Mælitækni I:

Jafngildisrásir búta

Kafli 6

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

27. september 1999

Heimildir

- B. A. Gregory, *An Introduction to Electrical Instrumentation and Measurement Systems*, 2 ed., Macmillan, 1981, bls. 336 – 340

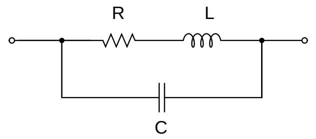
Nær ómögulegt er að framleiða búta sem hafa aðeins einn eiginleika, viðnám rýmd eða span.

Til dæmis:

- Viðnám hefur alltaf launþátt
- Þéttir hefur lekaviðnám
- Spólu fylgir viðnám vírsins sem hún er vafin úr, sem er háð fjölda vafninga, og að auki er rýmd á milli vafninga

Viðnám

Viðnám eru framleidd með því að vefja viðnámsvír á kefli. Þeim fylgir þess vegna alltaf span og einhver rýmd á milli vafninga.



Samviðnámið er gefið með

$$Z = \frac{(1/j\omega C)(R + j\omega L)}{R + j\omega L + (1/j\omega C)}$$

$$= \frac{R + j\omega(L - \omega^2 L^2 C - CR^2)}{1 + \omega^2 CR^2 - 2\omega^2 LC + \omega^4 L^2 C^2}$$

Viðnám

Fyrir viðnám er gert ráð fyrir að span og rýmd séu litlar stærðir, svo $\omega^2 LC \ll 1$ og $\omega^4 C^2 L^2$ er óvera og þess vegna

$$Z = \frac{R + j\omega(L(1 - \omega^2 LC) - CR^2)}{1 + \omega^2 C(CR^2 - 2L)}$$

Ef Z er skipt upp í raunhluta og þverhluta fæst **virkt raunviðnám**

$$R_{\text{eff}} = \frac{R}{1 + \omega^2 C(CR^2 - 2L)}$$

og **virkt launviðnám**

$$X_{\text{eff}} = \frac{\omega[L(1 - \omega^2 LC) - CR^2]}{1 + \omega^2 C(CR^2 - 2L)}$$

Viðnám

Þar sem X_{eff} er lítið og sleppa má $\omega^2 LC$ þá er

$$X_{\text{eff}} = \frac{\omega[L - CR^2]}{1 + \omega^2 C(CR^2 - 2L)}$$

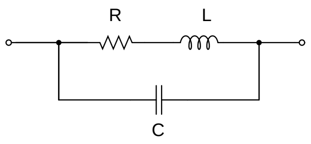
Fasahorn viðnáms má rita sem

$$\tan\phi = \frac{X_{\text{eff}}}{R_{\text{eff}}} = \frac{\omega(L - CR^2)}{R} = \omega\left(\frac{L}{R} - CR\right)$$

og þar með er $(L/R - CR)$ er tímafasti viðnáms.

Spóla

Jafngildisrás spólu með loftkjarna er hin sama og fyrir viðnám nema hvað hlutfallslegar stærðir viðnáms, rýmdar og spans eru aðrar.



Fyrir miðlungs og lágar tíðnir gildir

$$Z = \frac{R + j\omega(L - \omega^2 L^2 C - CR^2)}{1 + \omega^2 CR^2 - 2\omega^2 LC + \omega^4 L^2 C^2}$$

Nú er rýmd og viðnámi haldið í lágmarki svo að liðirnir $\omega^2 C^2 R^2$ og CR^2 eru óvera.

Þar með er samviðnámið

$$Z = \frac{R + j\omega L(1 - \omega^2 LC)}{1 - 2\omega^2 LC + \omega^4 L^2 C^2}$$

Spóla

Þá er virkt raunviðnám

$$R_{\text{eff}} = \frac{R}{(1 - \omega^2 LC)^2}$$

og virkt raunviðnám

$$X_{\text{eff}} = \frac{\omega L(1 - \omega^2 LC)}{(1 - \omega^2 LC)^2}$$

sem samsvarar virku spani

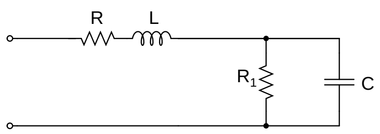
$$L_{\text{eff}} = \frac{L}{(1 - \omega^2 LC)^2}$$

Bæði virkt viðnám og virkt span spólu aukast með aukinni tíðni.

Eiginleikar þétta

Áhrif tíðni á þétti eru með tvennum hætti

- Áhrif vegna tenginga við og innan þéttisins, sem lýst er með raðtengingu viðnáms og rýmdar
- Þá þarf að taka tillit til þess hvernig rafsvarinn svarar mismunandi tíðni. Því er lýst með viðnámi R_1, **lekaviðnámi þéttisins** sem breytist með tíðni



Eiginleikar þétta

Gerum nú ráð fyrir þétti sem sem vinnur við lága eða miðlungs tíðni. Þá má gera ráð fyrir að R_1 sé fasti.

Þá er

$$Z = R + j\omega L + \frac{R_1/(j\omega C)}{R_1 + (1/j\omega C)}$$

eða

$$Z = R + \frac{R_1}{1+\omega^2 R_1^2 C^2} + j\omega\left(L - \frac{CR_1^2}{1+\omega^2 R_1^2 C^2}\right)$$

Virkt launviðnám er gefið með $1/(j\omega C_{\text{eff}})$ þar sem

$$\frac{1}{\omega C_{\text{eff}}} = -\omega L + \frac{\omega C R_1^2}{1+\omega^2 R_1^2 C^2}$$

eða

$$\omega C_{\text{eff}} = \frac{1+\omega^2 R_1^2 C^2}{\omega C R_1^2 - \omega L(1+\omega^2 R_1^2 C^2)}$$

Eiginleikar þétta

Ef $\omega^2 R_1^2 C^2 \gg 1$ þá er

$$\omega C_{\text{eff}} = \frac{\omega C}{1-\omega^2 CL}$$

Virk rýmd við miðlungstíðnir er þá

$$C_{\text{eff}} \approx C\left(1+\omega^2 CL\right)$$

Athuga ber að $\omega = 1/(LC)^{1/2}$ er hermitíðni og þess vegna er mikilvægt að halda spani tenginga lágu svo að hermun verði við mjög háa tíðni.

Virkt viðnám við miðlungstíðni er

$$R_{\text{eff}} = R + \frac{R_1}{1+\omega^2 R_1^2 C^2}$$

Taphornið δ er fundið með

$$\tan\delta = \frac{1}{\omega C_{\text{eff}} R_{\text{eff}}} = \frac{(\omega C R_1^2 - \omega L - \omega^3 R_1^2 C^2 L)}{R + \omega^2 R_1^2 RC + R_1}$$

Skilgreindur er tapstuðull fyrir orku.

$$D = \frac{1}{\tan\delta}$$

Eiginleikar þétta

Við lága tíðni eru áhrif raðtengda viðnámsins R og spansins L óveruleg.

Þá er virkt viðnám

$$R_{\text{eff}} = \frac{R_1}{1+\omega^2 R_1^2 C^2}$$

og virk rýmd

$$C_{\text{eff}} = C + \frac{1}{\omega^2 R_1^2 C}$$

Þegar tíðni merkis sem lagt er yfir þétti er aukin fellur rýmdin og $\tan\delta$ lítillega þar til áhrif spans tenginganna fer að gæta, þá eykst $\tan\delta$ og virk rýmd þéttisins.

D liggur á bilinu 0.1 fyrir vökvaþétti til allt að 10^{-4} fyrir þétti með fjölliðu rafsvara

Gæðastuðull spólu

Gæðastuðull spólu er skilgreindur út frá afltapi í spólunni.

Fullkomin spóla hefur ekkert raunviðnám í vindingum sínum og þess vegna tapast ekkrt afl í þeim.

Venjuleg spóla hefur alltaf eitthvað viðnám í vindingum og þess vegna verða þar afltöp.

Gæðastuðull eða **Q-stuðull** spólunnar er skilgreindur sem hlutfall launviðnáms og raunviðnáms við tiltekna tíðni

$$Q \equiv \frac{X_{\text{eff}}}{R_{\text{eff}}} = \frac{\omega L_{\text{eff}}}{R_{\text{eff}}}$$

þar sem L_{eff} og R_{eff} eru virkt span og virkt raunviðnám spólu í raðtengingu.

Fyrir spólu viljum við að ωL_{eff} sé mun stærra en R_{eff} eða Q-stuðullinn sé hár

Í samsíða tengingu er gæðastuðullinn

$$Q \equiv \frac{R_{\text{eff}}}{X_{\text{eff}}} = \frac{R_{\text{eff}}}{\omega L_{\text{eff}}}$$

Fyrir venjulegar spólur er gæðastuðullinn á bilinu 5 – 1000 og er háður tíðni