

Снага у колу наизменичне струје и фактор снаге

У овом делу проучићемо рад и снагу наизменичне струје. Ако коло има само активну отпорност, цело рад струје претвара се у топлоту. Нека се напон на крајевима кола мења по синусном закону:

$$u = u_0 \sin \omega t .$$

тада кроз отпорник тече струја, која је у фази са напоном, и мења се са временом као

$$i = i_0 \sin \omega t .$$

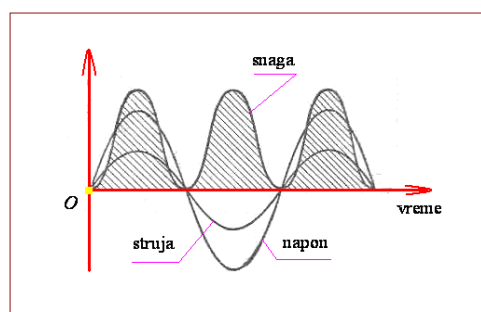
Тренутна снага у колу се дефинише као производ тренутних вредности напона и струје

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

односно, имамо да је за активну отпорност тренутна снага једнака

$$p = i_0 u_0 \sin^2 \omega t .$$

Ако графички прикажемо промену напона, јачине струје и тренутне снаге, видимо да је тренутна снага струје са активном отпорношћу кола увек позитивна. Извор предаје енергију колу у оба смера струје и та енергија се троши на топлоту или механички рад.



Сл.Снага струје са отпорником

Без обзира у ком смеру тече струја кроз отпорник, рад и снага су увек позитивни. То значи да извор троши рад на топлоту и предаје околини.

У пракси се најчешће се користи средња снага струје, што представља, рад који изврши извор за време од једног периода и дефинише се као

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt .$$

Када заменимо тренутну снагу у подинтегрални израз, лако израчунавамо

$$P = i_{\text{eff}} u_{\text{eff}} .$$

Физички смисао ефективних вредности је у следећем. Ако би колом текла константна струја једнака ефективној струји, она би на отпорнику ослобађала исто толико топлоте као и наизменична струја дате ефективне вредности. Ефективне вредности струје и напона су за $\sqrt{2}$ пута мање од максималних вредности $i_{\text{eff}} = i_0 / \sqrt{2}$ и $u_{\text{eff}} = u_0 / \sqrt{2}$.

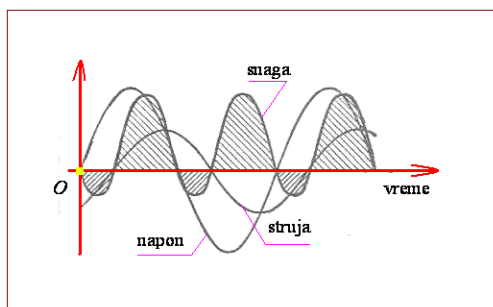
Сада анализирајмо општији слућај, када постоји и реактивна отпорност у колу, комбинација кондензатора и калема. Између струје и напона постоји фазна разлика, па се струја мења као

$$u = u_0 \sin(\omega t + \varphi) .$$

зато је тренутна снага облика

$$p = u_0 i_0 \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t + \varphi) .$$

Када се графички прикаже зависност тренутне снаге од времена, на сл. 2.5.2 дате су криве осциловања струје, напона и снаге – за $\varphi = \pi / 3$.



Сл. Снага у колу НС где су струја и напон фазно померени

Промена знака тренутне снаге у појединим временским интервалима има прости физички смисао: периодична промена знака тренутне снаге означава да део енергије осцилује између генератора и спољашњег кола па се, дакле, средња снага у том случају смањује. Део снаге извора се троши на топлоту и механички рад, а остатак се троши на формирање електричног поља у кондензаторима и магнетног поља у калемовима. Негативна снага представља повратак енергије формираних електричних и магнетних поља извору.

Средња снага је у том случају једнака

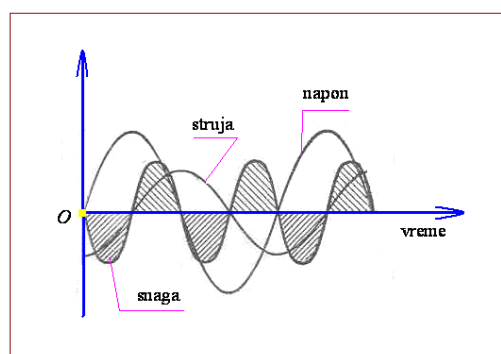
$$P = u_{\text{eff}} i_{\text{eff}} \cos \varphi.$$

Множилац $\cos \varphi$ зове се **фактор снаге**. Средња снага P је **активна снага**, која се утроши у електричном колу на топлоту или механички рад. Производ ефективне вредности напона u_{eff} и струје i_{eff} представља **привидну снагу** S .

$$S = u_{\text{eff}} i_{\text{eff}}$$

Фактор снаге је однос активне и привидне снаге и представља степен искоришћења енергије извора у датом колу. За ослобађање снаге у колу битна је и фазна разлика између напона и струје.

Ако је фазна разлика 90 степени, средња снага је једнака нули, ма како велики били струја и напон; количина енергије коју за четврт периода *предаје* генератор спољашњем колу тачно је једнака енергији коју спољашње коло *враћа* у генератор у току следеће четвртине периода – *сва* енергија осцилује између генератора и спољашњег кола, како је и скицирано на Сл. 2.5.3.



Сл. Електричне осцилације на чисто пасивној (реактивној) отпорности

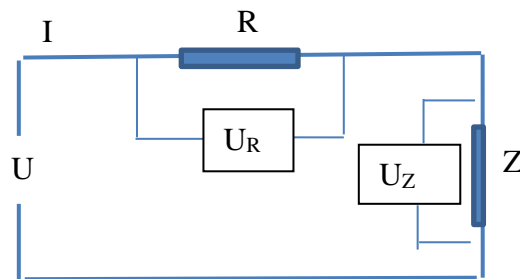
Зависност снаге од фактора снаге узима се у обзир при пројектовању далековода за наизменичну струју. Електрични мотори имају велику индуктивност; фактор снаге

тада може бити знатно мањи од јединице. У пракси се увек тежи да се распореде оптерећења (сијалице, мотори, пећи итд) на тај начин да се фактор снаге што више приближи јединици.

Може се приметити да је у условима резонанције, фазни померај струје и напона је једнак нули (фактор снаге једнак јединици), максимална снага коју генератор предаје колу.

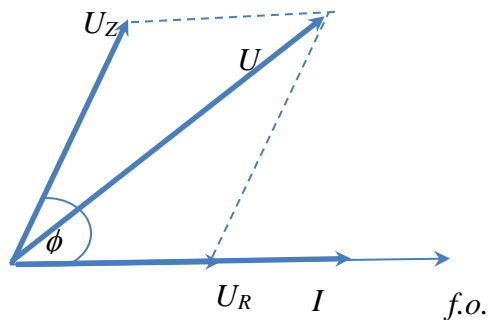
Одређивање фактора снаге мерењем напона

Циљ вежбе је одредити фактор снаге у неком делу електричног кола, које може да садржи активну, индуктивну и капацитивну отпорност. Укупну отпорност тог дела кола означимо са Z . Електрично коло импендасе Z се редно везује са активним отпорником R и извором наизменичне струје, ефективне вредности напона U (видети слику 2.6.4).



Сл. Електрична шема за мерење фактора снаге

Ефективне вредности напона на опорнику и електричном колу чији фактор снаге одређујемо означимо са U_r и U_z . За приказано електрично коло фазорски дијаграм је приказан на слици



Сл. Фазорски дијаграм претходног електричног кола.

За све елементе у колу, заједничка је јачина струје I , и представља се на фазорској осци. Напон на активном отпорнику R је у фази са струјом и колинеаран је са осом. Напон U_z на електричном колу Z уопштено је фазно померен у односу на струју. Фазни померај означимо са ϕ . Резултујући напон извора U представља вектоски збир напона U_R и U_z .

На основу косинусне теореме може се написати да је

$$U^2 = U_R^2 + U_z^2 - 2U_R U_z \cos(\pi - \phi)$$

Односно важи да је фактор снаге испитиваног електричног кола једнак

$$\cos \phi = \frac{U^2 - U_R^2 - U_z^2}{2U_R U_z}$$

На основу релације се види да фактор снаге можемо одредити мерењем напона U , U_R и U_z .

Одредити фактор снаге за следећа електрична кола:

- Активни отпорник
- Редна веза активног отпорника и кондензатора

На основу израчунатих вредности одредити активне снаге тих електричних кола, релацијом

$$P_a = U_z I \cos \phi$$