

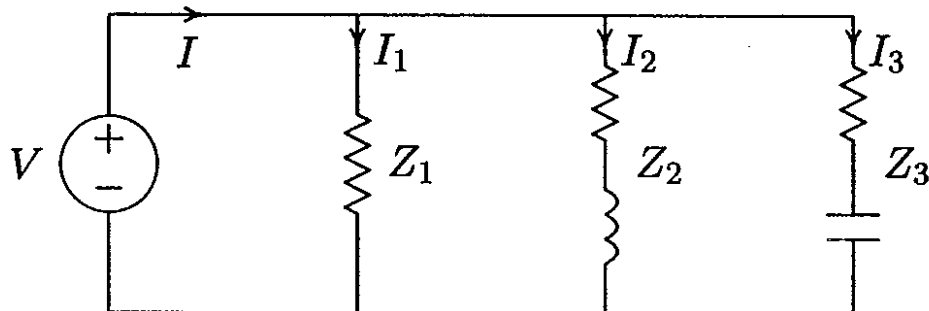
نمونه سوال

بررسی سیستم های قدرت و حفاظت

بخش اول

سوال ۱

- در مدار مقابل با توجه به مقادیر داده شده برای ولتاژ منبع و امپدانس ها مقدار توان ظاهری کل را محاسبه کنید.



$$V = 1200 \angle 0^\circ \text{ V},$$

$$Z_1 = 60 + j0 \ \Omega$$

$$Z_2 = 6 + j12 \ \Omega$$

$$Z_3 = 30 - j30 \ \Omega$$

مفهو

حل سوال یک :

روش اول

$$I_1 = \frac{1200\angle 0^\circ}{60\angle 0} = 20 + j0 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{1200\angle 0^\circ}{6 + j12} = 40 - j80 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{1200\angle 0^\circ}{30 - j30} = 20 + j20 \text{ A}$$

$$S_1 = VI_1^* = 1200\angle 0^\circ(20 - j0) = 24,000 \text{ W} + j0 \text{ var}$$

$$S_2 = VI_2^* = 1200\angle 0^\circ(40 + j80) = 48,000 \text{ W} + j96,000 \text{ var}$$

$$S_3 = VI_3^* = 1200\angle 0^\circ(20 - j20) = 24,000 \text{ W} - j24,000 \text{ var}$$

توان ظاهری کل برابر با جمع توان ظاهری هر بار می باشد.

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 96,000 \text{ W} + j72,000 \text{ var}$$

روش دوم

پس از محاسبه جریان هر بار جریان مل را حساب می کنیم

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 = (20 + j0) + (40 - j80) + (20 + j20) \\ &= 80 - j60 = 100\angle -36.87^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= VI^* = (1200\angle 0^\circ)(100\angle 36.87^\circ) = 120,000\angle 36.87^\circ \text{ VA} \\ &= 96,000 \text{ W} + j72,000 \text{ var} \end{aligned}$$

سوال ۲

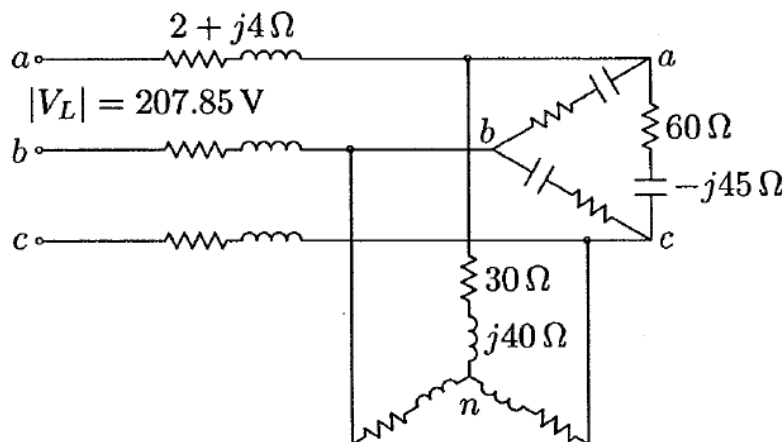
• یک خط سه فاز با امپدانس خط $2+j4$ در شکل نشان داده شده است. این فیدر دو بار متعادل سه فاز که به صورت موازی به هم دیگر متصل شده اند را تغذیه می کند. امپدانس بار با اتصال ستاره $30+j40$ اهم در هر فاز و امپدانس بار با اتصال مثلث $60-j45$ اهم می باشد. فیدر با ولتاژ خط 207.85 ولت تغذیه می شود. موارد ذیل را محاسبه کنید

• جریان و توان حقیقی و توان راکتیو منبع

• ولتاژ خط در نقطه اتصال به بارها

• جریان هر فاز هر بار

• توان حقیقی و راکتیو کل در هر بار



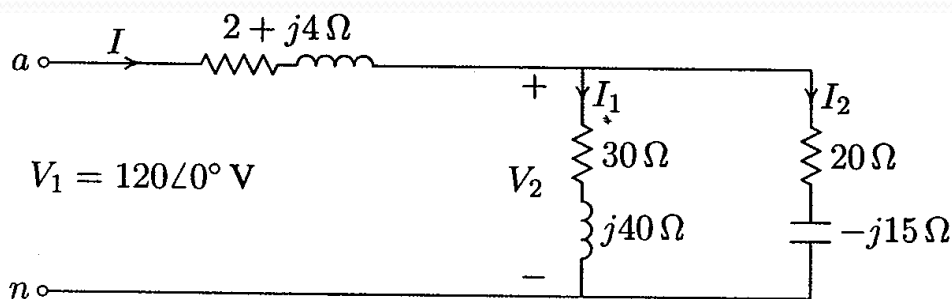
حل

- ابتدا بار مثلث را به ستاره تبدیل می کنیم. و ولتاژ فاز ابتدای خط را محاسبه می کنیم.

$$Z_2 = \frac{60 - j45}{3} = 20 - j15 \Omega$$

The phase voltage is

$$V_1 = \frac{207.85}{\sqrt{3}} = 120 \text{ V}$$



- مدل دیاگرام یک فاز به صورت مقابل می شود
- امپدانس کل را محاسبه می کنیم

$$Z = 2 + j4 + \frac{(30 + j40)(20 - j15)}{(30 + j40) + (20 - j15)} = 2 + j4 + 22 - j4 = 24 \Omega$$

- جریان خط و توان ظاهری منبع را حساب می کنیم

$$I = \frac{V_1}{Z} = \frac{120\angle 0^\circ}{24} = 5 \text{ A}$$

$$S = 3V_1 I^* = 3(120\angle 0^\circ)(5\angle 0^\circ) = 1800 \text{ W}$$

$$V_2 = 120\angle 0^\circ - (2 + j4)(5\angle 0^\circ) = 110 - j20 = 111.8\angle -10.3^\circ \text{ V}$$

- ولتاژ ورودی بارها فاز محاسبه می کنیم

- ولتاژ خط در اتصال مثلث ۳۰ درجه با ولتاژ فاز اختلاف فاز دارد.

$$V_{2ab} = \sqrt{3} \angle 30^\circ V_2 = \sqrt{3} (111.8)\angle 19.7^\circ = 193.64\angle 19.7^\circ \text{ V}$$

• جریان بارها را محاسبه می کنیم :

$$I_1 = \frac{V_2}{Z_1} = \frac{110 - j20}{30 + j40} = 1 - j2 = 2.236 \angle -63.4^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_2} = \frac{110 - j20}{20 - j15} = 4 + j2 = 4.472 \angle 26.56^\circ \text{ A}$$

• در اتصال مثلث جریان فاز از جریان خط 30° درجه عقب تر می باشد.

$$I_{ab} = \frac{I_2}{\sqrt{3} \angle -30^\circ} = \frac{4.472 \angle 26.56^\circ}{\sqrt{3} \angle -30^\circ} = 2.582 \angle 56.56^\circ \text{ A}$$

$$S_1 = 3V_2I_1^* = 3(111.8 \angle -10.3^\circ)(2.236 \angle 63.4^\circ) = 450 \text{ W} + j600 \text{ var}$$

$$S_2 = 3V_2I_2^* = 3(111.8 \angle -10.3^\circ)(4.472 \angle -26.56^\circ) = 1200 \text{ W} - j900 \text{ var}$$

• توان ظاهری در بارها

• توان تلف شده در خط

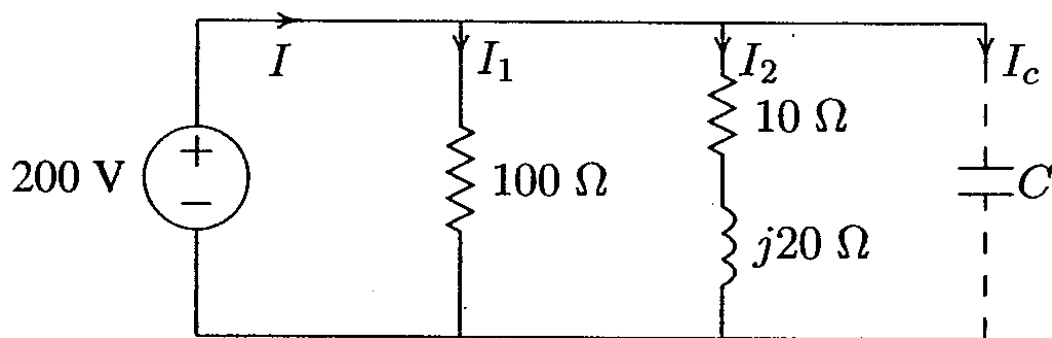
$$S_L = 3(R_L + jX_L)|I|^2 = 3(2 + j4)(5)^2 = 150 \text{ W} + j300 \text{ var}$$

• تعادل توان : توان مصرفی در بارها با اضافه توان تلف شده خط با توان ورودی منبع برابر است

$$\begin{aligned} S_1 + S_2 + S_L &= (450 + j600) + (1200 - j900) + (150 + j300) \\ &= 1800 \text{ W} + j0 \text{ var} \end{aligned}$$

سوال ۳

- دو بار با امپدانس $100\ \Omega$ اهم و $10+j20$ اهم به منبع ولتاژی با فرکانس 60 هرتز به صورت مدار زیر متصل شده است.
- الف - توان حقیقی و راکتیو و ضریب توان را محاسبه کنید
- ب - میزان خازنی مورد نیاز برای اینکه ضریب توان به 0.8 پس فاز برسد را محاسبه کنید.
- ج - مقدار توان ظاهری و جریان کل در ضریب توان جدید



حل سوال ۳

$$I_1 = \frac{200\angle 0^\circ}{100} = 2\angle 0^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{200\angle 0^\circ}{10 + j20} = 4 - j8 \text{ A}$$

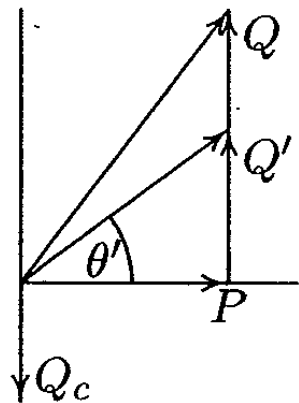
$$S_1 = VI_1^* = 200\angle 0^\circ(2 - j0) = 400 \text{ W} + j0 \text{ var}$$

$$S_2 = VI_2^* = 200\angle 0^\circ(4 + j8) = 800 \text{ W} + j1600 \text{ var}$$

$$S = P + jQ = 1200 + j1600 = 2000\angle 53.13^\circ \text{ VA}$$

$$I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{2000\angle -53.13^\circ}{200\angle 0^\circ} = 10\angle -53.13^\circ \text{ A}$$

$$PF = \cos(53.13) = 0.6 \text{ lagging}$$



$$\theta' = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ$$

$$Q' = P \tan \theta' = 1200 \tan(36.87^\circ) = 900 \text{ var}$$

$$Q_c = 1600 - 900 = 700 \text{ var}$$

$$Z_c = \frac{|V|^2}{S_c^*} = \frac{(200)^2}{j700} = -j57.14 \Omega$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi(60)(57.14)} = 46.42 \mu\text{F}$$

$$S' = 1200 + j900 = 1500\angle 36.87^\circ$$

$$I' = \frac{S'^*}{V^*} = \frac{1500\angle -36.87^\circ}{200\angle 0^\circ} = 7.5\angle -36.87^\circ$$

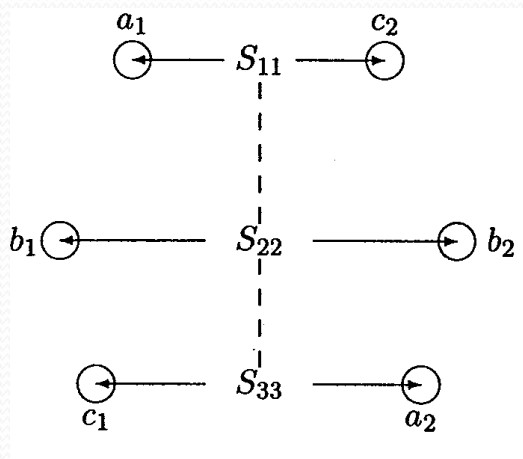
• محاسبه جریان و توان ظاهری بارها

• محاسبه توان کل و جریان کل و ضریب قدرت

• با توجه به شکل مقدران توان حقیقی و توان واکنشی

سوال ۴

- یک شبکه سه فاز دو مداره با ارایش مقابل را در نظر بگیرید رابطه ای برای GMR و GMD بر حسب فاصله ها و شعاع هادی بنویسید



حل

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{a_1b_1} D_{a_1b_2} D_{a_2b_1} D_{a_2b_2}}$$

$$D_{BC} = \sqrt[4]{D_{b_1c_1} D_{b_1c_2} D_{b_2c_1} D_{b_2c_2}}$$

$$D_{AC} = \sqrt[4]{D_{a_1c_1} D_{a_1c_2} D_{a_2c_1} D_{a_2c_2}}$$

$$GMD = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{AC}}$$

$$D_{SA} = \sqrt[4]{(D_s^b D_{a_1a_2})^2} = \sqrt{D_s^b D_{a_1a_2}}$$

$$D_{SB} = \sqrt[4]{(D_s^b D_{b_1b_2})^2} = \sqrt{D_s^b D_{b_1b_2}}$$

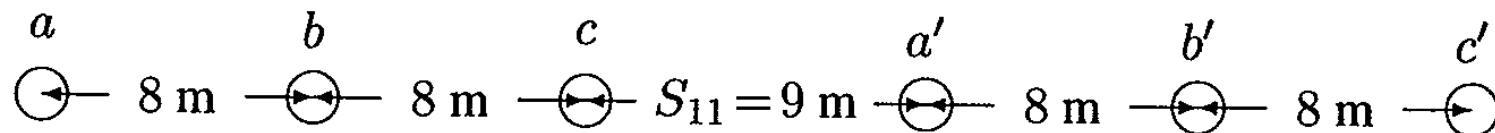
$$D_{SC} = \sqrt[4]{(D_s^b D_{c_1c_2})^2} = \sqrt{D_s^b D_{c_1c_2}}$$

$$GMR_L = \sqrt[3]{D_{SA} D_{SB} D_{SC}}$$

$$L = 0.2 \ln \frac{GMD}{GMR_L} \text{ mH/km}$$

سوال ۵

- یک شبکه سه فاز دو مداره با آرایش مقابل را با فواصل داده شده که به صورت افقی می باشد در نظر بگیرد. با توجه به فواصل داده شده مقادیر GMD و را محاسبه کنید.



حل مثال ۵

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}D_{a'b'}D_{a'b}}$$

$$D_{AC} = \sqrt[4]{D_{ac}D_{ac'}D_{a'c'}D_{a'c}}$$

$$D_{CB} = \sqrt[4]{D_{bc}D_{bc'}D_{b'c'}D_{b'c}}$$

$$D_{AB} = \sqrt[4]{8 \times 33 \times 8 \times 17}$$

$$D_{AC} = \sqrt[4]{16 \times 41 \times 16 \times 9}$$

$$D_{CB} = \sqrt[4]{8 \times 33 \times 8 \times 17}$$

$$GMD = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{AC}}$$

$$GMD = \sqrt[3]{\sqrt[4]{35904} \times \sqrt[4]{94464} \times \sqrt[4]{35904}} = \sqrt[3]{13.765 \times 17.53 \times 13.765} = 14.92$$