

مثال خط کوتاه:

مثال : خط انتقال سه فاز 220^{KV} به طول 40^{Km} دارای مقاومت اهمی $0.15 \frac{\Omega}{\text{phase}}$ در هر کیلومتر و اندوکتانس $1.3263 \frac{mH}{\text{phase}}$ در

هر کیلومتر است. با صرف نظر از خاصیت خازنی خط انتقال، توان ابتدای خط، درصد تنظیم ولتاژ و راندمان خط را در حالات مختلف زیر بدست آورید:

الف) $V_R = 220^{KV}$, $pf = 0.8 \text{ lagging}$, $S_R = 381^{MVA}$ (frequency = 60 Hz)

ب) $V_R = 220^{KV}$, $pf = 0.8 \text{ leading}$, $S_R = 381^{MVA}$

حل : دقت کنید که در سیستم های سه فاز داده ها را برای خط به خط می دهند و اگر غیر از این باشد حتماً ذکر می گردد که داده ها مربوط به فاز هستند.

$$Z = z\ell = \left(0.15 + j2 \times \pi \times 60 \times 1.3263^{mH}\right) \times 40 = 6 + j20 \frac{\Omega}{\text{phase}}$$

الف) در اینجا زاویه ولتاژ گیرنده را به عنوان مرجع انتخاب می کنیم بنابراین:

$$V_R = \frac{220^{KV}}{\sqrt{3}} = 127^{KV} \angle 0, \quad pf = 0.8 \text{ lagging} \Rightarrow S_R = 381 \angle 36.87^{MVA} = 304.8^{MW} + j228.6^{MVAR}$$

$$S_R = 3 V_R I_R^* \Rightarrow I_R = \frac{381 \angle -36.89^{MVA}}{3 \times 127^{KV}} = 1000 \angle -36.87^{\circ} \Rightarrow V_S = V_R + Z I_R$$

$$\Rightarrow V_S = 127^{KV} \angle 0 + (6 + j20)(1000 \angle -36.87^{\circ}) = 144.33 \angle 4.93^{KV}$$

در صورت ثابت فرض کردن ولتاژ منبع تغذیه، ولتاژ گیرنده در حالت بی بار برابر با V_S بوده و در نتیجه درصد تنظیم ولتاژ به صورت زیر بدست می آید:

$$VR = \frac{144.33 - 127}{127} = 13.64\%$$

$$S_S = 3 V_S I_S^* = 3 V_S I_R^* = 322.8^{MW} + j288.6^{MVAR} \Rightarrow \eta_{\text{line}} = \frac{P_R}{P_S} = \frac{304.8^{MW}}{322.8^{MW}} = 0.944$$

ب) با انجام روش مشابه در این حالت اطلاعات زیر بدست خواهند آمد:

$$V_S = 121.39^{KV} \angle 9.3^{\circ}, \quad S_S = 322.8^{MW} - j168.6^{MVAR}$$

$$\Rightarrow VR = \frac{121.39 - 127}{127} = -4.43\%, \quad \eta_{\text{line}} = \frac{304.4}{322.8} = 0.944$$

از بررسی داده های بدست آمده می توان دریافت، وجود بار مصرف کننده توان راکتیو در انتهای خط سبب شده جریان عبوری از خط افزایش یافته و افت ولتاژ روی خط زیاد گردد ولی برعکس، وجود بار تولید کننده توان راکتیو در انتهای خط، تأمین کننده بخشی از توان راکتیو خود خط بوده و سبب می شود جریان انتقالی از طریق خط کاهش یافته و افت ولتاژ روی آن کمتر شود.

نکته : در خطوط انتقال بلند که اثر خازنی زیاد و قابل ملاحظه ای دارند در صورت قطع شدن ناگهانی بار متصل به انتهای خط، به دلیل وجود اثر خازنی ولتاژ سر انتهای نسبت به سر ابتدایی خط به شدت افزایش یافته و می تواند سبب سوختن بسیاری از تجهیزات در پست های انتهایی گردد که این اثر به اثر فرانتی مشهور است. برای رفع این مشکل در انتهای خطوط بلند از reactor های بزرگی استفاده می کنند که در چنین مواقعی بلافاصله وارد مدار شده و به دلیل مصرف توان راکتیو، ولتاژ انتهای خط را پایین می آورند.

مثال خط متوسط

خطی به طول 13 km ، بار 47.0 MVA ، ولت ولتاژ 220 kV به فریب توان 0.8 lag تقویم می کند. ولتاژ رهشال ارسالی، توان قدرت، ارسالی، درصد تلفات ولتاژ و رازمان را با مسلمات زیر حساب کنید.

در ادامه طول به اهم فاز

$$r = 0.34 \frac{\Omega}{\text{km}} \quad l = 0.18 \frac{\text{mH}}{\text{km}} \quad C = 0.0112 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

حل: اهم Ω ، مقاومت r ، رزیستانس
 هانزا H ، خود القایی l ، اندوکتانس
 فاراد F ، ظرفیت خازنی C ، کاپاسیتانس

پسوزمات \rightarrow

$m \rightarrow 10^{-3}$	$\mu \rightarrow 10^{-6}$	$n \rightarrow 10^{-9}$	$p \rightarrow 10^{-12}$
$k \rightarrow 10^3$	$M \rightarrow 10^6$		

$$Z = (r + j\omega l) L = (0.34 + j \times 2 \times 12 \times 40 \times 0.18 \times 10^{-3}) \times 13 = 4.48 + j 39.27 \frac{\Omega}{\text{phase}}$$

$$Y = (G + j\omega C) L = (22 \times 40 \times 0.0112 \times 10^{-6}) \times 13 = j 0.000849 \frac{\text{phase}}{\Omega}$$

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{ZY}{r} & Z \\ Y(1 + \frac{ZY}{f}) & 1 + \frac{ZY}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.48 + j 39.27 & 4.48 + j 39.27 \\ -2.52 \times 10^{-4} + j 0.000849 & 4.48 + j 39.27 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

ماتریس انتقال، اعلاسه کردم حال با V_R و I_R ، ادالته با V_S و I_S

$$\left. \begin{aligned} V_S &= A V_R + B I_R \\ I_S &= C V_R + D I_R \end{aligned} \right\} \text{پس از حذف}$$

$$V_R = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad \text{سرعت ماله، قابل به فاز V و گشت}$$

$$\Rightarrow V_R = \frac{320}{\sqrt{3}} = 187,44 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

$$\begin{aligned} \cos \phi &= \text{PF} = 0,85 \\ \phi &= \cos^{-1}(0,85) = 34,1^\circ \end{aligned}$$

$$S_R = 3 V_{R\phi} \bar{I}_{R\phi}^*$$

$$\Rightarrow \bar{I}_{R\phi} = \frac{S^*}{3 V_R} = \frac{2700 \angle -34,1^\circ}{3 \times 187,44}$$

$$S^* = |S| \angle -\phi$$

$$\phi < 0 \quad \leftarrow \text{lag}$$

$$S = |S| \angle \phi$$

$$\phi > 0 \quad \leftarrow \text{lead}$$

$$\rightarrow \bar{I}_{R\phi} = 479,44 \angle -34,1^\circ \text{ A}$$

$$A \times 187,44 \angle 0^\circ +$$

$$V_S = A V_R + B \bar{I}_R = 199,1188 \text{ kV} \angle 9,12^\circ$$

$$B \times 0,47944 \angle -34,1^\circ$$

تذکره: در این رابطه هم V_R هم \bar{I}_R باید بر حسب k باشند
تا V_S هم بر حسب k بدست آید.

یا هم در بر حسب A و V باشند تا V_S هم بر حسب V بدست آید.

$$V_{\phi R} = \frac{|V_{R_{nL}}| - |V_{R_{fL}}|}{|V_{R_{fL}}|} \times \dots = \frac{\frac{|V_S|}{|A|} - |V_R|}{|V_R|} \times \dots$$

$$= \frac{\frac{199,1188}{|A|} - 187,44}{187,44} \times \dots = 7,31 \quad \text{مقدار}$$

ماژن حساب گشتی داشته باشد.

اعداد خطا، فائریس ...

Sharp EL-506W

$$\bar{I}_S = C V_R + D \bar{I}_R = 421,122 \text{ A} \angle -28,84^\circ$$

\downarrow
A

\downarrow
V

\downarrow
A

$$\rightarrow 187,44 \angle 0^\circ (V)$$

$$S_s = \underbrace{3V_s}_{\text{mVA}} \underbrace{I_s^*}_{\text{kV}} = 3 \times 199,111 \angle 15,125 \times 0,111132 \angle -25,091$$

$$\Rightarrow S_s = \underbrace{211,118}_{P} \text{ kW} + j \underbrace{121,228}_{R} \text{ kVAR}$$

$$S = P + jR$$

$$\text{mVA} = \text{MW} + j \text{MVAR}$$

$$P_s = 3 \times 199,111 \times 0,111132 \times \cos 6 = 211,118 + 121,228 =$$

$$211,118 \text{ MW}$$

$$E_{KA}, kV \rightarrow \bar{V}, V$$

$$\text{MW} \rightarrow P$$

$$P_R = \text{real}(S) = 2V \times 111 = 212 \Rightarrow \int = \frac{212}{211,118} \times 100 = 91,49 \%$$

مقدار

فردی

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ae+bg & af+bh \\ ce+dg & cf+dh \end{bmatrix}$$

یا داری

فردی و داری

$$Z = x + jy$$

$$Z = |r|e^{j\theta}$$

$$Z = |r| \angle \theta$$

$$j = \sqrt{-1}$$

$$x = \text{Re}(Z)$$

$$y = \text{Im}(Z)$$

$$|r| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \text{Atan} \frac{y}{x}$$

$$x = |r| \cos \theta$$

$$y = |r| \sin \theta$$

یا داری

$$Z^* = \bar{Z} = x - jy = re^{-j\theta} = r \angle -\theta$$

$$(a + bj)(c + dj) = ac + adj + bcj + bdj^2 = ac - bd + j(ad + bc)$$

$$(a + bj) + (c + dj) = a + c + j(b + d)$$

$$(r_1 \angle \theta_1)(r_2 \angle \theta_2) = r_1 r_2 \angle \theta_1 + \theta_2$$

تمرین ۳: مثال قبلی را به ازای داده های صورت مساله 50Hz 0.9lag 400Kv 250MVA 200km حل کنید.

ارسال پاسخ به m.heshmati.znu@gmail.com

مثال خط بلند:

مثال ۳-۴ در یک خط انتقال ۲۳۰ KV بطول ۴۰۰ Km، راکتانس سری خط $۰/۶۱ \Omega/\text{Km}$ ، مقاومت آن $۰/۱۱۳ \Omega/\text{Km}$ و ادمیتانس موازی $۳/۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ S}/\text{Km}$ است (از کندوکتانس صرف نظر شده است). بار انتهای خط قدرت ۲۰۰ MW را در ولتاژ ۲۳۰ KV و ضریب قدرت یک جذب می نماید. ولتاژ، جریان و قدرت در ابتدای خط را محاسبه کنید.

حل:

$$z = ۰/۱۱۳ + j۰/۶۱ = ۰/۶۲۰۴ \angle ۷۹/۵^\circ \Omega/\text{Km}$$

$$y = G + j\omega C = j۳/۲ \times ۱۰^{-۶} \text{ S}/\text{Km} = ۳/۲ \times ۱۰^{-۶} \angle ۹۰^\circ \text{ S}/\text{Km}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{۰/۶۲۰۴}{۳/۲ \times ۱۰^{-۶}} \angle \frac{۷۹/۵^\circ - ۹۰^\circ}{۲}} = ۴۴۰/۳ \angle -۵/۲۵^\circ \Omega$$

$$\gamma = \sqrt{yz} = \sqrt{۰/۶۲۰۴ \times ۳/۲ \times ۱۰^{-۶}} \angle \frac{۷۹/۵^\circ + ۹۰^\circ}{۲}$$

$$\gamma = ۰/۰۰۱۴۱ \angle ۸۴/۷۵^\circ = ۰/۰۰۰۱۲۹ + j۰/۰۰۱۴$$

$$\gamma l = (۰/۰۰۰۱۲۹ + j۰/۰۰۱۴) \times ۴۰۰ = ۰/۰۵۱۶ + j۰/۵۶$$

$$I_r = \frac{۲۰۰ \times ۱۰^۳}{\sqrt{۳} \times ۲۳۰ \times ۱} = ۵۰۲ \angle ۰^\circ \text{ A}$$

$$V_r = \frac{۲۳۰}{\sqrt{۳}} = ۱۳۲/۸ \angle ۰^\circ \text{ KV}$$

$$\cosh \gamma l = \cosh ۰/۰۵۱۶ \cos ۰/۵۶ + j \sinh ۰/۰۵۱۶ \sin ۰/۵۶$$

$$= ۱/۰۰۱۳ \times ۰/۸۴۷ + j۰/۰۵۱۶ \times ۰/۵۳۱$$

$$= ۰/۸۴۸۱ + j۰/۰۲۷۴ = ۰/۸۴۸۵ \angle ۱/۸۵^\circ$$

$$\sinh \gamma l = \sinh ۰/۰۵۱۶ \cos ۰/۵۶ + j \cosh ۰/۰۵۱۶ \sin ۰/۵۶$$

$$= ۰/۰۵۱۶ \times ۰/۸۴۷ + j۱/۰۰۱۳ \times ۰/۵۳۱$$

$$= 0.437 \times j0.5317 = 0.5335 \angle 85/3^\circ$$

$$V_s = 132/8 \times 0.1485 \angle 1/85^\circ + 0.2 \times 440/3 \angle -5/25^\circ$$

$$\times 0.5335 \angle 85/3^\circ \times 10^{-2}$$

$$V_s = 179 \angle 42^\circ \text{ KV}$$

قدر مطلق ولتاژ خطی در ابتدای خط برابر است با:

$$|V_s| = 179\sqrt{3} = 310 \text{ KV}$$

$$I_s = 0.2 \times 0.1485 \angle 1/85^\circ + \frac{132/8 \times 10^2}{440/3 \angle -5/25^\circ} \times 0.5335 \angle 85/3^\circ$$

$$I_s = 461/6 \angle 22/2^\circ \text{ A}$$

با محاسبه ضریب قدرت PF در ابتدای خط، قدرت منتقله در ابتدای خط بدست می آید:

$$PF = \cos(42^\circ - 22/2^\circ) = 0.941$$

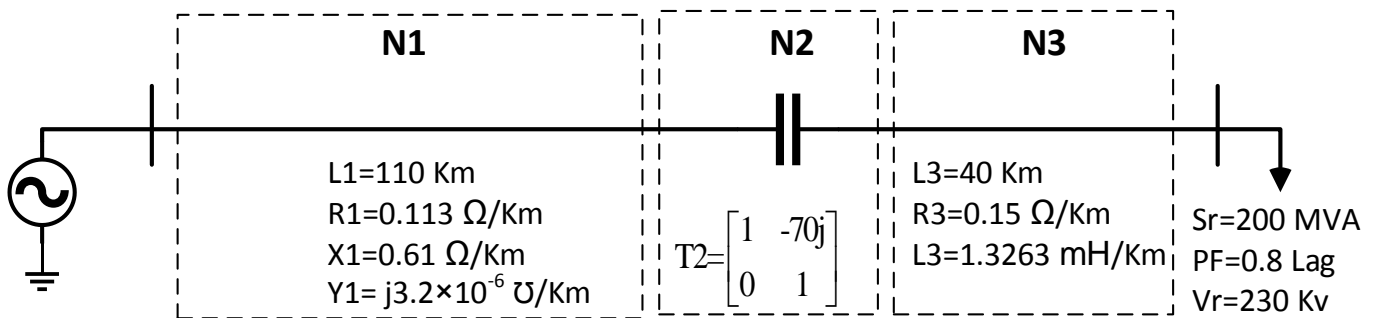
$$P = \sqrt{3} \times 310 \times 461/6 \times 0.941 \times 10^{-2} = 233 \text{ MW}$$

تمرین ۴: مثال قبلی را با روابط تقریبی ماتریس انتقال خط بلند حل کنید.

ارسال پاسخ به m.heshmati.znu@gmail.com

تمرین ۵ (تشویقی، نمره اضافی):

یک بار سه فاز 200MVA با ضریب توان 0.8 lag در ولتاژ 230 KV و فرکانس 60Hz توسط شبکه ای متصل از دو خط انتقال سری به طول 110Km و 40Km مطابق شکل زیر تغذیه می شود. در محل اتصال دو خط عنصری (خازن سری) با ماتریس انتقال داده شده نصب شده است.



الف) ماتریس انتقال کل شبکه را بدست آورید. (راهنمایی: ضرب ماتریس های انتقال سری در هم)

ب) ولتاژ و جریان ابتدای خط را بدست آورید.

پ) درصد تنظیم ولتاژ را محاسبه کنید.

ت) راندمان خط انتقال و تلفات را محاسبه کنید.

ث) در توان مبنای $S=200 \text{ MVA}$ قدرت اکتیو و راکتیو ارسالی ابتدای خط چند پریونیت هستند؟

ارسال پاسخ به m.heshmati.znu@gmail.com