میان‌ترم تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

مدرس: بهروز آدینه

تاریخ امتحان: ۱۳۹۵/۰۲/۰۷

دانشکده مهندسی برق

نام و نام خانوادگی: .....

شماره دانشجویی: .....

زمان امتحان: ۸۰ دقیقه

در جدول زیر چیزی ننویسید.

سوال ۱	سوال ۲	سوال ۳	سوال ۴	سوال ۵	سوال ۶	جمع
۲۴	۲۹	۲۰	۷	۸	۱۲	۱۰۰

سوال۱: دو بار $Z_۱ = ۱۰۰\Omega$ و $Z_۲ = ۱۰ + j۲۰$ به منبعی با ولتاژ ۲۰۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز مطابق شکل ۱ وصل شده است.

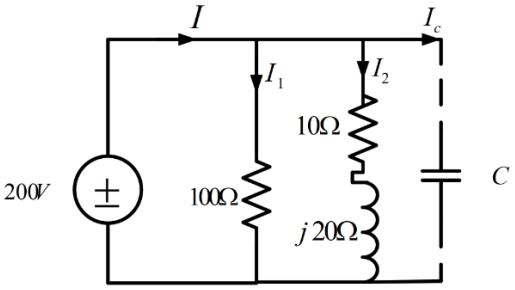
(الف) توان‌های اکتیو و راکتیو، ضریب قدرت و جریان را در سمت منبع بدست آورید.

$$I_۱ = \frac{۲۰۰\angle ۰^o}{۱۰۰} = ۲\angle ۰^o\, A \;\; I_۲ = \frac{۲۰۰\angle ۰^o}{۱۰ + j۲۰} = ۴ - j۸\, A$$

$$S_۱ = VI_۱^* = (۲۰۰\angle ۰^o)(۲\angle ۰^o) = ۴۰۰W \;\; S_۲ = VI_۲^* = (۲۰۰\angle ۰^o)(۴ + j۸) = ۸۰۰\, W + j۱۶۰۰\, VAr$$

$$S = P + jQ = S_۱ + S_۲ = ۱۲۰۰ + j۱۶۰۰ = ۲۰۰۰\angle ۵۳/۱۳^o \Rightarrow I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{۲۰۰۰\angle -۵۳/۱۳^o}{۲۰۰\angle ۰^o} = ۱۰\angle -۵۳/۱۳^o$$

$PF = cos(۵۳/۱۳) = ۰/۶$ پس‌فاز



شکل ۱: مدار سوال ۱

(ب) مقدار ظرفیت خازنی وصل شده به صورت موازی به دو سر بارها را طوری تعیین کنید که ضریب قدرت کل به ۰/۸ پس‌فاز بهبود یابد.

توان اکتیو در ضریب قدرت جدید، همان ۱۲۰۰ وات خواهد بود. پس:

$$\theta' = cos^{-۱}(۰/۸) = ۳۶/۸۷^o, \;\; Q' = Ptan\theta' = ۱۲۰۰tan(۳۶/۸۷^o) = ۹۰۰\, VAr$$

$$Q_c = -j|۱۶۰۰ - ۹۰۰| = -j۷۰۰\, VAr, \;\; Z_c = \frac{|V|^۲}{Q_c^*} = \frac{۲۰۰^۲}{j۷۰۰} = -j۵۷/۱۴\,\Omega \;\Rightarrow X_c = ۵۷/۱۴\,\Omega$$

$$X_c = \frac{۱}{C\omega} = \frac{۱}{C \times ۲\pi ۵۰} \Rightarrow C = \frac{۱}{۱۰۰\pi ۵۷/۱۴} = ۵/۵۷ \times ۱۰^{-۵}\, F = ۵۵/۷\,\mu F$$

سوال۲: نمودار تک خطی یک سیستم سه‌فاز در شکل ۲ نشان داده شده است. نمایش امپدانسی آن را در مبنای ۱۰۰ مگاولت‌آمپر و ۱۳۲ کیلوولت (در خط انتقال) رسم کنید. اطلاعات مورد نیاز در زیر آورده شده است:

$G_۱ : ۵۰\, MVA,\; ۱۲/۲\, kV,\; X = ۰/۱۵\, p.u.$

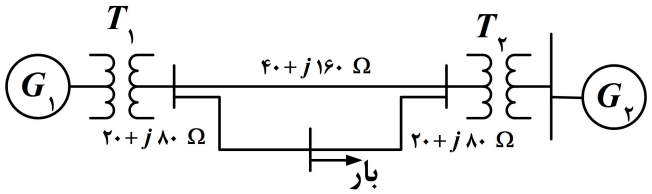
$G_۲ : ۲۰\, MVA,\; ۱۳/۸\, kV,\; X = ۰/۱۵\, p.u.$

$T_۱ : ۸۰\ MVA,\ ۱۲٫۲/۱۶۱\ kV,\ X = ۰٫۱۰\ p.u.$

$T_۲ : ۴۰\ MVA,\ ۱۶۱/۱۳٫۸\ kV,\ X = ۰٫۱۰\ p.u.$

بار : ۵۰ MVA, ۰٫۸پس‌فاز, ۱۵۴kV

مدل بار را به صورت ترکیب موازی مقاومت و اندوکتانس در نظر بگیرید.



شکل ۲: نمودار تک خطی سوال ۲

ولتاژ مبنا برای خط انتقال: $V_B^L = ۱۳۲\ kV$

ولتاژ مبنا برای ژنراتور ۱: $V_B^{G_۱} = ۱۳۲ \times \frac{۱۲٫۲}{۱۶۱} = ۱۰٫۰۰۲\ kV$

ولتاژ مبنا ژنراتور ۲: $V_B^{G_۲} = ۱۳۲ \times \frac{۱۳٫۸}{۱۶۱} = ۱۱٫۳۱\ kV$

حال مقادیر پریونیت را در مبنای مورد نظر بدست می‌آوریم:

$$G_۱ : X = ۰/۱۵ \times \frac{۱۰۰}{۵۰}\left(\frac{۱۲٫۲}{۱۰٫۰۰۲}\right)^۲ = ۰٫۴۴۶۳\ p.u.$$

$$G_۲ : X = ۰/۱۵ \times \frac{۱۰۰}{۲۰}\left(\frac{۱۳/۸}{۱۱/۳۱}\right)^۲ = ۱/۱۱۶۶\ p.u.$$

$$T_۱ : X = ۰/۱ \times \frac{۱۰۰}{۸۰}\left(\frac{۱۲/۲}{۱۰/۰۰۲}\right)^۲ = ۰/۱ \times \frac{۱۰۰}{۸۰}\left(\frac{۱۶۱}{۱۳۲}\right)^۲ = ۰٫۱۸۵۹۶\ p.u.$$

$$T_۲ : X = ۰/۱ \times \frac{۱۰۰}{۴۰}\left(\frac{۱۳٫۸}{۱۱٫۳۱}\right)^۲ = ۰٫۱ \times \frac{۱۰۰}{۴۰}\left(\frac{۱۶۱}{۱۳۲}\right)^۲ = ۰٫۳۷۱۹\ p.u.$$

امپدانس مبنا برای خط انتقال: $Z_B^L = \frac{(۱۳۲)^۲}{۱۰۰} = ۱۷۴٫۲۴\ \Omega$

امپدانس خط انتقال بالایی برحسب پریونیت:

$$Z_L = \frac{۴۰ + j۱۶۰}{۱۷۴٫۲۴} = ۰٫۲۲۹۶ + j\,۰٫۹۱۸۳\ p.u.$$

امپدانس دو خط پایینی متصل به بار برحسب پریونیت:

$$Z = \frac{۲۰ + j۸۰}{۱۷۴/۲۴} = ۰٫۱۱۴۸ + j\,۰٫۹۱۸۳\ p.u.$$

امپدانس مبنا خط انتقال و بار یکسان است:

$$S = ۵۰(۰٫۸ + j\,۰٫۶) = ۴۰ + j۳۰\ MVA \Rightarrow R = \frac{V^۲}{P} = \frac{۱۵۴^۲}{۴۰} = ۵۹۲٫۹\ \Omega \Rightarrow R = \frac{۵۹۲/۹}{۱۷۴٫۲۴} = ۳٫۴۰۲\ p.u.$$

$$X = \frac{V^۲}{Q} = \frac{۱۵۴^۲}{۳۰} = ۷۹۰٫۵۳\ \Omega \Rightarrow X = \frac{۷۹۰٫۵۳}{۱۷۴٫۲۴} = ۴٫۵۳۷\ p.u.$$

میان‌ترم تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

مدرس: بهروز آدینه

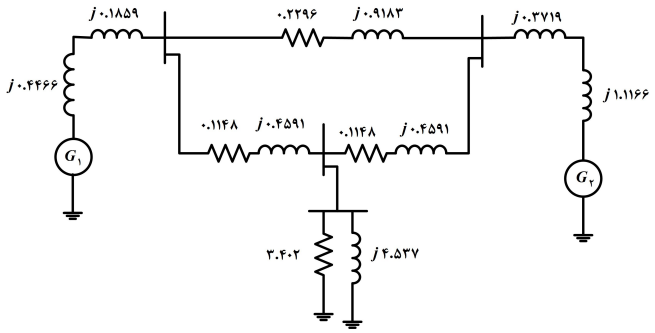
تاریخ امتحان: ۱۳۹۵/۰۲/۰۷

دانشکده مهندسی برق

نام و نام خانوادگی: .....

شماره دانشجویی: .....

زمان امتحان: ۸۰ دقیقه



شکل ۳: نمودار امپدانس سوال ۲

سوال۳: خط فشارقوی هوایی تکفاز ۶۰ هرتز به صورت افقی قرار دارد. فاصله بین مرکز هادی‌ها ۲,۵ متر است. یک خط تلفن نیز به طور متقارن به فاصله ۱/۸ متر زیر خط فشارقوی قرار دارد. فاصله بین مراکز هادی‌ها یک متر است. هادی‌های فشار قوی را a و b و هادی‌های خط تلفن را c و d می‌نامیم.

(الف) نشان دهید که القاکنایی متقابل بر واحد طول بین مدار a-b و c-d عبارتست از:

$۴ \times ۱۰^{-۷} \ln \sqrt{\frac{D_{ad}D_{bc}}{D_{ac}D_{bd}}} \frac{H}{m}$ که در آن مثلا D_{ad} فاصله مرکز هادی‌های a و d برحسب متر است.

(ب) القاکنایی متقابل بین خط فشارقوی و خط تلفن را برحسب هانری بر کیلومتر بیابید.

(ج) اگر جریان فشارقوی ۱۵۰ آمپر باشد، ولتاژ ۶۰ هرتز القا شده در هر کیلومتر خط تلفن چقدر است؟

(الف) فرض کنید که خط a-b جریان I دارد. در نتیجه: $I_a = -I_b = I\,A,\ I_c = I_d = ۰$

از آنجایی که مجموع جریان‌ها صفر می‌گردد، در نتیجه داریم:

$$\lambda_c = ۲ \times ۱۰^{-۷}\left(I_a \ln \frac{۱}{D_{ac}} + I_b \ln \frac{۱}{D_{bc}} + I_c \ln \frac{۱}{r'_c} + I_d \ln \frac{۱}{D_{dc}}\right) \Rightarrow \lambda_c = ۲ \times ۱۰^{-۷} \times I \times \ln \frac{D_{bc}}{D_{ac}}$$

$$\lambda_d = ۲ \times ۱۰^{-۷}\left(I_a \ln \frac{۱}{D_{ad}} + I_b \ln \frac{۱}{D_{bd}} + I_c \ln \frac{۱}{D_{dc}} + I_d \ln \frac{۱}{r'_d}\right) \Rightarrow \lambda_d = ۲ \times ۱۰^{-۷} \times I \times \ln \frac{D_{bd}}{D_{ad}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{c-d} = \lambda_c - \lambda_d = ۲ \times ۱۰^{-۷} \times I \times \ln \frac{D_{bc}D_{ad}}{D_{bd}D_{ac}}$$

اندوکتانس متقابل:

$$L = \frac{\lambda_{c-d}}{I} = ۲ \times ۱۰^{-۷} \times \ln \frac{D_{bc}D_{ad}}{D_{bd}D_{ac}} = ۴ \times ۱۰^{-۷} \times \ln \sqrt{\frac{D_{bc}D_{ad}}{D_{bd}D_{ac}}}$$

(ب)

$$D_{ac} = \sqrt{(۱/۲۵ - ۰/۵)^۲ + ۱/۸^۲} = ۱/۹۵\,m,\ \ D_{ad} = \sqrt{(۱/۲۵ + ۰/۵)^۲ + ۱/۸^۲} = ۲/۵۱\,m$$

$$\Rightarrow L = ۴ \times ۱۰^{-۷} \ln \frac{۲/۵۱}{۱/۹۵} = ۱/۰۱ \times ۱۰^{-۷}\,\frac{H}{m}$$

(ج)

$$V_{cd} = \omega L I = ۳۷۷ \times ۱/۰۱ \times ۱۰^{-۷} \times ۱۰^{۳} \times ۱۵۰ = ۵/۷۱\,\frac{V}{m}$$

میان‌ترم تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۱

مدرس: بهروز آدینه

تاریخ امتحان: ۱۳۹۵/۰۲/۰۷

دانشکده مهندسی برق

نام و نام خانوادگی: .....

شماره دانشجویی: .....

زمان امتحان: ۸۰ دقیقه

سوال۴: یک خط سه فاز جابجا شده با ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت داریم. آرایش هادی به صورت افقی است. قطر هر یک از هادی‌ها ۱,۳۴۵ اینچ و GMR آن‌ها ۰,۵۳۲۸ اینچ می‌باشد. ظرفیت خازنی خط را بدست آورید. فاصله دو هادی از هم ۳۵ فوت می‌باشد.

$$r = \frac{۱/۳۴۵}{۲ \times ۱۲} = ۰/۰۵۶\ ft,\ GMD = \sqrt[۳]{۳۵ \times ۳۵ \times ۷۰} = ۴۴/۰۹۷\ ft,\ C = \frac{۰/۰۵۵۶}{\ln \frac{۴۴/۰۹۷}{۰/۰۵۶}} = ۰/۰۰۸۳\ \frac{\mu F}{km}$$

سوال۵: در یک خط سه فاز افقی که فاصله هادی‌ها از یکدیگر d است، اگر $r = e^{\frac{۱}{۴}}$ باشد و اندوکتانس خودی ناشی از فاز a، $\frac{۱}{۴}$ برابر اندوکتانس متقابل فازهای a و c باشد. d چند متر است؟

$$L_{ij} = ۰/۲ \ln \frac{۱}{D_{ij}}\ L_{aa} = ۰/۲ \ln \frac{۱}{D_{aa}},\ D_{aa} = r',\ L_{ac} = ۰/۲ \ln \frac{۱}{D_{ac}}$$

$$L_{aa} = ۰/۲ \ln \frac{۱}{re^{\frac{-۱}{۴}}} = ۰/۲ \ln \frac{۱}{e^{\frac{۱}{۴}} e^{\frac{-۱}{۴}}},\ L_{aa} = \frac{۱}{۴} L_{ac}$$

$$\Rightarrow L_{ac} = ۰ \Rightarrow \ln \frac{۱}{D_{ac}} = ۰ \Rightarrow D_{ac} = ۲d = ۱ \Rightarrow d = \frac{۱}{۲}$$

سوال۶: به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) اثر پوستی در کابل‌های فشارقوی را توضیح دهید.

ب) تاثیرات گروه‌بندی را نام ببرید. (دو مورد)

ج) پدیده کرونا در کابل‌های قدرت را توضیح دهید.

د) چهار بخش اصلی سیستم‌های قدرت را نام برده و توضیح دهید.

موفق باشید_ آدینه