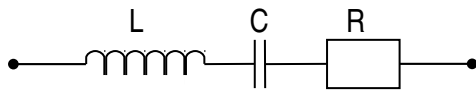


B2_12 Upornik, tuljava in kondenzator v tokokrogu z izmeničnim tokom

Teoretični uvod

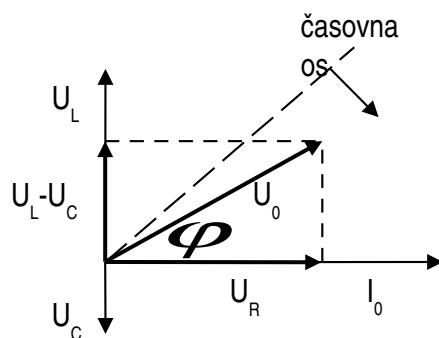
Če bi priključili upornik na izmenično napetost, bi ugotovili, da sta napetost in tok na uporniku v fazi. To zagotavlja Ohmov zakon $U = RI$. Če bi storili enako z tuljavo in kondenzatorjem, bi ugotovili, da napetost na tuljavi prehiteva tok za fazni kot $\pi/2$, napetost na kondenzatorju pa zaostaja za tokom za fazni kot $\pi/2$. Vezja s temi elementi zato predstavimo s kazalčnimi diagrami.

Obravnavajmo najprej zaporedno vezavo upornika, kondenzatorja in tuljave (slika 1). Iščemo fazni kot med skupno napetostjo na elementih in tokom skozi vezje ter skupni upr (impedanco) vezja.



Slika 1.

Najprej narišemo tok I_0 , ki je enak skozi vse elemente, saj so vezani zaporedno. Dogovorimo se, da narišemo I_0 vodoravno, proti desni. Nato je potrebno vrisati napetosti U_R , U_L in U_C . Fazni kot med I_0 in U_R je 0, zato narišemo U_R vzporedno I_0 . Napetost U_L prehiteva I_0 za fazni kot $\pi/2$, zato bo pravokotna na tok I_0 . Po dogovoru jo narišemo navzgor. S tem smo določili smer časa. Če časovno os vrtimo, kot kaže Error: Reference source not found, najprej srečamo U_L in šele nato I_0 . Preostane le še, da vrišemo U_C . Ker zaostaja za tokom I_0 za fazni kot $\pi/2$, jo narišemo navzdol.

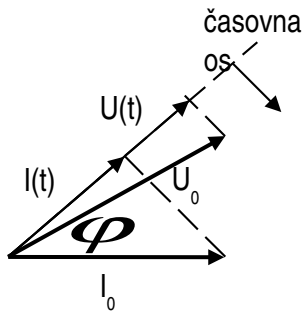


Slika 1.

Tak diagram (slika 2) nazorno predstavlja posamezne količine. Vrisane so amplitude posameznih količin in fazni koti med njimi. Trenutne velikosti količin predstavljajo projekcije pripadajočih amplitud na časovno os. To prikazuje Error: Reference source not found. Zaradi preglednosti sta narisani samo projekciji I_0 in U_0 . Vrtenje časovne osi predstavlja torej nihanje posameznih količin. Amplitude in fazni koti se ne spreminjajo.

Iz slike 3 ob uporabi Pitagorovega izreka sledi enačba

$$U_0 = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$



Slika 2.

Fazni kot φ med I_0 in U_0 izračunamo iz enačbe

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R},$$

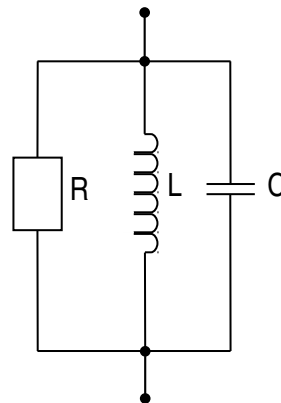
ki prav tako sledi iz slike 2.

Želimo še enačbe, s katerimi bi izračunali velikosti napetosti U_L in U_C . Izkaže se, da nam koristi, če vpeljemo kapacitivni upor $R_C = \frac{1}{\omega C}$ in induktivni upor $R_L = \omega L$, napetosti pa izračunamo kar iz Ohmovega zakona.

Tudi skupni upor vezja – impedanco vezja izračunamo iz Ohmovega zakona

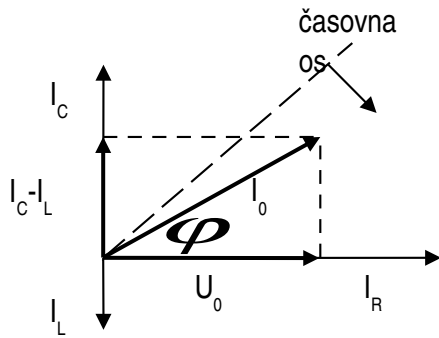
$$R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{\sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}}{I_0} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Sedaj ponovimo postopek za vzporedno vezavo elementov (slika 4).



Slika 3.

Ponovno si pomagamo z kazalčnimi diagrami. Vodoravno v desno zdaj narišemo U_0 , ki je pri vzporedni vezavi enaka za vse elemente. Tokove vrišemo, upoštevajoč dogovore zgoraj. Dobimo sliko 5.



Slika 4

Iz slike 5 ob upoštevanju $R_C = \frac{1}{\omega C}$ in $R_L = \omega L$, dobimo enačbe

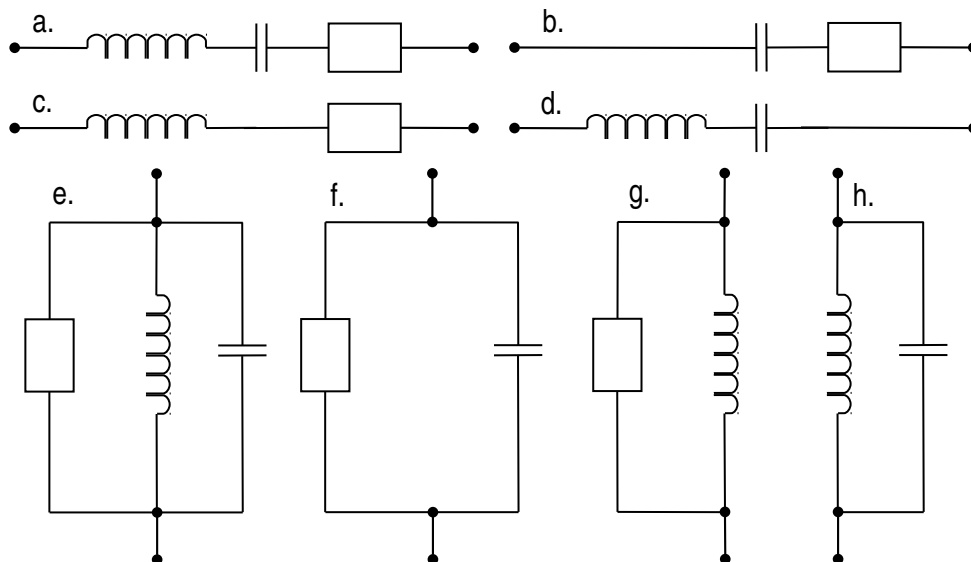
$$I_0 = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2},$$

$$\tan \varphi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$$

in

$$R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_0}{\sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}.$$

Na podoben način izračunamo fazni zamik in impedanco za vezave na sliki 6. Izpelji sam!! Pri izpeljavah upoštevaj, da ohmski upor tuljave ni zanemarljiv.



Slika 5

Naloga

Ekperimentalno preveri zveze, ki si jih teoretično izpeljal za zaporedno in vzporedno vezavo RLC ter za vezave na sliki 6.

Potrebščine

Transformator, tuljava, kondenzator, upornik, 2 univerzalna merilnika.

Navodilo

Najprej zapiši vrednosti za upor R , kapacitivnost C , induktivnost L , ohmski upor tuljave R_L in frekvenco ν . Nato sestavi vse vezave, ki jih prikazuje Slika 5. Vsakič izmeri skupno napetost, skupni tok, napetost na posameznih elementih pri zaporedni vezavi in tokove skozi posamezne elemente pri vzporedni vezavi.

Skupno impedanco vezja R_0 izračunaj iz $R_0 = \frac{U_0}{I_0}$ (izmerjena vrednost) in jo primerjaj z vrednostjo, ki sledi iz enačb, izpeljanih v vprašanju za pripravo 7 (izračunana vrednost).

Zaradi zapletenejših enačb je računanje z napakami tukaj zelo zamudno. Izračunaj napake **za en primer**, nato izračunaj isti primer še s poenostavljenimi pravili za računanje z napakami (A. Računanje z napakami). Primerjaj rezultata in določi neke vrste korekcijski faktor, s katerim moraš pomnožiti napako poenostavljene rešitve, da dobiš pravilni velikostni red napake. Vse ostale primere izračunaj po poenostavljeni metodi.

Razmisli

1. Izpelji izraze za fazni zamik med tokom in napetostjo, za imepdanco in za tok/napetost za vezave na sliki 6.
2. Zapiši Ohmov zakon in z besedami opiši, kaj nam pove. Katere količine nastopajo v zakonu?
3. Kaj je induktivnost in kaj kapacitivnost?
4. Kaj je zaporedna in kaj vzporedna vezava. Katere lastnosti veljajo, če zaporedno vežemo: same upornike, same tuljave, same kondenzatorje
Kaj pa velja, če elemente vežemo vzporedno?
Obravnavaj ločeno enosmerno in izmenično napetost!
5. Kako so L , C , R_L in R_C odvisni od frekvence toka oz. napetosti?
6. Razloži, kako vrtenje časovne osi predstavlja nihanje posamezni količin, ki smo jih upodobili puščicami v kazalčnem diagramu.
7. Vezja z izmeničnim tokom lahko obravnavamo tudi s kompleksnimi števili. Razloži osnovni princip kompleksne obravnave takšnih primerov in na ta način izpelji enake enačbe, kot v teoretičnem uvodu, za zaporedno vezavo upornika, kondenzatorja in tuljave.
8. Primerjaj enačbe za vzporedno in zaporedno vezavo, ki so izpeljane v teoretičnem uvodu in ki si jih izpeljal pri prejšnjem vprašanju. Ena je limitni primer druge. Razloži!
9. Kako bi izmeril ohmski upor tuljave?
10. Zaporedno RLC vezavo priključimo na $U = U_0 \sin(\omega t)$, kjer je U_0 konstanta. Velja še: $R = 20\Omega$, $L = 50mH$, $R_L = 5\Omega$ in $C = 13mF$. Pri kateri ω je moč na uporniku P_R največja?
Nalogo reši a) z razmislekom in b) z minimizacijo (zapišemo izraz za impedanco Z tega vezja in ta izraz odvajamo ter enačimo z 0: $dZ/d\omega=0$, S tem smo poiskali minimalno vrednost Z pri neki določeni ω . Takrat skozi vezje pri isti napetosti teče največji možni tok, torej je tudi moč na uporniku največja).