Eðlisfræði II:

Riðstraumur

Kafli 11

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

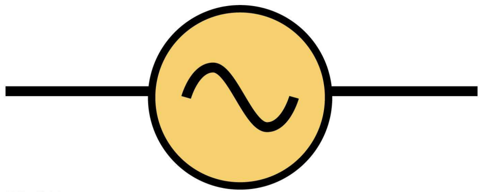
10. vika vor 2016

Inngangur

- Grafið sem sýnir augnabliksgildi rafmerkis sem fall af tíma er nefnt **bylgjuform merkis**
- Gjarnan eru bylgjuform merkis mæld og greind
- Ef merkið er fasti sem fall af tíma, þá er það kallað jafnstraumsmerki (e. direct current (dc))
- Ef formið er endurtekið samfellt (óháð lögun endurtekningarinnar) þá er bylgjuformið sagt **lotubundið**

Inngangur

- Við tölum um ac lind til að lýsa tóli sem veitir sínuslaga spennu (mættismun) v (riðspennu) eða straumi i (riðstraum)
- Rásatáknið fyrir riðspennu er



- Sinusspennu má rita með falli eins og

$$v(t) = V \cos \omega t$$

- Hér er $v(t)$ augnabliksspennan (mættismunurinn), V er hámarksmættismunurinn eða spennuútslagi, og ω er horntíðnin, sem er 2π sinnum tíðnin f

Inngangur

- Á sama hátt er **riðstraumur** sínuslaga á forminu

$$i(t) = I_\mathrm{o} \sin(\omega t + \phi)$$

  þar sem

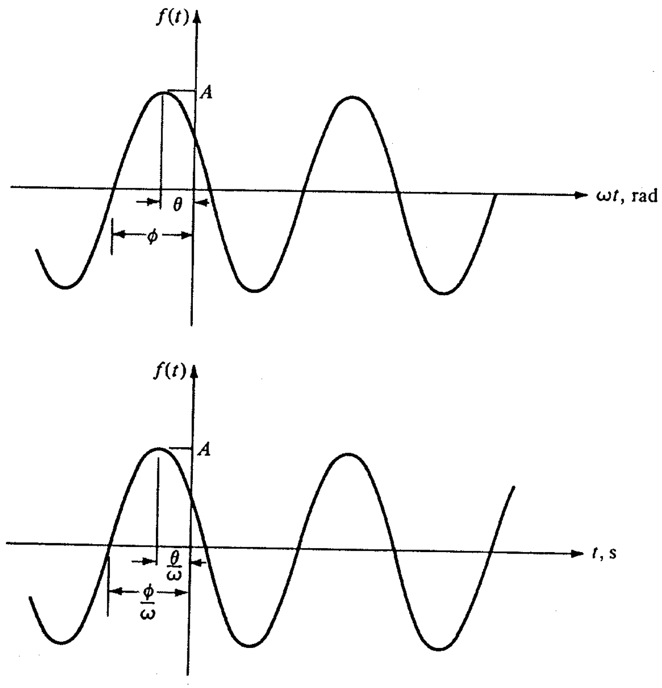
  – I_o er útslag merkisins

  – ω er horntíðni

  – t er tími

  – ϕ er fasahorn

Inngangur



Venjulega notum við litla stafi til að tákna stærðir sem breytast með tíma (v, i, q), en stóra stafi til að tákna fastar stærðir (V, I, Q)

$$v(t) = V_o \cos \omega t$$

Inngangur

- Lengd einnar sveiflu í tíma (í sekúndum) er nefnd **lota** og er hún táknuð með T
- Samband **tíðni** og lotu er gefið með

$$f = \frac{1}{T} \qquad [1/s]$$

- Ein sveifla bylgjuforms er skilgreind þ.a. hún spanni $2 \times \pi$ radíana eða ef 2π er margfaldað með tíðni fæst horntíðni sínusbylgju

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \qquad [\text{rad/s}]$$

Inngangur

- Fyrir tímaháð merki er **augnabliksgildið** $i(t)$
- **Meðalgildið** eða **heildað meðaltal** er flatarmálið undir ferli falls sem í er deilt með lengd sneiðarinnar sem meðaltalið er tekið yfir

$$I_{\text{ave}} = \frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2} i(t)\mathrm{d}t$$

- **Vikt gildi (rms)** er skilgreint sem

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2} [i(t)]^2\mathrm{d}t}$$

- Hér er T er tímabilið frá t_1 til t_2

Inngangur

- **Topp gildi** eða **stærsta gildi**

$$I_{\mathrm{topp}} = \max\{i(t)\}$$

- Formstuðull

$$\Lambda = \frac{I_{\mathrm{rms}}}{I_{\mathrm{ave}}}$$

- Toppstuðull

$$\frac{I_{\mathrm{topp}}}{I_{\mathrm{rms}}}$$

- **Formstuðull** sinus straums er $\Lambda = 1.11$ og **toppstuðull** sinus straums er 1.414

Inngangur

- **Virkt gildi** (rms) sínus-straumsins $i(t)$ er

$$\text{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \text{útslag} = 0.7071 \times I_\text{o}$$

eða

$$I_\text{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_\text{o}$$

- **Meðalgildi** straumsins er

$$I_\text{ave} = \frac{I_\text{o}}{T} \int_0^T |\sin(\omega\tau)|\,\mathrm{d}\tau = \frac{2}{\pi} I_\text{o} \approx 0.637 I_\text{o}$$

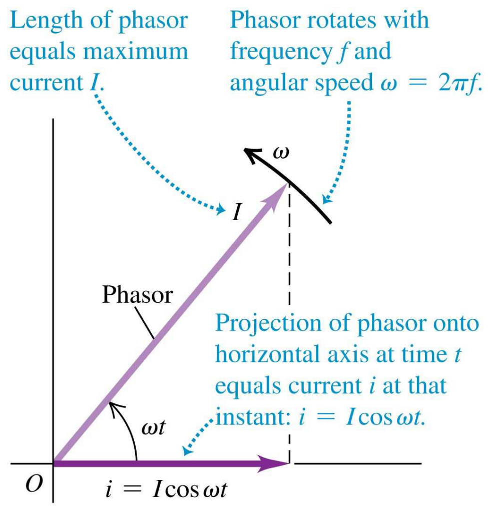
þar sem T er lota merkisins $T = 2\pi/\omega$

$\Longrightarrow$ Dæmi 11.1.

Vísar

- Til að lýsa sínus spennu eða straum notum við oft **vísa** (e. phasors) og **vísamyndir** (e. phasor diagrams)
- Þá er spennunni $v(t)$ lýst sem vigri í tvinntöluplaninu sem snýst um upphafspunktinn (rangsælis) með hornhraðanum ω og stærð hans og horni við $t = 0$ er

$$V_\mathrm{m}\angle\theta$$



Vísar

- Tvinntala er summa rauntölu og þvertölu t.d.

$$3 + j4$$

  þar sem $j = \sqrt{-1}$

- Við getum skrifað tvinntölur á rétthyrndu formi $(3 + j4)$ eða á pólhnitaformi $5\angle 53.13^\circ$ eða $5\exp(j53.13)$

- Ef leggja á saman tvinntölur (eða draga frá) er best að þær séu á rétthyrndu formi, en ef margfalda á saman tvinntölur (deila) er best að þær séu á pólhnitaformi

- Um tvinntölur gildir regla Eulers

$$\exp(j\theta) = \cos\theta + j\sin\theta$$

Vísar

- Þannig er

$$C\exp(j\theta) = C\cos\theta + jC\sin\theta$$

tvinntala með stærðina

$$\sqrt{C^2\cos^2\theta + C^2\sin^2\theta} = C$$

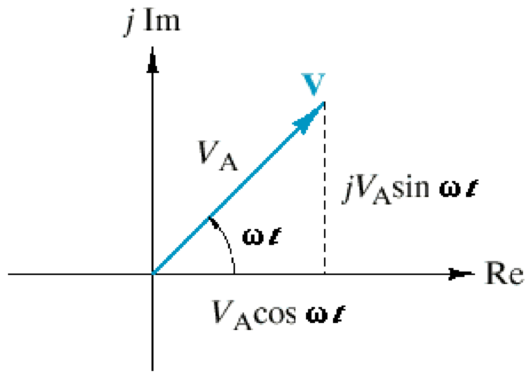
og hornið

$$\tan^{-1}\left(\frac{C\sin\theta}{C\cos\theta}\right) = \tan^{-1}(\tan\theta) = \theta$$

sem við ritum þá gjarnan

$$C\angle\theta$$

Vísar



- Hugsum okkur tvinntölubreytu V sem hefur stærðina 1 og horn sem fer stækkandi með hraðanum ω [rad/sek]
- Ef hornið er 0° við tímann $t = 0$ má lýsa þessu

$$V = 1\angle\omega t = \exp(j\omega t)$$

sem er tvinntöluveldisfall

Vísar

- Þetta má einnig rita
$$V = \cos \omega t + j \sin \omega t$$
- Tvinntölugildar spennu- og straumlindir eru ekki til í raun og veru en við notum þær sem stærðfræðileg hjálpartæki
- Slíka spennu má rita sem
$$v(t) = V_{\mathrm{m}} \mathrm{e}^{j(\omega t + \theta)} = V_{\mathrm{m}} \cos(\omega t + \theta) + j \sin(\omega t + \theta)$$
svo að
$$V_{\mathrm{m}} \cos(\omega t + \theta) = \mathrm{Re}\left\{ V_{\mathrm{m}} \mathrm{e}^{j(\omega t + \theta)} \right\}$$
eða
$$v(t) = V_{\mathrm{m}} \mathrm{e}^{j\theta} \mathrm{e}^{j\omega t}$$

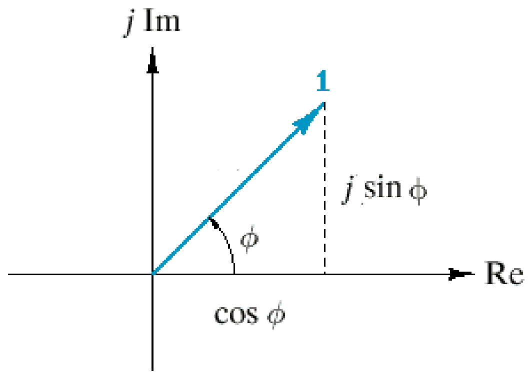
Vísar

- Stærðin

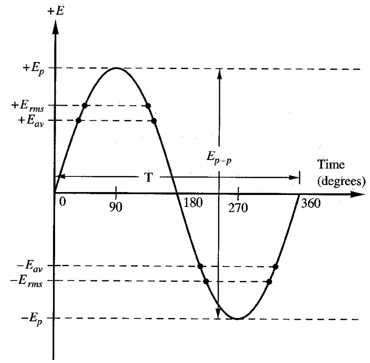
$$V_\mathrm{m} e^{j\theta} = V_\mathrm{m} \angle \theta$$

  er kölluð **vísirinn** fyrir $v(t)$

- Þetta má hugsa sér þannig að $v(t)$ sé vigur í tvinntöluplaninu sem snýst um upphafspunktinn (rangsælis) með hornhraðanum ω og stærð hans og horn við $t = 0$ eru $V_\mathrm{m} \angle \theta$



Afriðun – Sinusbylgja



- Hvaða gildi er verið að mæla ?
  - Útslag E_{p}
  - Útslag í útslag (e. peak to peak) E_{pp}

$$E_{\mathrm{pp}} = |+E_{\mathrm{p}}| + |-E_{\mathrm{p}}|$$

  - Virkt gildi E_{rms}
  - Meðaltal E_{av}

Afriðun – Sinusbylgja

- Fyrir hreinan sínus er

$$E_{\mathrm{rms}} = \frac{E_{\mathrm{p}}}{\sqrt{2}}$$

- Meðalspenna yfir heila sínussveiflu er

$$E_{\mathrm{av}} = 0$$

og hálfa sínussveiflu

$$E_{\mathrm{av}} = \frac{2E_{\mathrm{p}}}{\pi}$$

Afriðun – Sinusbylgja

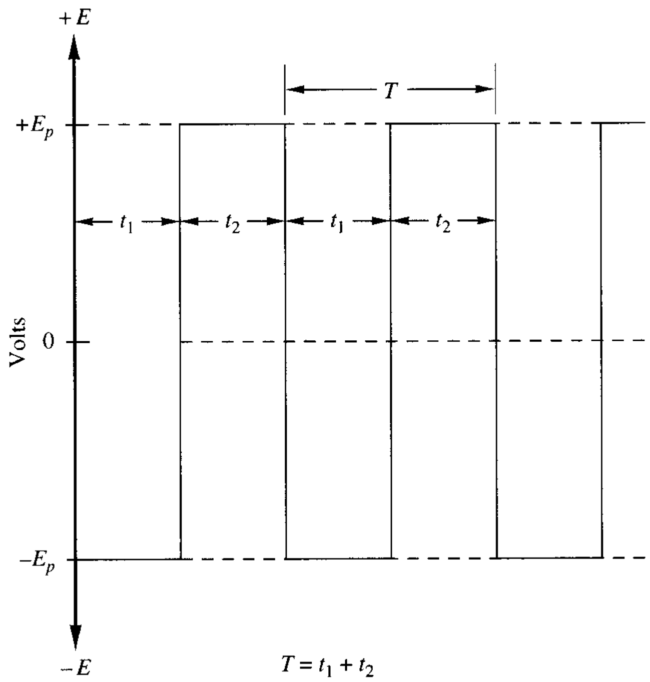
- Formþátturinn er

$$\Lambda = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}(\frac{1}{2}\text{bylgja})}$$

svo

$$\Lambda_{\text{sinus}} = \frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{av}}(\frac{1}{2}\text{bylgja})} = \frac{\frac{E_{\text{p}}}{\sqrt{2}}}{\frac{2E_{\text{p}}}{\pi}} = 1.11$$

Afriðun – Kassabylgja



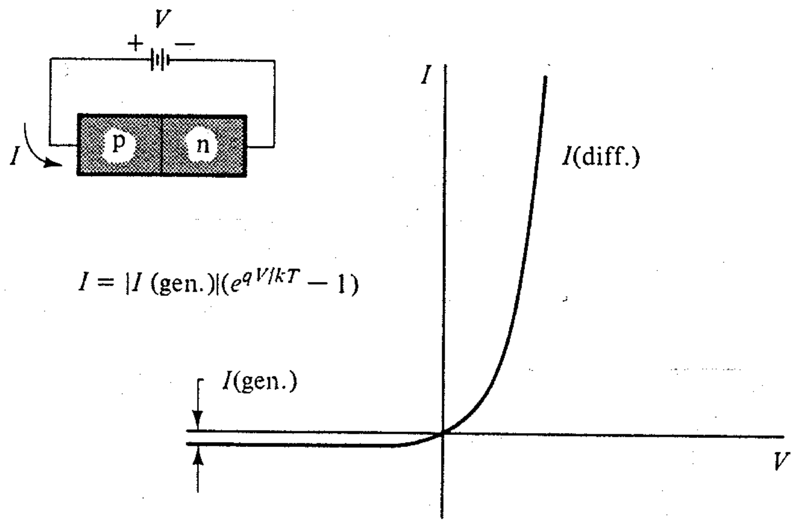
Fyrir hálfa sveiflu er meðaltalið

$$E_{\mathrm{av}} = \frac{E_{\mathrm{p}}}{2}$$

Afriðun – Díóður

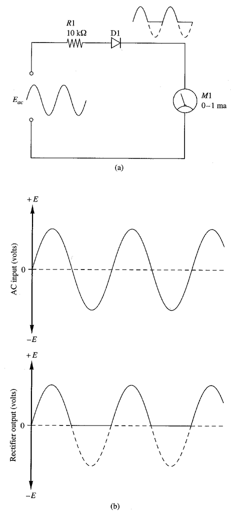
- Afriðun er það kallað þegar tvístefnu AC bylgjuformi er breytt í einstefnu bylgjuform
- Afriðun er gerð með því að raðtengja eina eða fleiri díóður í straumrásina
- Díóða hleypir straum aðeins í aðra áttina
- Spennufall er yfir díóðu, 0.7 V yfir kísildíóðu og 0.3 V yfir germandíóðu

Afriðun – Díóður



- Straumur rennur auðveldlega frá p til n þegar á p er lögð jákvæð spenna með tilliti til n, **framspennt**
- Nær engin straumur rennur þegar p er neikvætt með tilliti til n, **bakspennt**
- Álögð spenna fellur að mestu yfir berasnauða bilið

Afriðun – Hálfbylgju



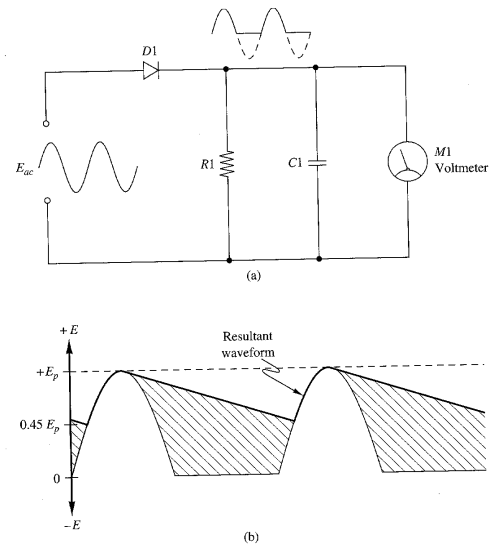
- Fyrir hálfbylgju afriðað merki er meðalspennan

$$E_{\mathrm{av}} = 0.318 E_{\mathrm{p}}$$

sem er helmingur af $E_{\mathrm{av}} = 2E_{\mathrm{p}}/\pi = 0.637 E_{\mathrm{p}}$ fyrir hreinan sinus.

Afriðun – Hálfbylgju

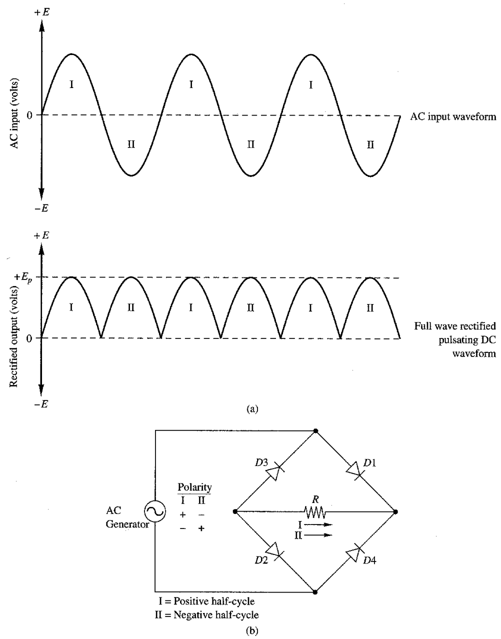
- Hálfbylgju afriðað merki er langt frá því að vera DC merki, en nota má gárusíu (e. ripple filter) til að komast nær DC merki.



- Þéttirinn hleðst upp á meðan spennan fer hækkandi en gefur frá sér hleðslu þegar spennan lækkar

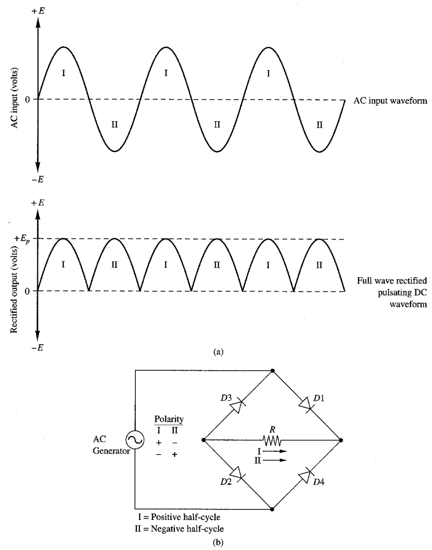
Afriðun – Heilbylgju

- Betra er að nota heilbylgju afriðun til að komast nær DC forminu



- Í fasa I er spennan jákvæð og díóður D1 og D2 eru framspenntar og D3 og D4 bakspenntar. Straumur frá neikvæðu skauti í jákvætt fer þá um D2, álagsviðnámið R og D1

Afriðun – Heilbylgju



- Þegar straumstefnan snýst eru D3 og D4 framspenntar
- Nú fer straumur um D3, álagsviðnámið R og D4
- Fyrir hreina heilbylgjuafriðaða sínusbylgju er

$$E_{\rm av} = 0.637 E_{\rm p} = 0.9 E_{\rm rms}$$

Samviðnám

- Hér skoðum við samband straums og spennu fyrir einstakar rásaeiningar þegar um þær fer sínuslaga straumur
- Ef að augnablikssstraumurinn er gefinn með

$$i(t) = I \cos \omega t$$

og augnabliksspennan er gefin með

$$v(t) = V \cos(\omega t + \phi)$$

þá er ϕ kallað **fasahorn**

Samviðnám

- Við tölum um **samviðnám** Z sem hefur bæði raunhluta og /eða launhluta – stundum nefnt **tvinnviðnám**
- Raunhlutinn kallast þá **raunviðnám** R (e. resistance) og þverhlutinn kallast **launviðnám** X (e. reactance)
- Þá er samviðnámið ritað

$$Z = R + jX$$

- **Samleiðnin** Y hefur einnig raunhluta og/eða þverhluta og kallast raunhlutinn **raunleiðni** G (e. conductance) og þverhlutinn **launleiðni** B (e. susceptance)

Samviðnám

- Við ritum samleiðni sem

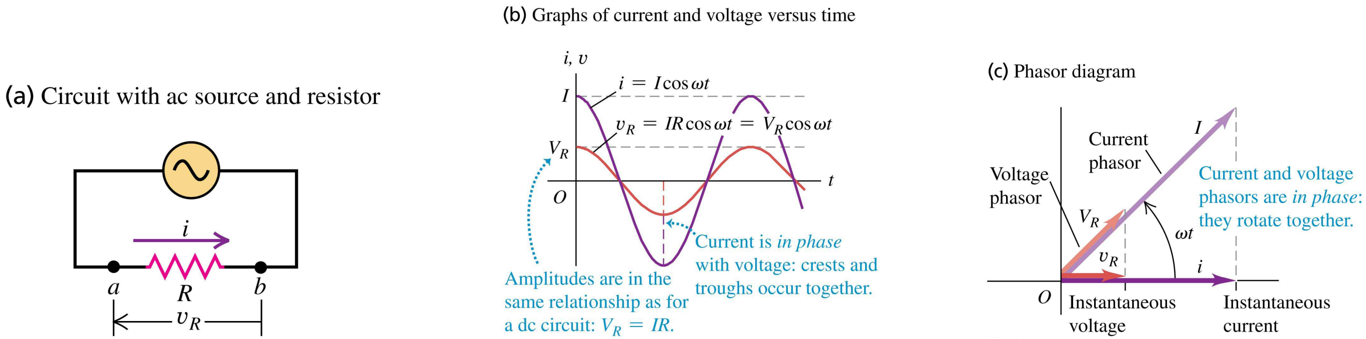
$$Y = G + jB$$

- Samviðnám fyrir sínuslaga örvun er hlutfall spennu og straums sem bæði eru táknuð sem tvinntöluveldisföll

$$Z(j\omega) = \frac{\mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t}}{\mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t}} = \frac{V\angle\theta}{I\angle\phi} = \frac{V}{I}\angle\theta - \phi$$

- Samviðnámið $Z(j\omega)$ breytist ekki með tíma – það er alltaf sama innbyrðis afstaða milli spennuvísis og straumvísis

Samviðnám



- Fyrst skoðum við viðnám R sem um rennur sinusstraumur

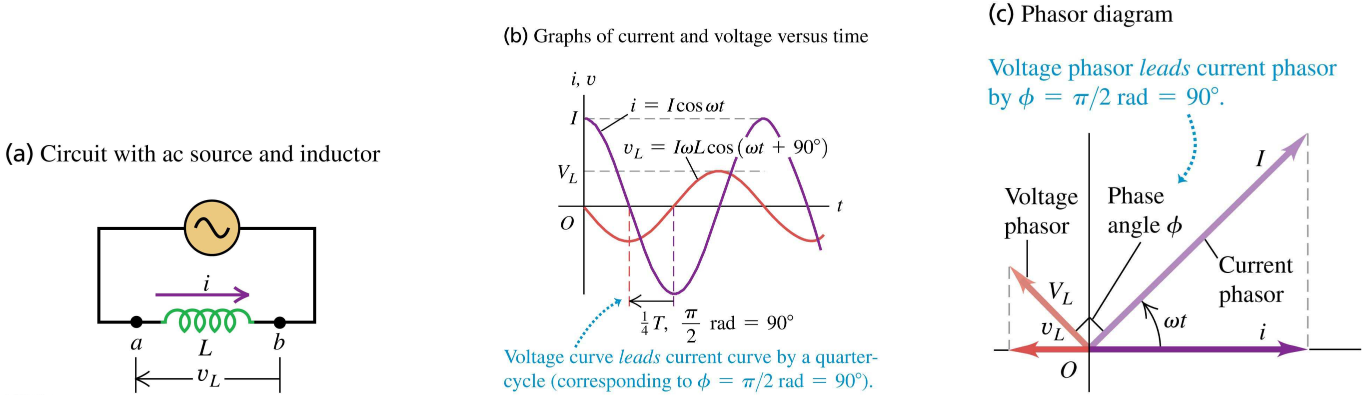
$$i(t) = I\cos\omega t$$

- Lögmál Ohms segir að augnabliksspennan yfir viðnámið er

$$v_{\mathrm{R}}(t) = iR = IR\cos\omega t = V_{\mathrm{R}}\cos\omega t$$

- Bæði straumurinn og spennan eru í réttu hlutfalli við $\cos\omega t$ og straumurinn þess vegna í fasa við spennuna

Samviðnám



- Nú látum við strauminn $i(t) = I\cos\omega t$ fara um spólu
- Þrátt fyrir að ekkert viðnám sé í rásinni þá er mættismunur milli pólanna a og b táknaður með v_L og ritað

$$v_\mathrm{L} = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = L\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}I\cos\omega t = -I\omega L\sin\omega t = I\omega L\cos(\omega t + 90^\circ)$$

- Spennan og straumurinn eru út úr fasa sem nemur fjórðung á heilum snúningi eða að spennan er 90° á undan straumnum

Samviðnám

- Spennuútslagið yfir spóluna er

$$V_{\mathrm{L}} = I\omega L$$

og við skilgreinum **launviðnám** (e. reactance)

$$X_{\mathrm{L}} = \omega L$$

- Ef við hugsum okkur að um spóluna fari tvinntölustraumur

$$\hat{i}(t) = \mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

og spennan yfir spóluna er

$$\hat{v}(t) = \mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

Samviðnám

- Sambandið milli straums og spennu er þá

$$\hat{v}(t) = L\frac{\mathrm{d}\hat{i}}{\mathrm{d}t}$$

  eða

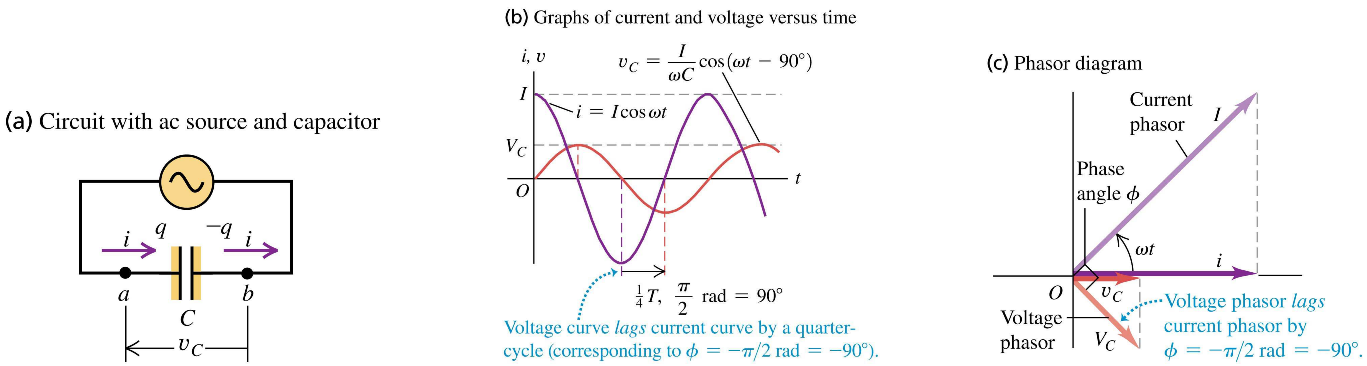
$$\mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t} = L\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t}\right) = j\omega L\mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

- Þannig að

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = Z_{\mathrm{L}}(j\omega) = j\omega L$$

  og $Z_{\mathrm{L}}(j\omega)$ er **samviðnám** spólunnar fyrir sínuslaga innmerki af tíðni ω

Samviðnám



- Látum nú strauminn $i(t) = I\cos\omega t$ fara um þétti
- Um strauminn gildir að $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$
- Þannig að

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = I\cos\omega t$$

sem við tegrum

$$q = \frac{I}{\omega}\sin\omega t$$

Samviðnám

- Við vitum líka að $q = Cv_\mathrm{C}$ og þar með finnum við

$$v_\mathrm{C} = \frac{I}{\omega C}\sin\omega t$$

- Við sjáum líka að

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\frac{\mathrm{d}v_\mathrm{C}}{\mathrm{d}t}$$

- við segjum að spennan sé 90° á eftir straumnum

- Spennuútslagið yfir þéttinn er

$$V_\mathrm{C} = \frac{I}{\omega C}$$

  og launviðnámið

$$X_\mathrm{C} = \frac{1}{\omega C}$$

Samviðnám

- Ef við hugsum okkur að um þéttinn fari tvinntölustraumur

$$\hat{i}(t) = \mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

og spennan yfir þéttinn er

$$\hat{v}(t) = \mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

- Sambandið milli straums og spennu er þá

$$\hat{i}(t) = C\frac{\mathrm{d}\hat{v}}{\mathrm{d}t}$$

eða

$$\mathbf{I}\mathrm{e}^{j\omega t} = C\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t}\right) = j\omega C\mathbf{V}\mathrm{e}^{j\omega t}$$

Samviðnám

- Þannig að
$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = Z_{\mathrm{C}}(j\omega) = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C}$$
og $Z_{\mathrm{C}}(j\omega)$ er **samviðnám** þéttisins fyrir sínuslaga innmerki af tíðni ω

$\Longrightarrow$ Dæmi 11.2.

$\Longrightarrow$ Dæmi 11.3.

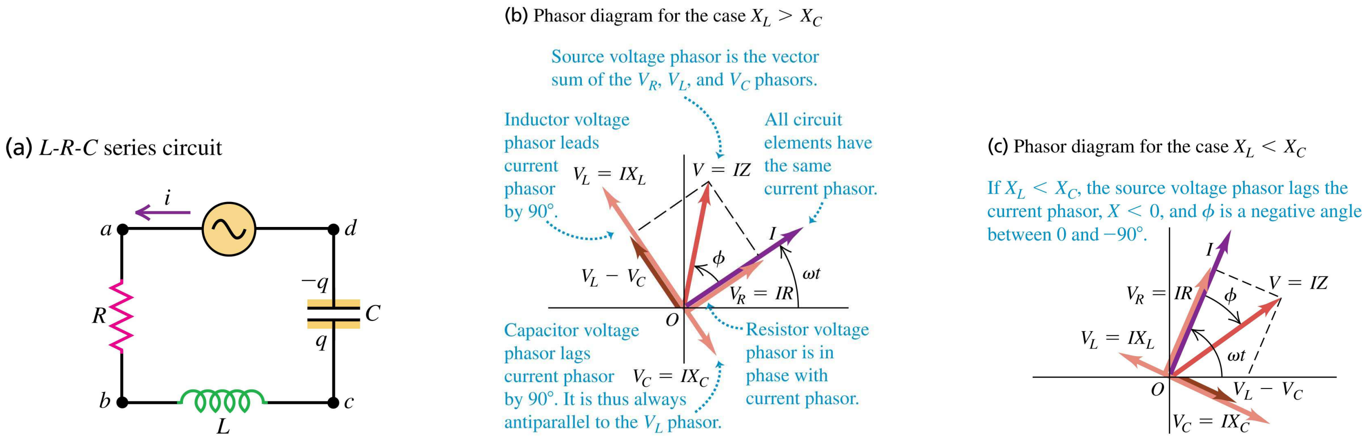
$\Longrightarrow$ Dæmi 11.4.

Samviðnám

	Samviðnám	Samleiðni
Spóla	$Z_{\mathrm{L}} = j\omega L$	$Y_{\mathrm{L}} = \frac{1}{j\omega L}$
Þéttir	$Z_{\mathrm{C}} = \frac{1}{j\omega C}$	$Y_{\mathrm{C}} = j\omega C$
Viðnám	$Z_{\mathrm{R}} = R$	$Y_{\mathrm{R}} = \frac{1}{R}$

- Samviðnám raðtengdra rásaeininga fæst með því að leggja saman samviðnám einstakra rásaeininga

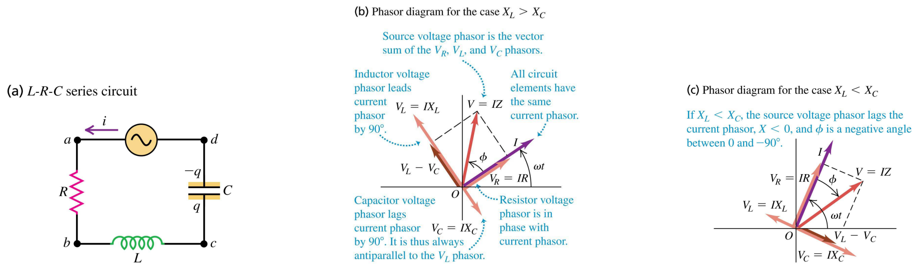
Samviðnám – raðtengd LRC rás



- Samviðnámið milli póla spennugjafans er þá

$$Z_{\text{total}} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

Samviðnám – raðtengd LRC rás



- Mættismunurinn milli póla viðnámsisns er

$$V_{\mathrm{R}} = IR$$

- Mættismunurinn milli póla spólunnar er

$$V_{\mathrm{R}} = Ij\omega L$$

og milli póla þéttisins

$$V_{\mathrm{C}} = I\frac{-j}{\omega C}$$

Samviðnám – raðtengd LRC rás

- Stærðin á samviðnáminu er gefin með

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_{\mathrm{L}} - X_{\mathrm{C}})^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

- Hornið ϕ á milli spennu og straumvísanna er gefið með

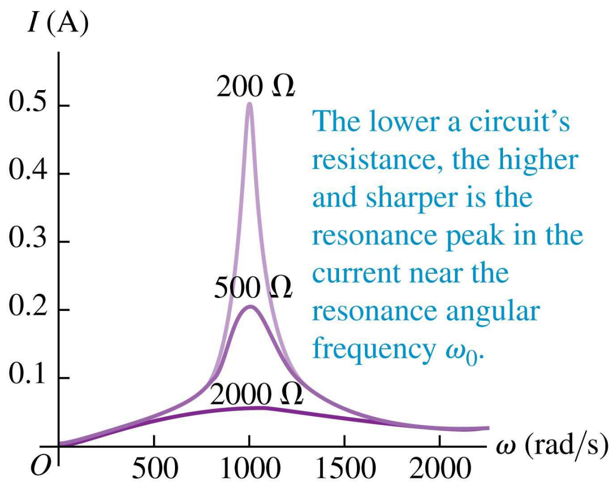
$$\tan\phi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$

- Ef við leyfum tíðninni að breytast þá er útslag straumsins

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

og við sjáum að stærst gildi straumsins er þegar samviðnámið er lágmarkað

Samviðnám – raðtengd LRC rás

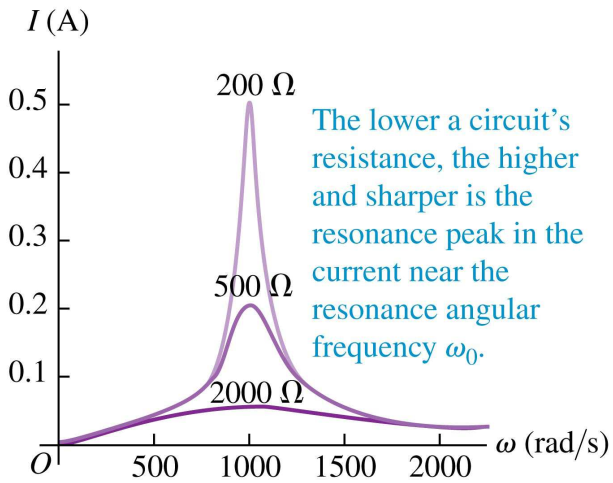


- Hámarksútslag straumsins á sér stað við tiltekna tíðni sem nefnd er **herma** (e. resonance)

- Horntíðnin þar sem herman á sér stað er gefin með

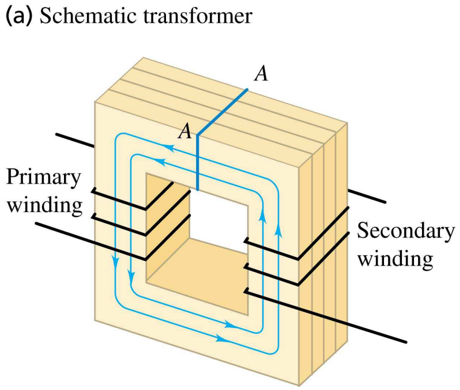
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Samviðnám – raðtengd LRC rás



- Við lága tíðni $\omega \longrightarrow 0$ þá er $\omega L \longrightarrow 0$ og $1/\omega C \longrightarrow \infty$ svo $|Z| \longrightarrow \infty$ og $I \longrightarrow 0$
- Við háa tíðni $\omega \longrightarrow \infty$ þá er $\omega L \longrightarrow \infty$ og $1/\omega C \longrightarrow 0$ svo $|Z| \longrightarrow \infty$ og $I \longrightarrow 0$

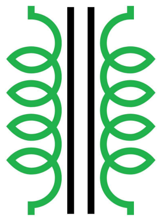
Spennar



- Hér sjáum við spenni, tvær spólur sem eru einangraðar hvor frá annari en vafðar um sama kjarnann
- Kjarninn er gjarnan úr járni eða efni með háan hlutfallslegan segulsvörunarstuðul K_{m}
- Þetta veldur því að segulsviðið vegna straumsins í annari spólunni helst innan kjarnans og fara þess vegna um hina spóluna sem hámarkar gagnspanið

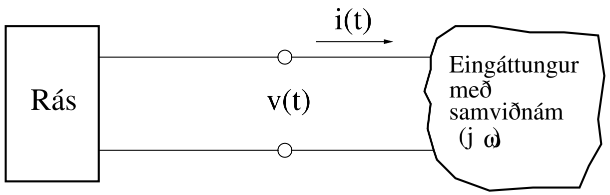
Spennar

- Vafið sem aflinu er veitt inn á er nefnt **forvaf** og vafið þar sem afl er tekið út af spenninum er nefnt **bakvaf**
- Rásatáknið fyrir spenni er



- Þegar segulflæðið breytist vegna breytilegs straums í báðum spólunum er íspennan
$$\mathcal{E}_1 = -N_1 \frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{B}}}{\mathrm{d}t} \quad \text{og} \quad \mathcal{E}_2 = -N_2 \frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{B}}}{\mathrm{d}t}$$
og sama segulfæðið fer um bæði forvaf og bakvaf og við getum ritað
$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{eða} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Augnabliksafl og meðalafl



- Höfum áður skilgreint **augnabliksafl**

$$p(t) = v(t)i(t)$$

- Þegar sínuslaga innmerki með horntíðni ω er fætt inn á línulega rás verða allir straumar og spennur í rásinni sínuslaga með sömu horntíðni

- Gerum ráð fyrir að

$$i(t) = I_{\mathrm{m}} \cos(\omega t + \theta_{\mathrm{i}})$$

og

$$v(t) = V_{\mathrm{m}} \cos(\omega t + \theta_{\mathrm{v}})$$

Augnabliksafl og meðalafl

- Þá verður augnabliksaflið

$$p(t) = v(t)i(t) = V_{\rm m}\cos(\omega t + \theta_{\rm v}) I_{\rm m}\cos(\omega t + \theta_{\rm i})$$

eða

$$p(t) = \underbrace{\frac{V_{\rm m} I_{\rm m}}{2}\cos(\theta_{\rm v} - \theta_{\rm i})}_{\text{fasti}} + \underbrace{\frac{V_{\rm m} I_{\rm m}}{2}\cos(2\omega t + \theta_{\rm v} + \theta_{\rm i})}_{\text{tvöföld horntíðni}}$$

Augnabliksafl og meðalafl

- Önnur mikilvæg stærð er meðalafl P eða P_{ave} sem er skilgreint sem meðalgildi augnabliksafls $p(t)$ yfir tiltekið tímabil $[t_1, t_2]$ þar sem $t_2 - t_1 = T$
- Skilgreinum meðalafl

$$P_{\mathrm{ave}} = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt$$

eða

$$P_{\mathrm{ave}} = \frac{V_{\mathrm{m}} I_{\mathrm{m}}}{2}\cos(\theta_{\mathrm{v}} - \theta_{\mathrm{i}}) = \frac{V_{\mathrm{m}} I_{\mathrm{m}}}{2}\cos(\theta_{\mathrm{Z}})$$

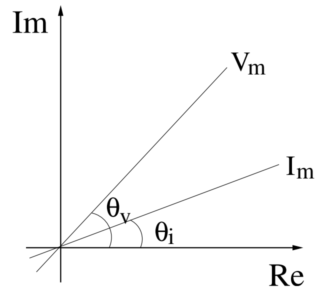
Augnabliksafl og meðalafl

- Hér er

$$\theta_{\mathrm{Z}} = \theta_{\mathrm{v}} - \theta_{\mathrm{i}}$$

  horn samviðnámsins $Z(j\omega)$ við raunás

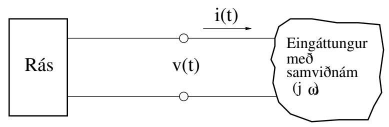
- Ef $Z(j\omega) = R$ þá er $\theta_{\mathrm{Z}} = 0$



- Getum einnig skrifað

$$P_{\mathrm{ave}} = \frac{V_{\mathrm{m}} I_{\mathrm{m}}}{2} \cos(\theta_{\mathrm{v}} - \theta_{\mathrm{i}}) = \frac{V_{\mathrm{m}} I_{\mathrm{m}}}{2} \cos(\theta_{\mathrm{i}} - \theta_{\mathrm{v}})$$

Augnabliksafl og meðalafl



- Ef við höfum samviðnám

$$Z = R + jX$$

þá er

$$\mathbf{V} = Z\mathbf{I} = (R + jX)\mathbf{I}$$
$$= \underbrace{R\mathbf{I}}_{\text{í fasa vid } \mathbf{V}} + \underbrace{jX\mathbf{I}}_{90^\circ \text{ úr fasa vid } \mathbf{V}}$$

- Einfalt er að sýna fram á að

$$P_{\text{ave}} = |I_{\text{rms}}| \times |RI_{\text{rms}}| = |I_{\text{rms}}|^2 R$$

vegna þess að launviðnám tekur ekkert meðalafl til sín

Augnabliksafl og meðalafl

- Á sama hátt gildir

$$P_{\text{ave}} = |V_{\text{rms}}| \times |GV_{\text{rms}}| = |V_{\text{rms}}|^2 G$$

- Skilgreinum meðalafl sem

$$\text{sýndarafl} \times \text{aflstuðull}$$

eða

$$P_{\text{ave}} = S \times \text{pf}$$

Augnabliksafl og meðalafl

- Aflstuðull er skilgreindur

$$\mathrm{pf} = \frac{P_{\mathrm{ave}}}{S} = \frac{\text{raunafl}}{\text{sýndarafl}}$$

þar sem

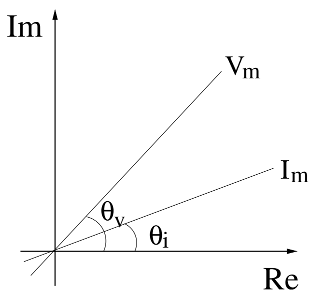
$$S = V_{\mathrm{rms}} I_{\mathrm{rms}}$$

og

$$\mathrm{pf} = \cos(\theta_{\mathrm{v}} - \theta_{\mathrm{i}}) = \cos(\theta_{\mathrm{Z}})$$

- Aflstuðullinn er þess vegna cosínus af horninu á milli spennuvísins **V** og straumvísisins **I**

Augnabliksafl og meðalafl



- Það að þekkja aflstuðulinn segir ekki allt um hornið þar eð

$$\cos(\theta_\mathrm{v} - \theta_\mathrm{i}) = \cos(\theta_\mathrm{i} - \theta_\mathrm{v})$$

- Til að lýsa þessu horni er talað um seinkaðan aflstuðul ef straumur er á eftir spennu eða álag sé span, og flýttan aflstuðul ef straumur er á undan spennu og álag rýmd
- **Launafl** (e. reactive power) er þverhluti aflsins (meðalafl vegna þverhluta er núll)

Augnabliksafl og meðalafl

- Höfum sýndarafl

$$S = P + jQ$$

þá er fyrir

$$v(t) = \sqrt{2} V_{\mathrm{rms}} \cos(\omega t + \theta_{\mathrm{v}})$$

$$i(t) = \sqrt{2} I_{\mathrm{rms}} \cos(\omega t + \theta_{\mathrm{i}})$$

launaflið

$$Q = V_{\mathrm{rms}} I_{\mathrm{rms}} \sin(\theta_{\mathrm{v}} - \theta_{\mathrm{i}})$$

eða

$$Q = V_{\mathrm{rms}} I_{\mathrm{rms}} \sin(\theta_{\mathrm{Z}})$$

Frekari upplýsingar

- Þessi kafli er að mestu byggður á kafla 31 hjá Young and Freedman (2015).

Heimildir

Young, H. D. and R. A. Freedman (2015). *University Physics with Modern Physics* (14 ed.). Harlow, England: Pearson Education.