** می کنیم اما در حالتی که کلیدی باز و بسته می شود یا خطای سه فاز متقارن یا خطای نامتقارنی در سیستم یا در ترمینال ژنراتور بوجود می آید برای از بین بردن و یا محافظت کردن از این جریان گذرا از خازنهایی موازی در ترمینال ژنراتور استفاده می کنیم.

جهت محاسبه این خازنها با توجه به جریان اتصال کوتاه عمل می کنیم. از معادله (۱۹) بخش قبل که عبارت بود از:

$$i_{sc} = \sqrt{2} \left[ \frac{E_g}{X_d} + \left( \frac{E_g}{X'_d} - \frac{E_g}{X_d} \right) e^{-t/T'_d} + \left( \frac{E_g}{X''_d} - \frac{E_g}{X'_d} \right) e^{-t/T''_d} \right] \sin \omega t + I_{dco} e^{-t/T_a}$$

که شامل دو قسمت گذرا و ماندگار بود یا قسمت **AC** و **DC**. در این حالت با داشتن یا با توجه به مقادیر نامی ژنراتور که عبارتند از ولتاژ نامی و ... میتوانیم با توجه به فرمول ذیل مقدار ظرفیت خازن را محاسبه کنیم.

$$C = \frac{1}{V} \int i_{sc} dt \quad (۳۹)$$

WikiPower.ir

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

«خازنهای برقگیر» برگرفته از کتاب حالت‌های گذرا در سیستم‌های قدرت

## Surge Capacitors

در ادامه بررسی کاربرد خازنهای برقگیر حالت‌های قبل در صورتی کلی تر در حالتی که در ژنراتور اتصال کوتاه اتفاق می‌افتاد انجام پذیر بود در این روش محاسبه خازنهای برقگیر برای حالتی است که قطع و وصل کلید و یا صاعقه حالت گذرای را در سیستم بوجود بیاورند و برای محافظت از ژنراتور یا ماشین سنکرون ما از این خازن برای جذب ولتاژ گذرا استفاده می‌کنیم. انرژی که حالت گذرا بوجود می‌آورد به صورتی است که با تغییرات جزئی ولتاژ بوسیله این خازن جذب می‌گردد. با یک مثال میتوانیم این مطلب را روشن تر جلوه دهیم.

تصور کنیم که یک موج ضربه رعد و برق با ولتاژ ۲۰۰ کیلو ولت بر میکرو ثانیه در ثانویه مدار سیستم قدرت ما وارد می‌شود. که حد تحمل ولتاژ مقرر ۱۸۰ کیلو ولت است. موج گذرای ما در ۹/۰ میکرو ثانیه به ۱۸۰ کیلوولت می‌رسد. و ما در این حالت **Peak** ولتاژ را داریم همانطور که متذکر شدیم قسمت باقیمانده موج از طریق خطوط زمین شده به زمین میرود و قسمت گذرای ما اگر این خط هوایی ما ۴۰۰ اهم امپدانس آن باشد جریانی در حدود ۴۵۰ آمپر دارد که این مقدار از صفر تا ۵۰۰ آمپر بر میکروثانیه میباشد مقدار انرژی این موج گذرا عبارت است از:

$$W = \int_0^t I V dt = \int_0^{9 \times 10^{-7}} 5 \times 10^8 \times 2 \times 10^{11} t^2 dt = 10^{20} \left[ \frac{t^3}{3} \right]_0^{9 \times 10^{-7}} = 24.3 \text{ ژول}$$

اگر خط ما دارای ولتاژ ۲۰ کیلوولت باشد و یک خازن ۲۵/۰ میکرو فاراد این مقدار ضربه را بگیرد یا خازن ما به توسط این موج شارژ گردد مقدار انرژی ذخیره شده در **surge capacitor** عبارت است از

$$\frac{1}{2} CV^2 = 1.25 \times 10^{-7} (2 \times 10^4)^2 = 50 \text{ ژول}$$

با این محاسبه ساده در می‌یابیم با توجه به انرژی حالت گذرا یا انرژی صاعقه که ۲۴/۳ ژول بدست آمد ما افزون بر این انرژی را به توسط خازن برقگیر می‌توان جذب کنیم که این خازن میتواند ولتاژهای گذرای ۵ کیلوولت را جذب کند. مقادیر بالای موج انرژی نمی‌توانند بوسیله این خازن‌ها نگهداری شوند. از طریق مقدار انرژی جذب شده میتوانیم ظرفیت این خازن‌ها را محاسبه کنیم. برای مثال اگر در یک سیستم قدرت ۲۵۰ ولت ۵۰۰۰ ژول انرژی حالت گذرای ما باشد و بخواهیم ولتاژ را در ۵۰۰ ولت نگهداری کنیم چه ظرفیتی از خازن میتوان این کار را انجام دهد؟

$$\text{انرژی} = \frac{1}{2} Cr^2 = \frac{1}{2} (500^2 - 250^2) = 5000 \text{ ژول}$$

$$C = 53000 \mu F$$

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

که مقدار ظرفیت خازنی بدست آمد.

در سیستم های قدرت از خازن به تنهایی در قبال حفاظت استفاده نمی کنند بلکه از یک برقگیر **Arrester** موازی شده با خازن برای این کار استفاده می شود. تا هرگاه مقدار ماکزیمم موجی را داشته باشیم هم مقداری از آن در خازن ذخیره می شود. که این امر در کمتر از یک میکروثانیه یعنی در حالت گذرا انجام می شود. و تا به حالت پایدار برسد مابقی موج بوسیله **Arrester** جذب می گردد.

برای مثال تصور کنیم که میخواهیم از یک ماشین سنکرون ۱۳/۸ کیلو ولتی محافظت کنیم و همچنین مقدار امپدانس باس متصل به آن ۱۰۰ اهم باشد. مقدار موج گذرا یا موج صاعقه یا کلیدزنی ما حداکثر آن ۱۲۰ کیلوولت باشد. **Arrester** ممکن است نوع آن ۳۹ کیلو ولتی باشد یعنی ۳۹ کیلو ولت را تحمل کند مقدار جریان موج گذرا عبارت است از:

$$I = \frac{V}{Z_0} = 1200 \text{ آمپر}$$

مقدار ولتاژ دو سر خازن برقگیر عبارت است از  $V = \frac{I}{C} = \frac{1200}{C}$  اگر خازن ما در حال حاضر در حداکثر ولتاژ خود قرار داشته باشد. ۱۱ کیلو ولت هنگامی که موج صاعقه می رسد. ولتاژ گذرا نمی تواند از ۲۸ کیلو ولت بالاتر برود در نخستین میکروثانیه. اگر

$$\frac{1200}{C} \times 10^{-6} = 2800 \Rightarrow C = 0.043 \mu F$$

که مقدار این خازن برقگیر ظرفیت آن مشخص گردید.

تا اینجا بررسی و نقش خازن برقگیر و محاسبات آنرا در حالت های زیر بدست آوردیم.

ابتدا در حالتی که خازن برقگیر برای حالت گذرا در ژنراتور سنکرون انتخاب می شد که در این حالت با توجه به پدیده گذرا در ژنراتور سنکرون و مدل آن به این هدف دست پیدا می کردیم.

ابتدا مقدار جریان گذرا محاسبه می شد سپس با استفاده از این مقدار جریان گذرا مقدار ظرفیت خازن را پیدا می کردیم که مربوط به حالت اضافه ولتاژهای گذرا ناشی از کلیدزنی و صاعقه را مورد بررسی قرار دادیم. در این حالت مقدار انرژی های موج ضربه و مقدار انرژی برای ذخیره در خازن را بدست می آوریم و با کمک آن میتوانیم مقدار ظرفیت خازن مطلوب برای جذب این انرژی صاعقه را بدست بیاوریم.

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

و با توجه به کتاب هندبوک سویچها میتوانیم ظرفیت خازنی مربوط به ماشینهای سنکرون را با توجه به مقدار ولتاژ آنها مقدار ظرفیت خازن را برای آنها از جدول محاسبه کنیم. و با توجه به شکل مربوطه که خازن برقگیر همراه **Arrester** به کار برده می شود را میتوانیم به عنوان نمونه مشاهده کنیم.

و همچنین در دوازدهمین کنفرانس بین المللی برق در مقاله ای از آقای همایون حایری از شرکت سهامی برق منطقه ای تهران در انتهای پروژه الصاق می گردد. که در این مقاله نقش خازنهای قدرت به خصوص خازن برقگیر در نقاط مختلف ژنراتور در ترانس زمین آن برای جلوگیری از خسارات و کم کردن نقش رله های حفاظتی عنوان شده است.

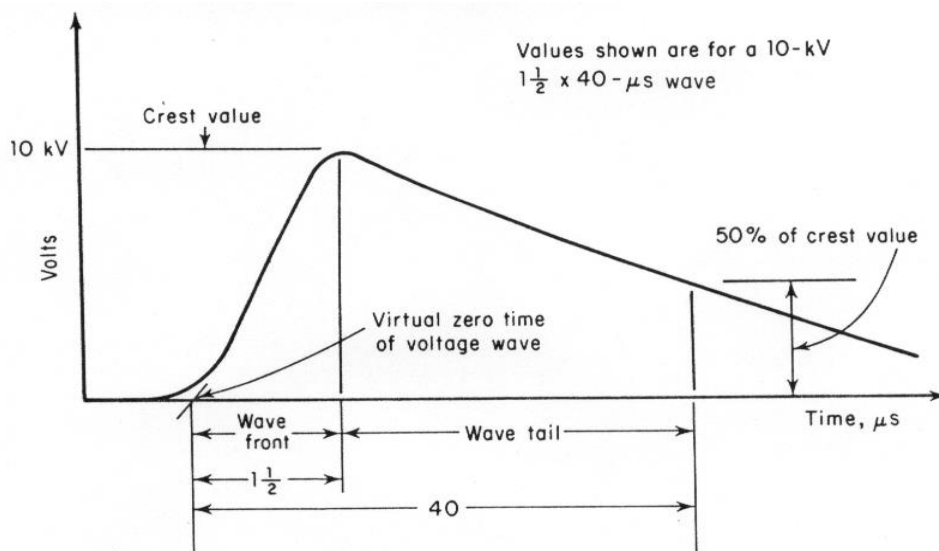


Fig. 43 Typical surge wave.

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

TABLE 29. Protective Equipment for Three-Phase Ac Rotating Machines (Ref. 4)

Machine voltage rating (phase-to-phase)	For installation at machine terminals or on machine bus †						For installation 1500 to 2000 ft out on directly connected exposed overhead lines		
	Protective capacitors			Station-type arresters			Distribution-type arresters		
	Voltage rating	$\mu\text{F}/\text{pole}$	Single-pole units required	Voltage rating		Single-pole units required	Voltage rating		Single-pole units required
				Un-grounded or resistance-grounded system	Effectively grounded system		Un-grounded or resistance-grounded system	Effectively grounded system	
0-650	0-650	1.0	3 *	650	650	3	650	650	3
2400	2400	0.5	3 *	3000	3000	3	3000	3000	3
4160	4160	0.5	3 *	4500	3000 ‡	3	6000	3000 ‡	3
4800	4800	0.5	3	6000	4500	3	6000	6000	3
6900	6900	0.5	3	7500	6000	3	9000	6000	3

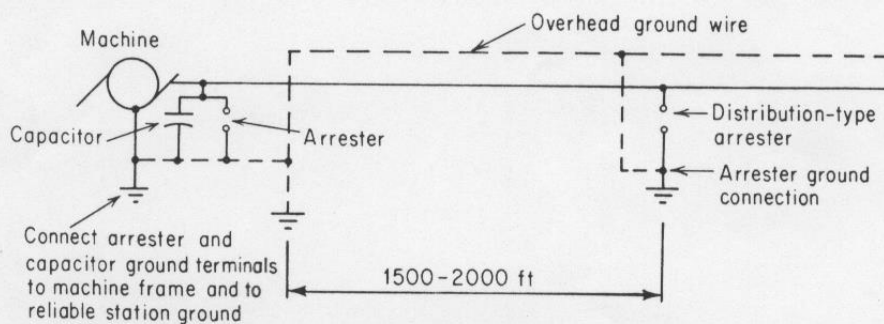


Fig. 44 Lightning-protective equipment for a motor connected to an exposed overhead line (Ref. 10).



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

	<p><b>دوازدهمین کنفرانس بین المللی برق</b>  <b>12th International</b>  <b>Power System Conference</b>  <b>PSC-97</b></p>	<p><b>CP-F-502</b></p>
<p><b>بررسی نقش خازن های قدرت در تنظیم بهینه رله حفاظتی اتصال زمین استاتور</b></p> <p>همایون حایری          شرکت سهامی برق منطقه ای تهران          *****</p> <p><b>چکیده:</b></p> <p>هدف از زمین نمودن نقطه صفر ژنراتور از طریق یک امپدانس و یا مقاومت ، محدود نمودن اضافه ولتاژهای گذرا، جلوگیری از افزایش خسارات در نقطه اتصالی و ایجاد حساسیت جهت تشخیص اشکالات عایقی ژنراتور می باشد.</p> <p>اگر مقاومت زمین کننده از حد مطالعه شده ای بزرگتر انتخاب شود اضافه ولتاژهای گذرای نامطلوبی را ممکن است ایجاد نماید. و در مقابل ، کاهش بیش از حد مقاومت مذکور نیز، موجب بوجود آمدن خسارات شدیدی در هنگام وقوع یک اتصال زمین در منطقه حفاظت شده رله اتصال زمین استاتور خواهد شد.</p> <p>در این مقاله سعی گردیده بدون کاهش در مقاومت نقطه صفر ژنراتور و با بررسی امکان نصب خازن های قدرت در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور ژنراتور، بتوان مقدار ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور را در هنگام انتقال خازنی ولتاژ از طرف فشار قوی ترانس مذکور کاهش داده و در نتیجه مقادیر تنظیم بهینه و حساستری برای رله های حفاظتی اتصال زمین استاتور از نوع ۹۵ درصدی که اکثر ژنراتورهای موجود در نیروگاههای ایران نیز دارای این نوع حفاظت اتصال زمین می باشند ، پیشنهاد نمود.</p>		
<p>تهران ۱۲ - ۱۴ آبان ۱۳۷۶          میدان ونک ، خیابان ولی عصر، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۴۶۷ تهران - ایران</p>		

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

### ۱- شرح مقاله:

حداقل مقدار مقاومت مؤثر در نقطه صفر ژنراتور، با مقدار جریان مجازی که حداکثر تا چند ثانیه و بدون اثرات مخرب می‌تواند از ورقه‌های آهنی هسته استاتور عبور نماید محدود می‌گردد. حداکثر مقدار این مقاومت نیز با هدف جلوگیری از ایجاد اضافه ولتاژ گذرا به هنگام وقوع یک اتصال زمین قوسی و بدینصورت که مؤلفه اهمی جریان اتصالی نباید کمتر از جریان خازنی پسماند ژنراتور و وسایل متصل به آن باشد، محدود خواهد گردید [۵]. بطوریکه:

$$R \leq \frac{1}{3} X_{CO} \quad (1)$$

در معادله (۱)  $R$  مقاومت زمین کننده مؤثر و  $\frac{1}{3} X_{CO}$  راکتانس خازنی نسبت به زمین مربوط به سیم پیچ ژنراتور، ترانس قدرت واحد، ترانسهای کمکی، باس داکت ژنراتور و همچنین خازنهای ضربه‌گیر (اگر موجود باشند) است، که در این مقاله نقش خازن ضربه‌گیر در تعیین مقدار مقاومت نقطه صفر ژنراتور و همچنین مقادیر تنظیمی رله حفاظت اتصال زمین استاتور معمولی از نوع ۹۵ درصدی (که بصورت رله اضافه ولتاژ یا اضافه جریان عمل می‌نماید) مورد بررسی قرار خواهد گرفت، قابل توجه است که بیشتر ژنراتورهای موجود در نیروگاههای ایران، دارای حفاظت اتصال زمین ۹۵ درصدی می‌باشند و در تعداد کمتری که واحدهای جدیدی نیز هستند، رله حفاظتی اتصال زمین از نوع ۱۰۰ درصد نصب شده است.

### ۲- اضافه ولتاژ انتقالی و نقش آن در حفاظت اتصال زمین استاتور

اضافه ولتاژهایی که از شبکه فشار قوی و از طریق ترانسفورماتور قدرت به طرف ژنراتور انتقال می‌یابند، اضافه ولتاژهای انتقال یافته نامیده می‌شوند که طریقه انتقال را به دو نوع سلفی و خازنی می‌توان تقسیم بندی نمود. انتقال سلفی اضافه ولتاژ توسط سلفهای مدار ترانسفورماتور و بادر نظر گرفتن نسبت تبدیل سیم‌پیچی و اندوکتانس پراکنندگی و انتقال خازنی بعلت خاصیت خازنی موجود بین سیم‌پیچها با یکدیگر و همچنین با زمین

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

صورت می گیرند [۷].

اضافه ولتاژهای انتقالی از نوع خازنی، تقریباً مستقل از نسبت تبدیل ترانسفورماتور بوده و رایجترین آنها که بر اثر وقوع اتصال زمین در شبکه از طریق ترانس ستاره - مثلث واحد به طرف ژنراتور انتقال یافته و موجب ظاهر شدن ولتاژی در نقطه صفر ژنراتور می گردند، محدودیت هائی را در حساس تر نمودن تنظیم رله های معمولی اتصال زمین استاتور بوجود می آورند. بطوریکه رله های مذکور حداکثر تا ۹۵٪ سیم پیچی ژنراتور را می توانند حفاظت نمایند و این امر موجب می گردد که اگر یک نقطه از سیم پیچی نزدیک نقطه صفر ژنراتور (در منطقه حفاظت نشده) زمین شود، ضمن اینکه رله حفاظتی قادر به تشخیص آن نخواهد بود عملاً مقاومت مؤثر نصب شده در نقطه صفر ژنراتور نیز از مدار خارج شده و در هنگام وقوع اتصال زمین در نقطه ای دیگر از همان فاز و یا فاز دیگر، یک خطر بسیار جدی ژنراتور را تهدید خواهد نمود.

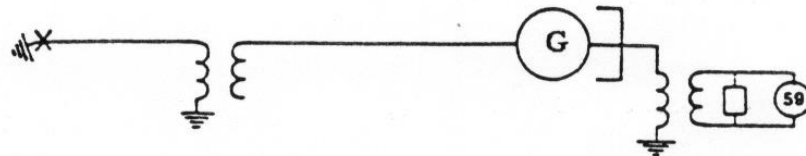
### ۳- محاسبه ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول از طریق انتقال خازنی

ولتاژ مؤلفه صفری که بر اثر وقوع یک اتصال زمین در شبکه ظاهر می شود، اضافه ولتاژی را از طریق ترانسفورماتور قدرت و بصورت انتقال خازنی در طرف ژنراتور ایجاد می نماید [۶]. این ولتاژ تابعی از راکتانس خازنی متقابل بین اولیه و ثانویه ترانسفورماتور قدرت و امپدانس مؤلفه صفر کلیه تجهیزات موجود در طرف فشار ضعیف ترانس مذکور از جمله ژنراتور می باشد که با ظاهر شدن در نقطه صفر ژنراتور، می تواند ضمن جابجایی ولتاژ نقطه صفر موجب عملکرد رله اتصال زمین استاتور گردد.

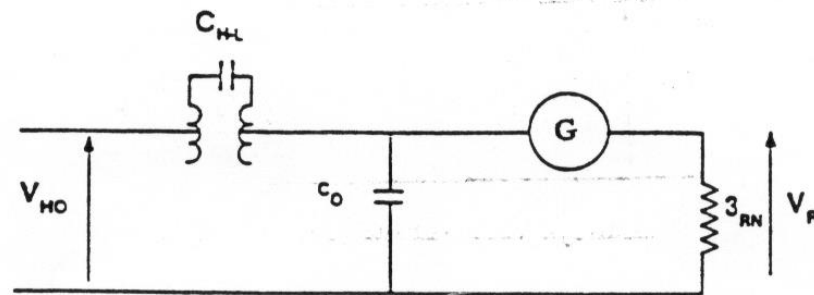
برای محاسبه ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور ناشی از یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس قدرت، ابتدا در نظر می گیریم که نقطه صفر ژنراتور از طریق اولیه یک ترانسفورماتور توزیع زمین گردیده، بطوریکه یک مقاومت و همچنین یک رله ولتاژ زیاد نیز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور توزیع نصب شده است.



شکل (۱) - دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه



شکل (۲) - مدار معادل مولفه صفر یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانسفورماتور واحد

حال اگر مانند دیاگرام تک خطی شکل (۱) فرض نمائیم که یک اتصال زمین در شبکه طرف فشار قوی ترانسفورماتور واحد رخ دهد، مدار معادل مولفه صفر آن بصورت شکل (۲) نتیجه خواهد شد [۲ و ۱] بطوریکه:

ولتاژ مؤلفه صفر طرف فشار قوی ترانس قدرت، ناشی از یک اتصال فاز به زمین  $V_{HO} =$

ظرفیت خازنی سیم پیچهای فشار قوی به فشار ضعیف ترانس قدرت  $C_{HL} =$

ظرفیت خازنی نسبت به زمین ژنراتور و تجهیزات متصل به آن در هر فاز  $C_O =$

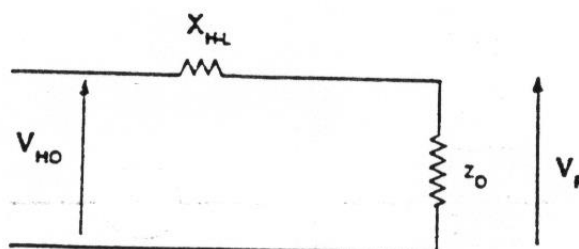
مقاومت مؤثر نصب شده در نقطه نول ژنراتور  $R_N =$

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

و نهایتاً با ساده تر نمودن مدار معادل شکل (۲) و تبدیل آن به شکل (۳)، ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر خواهد بود با

$$V_R = \frac{V_{HO} Z_0}{Z_0 - j X_{H.L}} \quad (2)$$

در معادله (۲)  $X_{H.L}$  را کتانس خازنی مربوط به ظرفیت  $C_{H.L}$  و  $Z_0$  امپدانس معادل ترکیب موازی،  $3R_N$  و  $X_{CO}$  است.



شکل (۳) - مدار معادل ساده شده سیستم مورد مطالعه

#### ۴- نقش خازن های ضربه گیر

با نصب خازن های فشار قوی در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور اصلی ژنراتور که با عنوان خازن های ضربه گیر انجام می گردد می توان انتقال خازنی اضافه ولتاژ از طریق ترانسفورماتور را به حداقل رسانید، بطوریکه با نصب خازن های کمکی و افزایش ظرفیت خازنی مدار فشار ضعیف ترانس قدرت، مقدار امپدانس  $Z_0$  برای یک ولتاژ مولفه صفر طرف فشار قوی در معادله شماره (۲) کوچکتر شده و در نتیجه ولتاژ  $V_R$  نیز کاهش خواهد یافت، و در نتیجه این قابلیت را بوجود می آورد که در صورت امکان بتوان با حساس تر نمودن مقدار تنظیم رله حفاظتی اتصال زمین ژنراتور تا ۹۶٪ سیم پیچی استاتور و حتی بیشتر از آن را تحت حفاظت قرار داد. البته باید به این نکته بسیار مهم در نصب خازن های کمکی توجه داشت

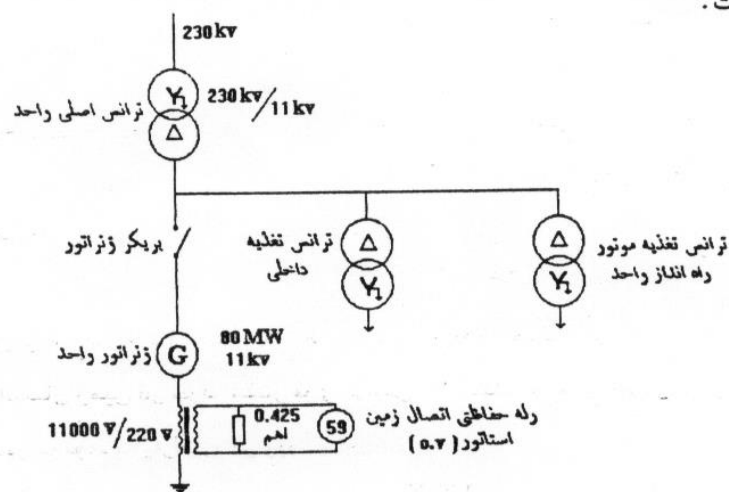
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

که این افزایش در ظرفیت خازنی به حدی نباشد که برقراری شرط مهم معادله شماره (۱) نادیده گرفته شود، زیرا با افزایش ظرفیت خازنی بدیهی است که مقدار راکتانس  $X_{co}$  نیز کاهش خواهد یافت.

این نکته نیز قابل یادآوری است که نصب خازنهای فشار قوی در طرف فشار ضعیف ترانس می تواند موجب کاهش شیب موج های سیار و سایر ولتاژهای گذرا گردد.

### ۵- بررسی موضوع در یکی از نیروگاه های ایران

موضوع مقاله را در ژنراتور یکی از واحدهای نیروگاه ری مورد بررسی قرار می دهیم که با ولتاژ نامی ۱۱ کیلوولت از طریق یک ترانسفورماتور قدرت 230 kv/11 kv به شبکه متصل گردیده است.



شکل (۴) - دیاگرام تک خطی یکی از واحدهای نیروگاه ری

همانطوریکه در دیاگرام تک خطی شکل (۴) نشان داده شده نقطه صفر ژنراتور از طریق یک ترانس توزیع با نسبت تبدیل 11000 v/220 v زمین گردیده و مقدار مقاومت نصب شده در ثانویه ترانس مذکور 0.425 اهم می باشد.

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

تپ تنظیمی بر روی رله اتصال زمین استاتور که از نوع ولتاژ زیاد می باشد، 6 ولت است.

مقادیر خازنی ژنراتور و تجهیزات متصل به آن در هر فاز به قرار زیر می باشند.

ظرفیت خازنی سیم پیچهای ژنراتور نسبت به زمین در هر فاز  $C_G = 0.29 \mu F$

ظرفیت خازنی سیم پیچهای فشار ضعیف ترانس قدرت واحد نسبت به زمین

در هر فاز  $C_T = 0.012 \mu F$

مجموع ظرفیت های خازنی تجهیزات متصل به ژنراتور شامل باس بار،

ترانسهای ولتاژ و ... به ازاء هر فاز  $C_V = 0.11 \mu F$

ظرفیت خازنی سیم پیچهای اولیه ترانس تغذیه داخلی به ازای هر فاز  $C_A = 0.008 \mu F$

مجموع ظرفیت خازنی هر فاز نسبت به زمین  $C_{(Total)1} = 0.42 \mu F$

بنابراین ظرفیت خازنی معادل هر سه فاز نسبت به زمین بقرار زیر بدست خواهد آمد.

$$\frac{1}{3} X_{CO1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot C_{(Total)1}} = 2528 \text{ اهم}$$

همچنین مقاومت مؤثر زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر است با:

$$R_N = 0.425 \times \left( \frac{11000}{220} \right)^2 = 1062.5 \text{ اهم}$$

برای محاسبه ماکزیمم ولتاژ ظاهر شده در نقطه صفر ژنراتور مورد مطالعه، ناشی از

یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس با استفاده از مدار معادل شکل (۳) و با توجه به

مقادیر مربوط به پارامترهای زیر:

$V_{HO} = 34 \text{ Kv}$  = ماکزیمم ولتاژ مؤلفه صفر در طرف  $230 \text{ Kv}$  ترانس قدرت ناشی از یک اتصال زمین

$C_{H-L} = 0.009 \mu F$  = ظرفیت خازنی سیم پیچهای  $230 \text{ Kv}$  به  $11 \text{ Kv}$  ترانس قدرت

و از آنجا  $X_{H-L}$  و  $Z_{o1}$  عبارت خواهند بود از:

$$X_{H-L} = \frac{10^6}{2\pi F C_{HL}} = 353857 \text{ اهم}$$

$$Z_{o1} = \frac{(3R_N)(-jX_{CO1})}{3R_N - jX_{CO1}} = 2709 - j1140 \text{ اهم}$$

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

و در نتیجه ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور توزیع زمین کننده نقطه صفر ژنراتور برابر خواهد بود با:

$$V_{R1} = \frac{V_{HO} Z_{O1}}{Z_{O1} - j X_{H-L}} \approx 284 \text{ ولت}$$

مقدار بدست آمده ولتاژی است که در نقطه صفر ژنراتور ظاهر شده و موجب میگردد ولتاژی حدود 5.7 ولت بر روی رله ظاهر شود. در عمل نیز تپ تنظیمی بر روی رله ولتاژی زمین استاتور 6 ولت انتخاب گردیده که نشان می دهد ۹۵٪ سیم پیچی استاتور تحت حفاظت قرار گرفته است.

حال اگر خازنهائی با ظرفیت  $0.25 \mu F$  بعنوان خازن ضربه گیر برای هر فاز در طرف فشار ضعیف ترانس قدرت واحد نصب نمائیم آنگاه ظرفیت کل خازن هر فاز نسبت به زمین برابر خواهد بود با

$$C_{(Total)2} = 0.45 + 0.25 = 0.67 \mu F$$

و اگر برقراری رابطه  $R \leq \frac{1}{3 X_{Co2}}$  را در شرایط جدید بررسی نمائیم، آنگاه  $1582 < 1062 \cdot 5$  و لذا شرط جلوگیری از ایجاد اضافه ولتاژ گذرا برقرار است.

با استفاده از ظرفیت خازنی مذکور، امپدانس ترکیبی ( $Z_{O2}$ ) و سپس ولتاژ ظاهر شده در اولیه ترانسفورماتور توزیع ( $V_{R2}$ ) در شرایط جدید، عبارت خواهند بود از:

$$Z_{O2} = 2148.5 - j 1474.5$$

$$V_{R2} = 252 \text{ ولت}$$

در این حالت ماکزیمم ولتاژ ظاهر شده بر روی رله حفاظتی در شرایط وقوع یک اتصال زمین در طرف فشار قوی ترانس به قرار زیر بدست خواهد آمد:

$$252 \times \frac{11000}{220} = 5.04 \%$$

که می توان با انتخاب تپ تنظیمی 5 ولت بر روی رله ولتاژی اتصال زمین استاتور، به قرار زیر مقدار درصد بیشتری از سیم پیچی استاتور را با رعایت و حفظ پایداری رله تحت محافظت قرار داد:

$$1 - \frac{5 \times \frac{11000}{220}}{\frac{11000}{\sqrt{3}}} = 96.1 \%$$



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

### ۶- نتیجه گیری

زمین شدن سیم پیچی استاتور در محدوده حفاظت نشده رله اتصال زمین استاتور از نوع ۹۵ درصدی و پی آمدهای ناشی از بوجود آمدن اتصال زمین بعدی در همان فاز و یا فاز دیگر، این ضرورت را ایجاب می نماید که در انتخاب و خرید توربو ژنراتورهای با قدرت بالا، رله حفاظتی اتصال زمین از نوع ۱۰۰ درصد در تجهیزات حفاظتی ژنراتور در نظر گرفته شود و برای آن دسته از ژنراتورهای موجود در کشور که فاقد این نوع حفاظت می باشند در صورت امکان حفاظت مذکور اضافه شده و یا به نحوی حوزه حفاظت سیم پیچی استاتور را با توجه به پایداری واحد گسترده تر نمود.

با بررسی که در این مقاله انجام گردید، می توان بطور مطالعه شده ای مشخصات الکتریکی سیستم را با نصب خازنهای قدرت در طرف فشار ضعیف ترانس اصلی واحد تغییر داد، این خازنها ضمن اینکه می توانند نقش مؤثر و مناسب در بسیاری از شرایط گذرای سیستم ایفا نمایند (بطور مثال حذف کامل اضافه ولتاژهای ناشی از تشدید، کاهش شیب موج سیار و ...)، انتقال خازنی اضافه ولتاژ از طریق ترانس قدرت به سمت ژنراتور را به حداقل رسانیده و متعاقباً موجب کاهش ولتاژ ظاهر شده در نقطه نول ژنراتور که مهمترین عامل محدود کننده جهت افزایش حساسیت رله های اتصال زمین ۹۵ درصدی است، گردند، تا امکان حفاظت درصد بیشتری از سیم پیچی ژنراتور با حساس تر نمودن تنظیم رله فراهم گردد.

### مراجع:

- 1- T.B. Gross "Sensitive Generator Ground Fault Protection", Proceeding of the American Power Conference 1974 .
- 2- C.H. Griffin and J.W. Pope " Generator Ground Fault Protection" , Using over Current , Over Voltage and Under Voltage Relays IEEE Trans. 1982

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

3- M.Stein and J.R Linders , " Ground Fault Protection of the Complete Generator Winding " Proceeding of the Pennsylvania Electric Association Relay Committe, 1977.

4- " Applied Protective Relaying " , Westinghous Company.

5- " Protective Relays Application Guide " GEC Company .

6- " Over Voltage caused by one line to grounds faults" Central Station Application Bulletin GET.

7- " Over Voltages and Over Voltage Protection in the Generator Main Elecelectrical Circuit in Power Stations " , Wroking Group 23.08 Cigre 1995.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مراجع:

1) Electical transients in power systems

by:allan green wood

-consulting engineer power transmission dirision general electric  
company.

2) modern power system analysis

by : turan gonen

3) switch gear and control hand book.

By : robert w . sueaton

۴ - مبانی مهندسی فشار قوی و عایق مؤلف: دکتر حسین محسنی، انتشارات دانشگاه تهران .

۵ - بررسی سیستم های قدرت مؤلف: چارلز ا. گروس ترجمه: دکتر مهرداد عابدی .

۶ - سیستم های قدرت الکتریکی جلد ۱ و ۲ تألیف: احد کاظمی

۷ - ماشینهای الکتریکی مؤلف: استیفن . جی . چاپمن . ترجمه: محمود دیانی

۸ - ماشینهای الکتریکی مؤلف: بیم بهارا

۹ - ماشینهای الکتریکی (تحلیل بهره برداری - کنترل) تألیف: پرفسور پ. س. سن

ترجمه دکتر عابدی - ومهندس نبوی