

خلاصه درس و حل مسائل

بررسی سیستمهای قدرت ۱

دکتر مصطفی عیدانی

مولفین:

مهندس مرتضی ترابی

مهندس سید احمد بنی هاشم

۱۳۸۷

دکتر مصطفی عیدانی

۱	فصل اول: مقدمات سیستم قدرت
۲	بخش اول: خلاصه درس
۲	۱- حالت دائمی سینوسی
۲	۲- نمایش فازوری
۲	۳- توان
۲	۴- مفاهیم پس فاز و پیش فاز
۲	۵- مفاهیم توان تولیدی و مصرفی
۳	۶- انواع مدل بار
۳	۷- مثلث توان و امپدانس
۳	۸- امپدانس ستاره - مثلث
۴	۹- سیستم‌های سه فاز
۵	۱۰- اصلاح ضریب قدرت
۵	۱۱- پریونیت
۶	۱۲- روابط توان انتقالی
۸	۱۳- ژنراتور و موتور متصل با یک خط
۹	۱۴- تقریبا و محاسبات عددی مهم
۱۰	بخش دوم: سوالات ۴ گزینه‌ای - ۴۷ سوال
۲۰	پاسخ کلیدی سوالات ۴ گزینه‌ای
۲۱	پاسخ تشریحی سوالات ۴ گزینه‌ای
۳۲	پرسشهای ۲ گزینه‌ای (بله - خیر) - ۱۰۶ پرسش
۳۷	پاسخ کلیدی پرسشهای ۲ گزینه‌ای

www.eidiani.com

۳۹	بخش اول: خلاصه درس
۳۹	۱- مقاومت خط
۳۹	۲- اندوکتانس خط
۴۲	۳- خازن خط
۴۴	۴- کرونا
۴۵	۵- خطوط دو مداره
۴۶	بخش دوم: سوالات ۴ گزینه‌ای - ۳۵ سوال
۵۴	پاسخ کلیدی سوالات ۴ گزینه‌ای
۵۵	پاسخ تشریحی سوالات ۴ گزینه‌ای
۶۶	پرسشهای ۲ گزینه‌ای (بله - خیر) - ۸۰ پرسش
۷۰	پاسخ کلیدی پرسشهای ۲ گزینه‌ای
۷۱	فصل سوم: مدل و عملکرد خط انتقال
۷۲	بخش اول: خلاصه درس
۷۲	۱- مدل خط انتقال
۷۲	۲- پارامترهای خط
۷۳	۳- انواع خط از نظر الکتریکی
۷۴	۴- تبدیل مدلهای مختلف خط به یکدیگر
۷۶	۵- تنظیم ولتاژ یا رگولاسیون
۷۷	۶- امیدانس اتصال کوتاه و مدار باز
۷۷	۷- محاسبه مشخصه ABCD
۷۷	۸- حالت‌های خاص شبکه
۷۸	۹- موجهای ولتاژ و جریان
۷۸	۱۰- خط بدون تلفات
۷۹	۱۱- جبران‌سازی خط
۸۰	۱۲- جریان شارژ خط
۸۱	۱۳- توان ماکزیمم انتقالی
۸۲	بخش دوم: سوالات ۴ گزینه‌ای - ۵۰ سوال

www.eidilani.com

عیدانی دکتر مصطفی

- ۹۱ پاسخ کلیدی سوالات ۴ گزینه‌ای
- ۹۲ پاسخ تشریحی سوالات ۴ گزینه‌ای
- ۱۰۱ پرسشهای ۲ گزینه‌ای (بله - خیر) - ۱۰۷ پرسش
- ۱۰۷ پاسخ کلیدی پرسشهای ۲ گزینه‌ای
- ۱۰۸ فصل چهارم: پخش بار سیستم قدرت
- ۱۰۹ بخش اول: خلاصه درس
- ۱۰۹ ۱- روابط مداری لازم
- ۱۱۰ ۲- انواع باس
- ۱۱۱ ۳- روشهای حل معادله غیرخطی پخش بار (گوس، نیوتن و ...)
- ۱۱۶ ۴- پخش بار مستقیم یا DC
- ۱۱۷ ۵- برنامه‌نویسی بصورت ماتریسهای خلوت یا تنک
- ۱۱۸ ۶- پخش بار سیستم دو باسه (روش تحلیلی)
- ۱۱۹ ۷- پایداری ولتاژ ایستا
- ۱۱۹ ۸- پخش بار بر اساس اندازه ولتاژ
- ۱۱۹ ۹- ترانس با تپ
- ۱۲۰ ۱۰- نکات ماتریس امپدانس
- ۱۲۲ ۱۱- تلفات در سیستمهای ساده
- ۱۲۲ ۱۲- پخش بار سیستمهای توزیع
- ۱۲۶ بخش دوم: سوالات ۴ گزینه‌ای - ۵۵ سوال
- ۱۳۷ پاسخ کلیدی سوالات ۴ گزینه‌ای
- ۱۳۸ پاسخ تشریحی سوالات ۴ گزینه‌ای
- ۱۵۰ پرسشهای ۲ گزینه‌ای (بله - خیر) - ۵۹ پرسش
- ۱۵۳ پاسخ کلیدی پرسشهای ۲ گزینه‌ای

شاید وقتی برای اولین بار در سال ۱۳۷۴ برای تدریس درس بررسی سیستمهای قدرت آماده می‌شدم تصور نمی‌کردم که روزی این جزوه خلاصه درس و حل مسائل بررسی سیستمهای قدرت به کتاب تبدیل شود و از آنجا که شیخ بزرگ ما، دکتر محمد حسن مدیر شانه‌چی، تاکنون کتابی چاپ نکرده است تصور تالیف کتاب توسط اینجانب که ذره‌ای از معلومات و اطلاعات ایشان را حتی با گذراندن ۶۰ واحد درسی با ایشان کسب ننموده‌ام؛ غیر ممکن به نظر می‌رسید؛ ولی اصرار دانشجویان مبنی بر جمع‌آوری و منسجم کردن سوالاتی شبیه سوالات کنکور کارشناسی ارشد، اینجانب را واداشت برخلاف میل باطنی و یقین به بی‌سوادی، خلاصه‌ای از نکات مهم بررسی سیستمهای قدرت را در این کتاب جمع‌آوری نمایم.

کتاب در چهار فصل تقسیم‌بندی شده است: مقدمات سیستم قدرت، پارامترهای خط، مدل و عملکرد خط و پخش بار سیستم قدرت. مطالب جمع‌آوری شده، خلاصه‌ای از نکات مهم و کلیدی از مراجع اصلی بررسی سیستمهای قدرت است و برای کاهش حجم کتاب، اثبات روابط حذف شده است. به دانشجویان توصیه می‌شود سعی نمایند روابط را اثبات کرده تا در جلسه امتحان راحت‌تر به یاد بیاورند. در صورتیکه در اثبات هر کدام از روابط با مشکلی مواجه شدید؛ شماره رابطه مورد نظر را به نشانی info@eidiani.com و یا eidiani@yahoo.com ارسال نموده تا اثبات آن رابطه برایتان ارسال و یا در سایت www.eidiani.com برای عموم نمایش داده شود. همچنین در صورتیکه اشتباه نوشتاری و یا مفهومی در کتاب دیده شد؛ خواهشمند است با نشانی پست الکترونیکی به اینجانب اطلاع دهید تا در ویرایش‌های بعدی کتاب لحاظ شود. حتماً نام تصحیح‌کننده در سایت و در ویرایش کتاب آورده شده و از آنها تقدیر به عمل خواهد آمد.

از مزایای این کتاب نسبت به کتابهای مشابه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اشتباه بسیار کم نوشتاری و ریاضی!.

جمع‌آوری کامل! نکات مهم از مراجع مختلف فارسی و لاتین.

خلاصه‌ترین! کتاب نکته بررسی سیستمهای قدرت بدون گزافه‌گویی.

ارائه ۱۸۷ مسئله بصورت تست ۴ گزینه‌ای، مشکل، بدون نیاز به ماشین حساب، شبیه سوالات کنکور.

ارائه ۳۵۲ پرسش بصورت تست ۲ گزینه‌ای از تمام نکات ریز و مفهومی از مراجع مختلف.

لازم است در اینجا از دو دانشجوی همکار خود، مهندس سید احمد بنی‌هاشم و مهندس مرتضی ترابی که مشوق اصلی اینجانب در جمع‌آوری این کتاب بودند و همچنین دانشجویان درس بررسی سیستمهای قدرت، کمال تشکر را داشته باشم.

سرانجام لازم به ذکر است که تالیف این کتاب پس از لطف بی‌کران ایزد دانا و عنایت حضرت ولی‌عصر (عج)، مرهون تمام اساتیدی است که در دانشگاه‌های فردوسی، شریف، امیرکبیر، تربیت‌مدرس و ... ارزشمندترین لحظات زندگی‌شان را مصروف تعلیم و تعلم فرزندان این مرز و بوم نموده‌اند. این اساتید به ترتیب حجم دروسی که با ایشان گذرانده‌ام عبارتند از: دکتر مدیر شانه‌چی، دکتر احسان، دکتر جاویدی، دکتر قاضی، دکتر عابدی، دکتر پرنیانی، دکتر شایانفر، دکتر واحدی، دکتر عباسپور، دکتر پیروی، دکتر فتوحی، دکتر پارسا مقدم، دکتر رنجبر و ...

مؤلف این کتاب را به دکتر محمد حسن مدیر شانه‌چی تقدیم می‌نماید.

www.eidiani.com

دکتر مصطفی عیدانی

فصل اول

مقدمات سیستم قدرت

مقدمه:

در این فصل خواننده را با مفاهیم اولیه بررسی سیستمهای قدرت آشنا می‌سازیم. روابط فازوری، توان، مفاهیم پس فاز و پیش فاز، تولید و مصرف انواع بارها، سیستم سه فاز، اصلاح ضریب قدرت، پریونیت و انتقال توان از مفاهیم مورد بحث در این فصل می‌باشند.

در بررسی سیستمهای قدرت فرض می‌شود که سیستمهای سه فاز متعادل اند. این سیستمهای سه فاز متعادل را می‌توان بر اساس تحلیل یک فازه بررسی کرد. بارهای تک فاز بزرگ را که باعث نامتعادلی شدید فازها می‌شوند با افزودن یک سلف و خازن می‌توان به یک بار سه فاز متعادل تبدیل نمود.

مقدار مصرف تمام بارهای الکتریکی تابع تغییرات ولتاژ و فرکانس هستند. نشان داده شده است که بارهای موتوری و امپدانس چگونگی با ولتاژ و فرکانس تغییر می‌کنند.

همچنین در این بخش بطور کامل روابط انتقال توان آورده شده است. ارتباط توان حقیقی و موهومی و نحوه تولید و مصرف گردآوری شده و حالت‌های مختلف آن مورد بررسی قرار گرفته است.

WWW.Electrical.com

دکتر مصطفی عیدرانی

$$R = 0 \Rightarrow \delta = 90^\circ \Rightarrow P_1 = -P_2 \text{ is Maximum} = \frac{V_1 V_2}{X} \quad (46-1)$$

۴-۱۲ - خط یکسو تغذیه:

اگر ولتاژ باس ۲ (V_2) ثابت نباشد و به بار وابسته باشد خط را یکسو تغذیه می‌نامند. ممکن است باس ۲ کنترل‌کننده توان موهومی داشته باشد ولی از محدوده کنترل‌کننده خارج شده باشد. در اینحالت با شرط $Q_2 = 0$ در رابطه (۳۹-۱) داریم:

$$V_1 \cos \delta = V_2 \Rightarrow P_1 = \frac{V_1 V_2}{X} \sin \delta \Rightarrow P_1 = \frac{V_1^2 \sin \delta \cos \delta}{X} \Rightarrow P_1 = \frac{V_1^2}{2X} \sin 2\delta$$

$$R = 0 \Rightarrow \delta = 45^\circ \Rightarrow P_1 \text{ is Maximum} = \frac{V_1^2}{2X} \quad (48-1)$$

۱۳- ژنراتور و موتور متصل با یک خط انتقال:

اگر منبعی توان حقیقی مثبت تولید کند ژنراتور و اگر توان حقیقی مثبت مصرف کند موتور است و به توان موهومی آنها ربطی ندارد.

۱۳-۱- روابط ژنراتور و موتور - شبیه خط دو سو تغذیه - حالت خاص ($R = 0$):

$$\delta > 0 \Rightarrow \delta_1 > \delta_2 \quad (49-1) \quad V_1 \text{ ژنراتور و } V_2 \text{ موتور است اگر:}$$

$$V_1 > V_2 \cdot \cos(\delta) \quad (50-1) \quad V_1 \text{ تولیدکننده توان موهومی است اگر:}$$

$$V_2 > V_1 \cdot \cos(\delta) \quad (51-1) \quad V_2 \text{ تولیدکننده توان موهومی است اگر:}$$

در اینحالت V_1 و V_2 نمی‌توانند هر دو موتور و یا هر دو ژنراتور باشند.

۱۳-۲- روابط ژنراتور و موتور - شبیه خط دو سو تغذیه - حالت خاص ($X = 0$):

$$P_1 = \frac{V_1^2 - V_1 V_2 \cdot \cos(\delta)}{R} \quad (52-1) \quad \text{توان حقیقی تزریقی باس ۱:}$$

$$P_2 = \frac{V_2^2 - V_1 V_2 \cdot \cos(\delta)}{R} \quad (53-1) \quad \text{توان حقیقی تزریقی باس ۲:}$$

$$Q_1 = -\frac{V_1 V_2}{R} \sin(\delta) \quad (54-1) \quad \text{توان موهومی تزریقی باس ۱:}$$

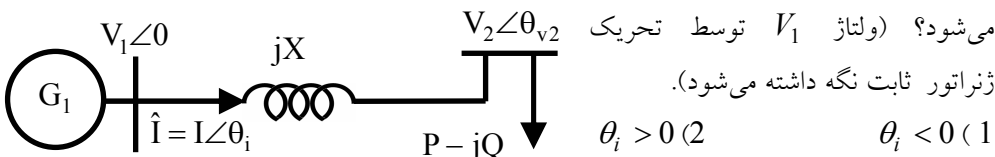
$$Q_2 = \frac{V_1 V_2}{R} \sin(\delta) \quad (55-1) \quad \text{توان موهومی تزریقی باس ۲:}$$

$$V_1 > V_2 \cdot \cos(\delta) \quad (56-1) \quad V_1 \text{ ژنراتور است اگر:}$$

$$V_2 > V_1 \cdot \cos(\delta) \quad (57-1) \quad V_2 \text{ ژنراتور است اگر:}$$

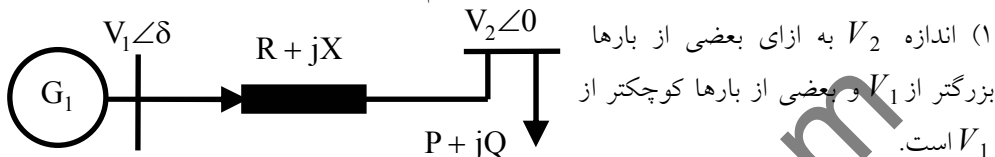
$$\delta > 0 \Rightarrow \delta_1 > \delta_2 \quad (58-1) \quad V_1 \text{ توان موهومی مصرف و } V_2 \text{ توان موهومی تولید می‌کند اگر:}$$

(۴۰) در خط یکسو تغذیه با بار پیش فاز به ازای چه زوایایی از جریان، اندازه V_2 همیشه بزرگتر از V_1 می شود؟ (ولتاژ V_1 توسط تحریک

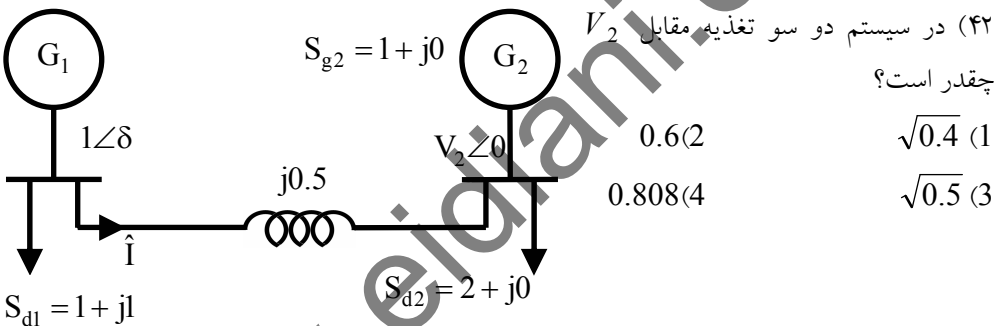


(۱) $\theta_i < 0$ (۲) $\theta_i > 0$ (۳) $\theta_{v2} > \theta_i > 0$ (۴) در بار پیش فاز، همیشه $V_2 > V_1$ است.

(۴۱) در بار پس فاز و در خط یک سو تغذیه شکل زیر کدام گزینه درست است؟



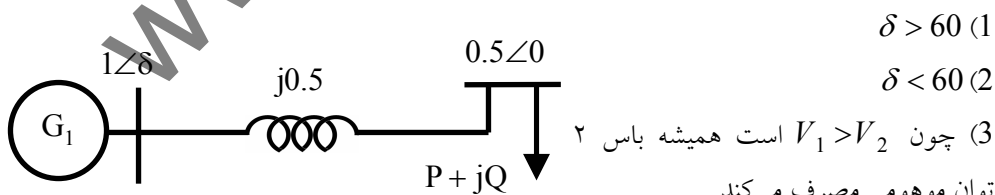
(۱) اندازه V_2 به ازای بعضی از بارها بزرگتر از V_1 و بعضی از بارها کوچکتر از V_1 است. (۲) اندازه V_1 همیشه کوچکتر از V_2 است. (۳) اندازه V_1 همیشه بزرگتر از V_2 است. (۴) اگر زاویه جریان کوچکتر از زاویه δ باشد V_2 بزرگتر از V_1 می شود.



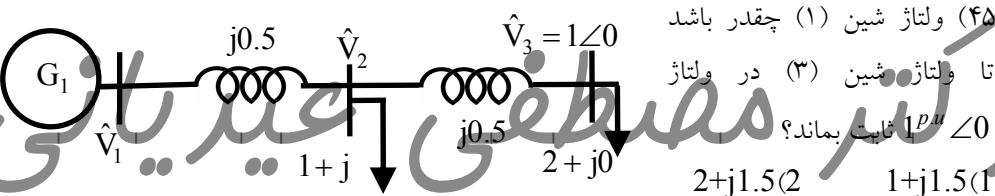
(۴۲) در سیستم دو سو تغذیه مقابل V_2 چقدر است؟

(۱) $1, 1^{p.u}$ (۲) $1.414, 2^{p.u}$ (۳) $1, 2^{p.u}$ (۴) $0.717, 1^{p.u}$

(۴۴) اگر ولتاژ باس ۱ و ۲ ثابت باشد به ازای چه δ ای باس دوم توان راکتیو مصرف می کند؟



(۱) $\delta > 60$ (۲) $\delta < 60$ (۳) چون $V_1 > V_2$ است همیشه باس ۲ توان موهومی مصرف می کند. (۴) چون $V_1 > V_2$ است باس ۲ هیچ وقت توان موهومی مصرف نمی کند.



(۴۵) ولتاژ شین (۱) چقدر باشد تا ولتاژ شین (۳) در ولتاژ $1^{p.u}$ ثابت بماند؟

(۱) $1 + j1.5$ (۲) $2 + j1.5$

$$Q_2 = \frac{V_2^2 - V_1 V_2 \cdot \cos \delta}{X} = 0 \Rightarrow V_2 = \cos \delta$$

$$\sin \delta \cos \delta = 0.5 \Rightarrow \sin 2\delta = 1 \Rightarrow \delta = 45^\circ \Rightarrow V_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{0.5}$$

(۴۳) گزینه ۲ صحیح است. با استفاده از روابط توان داریم:

$$Q_{12} = \frac{V_1^2 - V_1 V_2 \cdot \cos \delta}{X} = \frac{1 - 0.707 \times 1 \times 0.707}{0.5} = 1^{pu} \quad \text{توان موهومی تزریقی باس ۱:}$$

$$\text{توان راکتیو تولیدی ژنراتور ۱} = Q_{G1} \Rightarrow$$

$$\text{توان تولید باس ۱} \quad Q_{12} = Q_{G1} - 1 \quad (\text{مصرفی باس ۱}) \Rightarrow Q_{G1} = 2^{pu}$$

از طرفی Q_{12} را فقط خط مصرف می‌کند چون باس دوم توان راکتیو مصرف و یا تولید نمی‌کند:

$$XI^2 = 1 \Rightarrow I^2 = 2 \Rightarrow I = \sqrt{2} = 1.414^{pu}$$

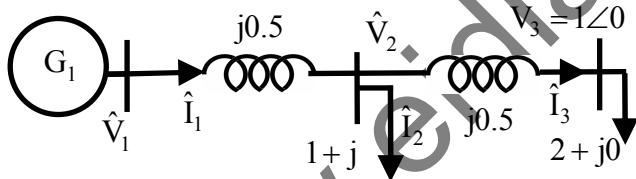
(۴۴) گزینه ۲ صحیح است. با استفاده از روابط توان داریم:

$$Q = \frac{V_2 V_1 \cdot \cos \delta - V_2^2}{X} > 0 \Rightarrow (V_1 \cos \delta - V_2) > 0 \Rightarrow \cos \delta > \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \cos \delta > \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \delta < 60$$

(۴۵) گزینه ۴ صحیح است. با

استفاده از روابط توان داریم:



$$\hat{I}_3 = \frac{2}{1} = 2^{pu} \Rightarrow \hat{V}_2 = j0.5 \times 2 + 1 = 1 + j \Rightarrow \hat{I}_2 = \frac{S_2^*}{\hat{V}_2^*} = \frac{1-j}{1-j} = 1 \Rightarrow$$

$$\hat{I}_1 = 1 + 2 = 3^{pu} \Rightarrow \hat{V}_1 = \hat{V}_2 + j0.5 \times \hat{I}_1 = 1 + j + 1.5j = 1 + j2.5$$

(۴۶) گزینه ۴ صحیح است. در حالت اول که ژنراتور (۱) خارج شده است، خط ناآثیری در نسبت

جریان به ولتاژ باس ۲ ندارد لذا Y_{22} فقط مربوط به بار می‌شود. ولی در حالت دوم، نسبت جریان به

ولتاژ باس ۱، ادمیتانس خط و ادمیتانس بار را شامل می‌شود.

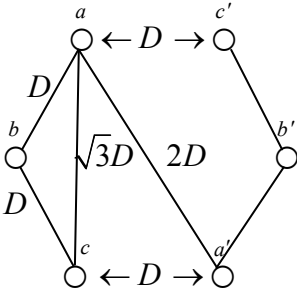
$$Y_{22} = \left. \frac{\hat{I}_2}{\hat{V}_2} \right|_{I_1=0} = -j2 \Rightarrow Z_{22} = j0.5 = Z_{Load}$$

$$Y_{11} = \left. \frac{\hat{I}_1}{\hat{V}_1} \right|_{I_2=0} = -j1 \Rightarrow Z_{11} = j1 = jX + Z_{Load} \Rightarrow X = 0.5$$

دکتر مصطفی عیدرایی

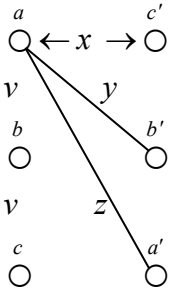
۵- خطوط دو مداره خاص:

اگر D_{sb} شعاع متوسط باندا باشد برای شکل مقابل داریم:



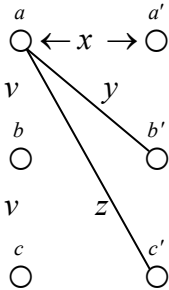
$$L = 10^{-7} \text{Ln} \left(\frac{\sqrt{3}D}{2D_{sb}} \right)^{\left(\frac{H}{m}\right)} \quad (46-2)$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0}{\text{Ln} \left(\frac{\sqrt{3}D}{2r} \right)} \left(\frac{F}{m}\right) = \frac{1}{9\text{Ln} \left(\frac{\sqrt{3}D}{2r} \right)} \left(\frac{\mu F}{km}\right) \quad (47-2)$$

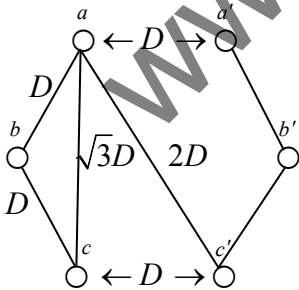


$$L = 2 \times 10^{-7} \text{Ln} \left(2^{\frac{1}{6}} \cdot \left(\frac{v}{D_{sb}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{y}{z}\right)^{\frac{1}{3}} \right)^{\left(\frac{H}{m}\right)} \quad (48-2)$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\text{Ln} \left(2^{\frac{1}{6}} \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{y}{z}\right)^{\frac{1}{3}} \right)} \left(\frac{F}{m}\right) \quad (49-2)$$



$$\frac{GMD}{GMR} = \frac{2^{\frac{1}{6}} \times v^{\frac{1}{2}} \times y^{\frac{1}{3}} \times z^{\frac{1}{6}}}{D_{sb}^{\frac{1}{2}} \times x^{\frac{1}{2}}} \quad (50-2)$$



$$L = 0.1 \text{Ln} \left(\frac{\sqrt{3}D}{D_{sb}} \right)^{\left(\frac{mH}{Km}\right)} \quad (51-2)$$

دکتر مصطفی عیدانی

پرسشهای ۲ گزینه‌ای فصل دوم:

- ۱: هدف اصلی از یک شبکه انتقال آن است که انرژی الکتریکی را از واحدهای تولید به بار انتقال دهد؟
- ۲: اندوکتانس و ظرفیت خازنی خط به ترتیب بواسطه اثر میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، در اطراف هادی بوجود می‌آیند؟
- ۳: رسانائی موازی، جریانهای نشتی را که از روی عایق‌ها و مسیرهای یونیزه شده در هوا جاری می‌شوند را نشان می‌دهد؟
- ۴: در باندل کردن خط، شعاع متوسط هندسی و فاصله متوسط هندسی را به ترتیب با GMD و GMR نشان می‌دهند؟
- ۵: انتخاب سطح ولتاژ اقتصادی برای خط انتقال به میزان توان انتقالی و فاصله‌ای که این توان باید انتقال یابد بستگی دارد؟
- ۶: هادی‌های خط برای داشتن انعطاف پذیری، به صورت رشته‌ای ساخته می‌شوند؟
- ۷: آرایش گروهی (باندل) راکتانس خط را بیشتر از احداث خط جدید کاهش می‌دهد؟
- ۸: معمولاً در ولتاژهای بیش از 230KV یک‌گرفی بیش از یک هادی در هر فاز ترجیح داده می‌شود؟
- ۹: باندل کردن، شعاع مؤثر هادی خط را کاهش می‌دهد؟
- ۱۰: باندل کردن، نیروی میدان الکتریکی در نزدیکی هادی‌ها را افزایش می‌دهد؟
- ۱۱: باندل کردن باعث کاهش تلفات کرونا و افزایش اغتشاشات رادیویی می‌شود؟
- ۱۲: باندل کردن راکتانس خط را افزایش می‌دهد؟
- ۱۳: تاباندن هادی‌های رشته‌ای اثری بر مقاومت اهمی این هادی‌ها ندارد؟
- ۱۴: اثر پوستی باعث کاهش مقاومت هادی‌ها می‌شود؟
- ۱۵: افزایش فرکانس باعث می‌شود چگالی جریان در سطح هادی بیشترین مقدار را داشته باشد؟
- ۱۶: در هادی رشته‌ای تابانده شده، طول واقعی هر رشته کمتر از طول هادی است؟
- ۱۷: در سیستم تک فاز یک بانده، اندوکتانس هر فاز برابر است با: $L = 0.2Ln \frac{D}{D_s} \frac{H}{m}$
- ۱۸: رابطه اندوکتانس هر فاز در مدار سه فاز با فواصل مساوی از یکدیگر با اندوکتانس یک هادی در مدار یک فاز با هم یکسان هستند؟
- ۱۹: در خط سه فاز با فواصل نامساوی، اگر جریان‌ها متعادل باشند، افت ولتاژ ناشی از اندوکتانس خط، متعادل خواهد بود؟
- ۲۰: یک روش مناسب برای ایجاد تقارن و مدل سازی هر فاز، جابه‌جایی هادی‌های خط است؟

$$\Delta P \% \triangleq \text{درصد افت توان یا تلفات}$$

$$A \triangleq \text{سطح مقطع بر حسب میلیمتر مربع}$$

$$l \triangleq \text{طول خط بر حسب متر}$$

$$I \triangleq \text{شدت جریان بر حسب آمپر}$$

$$\sigma \triangleq \text{قابلیت هدایت مخصوص، برای مس ۵۶ و برای آلومینیوم ۳۵}$$

$$R = \frac{l}{\sigma A}$$

(۷۹-۴) مقاومت ساده یک خط

خط جریان مستقیم (DC) متصل به بار با خط رفت و برگشت مشابه:

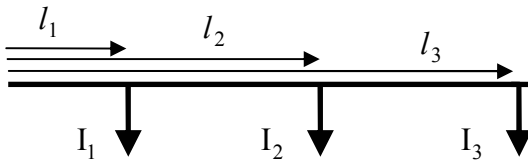
$$\Delta U \% = \frac{200Il}{\sigma AU} = \frac{200IP}{\sigma AU^2}$$

(۸۰-۴) درصد افت ولتاژ:

$$\Delta P = \frac{2Il^2}{\sigma A} = \frac{2IP^2}{\sigma AU^2}$$

(۸۱-۴) افت توان (تلفات)

بارهای گسسته در طول خط مانند شکل زیر:



$$\Delta U \% = \frac{200 \sum_{i=1}^n l_i I_i}{\sigma AU} = \frac{200 \sum_{i=1}^n l_i P_i}{\sigma AU^2}$$

(۸۲-۴) درصد افت ولتاژ:

خط AC تکفاز یک بار با خط رفت و برگشت مشابه:

$$\Delta U \% = \frac{200Il}{\sigma AU} \cos(\varphi) = \frac{200IP}{\sigma AU^2}$$

(۸۳-۴) درصد افت ولتاژ:

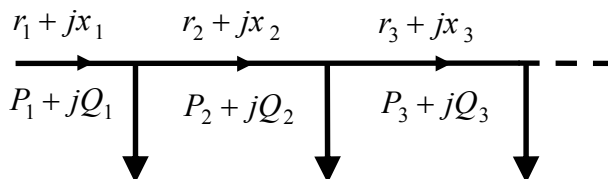
$$\Delta P = \frac{2IP^2}{\sigma A (U \cos(\varphi))^2}$$

(۸۴-۴) افت تلفات:

$$\Delta P \% = \frac{200IP}{\sigma A (U \cos(\varphi))^2}$$

(۸۵-۴) درصد افت تلفات:

خط AC سه فاز چند انشعابی مانند شکل زیر:



$$\Delta U = \frac{1}{U} \sum_{i=1}^n (r_i P_i + x_i Q_i)$$

(۸۶-۴) افت ولتاژ:

مراجع:

- (۱) بررسی سیستمهای قدرت، مولف: هادی سعادت، مترجمین: حیدرعلی شایانفر، شهرام جدید، احد کاظمی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۰.
- (۲) نظریه سیستمهای انرژی الکتریکی، مولف: الگرد، مترجمین: نجات مهدوی طباطبایی، سعید قاسم‌زاده، سید حسین حسینی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۳.
- (۳) تئوری و مسائل بررسی سیستمهای قدرت، مولف: سید ناصر، مترجمین: حمید لسانی، محمد علی دوزبخشیان، انتشارات قائم، ۱۳۷۸.
- (۴) مبانی بررسی سیستمهای قدرت، مولف: استیونسون، مترجمین: پیروز پروین، علی شاعری، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۰.
- 5) Design and Analysis Electrical Power System, Mohamed E.El-Hawary, IEEE Press, 1995.
- 6) Electrical Power Systems, Ashfaq Hussain, 4th revised edition, CBS Publishers & Distributors, 2000.
- 7) Electrical Power Systems, C. L. Wadhava, Wiley Eastern Ltd.
- 8) A Course in Electrical Power, M. L. Sone, P. V. Gupta and U. S. Bhatnagar, Dhanpat Rai & Sons.
- 9) Electrical Power, S. L. Uppal, Khanna Publishers.
- 10) Fundamentals of Electrical Power Engineering, A. Al-Arainy, N. Malik, S., Al-Ghuawinem.
- (۱۱) سیستمهای توزیع انرژی الکتریکی - طرح و نوسازی، مولفین: سید عباس شهرآئینی، علی جاجرمی، موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی صنعت آب و برق، ۱۳۸۰.
- (۱۲) پایداری و کنترل سیستمهای قدرت، مولف: پرابها شانکار کندور، مترجمین: حسین سیفی، علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.
- (۱۳) بررسی سیستمهای مدرن انرژی الکتریکی، مولفین: کوتاری، نگرس، مترجم: مهرداد عابدی، ۱۳۷۸.
- (۱۴) تولید، بهره‌برداری و کنترل در سیستمهای قدرت، مولفین: ولنبرگ، وود، مترجم: حسین سیفی، ۱۳۷۱.
- (۱۵) خلاصه درس و حل مسائل بررسی سیستمهای قدرت، مولف: مصطفی عیددانی، جزوه درس بررسی سیستمهای قدرت، ۱۳۷۴-۱۳۸۶، www.eidiani.com