Subject: 1
Year 89 Month 7 Date 15

استاد: [illegible]

خطوط انتقال نیروی برق

۸۹/۷/۱۵

مرجع: خطوط انتقال نیروی برق
دکتر مهدی پور - دکتر زادی
انتشارات نور دانش

خطوط انتقال نیروی برق

خط انتقال از نظر تئوری ارتباط بین مدار و میدانهای مغناطیسی است اما از نظر کاربردی رابط بین فرستنده و گیرنده است.

محیط انتقال: محیط انتقال به دو دسته هادی و غیرهادی (خلاء) تقسیم می‌شود که نوع هادی خود به دو نوع دارای سیم‌ها و فاقد سیم‌ها تقسیم‌بندی می‌گردد

هادی سیم‌دار مانند سیم تلفن   هادی فاقد سیم مانند مایکروویو - رادیو   غیرهادی مانند ماهواره

خط انتقال یکنواخت:

یکی از فرضیات مهم در خطوط انتقال یکنواخت بودن خطوط انتقال است یعنی خط انتقال از دو جنبه هندسی و جنس فیزیکی هادی تشکیل دهنده آن یکنواخت باشد، به عبارت دیگر اگر هر قطعه از یک خط انتقال را برش دهیم مشخصات آن باید مشابه قطع خط دیگر باشد، بنابراین پارامترهای خط انتقال در امتداد طول خط ثابت می‌باشد، خوشبختانه این فرضیه در عمل معتبر است.

پارامترهای خط انتقال:

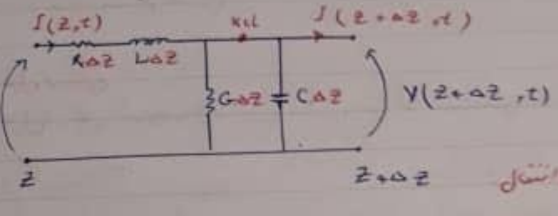
R: مقاومت الکتریکی در واحد طول برحسب اهم بر متر است که ناشی از مقاومت اهمی هادی خط انتقال می‌باشد.

سلف
اندوکتانس - در واحد طول برحسب هانری بر متر می‌باشد هنگامی که از یک هادی جریانی عبور کند در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌گردد (ذخیره انرژی مغناطیسی) که می‌توان به یک سلف معادل کرد.

خازن: ظرفیت الکتریکی در واحد طول برحسب فاراد بر متر می‌باشد هنگامی دو هادی به همراه عای

بین آن دو است و سیم صرف خازن است.

G: هدایت الکتریکی در واحد طول برحسب زیمنس بر متر می‌باشد که ناشی از تلفات اهمی عایق بین دو هادی است.



در اینجا متغیر داریم: زمان و مکان (z ، t)

z: فاصله نقطه مورد نظر تا منبع

نحوه به دست آوردن معادلات ابتدایی خط انتقال

KVL:

$$\left[-V(z,t)+R\Delta z\, I(z,t)+L\Delta z\frac{dI(z,t)}{dt}+V(z+\Delta z,t)=0\right]$$ تقسیم بر Δz

رابطه مشتق است

$$\frac{V(z+\Delta z,t)-V(z,t)}{\Delta z}=-R\,I(z,t)-L\frac{dI(z,t)}{dt}$$

معادل رابطه در نقطه z را می‌خواهیم
با میل دادن Δz به سمت صفر ($\Delta z\to 0$)
نقطه z را می‌گیریم

$\Delta z \longrightarrow 0$

$$\frac{dV(z,t)}{dz}=-R\,I(z,t)-L\frac{dI(z,t)}{dt}\Rightarrow$$ به حوزه فازور می‌بریم

$$\frac{dV(z)}{dz}=-R\,I(z)-Lj\omega\, I(z)=-(R+j\omega L)\,I(z)\quad **$$

$$\text{KCL}:\left[-I(z,t)+I(z+\Delta z,t)+G\Delta z\,V(z+\Delta z,t)+C\Delta z\frac{dV(z+\Delta z,t)}{dt}\right.$$

جریان شنت $G.V=I$

$$\frac{I(z+\Delta z,t)-I(z,t)}{\Delta z}=-G\,V(z+\Delta z,t)-C\frac{dV(z+\Delta z,t)}{dt}$$

$\Delta z \longrightarrow 0$

$$\frac{dI(z,t)}{dz}=-G\,V(z,t)-C\frac{dV(z,t)}{dt}\Rightarrow$$ حوزه فازور t از بین می‌رود

$$\frac{dI(z)}{dz}=-G\,V(z)-j\omega C\,V(z)=-(G+j\omega C)\,V(z)\quad **$$

یک طرف معادله I و در طرف دیگر V داریم و چون در هر دو طرف یکسان می‌باشند لذا از dz مشتق می‌گیریم

Subject: 3
Year Month Date

ب- خط بدون اتلاف

$R, G = 0$ یعنی اتلاف نداریم

$\gamma = j\omega\sqrt{LC} = \alpha + j\beta \quad \begin{cases} \alpha = 0 \\ \beta = \omega\sqrt{LC} \end{cases}$

سرعت $v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{\omega}{\omega\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\omega\sqrt{LC}} = \frac{2\pi}{2\pi f\sqrt{LC}} = \frac{1}{f\sqrt{LC}}$

$V(z,t) = |V^+| e^{-\alpha z}\cos(\omega t - \beta z + \varphi^+) + |V^-| e^{\alpha z}\cos(\omega t + \beta z + \varphi^-)$

$V(z,t) = |V^+|\cos(\omega t - \beta z + \varphi^+) + |V^-|\cos(\omega t + \beta z + \varphi^-)$

این خط نیز وجود ندارد چون R, G صفر نمی‌شوند

ج- خط کم اتلاف

$\omega L \gg R$, $\omega C \gg G$ → $R + j\omega L$, $G + j\omega C$ [illegible]

[illegible] خط کم اتلاف [illegible] R, G [illegible]

هرگاه $\alpha \ll \beta$ باشد آن خط را خط کم اتلاف می‌گویند. [illegible] در یک طول موج مقدار کوچکی خواهد بود. در واقع این امر نشان می‌دهد که [illegible] تلفات خط [illegible] از آن جا که [illegible] تلفات خط یعنی R و G [illegible] $j\omega L$ و $j\omega C$ [illegible] شرط کم تلفات [illegible] ($\omega L \gg R$ و $\omega C \gg G$) رخ دهد.

دو شرط فوق نشان می‌دهد [illegible] خط در فرکانس بالا [illegible] در هر طول موج خواهد داشت. بنابراین شرط کم اتلاف [illegible] خواهیم داشت:

$Z_0 \approx R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$\gamma = \left(\frac{R}{2R_0} + \frac{R_0 G}{2}\right) + j\omega\sqrt{LC}$

PAPCO

Subject:

Month Date

خط بدون اعوجاج:

در خط تلفات تلفات صفر است و سرعت انتشار موج مستقل از فرکانس است. در حالی که خط دارای تلفات فیزیکاً ... تمام توان در خط باعث تضعیف شده و سرعت موج به فرکانس بستگی دارد که به این خط، خط دارای اعوجاج گویند.

در این حالت اگر یک سیگنال با باند وسیع هر یک از مؤلفه‌های فرکانسی موج با یک سرعت خاص و نیز با یک ضریب تضعیف خاص منتشر می‌شود. که بدین ترتیب سیگنال دریافتی در انتهای خط متفاوت از سیگنال ارسالی است. در عمل اگر خطی دارای تلفات کم باشد آنگاه اعوجاج آن نیز اندک می‌باشد.

حالت خاص خطی وجود دارد که با وجود تلفات فاقد اعوجاج است که به این خط، خط بدون اعوجاج گویند ثابت می‌شود که شرط زیر می‌بایست برقرار باشد.

$$\frac{R}{L} = \frac{G}{C} \Rightarrow \begin{cases} Z_0 = R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \\ \gamma = R\sqrt{\frac{C}{L}} + j\omega\sqrt{LC} \end{cases}$$

اگر این شرط برقرار باشد

تلفات داریم ولی اعوجاج نداریم.

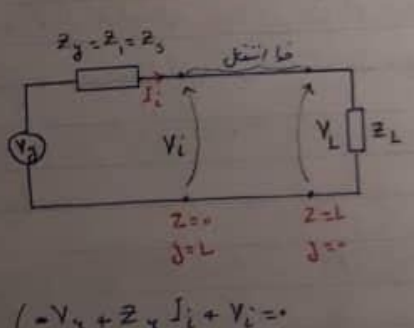
می‌بینیم که سرعت و تضعیف موج در خط مستقل از فرکانس است.

تحلیل حالت خط انتقال با کمک شرایط مرزی:

z: فاصله ... z: ابتدایی

فاصله نقطه ... از طرف منبع

فاصله نقطه مورد نظر تا بار



$$\begin{cases} -V_g + Z_g I_i + V_i = 0 \\ V_i = V_g - Z_g I_i \\ V_i = V(0) \\ I_i = I(0) \end{cases} \quad V(0) = V_g - Z_g I(0)$$

PAPCO