

## 1. OSNOVE ELEKTRICITETA

### ELEKTRIČNI NABOJ

- svojstvo tvari kojim objašnjavamo električne pojave (električne sile)

$$[Q] = As = C \quad (\text{ampersekunda ili koton})$$

- elementarni naboj  $q_0 = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$  (elektroni  $-q_0$ , protoni  $+q_0$ )

### ELEKTRIČNE SILE

- ako približimo dva nabijena tijela između njih javlja se električna sila



- Coulombov zakon opisuje el. силу изmeđu dva naboga

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}}{\text{As}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

- Dielektričnost  $\epsilon_r$  je mjeri otpora za električna polja u određenom mediju

↳ dielektričnost za vakuum:  $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

↳ relativa dielektričnost myeri koliko je veći od dielektričnosti vakuuma

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (\epsilon_r \text{ za zrak } \approx 1)$$

## ELEKTRIČNO POLJE

- prostor djelovanja el. sile, ako na naboju na nekom mjestu djeluje el. sila kažemo da na tom mjestu postoji el. polje
- Jakost el. polja je omjer el. sile  $F$  kojom polje djeluje na naboju postavljen u tu točku i veličine tog naboja  $Q$ . Jakost polja je vektorska veličina i ima omjer el. sile na pozitivan naboј

$$[E] = N/A_s = V A_s/m / A_s = V/m$$

## RADIJALNO ELEKTRIČNO POLJE

- Polje točkastog naboja (ili nabijene kugle) takođe je oblika da se linice polja šire radijalno u prostor

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$E$  je gustoća silnica

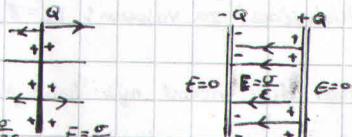
## HOMOGENO ELEKTRIČNO POLJE

- polje plošnog naboja s plošnom gustoćom naboja  $\sigma$  ili ravnougađeno nabijene ploče.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$[\sigma] = A_s/m^2$$

(plošna gustoća naboja)



## ELEKTRIČAN POTENCIJAL

- $\varphi$  je svojstvo pojedine točke el. polja, a definiran je kao

$$\varphi = \frac{W}{Q}$$

omjer el. potencijalne energije  $W$  koju neki naboј ima u toj točki i veličine tog naboja  $Q$ .

$$[\varphi] = V = [U] \text{ (volt)}$$

## POTENCIJAL U RADIJACNOM POLJU

$$\varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x}$$

$x$  je udaljenost od točkastog naboja

## POTENCIJAL U HOMOGENOM POLJU

$$\varphi_x = -Ex + \varphi_0$$

- linearno od pada u smeru polja  
 $x$  je udaljenost od referentne (polazne) točke  
 $\varphi_0$  je potencijal referentne (polazne) točke

## ELEKTRIČNI NAPON

- razlika električnih potencijala između dviju točki ( $A$  i  $B$ )

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

- kod el. napona važeći je predznak ( $U_{AB} = -U_{BA}$ )

## RAD ELEKTRIČNIH SICU

- pri mičanju naboja  $Q$  iz točke 1 u točku 2 definiran je danom jednadžbom. Rad predstavlja razliku poslovne energije  $W_1$  i završne  $W_2$

$$A_{12} = W_1 - W_2 = Q \cdot U_{12}$$

$$[A] = [W] = VA_s$$

- rad je pozitivan ako el. sila rada obavljaju rad i tako gubi energiju a red je negativan kada vanjska sila povećava energiju naboja

## NAPON IZMEĐU PLOĆA

- napon između homogenih ploča razmaknutih udaljenosti  $d$  i jačinom homogenog polja  $E$  a na pločama se radujući naboji  $+Q$  i  $-Q$

## ELEKTRIČNI KAPACITET

- el. kapacitet je sposobnost tijela da zadrži razdvojeni električni naboj

$$C = \frac{Q}{U} \quad [C] = A\text{V}^{-1} = F \quad (\text{farad})$$

## ELEKTRIČNI KONDENZATOR

- Naprava vrloće kapacitivnosti, najčešće sastavljen dva vodljiva tijela (elektrode) razdvojene izolatorom

## KAPACITET PLOČASTOG KONDENZATORA

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

$\epsilon$  je dielektričnost izolatora između  
 $S$  je površina ploča  
 $d$  je razmak između ploča

## ENERGIJA NA KAPACITETU $W$

$$\begin{aligned} W &= \frac{QU}{2} \quad \text{Energija se na kapacitetu pohranjuje u obliku električnog polja stvoreneg između razdvojenih pozitivnih i negativnih nabojia na elektrodama} \\ &= \frac{Q^2}{2C} \\ &= \frac{CU^2}{2} \end{aligned}$$

## 2.1 ELEKTRIČNA STRUJA | OTPOR TE SNAGA |

### ENERGIJA

#### ELEKTRIČNA STRUJA

- Usmjereni gibanje el. nabojia.
- Jakost struje je brzina protoka u vremenu ili kod nejednolikog strujanja u pojedinom trenutku

$$i = \frac{dq}{dt} \quad I = \frac{Q}{t} \quad [i] = [I] = A \quad (\text{amper})$$

#### GUSTOĆA STRUJE

- Iznos je jakost struje kroz površinu presjeka vodiča  $S$

$$J = I/S \quad [J] = A/m^2$$

- Vektorska količina gustoće struje je umnožak broja nosioca  $N$ , zatim njihovog pojedinačnog nabojia  $q$ , te njihovom pravom kretanjem  $\vec{v}$ .

$$\vec{J} = Nq\vec{v}$$

- isto tako u materijalu provednosti  $\kappa$  u kojem je polje  $E$  gustoća struje je njihov umnožak

$$\vec{J} = \kappa \vec{E}$$

#### PROVODNOST $\kappa$

- jest svojstvo tvari koje je mjeru sposobnosti tvari da vodi električnu struju

$$[\kappa] = \text{A/Vm}$$

## OPTORNOST

- jest stogotvo tvari koje je mjeru otpiranja tvari u protoku el. struje.

$$\rho = \frac{I}{A} \quad [P] = \frac{V_m}{A}$$

## VODLJIVOST

- svojstvo tijela koje je mjeru njegove sposobnosti da vodi el. struju

$$G = \kappa \frac{S}{l} \quad [G] = A/V = S \quad (\text{siemens}) \quad -S \text{ je površina prečnika}$$

-l je duljina vodiča

## ELEKTRIČNI OPTOR

- svojstvo tijela koje se mijera njegova opiranja toku el. struje.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [R] = \frac{V}{A} = \Omega \quad (\text{ohm})$$

## OHMOV ZAKON

$$R = \frac{U}{I} \quad -\text{omjer napona prema struci jednak je otporu}$$

- otpornici koji imaju stalni otpor zovemo linearni (omski) otpornici

## TEMPERATURNE OVISNOSTI OPTORA

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha_{20} (t - 20)] \quad R_t \text{ je otpor na temperaturi } t \text{ (u } ^\circ\text{C),} \\ \text{gde je } R_{20} \text{ otpor na } 20^\circ\text{C i } \alpha_{20} \text{ je} \\ \text{temperaturni koeficijent otpora}$$

## ENERGIJA W NA OPTORU R

- energija W koja se pretvara u toplinu tijekom vremena t

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \quad [W] = J = VAs \quad (\text{joule, voltamper sekunda})$$

## SNAGA P NA OPTORU R

- predstavlja brzinu kojom se električna energija pretvara u toplinu

$$P = I^2 \cdot R \quad [P] = VA = W \quad (\text{watt})$$

## 2.2 OSNOVNI ELEMENTI, SPOJEVI I ZAKONI ELEKTRIČNIH

### KRUGOVA

ELEKTRIČNI KRUG je model stvarnog strujnog kruga. Nema dimenziju i čine ga idealni elementi.

### KIRCHHOFFOVI ZAKONI

- KZ za STRUJU (Kzs) - u svakoj točki grananja struja algebraiski zbroj svih struja jednak je nuli. Predznak vrijednosti (+/-) ovisi o smjeru struje

$$\sum_{\text{all}} I = 0 \quad (\sum I_{\text{out}} = \sum I_{\text{in}})$$

- KZ za NAPONE (Kzn) - u svakoj petriji (zatvoren put po elementima) algebraiski zbroj svih napona jednak nuli. Rast napona na aktivnim elementima (izvor) i pad napona na pasivnim elementima (otpornici).

$$\sum_{\text{all}} U = 0 \quad (\sum U_{\text{volt}} = \sum U_{\text{pot}})$$

### SNAGA P(t)

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad \text{na nekom elementu snaga u trenutku je jednaka} \\ \text{umnožcu napona i struje u trenutku.}$$

### ENERGIJA W(t)

$$W(t) = \int_0^t p(t') dt' \quad \text{na nekom elementu energija je jednaka integralu slage tijekom} \\ \text{vremena t'}$$

## OTPORNICI



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

$R$  je otpor na kojem  $u(t)$  i  $i(t)$

u svakom trenutku vezani uz ohmov zakon

$$\text{statički otpor: } R_s = \frac{U}{I}$$

$$\text{dinamički otpor: } r = \frac{du}{di}$$

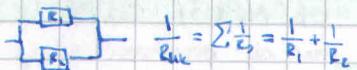
serijski spoj:



$$R_{\text{ser}} = \sum R_i = R_1 + R_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow U_{\text{ser}} = U_1 + U_2$$

paralelni spoj

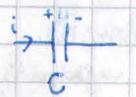


$$\frac{1}{R_{\text{par}}} = \sum \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$G_{\text{par}} = \sum G_i = G_1 + G_2$$

$$U_{\text{par}} = U_1 = U_2$$

## KONDENZATORI



$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$

$C$  je kapacitet na kojem  $u(t)$  i  $i(t)$   
u svakom trenutku vezani s ovom jednačinom

serijski spoj:

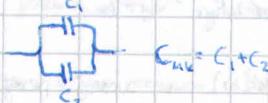


$$\frac{1}{C_{\text{ser}}} = \sum \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

nazivni napon je nazivi napon koji omogućiti priključiti na kondenzator

paralelni spoj:



$$U_{\text{par}} = U_1 = U_2$$

## JEDNOSTAVNI KRUGOVI ISTOSMRNE STRUJE

OTPORNICKI

### KRUGOVNI

#### NAPONI Petnagu Hoda

- $U_0$  ili  $U_{ph}$  ili  $E$  je unutarnji napon (elektromotorna sila) izvora, predstavlja napon na priključenima izvora u stanju praznog hoda ( $R=0, I=0$ )

#### STRUSA KRATKOG SPOJA

- $I_0$  ili  $I_{ph}$  jest parametar izvora koji predstavlja struju izvora u stanju kratkog spoja ( $R=0, U=0$ )

#### JEDNADZBA REALNOG IZVORA

- $U = U_0 - IR$ : -  $U_0$  je napon praznog hoda,  $R$  je unutarnji otpor a  $I$  je napon a  $I$  je struja na priključenici izvora.

#### NAPONSKI MODEL



- Realan naponski izvor predstavljači kao spoj idealnog naponskog izvora i njegovog unutarnjeg otpora u serijski.

#### UNUTARNJI OTPOR IzVORA

$$R_i = \frac{U_0}{I_0}$$

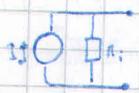
- parameter realnog izvora koji je jednak omjeru napona praznog hoda i struje kratkog spoja

#### STUPANJSKA ISKORISTENJA

$$\eta = \frac{R_t}{R_t + R_i}$$

- stupanj korisnog djelovanja naponskog izvora je prikazan omjerom priključenog otpora i ukupnog otpora ( $R_t + R_i$ )

## STRUJNI MODELI



- realni strujni izvor predstavljan je modelom idealnog strujnog izvora spojenog u paralelu s unutarnjim otporom.

## STUPAN ISKORISTENJA

$$\eta = \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

- stupanj korisnog djelovanja strujnog izvora je prikazan omjerom unutarnjeg otpora i ukupnog otpora ( $R_i + R_s$ )

## UVJET PRILAGODENJA

$$R_t = R_i$$

- uvjet prilagodjenja trošila na izvor radi ubrzavanjem najveće snage. Kada je  $R_t = R_i$  ( $\eta = 50\%$ )

## 4. SLOŽENI KRUGOVI ISTOSMRJENE STRUJE

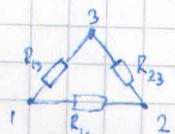
### MOSNI SPOJ OTPORA



- mosni spoj predstavlja paralelni spoj dvoju djelila napona (serijski  $R_1$  i  $R_2$  te  $R_3$  i  $R_4$ ) s petim otpornom  $R_s$  između srednjih točaka

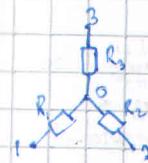
- uvjet ravnoteže mesta je kada oba djelila napon u istom smjeru. Kada je mosni spoj u ravnoteži na otporniku  $R_s$  nema napona.

### SPOJ OTPORA U TROKUT



- spoj u kojim su tri otpora spojena između tri točke. U svakoj točki su spojene dvije priključnice dvoju otpornika.

### SPOJ OTPORA U ZVEZDU



- spoj 3 otpora između tri točke, u kojima je jedna priključnica svakog otpora u jednu četvrtu zajedničku točku.

### PRETVORBA TROKUTA U ZVEZDU

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_3}, \quad R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_1}, \quad R_{31} = \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_0 = R_{12} + R_{23} + R_{31}$$

- temelji se na istovrijednosti dvoju spojeva u odnosu na ostatak el. kruga. Spoj otpora  $R_1, R_2, R_3$  u zvezdu istovjezen je spoju otpora  $R_{12}, R_{23}, R_{31}$  u trokutu.

### PRETVORBA ZVEZDNE U TROKUT

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}, \quad R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}, \quad R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

- temelji se na istovrijednosti dvoju spojeva u odnosu na ostatak el. kruga.

### ELEKTRIČNA MREŽA

- nazivamo el. krug s više izvora. Mrežom se ponajprije naziva i složeni spoj el. elemenata

**GRANA** - dio el. kruga kroz koji teče istra struja

**ČVOR** - je mjesto el. kruga gdje se sastaju tri ili više granica

**PETLJA** - je bilo koji zatvoren put po granama el. kruga (ni kroz koju granu dugput)

### SKUP NEZAVISNIH PETLJI

- je skup svih petlji u el. krugu koje se međusobno razložuju za barem jednu granu

## NACELO SUPERPOZICIJE

- ukupni učinak svih izvora na jednom elementu mreže može se razmatrati kao algebarski zbroj pojedinačnog učinka svakog od izvora u mreži

## METODA SUPERPOZICIJE

- je primjena načela super pozicije u analizi stavlja na pojedincu elementu mreže. Radi se tako da prvo odredimo pojedinačni doprinos svakog izvora pa se potom svi pojedinačni doprinosi zbroje.

- naponski izvor se "ugasi" kratkim spojem a strujni prekidom kruga

## 5. OSNOVE MAGNETIZMA

### MAGNETSKA SILA F NA NABOJ

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$F = qvB \sin(\alpha)$

-  $F$  je sila na naboj  $q$  koji se giba brzinom  $v$  kroz magnetsko polje  $\vec{B}$  pod ugлом  $\alpha$  između vektora  $\vec{v}$  i  $\vec{B}$ . Smjer sile je određen (lex) produktom vekutora ili pravilom desne ruke (palac je  $v$ , prsti su  $B$ , onda  $F$  izlazi iz dlanu).

### MAGNETSKA SILA F NA VODIĆ

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

$F = IlB \sin(\alpha)$

-  $F$  je sila na dužinu segmenta vodića  $l$  kroz koji protoci struja  $I$ , koji se nalazi u magnetskom polju gustoćom  $B$ .

## SILA IZMEĐU DVA PARALELNA VODIĆA

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

- sila između dva vodiča dužine  $l$ , s strujama  $I_1$  i  $I_2$ , udaljenosti  $d$ , gdje je  $\mu_0$  magnetska konstanta. Sila je privlačna kada su struje istog smjera a odbojnja kada su suprotnog smjera.

### MAGNETSKA KONSTANTA

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

- predstavlja magnetsku permeabilnost vakuuma.

### RELATIVNA PERMEABILNOST

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

-  $\mu_r$  prikazuje koliko je puta permeabilnost  $\mu$  veća u nekoj tvari uspoređenom sa permeabilnosti vakuuma  $\mu_0$ .

### GUSTOĆA MAGNETSKOG TOKA B

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi d}$$

- na udaljenosti  $d$  od osi ravnog vodiča protjecanog strujom jakosti  $I$  gdje je  $\mu_r$  relativna permeabilnost prostora oko vodiča.

$$[B] = \frac{Vs}{m^2} = T \quad (\text{Tesla})$$

### INDUCIRANI NAPON U RAVNOM VODIĆU

$$U_i = Blv \sin(\alpha)$$

- duljina  $l$  koji se giba brzinom  $v$  kroz magnetsko polje toka  $B$ .

### INDUCIRANI NAPON U PETLJI

$$U_i = \omega NBS \cdot \sin(\omega t)$$

$$= U_m \cdot \sin(\omega t)$$

- petlja s površinom  $S$ , vrati se kutnom brzinom  $\omega$  u homogenom magnetskom polju gustoće toka  $B$  (  $U_m$  je amplituda, a  $\omega$  je kružna frekvencija generatora izvoričnog napona).

## MAGNETSKI TOK $\Phi$

$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos(\alpha)$  - magnetski tok kroz površinu  $S$  koji je u homogenom magnetskom polju gustoću toka  $B$  da okreće na površinu zahvaljujući  $\alpha$  s pravcem magnetskog polja.

$$[\Phi] = V_s = \text{Wb} \quad (\text{Weber})$$

## ULANČANI TOK $\Psi$

$\Psi = N\Phi$  - krot tjele koje  $N$  puta obuhvača magnetski tok  $\Phi$ . (kod zavojnice  $N$  je broj zavoja).

$$[\Psi] = [\Phi] = V_o = \text{Wb}$$

## INDUKTIVITET $L$

$L = \frac{N\Psi}{I} = \frac{\Psi}{I}$  - koeficijent sameindukcije je mjera sposobnosti tjelesa da strujom obuhvatiti magnetski tok. Induktivitet  $L$  je definiran kao omjer ulančanog toka  $\Psi$  i jakosti struje  $I$  koja je taj tok stvorila

$$[L] = V_o/A = \text{H} \quad (\text{Henry})$$

$L$  - naziv koji dajemo idealiziranom elementu električnog kruga kojem dajemo samo svojstvo induktiviteta  $L$ .

## ZAVOJNICA

- (ili svitak) je naprava visoke induktivnosti, izvedena kao niz zavoja koji, protjecavši strujom, obuhvaćaju tom omjerom stvoreni magnetski tok. Za razliku od induktiviteta, koji je idealni element (el. krug), svitak je realni element koji ima i netki otpor (a i kapacitet).

## FARADAYEV ZAKON ELEKTRONAGNETSKE INDUKCIJE

$$U_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt}$$

$$U_i = -L \frac{di}{dt}$$

- induciran napon u petri je jednak brzini promjene toka u vremenu.

- induciran napon je isto jednak umnošku induktiviteta  $L$  i promjene struje u vremenu.

## LENZovo PRAVILA

- opisuje značenje "-" u jednadžbi Faradayaevog zakona i služi za određivanje polariteta induciranih napona, a kaže da je polaritet napona takav da se inducirani napon svojim djelovanjem suspostavlja izvornu smjeru nastanka

## VEZA STRUJE I NAPONA NA INDUKTIVITETU

$$U_L = L \frac{di}{dt} + \frac{u_o}{L}$$

- u el. krugu struja i napon su vezani ovom jednadžbom koja vrjedi za referentni polaritet napona i smjer struje prikazan na slici

## MAGNETSKA VEZA

- je stanje dviju zavojnica u kojem druga zavojnica obuhvača dio magnetskog toka stvorenog u prvoj zavojnici

## FAKTOR MAGNETSKE VEZE $k$

$$k = \frac{\phi_{12}}{\phi_1}$$

- opisuje vezu dviju zavojnica i jednak je omjeru djelika taka prve zavojnice koji prolazi kroz drugu  $\phi_{12}$  i ukupnog magnetskog toka prve zavojnice  $\phi_1$ .

## MEVNINDUKVITET $M$

$$M = \frac{N_2 \phi_{12}}{I_1}$$

- jest značajka magnetske veze dviju zavojnica definiran kroz omjer djela magnetskog toka prve zavojnice  $\phi_{12}$  ulančanog s  $N_2$  zavoja druge zavojnice i jakost struje prve zavojnice  $I_1$ .

$$[M] = [L] = H$$

## VEZA MEDUINDUKTIVITETA, INDUKTIVITETA TE FAKTORA MAGNETSKE VEZE

$$M = k \sqrt{L_1 L_2}$$

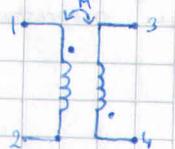
-  $M$  je međuinduktivitet,  $L_1$  &  $L_2$  su induktiviteti i  $k$  je faktor magnetske veze

## NAPON MEĐUINDUKCWE

$$U_M = M \frac{di}{dt}$$

- jedinice mnoštva koeficijenta međuindukcije  $M$  je brzina promjene jakosti struje u vremenu. Polaritet se određuje Lenzovim pravilom

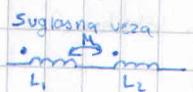
## OZNAKA MEĐUINDUKTIVNE VEZE



- u el. krugu označka međuinduktivne veze označuje se pomoću točaka na jednom kraju indeksom struje.

- u el. krugu da nisu vidljivi suprotni točki i manotaj polaritet međuindukcije određujemo iz položaja točaka: ako struja ulazi u prvi induktivitet na kraj označen točkom i raste, "+" napona međuindukcije je na onom kraju drugog induktiviteta koji je označen točkom.

## UKUPNI INDUKTIVITET SERIJSKOG SPOJA



- serijski spoj dvaju induktiviteta s međuinduktivnom vezom je za  $2M$  veći ili manji od zbroja dvaju induktiviteta, ovisno o tome jesu li u suglasnoj i nesuglasnoj vezi. Vezu je suglasna ako struja u oba induktiviteta ulazi na isti način.

## ENERGIJA NA INDUKTIVITETU W

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

$$W = \frac{\Psi \cdot I}{2}$$

- energija je određena induktivitetom  $L$  i jakosti struje  $I$  kroz induktivitet.

## 6. SINUSOIDNO PROMJENIVE ELEKTRIČNE VELIČINE

### SINUSOIDNE VELIČINE

- one čiji vremenska promjena ima oblik sinusne funkcije

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha_0)$$

-  $U_m$  je amplituda,  $\omega$  kružna frekvencija i  $\alpha_0$  početni kut.

**AMPLITUZA** -  $U_m$  je maksimalna vrijednost načinjenog oskobljenja funkcije

### KRUŽNA FREKVENCIJA

- ili kutna brzina je brzina promjene kuta sinusne funkcije u vremenu.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad [\omega] = \text{rad/s} = \text{s}^{-1}$$

**PERIODA T** - je vrijeme nakon koje se ponavljaju sve vrijednosti funkcije.

### FREKVENCIJA

$f = \frac{1}{T}$  broj perioda u jednoj sekundi od neke funkcije

$$[f] = \text{s}^{-1} = \text{Hz} \quad (\text{Hertz})$$

**PÖETNI KUT**  $\alpha_0$  je veličina koju ima kuta sinusne funkcije u trenutku  $t=0$ . Početni kuta određuje poziciju nulte točke sinusne funkcije od istodista.

### EFEKTIVNA VRJEDNOST

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

- vrijednost koju bi trebao imati stosnjeni napon (ili struja) da na otpisu ostvare jednaku snagu kao izvješnici napon (struja).

- efektivna vrijednost je sinusoidnog napona ili struje je  $\sqrt{2}$  puta manja od maksimalne.

## POMAK U FAZI

$$\Psi = \alpha_m - \alpha_0$$

- između dvoju sinusoidnih veličina (iste f) pomak u faziji je jednak razlike početnih kutova.

## SINUSNE FUNKCIJE

$$\sin(\pi/2) = 1$$

$$\sin(3\pi/2) = -1$$

$$\sin(0+k\pi) = 0$$

$$\sin(u+2k\pi) = \sin(u) \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$\sin(\alpha + \pi/2) = \cos(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \cos(\alpha - \pi/2)$$

$$\sin(\alpha - \pi/2) = -\cos(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = -\cos(\alpha + \pi/2)$$

zbroj (i razlika)

dvoju sinusnih funkcija

iste frekvencije je sinusna

funkcija iste frekvencije

$$\frac{d}{dt} \sin(\omega t) = \omega \cdot \cos(\omega t) = \omega \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$\int \sin(\omega t) dt = -\frac{1}{\omega} \cos(\omega t) = \frac{1}{\omega} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

## 7. RCL KRUGOVI

### IMPEDANCIA

Otpora:

$$Z_R = R \angle 0^\circ = R$$

Induktiviteta:

$$Z_L = \omega L \angle 90^\circ = j\omega L \\ = jX_L = X_L$$

Kapaciteta:

$$Z_C = \frac{1}{\omega C} \angle -90^\circ = -j\frac{1}{\omega C} \\ = -jX_C = X_C$$

### ADMITACIJA

Induktiviteta:

$$Y_L = \frac{1}{j\omega L} \angle -90^\circ = -j\frac{1}{\omega L} \\ = -jB_L = B_L$$

Kapaciteta:

$$Y_C = \frac{1}{j\omega C} \angle 90^\circ = j\omega C \\ = jB_C = B_C$$

### REZONANCIJA

uvjet:  $\text{Im}\{Z\} = 0$  ili  $\text{Im}\{Y\} = 0$

$$\text{Frekvencija: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

## R L KRUGOVI



$$\text{Impedancija: } Z = R + j\omega L = Z \angle \Psi \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \Psi = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

Paralelni:



$$\text{Admitacija: } Y = \frac{1}{R} - j\frac{1}{\omega L} = Z \angle \Psi^\circ \quad Y = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega L}\right)^2} \quad \Psi = \arctan\left(\frac{R}{\omega L}\right)$$

## RC KRUGOVI



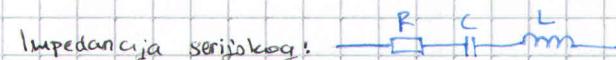
$$\text{Impedancija: } Z = R - j\frac{1}{\omega C} = Z \angle \Psi^\circ \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \Psi = \arctan\left(\frac{1}{R\omega C}\right)$$

Paralelni:



$$\text{Admitacija: } Y = \frac{1}{R} + j\omega C = Y \angle \Psi^\circ \quad Y = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2} \quad \Psi = \arctan(R\omega C)$$

## RCL KRUGOVI



$$Z = R + j\omega L + j\frac{1}{\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + jX = Z \angle \Psi$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \Psi = \arctan\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}\right) = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

Admitacija paralelnog:



$$Y = G + B_C + B_L = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) = G + jB = Y \angle \Psi$$

$$Y = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} \quad \Psi = \arctan\left(\left[\omega C - \frac{1}{\omega L}\right] \frac{1}{R}\right) = \arctan\left(\frac{B}{G}\right)$$