

فصل سوم : اتصال کوتاه متقارن

حالت‌های بررسی عملکرد سیستم قدرت:

- 1- حالت پایدار (ایستا): اختلال در سیستم نداریم و بارها نسبت به زمان ثابت اند. معادلات سیستم جبری غیرخطی اند. توسط بخش بار می توان سیستم را تحلیل نمود.
- 2- حالت دینامیک (پویا) : اختلالات کوچک داریم. اختلالات شامل تغییرات جزئی بار حول نقطه کار سیستم هستند. معادلات سیستم دیفرانسیل خطی هستند که می توان توسط تبدیل لاپلاس آنها را حل نمود.
- 3- حالت گذرا : اختلالات بزرگ سیستم قدرت را شامل می شوند و به سه گروه تقسیم می شوند:
 - الف) حالت‌های گذرای فوق سریع
 - ب) حالت‌های گذاری نیمه سریع
 - ج) حالت‌های گذرای کند

89

حالت‌های گذرای فوق سریع :

- ناشی از تخلیه الکتریکی صاعقه بر روی خط انتقال و کلید زنی هستند و به آنها **surge** گویند.
- فقط در خطوط انتقال اتفاق می افتند و منجر به یک موج الکترومغناطیس می شوند که با سرعتی نزدیک به سرعت نور منتشر می شوند.
- اثرات این امواج:
 - در طول خط رفت و برگشت می کنند و بر اثر مقاومت خطوط به سرعت مستهلک شده و پس از چند رفت و برگشت از بین می روند.
 - اندوکناس بزرگ ترانسفورماتورها مانع از ورود آنها به سیم پیچهای ژنراتورها می شوند و سبب برگشت آنها می شوند ولی دامنه ولتاژهای برگشتی آنها بزرگ است.
 - برقگیرها این ولتاژهای زیاد را زمین می کنند ولی در صورت عمل نکردن برقگیرها، عایقهای خطوط تحمل این ولتاژهای بالا را ندارند و لذا در خط اتصال کوتاه بوجود می آورند.
- هدف از مطالعه حالت‌های گذرای فوق سریع، یافتن سطح عایق بندی تجهیزات خط است.

90

حالت‌های گذرای نیمه سریع (اتصال کوتاه ها):

- ناشی از تغییرات ساختاری سریع و غیرعادی سیستم هستند که به آنها خطا (Fault) یا **اتصال کوتاه** می‌گوئیم.

- **علل پیدایش خطاها** عبارتند از:

- **صاعقه**
- **سالم نبودن تجهیزات** و لوازم سیستم
- شرایط **جوی** مانند باد و برف و یخبندان شدید و غیره
- **برخورد وسائل نقلیه زمینی** با دکلها و برخورد وسائل نقلیه هوایی با هادیهای خطوط انتقال
- **برخورد پرندگان** با هادیهای خطوط انتقال و یا **ورود حیوانات** به پستها و کلید خانه ها
- **سقوط درختان** بر روی هادیهای خطوط انتقال
- عوامل تصادفی و **اتفاقات غیر قابل پیش بینی**

91

حالت‌های گذرای کند :

- **اتصال کوتاهها** باعث کاهش ولتاژ ژنراتورها و **کاهش سریع توان** خروجی آنها می‌شوند ولی گاورنر **توان مکانیکی** ورودی به ژنراتور را **کاهش نداده** است. بنابراین ژنراتورها تحت گشتاور **شتاب دهنده** واقع می‌شوند که در صورت تداوم، سبب **نوسانات مکانیکی** رتور ماشین سنکرون می‌شوند.

92

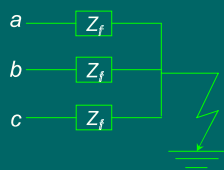
انواع اتصال کوتاه ها بترتیب شدت خطرناکی:

- 1- اتصال کوتاه سه فاز متقارن
- 2- اتصال کوتاه دوفاز
- 3- اتصال کوتاه تکفاز به زمین (SLG)
- 4- از هم گسیختگی و یا پاره شدن هادیهای خطوط انتقال

93

اتصال کوتاه سه فاز متقارن :

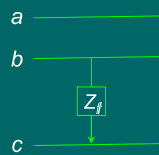
- احتمال وقوع آن کم است (حدود 5 درصد) ولی بسیار خطرناک است زیرا انتقال قدرت بکلی قطع می شود و بالاترین جریانهای اتصالی را بوجود می آورد.
- محل اتصالی باید سریعاً از سیستم قدرت جدا شود.
- کاربرد مطالعه این اتصال کوتاه :
- در حفاظت سیستم و تعیین مقادیر نامی کلیدهای قدرت و رله ها می باشد.
- بررسی پایداری گذرای سیستم قدرت



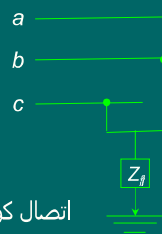
94

اتصال کوتاه دوفاز :

- دو نوع است:
- دوفاز به هم (LL)
- دوفاز به هم و به زمین (DLG)
- توان انتقالی از خط کم می شود.
- باعث نامتقارنی سیستم قدرت می شود.



اتصال کوتاه LL

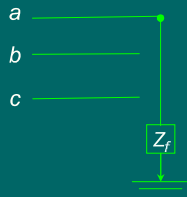


اتصال کوتاه DLG

95

اتصال یکفاز به زمین (SLG):

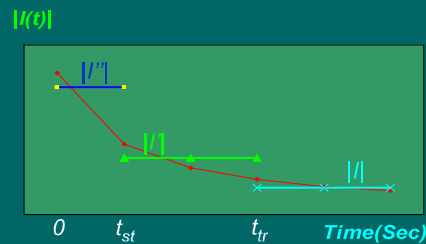
- معمولا بر اثر شکست الکتریکی و ایجاد جرقه روی مقره ها پدید می آید.
- احتمال وقوع آن حدود 75 درصد است.



- تذکر : تعداد زیادی از اتصال کوتاه ها خود به خود برطرف می شوند. یعنی با کاهش جریان خطا، یونیزاسیون مسیر اتصالی از بین می رود و عایق وضعیت عادی خود را باز می یابد. لذا از ریکلوزرها استفاده می شود.

96

تغییرات مقدار موثر جریان اتصال کوتاه ژنراتور سنکرون و تقریبهای پله ای آن :



- $|I''|$ تقریب پله ای جریان اتصال کوتاه زیر گذرا

- $|I'|$ تقریب پله ای جریان اتصال کوتاه گذرا

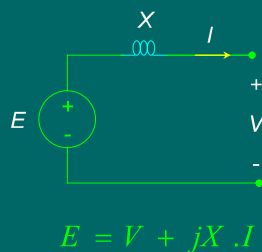
- $|I|$ تقریب پله ای جریان اتصال کوتاه پایدار

- t_{st} زمان دوره زیر گذرا که حدود 2 سیکل (0.04 ثانیه) است.

- t_{tr} زمان دوره گذرا که حدود 25 سیکل (0.5 ثانیه) است.

97

مدل ژنراتور سنکرون در اتصال کوتاه :



- مدل ژنراتور سنکرون در حالتی زیرگذرا، گذرا و پایدار به شکل بالا است. فقط

در حالت گذرا به جای X باید X' و به جای E باید E' را قرار داد. و در حالت زیرگذرا به جای X باید X'' و به جای E باید E'' را قرار داد.

98

روشهای محاسبه اتصال کوتاه متقارن سه فاز در سیستم قدرت :

دو روش وجود دارد:

- 1- روش مستقیم
- 2- روش استفاده از قضیه تونن

99

روش مستقیم محاسبه اتصال کوتاه متقارن سه فاز:

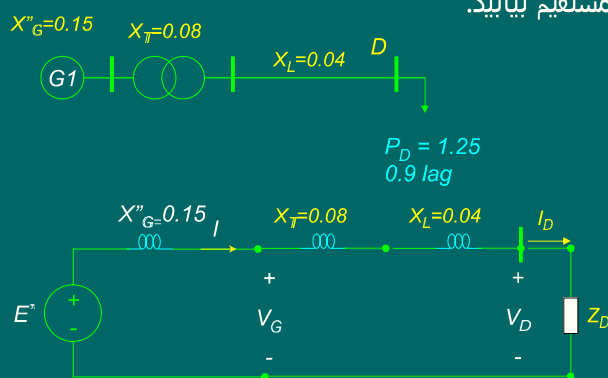
مراحل روش:

- 1- محاسبه ولتاژهای **ترمینالها** و جریانهای ژنراتورها و موتورهای سنکرون با استفاده از پخش بار در **قبل اتصال کوتاه**
- 2- محاسبه ولتاژهای **داخلی** ژنراتورها (E'' , E' , E) با استفاده از مدل ژنراتور سنکرون و فرمول آن
- 3- اتصال نقطه مورد نظر به نقطه صفر سیستم و محاسبه جریانهای لازم با ثابت نگه داشتن E'' , E' , E

100

مثال 3-1: روش مستقیم اتصال کوتاه

در سیستم قدرت شکل زیر، ولتاژ بار در لحظه اتصال کوتاه $1.02 < 0$ بوده است. اتصال کوتاه سه فاز در نقطه D اتفاق می افتد. جریان اتصال کوتاه را به روش مستقیم بیابید.



حل:

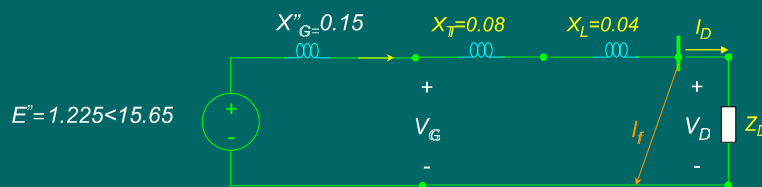
101

ادامه حل مثال 3-1

$$|I_D| = \frac{P_D}{|V_D| \cos \phi} = \frac{1.25}{1.02 \times 0.9} = 1.361$$

$$I_D = 1.361 \angle -\cos^{-1} 0.9 = 1.361 \angle -25.84^\circ$$

$$E''_G = V_D + j(X''_G + X_T + X_L)I_D = 1.02 \angle 0 + j(0.15 + 0.08 + 0.04) \times (1.361 \angle -25.84^\circ) = 1.225 \angle 15.65^\circ$$



$$I_f = \frac{E''_G}{j(X''_G + X_T + X_L)} = \frac{1.225 \angle 15.65^\circ}{j(0.15 + 0.08 + 0.04)} = 4.537 \angle -74.32^\circ$$

102

روش قضیه تونن برای محاسبه اتصال کوتاه متقارن سه فاز :

مراحل روش:

1- محاسبه کلیه ولتاژها و جریانها در **قبل** از اتصال کوتاه با استفاده از پخش بار در قبل اتصال کوتاه

2- پیدا کردن مدار **معادل تونن** از دید نقطه اتصال کوتاه

3- اعمال اتصال کوتاه به مدار معادل تونن و محاسبه **جریان اتصال**

کوتاه I_f

4- قرار دادن منبع جریان I_f در مدار اولیه و محاسبه **اثر اتصال کوتاه** در کلیه جریانها و ولتاژها

5- محاسبه جریانها و ولتاژها در **بعد** از اتصال کوتاه:

$$V^f = V^0 + \Delta V$$

V^f ولتاژ بعد از اتصال کوتاه

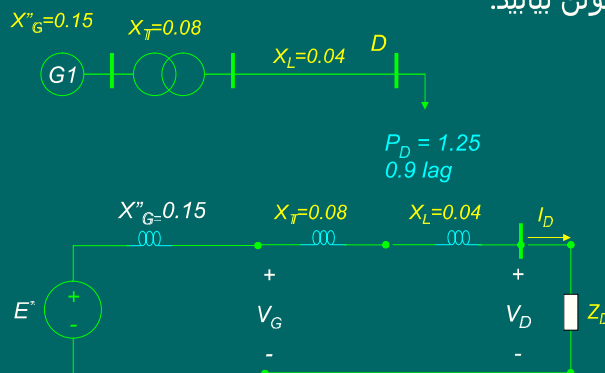
V^0 ولتاژ قبل از اتصال کوتاه

ΔV تغییرات ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه

103

مثال 2-3: روش تونن اتصال کوتاه

در سیستم قدرت شکل زیر، ولتاژ بار در لحظه اتصال کوتاه $1.02 < 0$ بوده است. اتصال کوتاه سه فاز در نقطه D اتفاق می افتد. جریان اتصال کوتاه را به روش تونن بیابید.



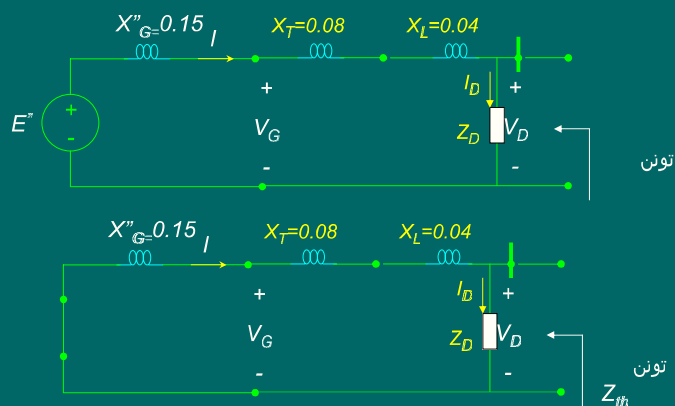
حل:

104

ادامه حل مثال 2-3

$$|I_g| = \frac{P_D}{|V_g| \cos \varphi} = \frac{1.25}{1.02 \times 0.9} = 1.361$$

$$I_g = 1.361 \angle -\cos^{-1} 0.9 = 1.361 \angle -25.84^\circ$$



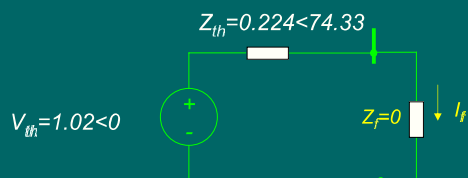
$$Z_g = \frac{V_g}{I_g} = \frac{1.02 \angle 0}{1.361 \angle -25.84} = 0.749 \angle 25.84^\circ$$

$$Z_{th} = j(X''_G + X_T + X_L) \parallel Z_D = (j0.27) \parallel (0.749 \angle 25.84^\circ) = 0.224 \angle 74.33^\circ$$

$$V_{th} = V_D = 1.02 \angle 0$$

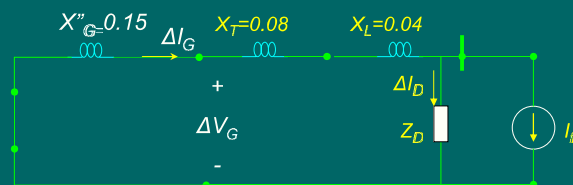
105

ادامه حل مثال 2-3



$$I_f = \frac{V_{th}}{(Z_{th} + Z_f)} = \frac{1.02 \angle 0}{(0.224 \angle 74.33 + 0)} = 4.55 \angle -74.33^\circ$$

می خواهیم جریان ژنراتور را در بعد اتصال کوتاه محاسبه کنیم:



$$\Delta I_{G_0} = \frac{Z_D}{Z_g + j(X''_G + X_T + X_L)} I_f = \frac{0.749 \angle 25.84}{0.749 \angle 25.84 + j0.27} \times (4.55 \angle -74.33) = 3.786 \angle -89.99^\circ$$

$$I_G = I_G^0 + \Delta I_{G_0} = 1.361 \angle -25.84^\circ + 3.786 \angle -89.99^\circ = 3.419 \angle 69.02^\circ$$

106