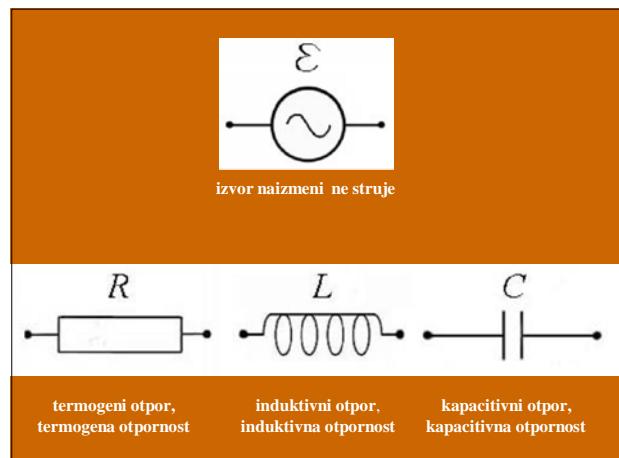
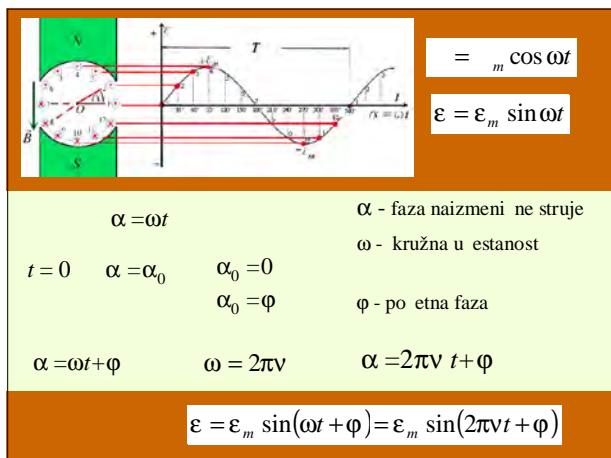
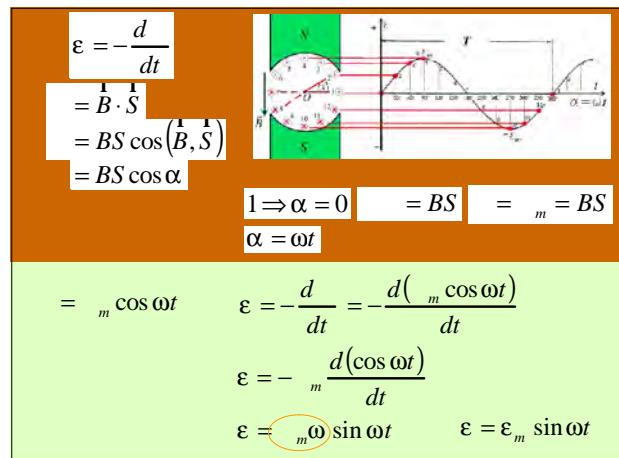
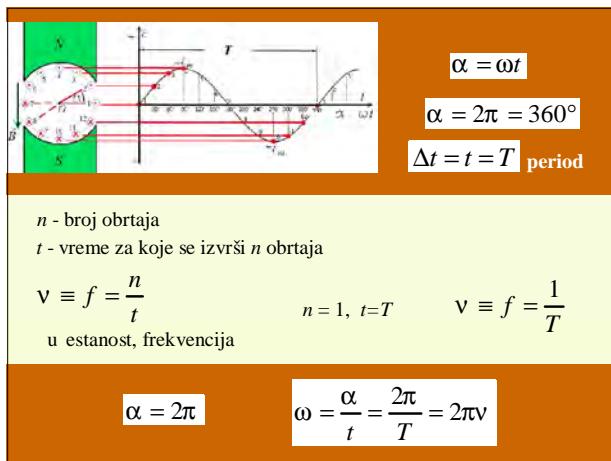
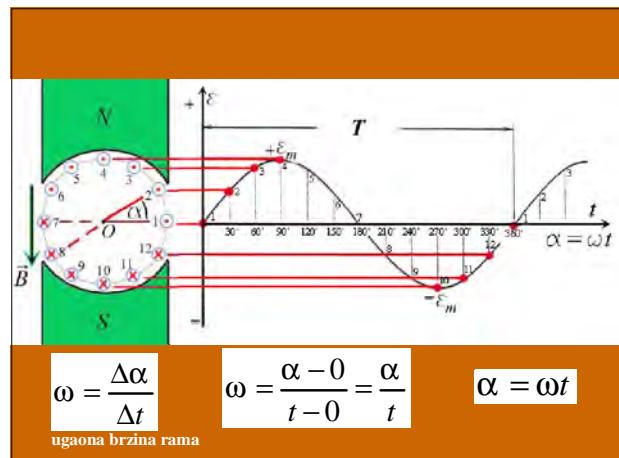
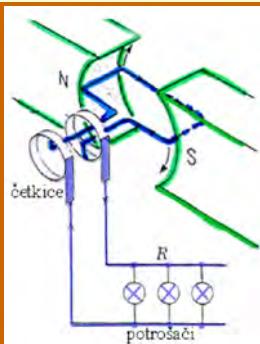


Naizmeni na struja

Proizvodenje neizmenih struja



Termogeni otpor

Trenutne vrednosti struje i napona zadovoljavaju:

Omov zakon,
I i II Kirhofovo pravilo

$$i_R = \frac{u_R}{R}$$

$$\epsilon - u_R = 0$$

$\epsilon = \epsilon_m \sin \omega t$

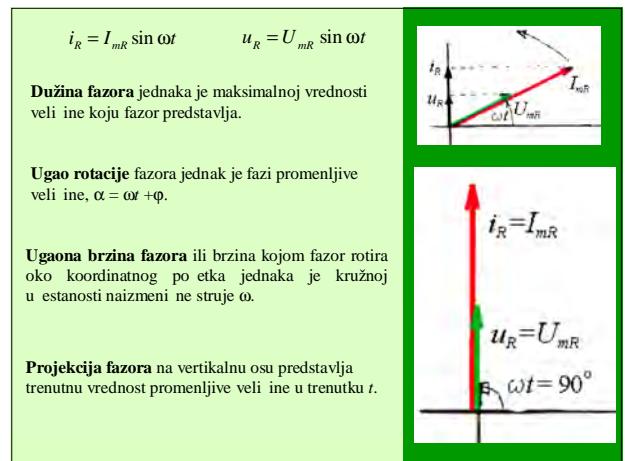
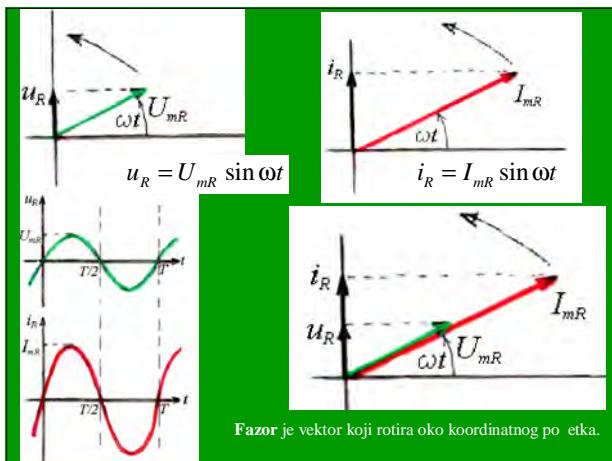
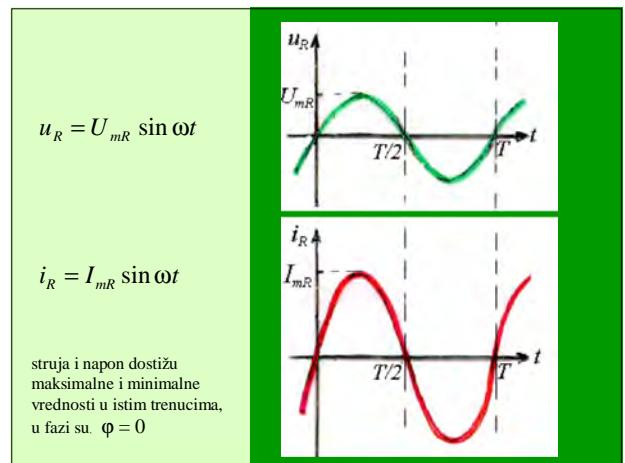
$$u_R = \epsilon = \epsilon_m \sin \omega t$$

$$U_{mR} = \epsilon_m$$

$$u_R = U_{mR} \sin \omega t$$

$$i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{U_{mR}}{R} \sin \omega t$$

$$I_{mR} = \frac{U_{mR}}{R}$$

$$i_R = I_{mR} \sin \omega t$$


Kapacitivni otpor

$\epsilon = \epsilon_m \sin \omega t$

$$\epsilon - u_C = 0$$

$$u_C = \epsilon = \epsilon_m \sin \omega t$$

$$U_{mC} = \epsilon_m$$

$$u_C = U_{mC} \sin \omega t$$

$$q_C = C u_C = C U_{mC} \sin \omega t$$

$u_C = U_{mC} \sin \omega t$

$$q_C = C U_{mC} \sin \omega t$$

$$i_C = \frac{dq_C}{dt} = \frac{d}{dt}(C U_{mC} \sin \omega t)$$

$$\frac{d(\sin ax)}{dx} = a \cos ax$$

$$i_C = \omega C U_{mC} \cos \omega t$$

$$i_C = \frac{U_{mC}}{\omega C} \cos \omega t$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

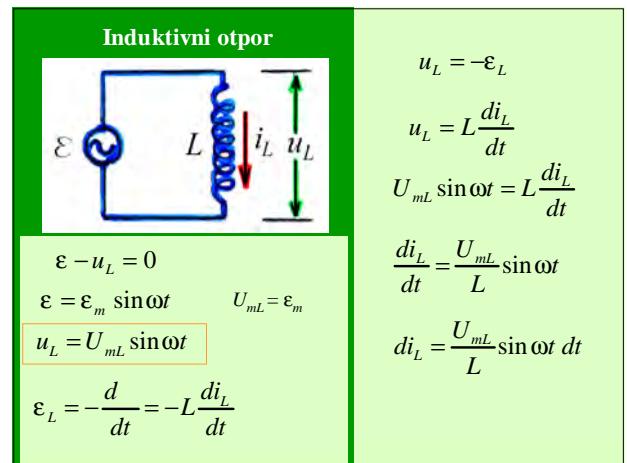
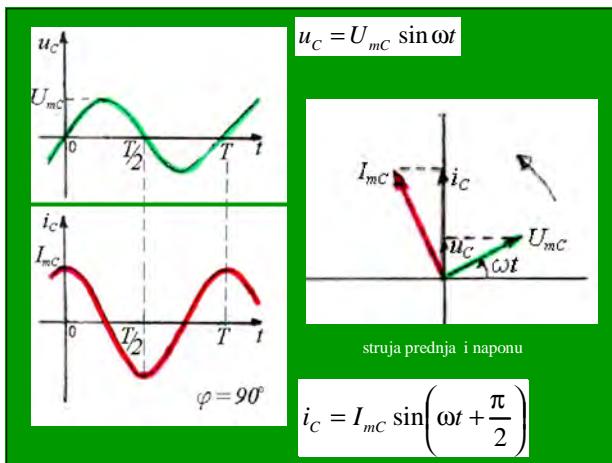
$$[X_C] = \Omega$$

$i_C = I_{mC} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

$i_C = I_{mC} \cos \omega t$

$X_C = \frac{U_{mC}}{I_{mC}}$

kapacitivna otpornost



$di_L = \frac{U_{mL}}{L} \sin \omega t dt$

Izra unavanje struje, ranski deo:

$$i_L = \int di_L = \int \frac{U_{mL}}{L} \sin \omega t dt = \frac{U_{mL}}{L} \int \sin \omega t dt$$

$$= \frac{U_{mL}}{\omega L} (-\cos \omega t) = \frac{U_{mL}}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

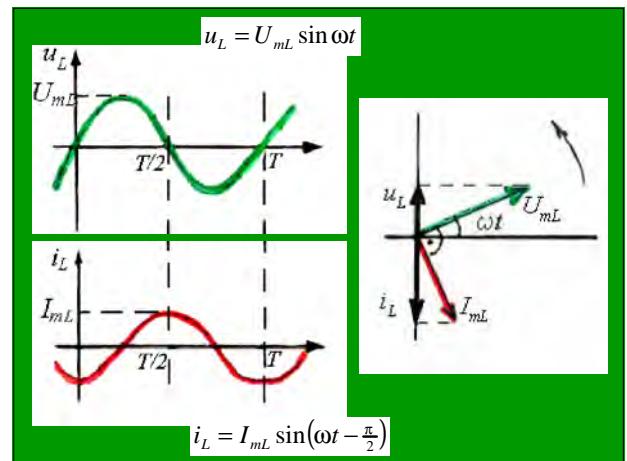
$X_L = \omega L$ induktivna otpornost $[X_L] = \Omega$

$i_L = \frac{U_{mL}}{X_L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

$I_{mL} = \frac{U_{mL}}{X_L}$

$i_L = I_{mL} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

$u_L = U_{mL} \sin \omega t$



Efektivne vrednosti struje i napona

Upore uje se toplotno dejstvo jednosmerne struje sa toplotnim dejstvom naizmeni struje sa termogenom otporom u toku vremena T

$Q_j = I_j^2 RT$

$i = I_m \sin \omega t$

$Q_n = \frac{1}{2} I_m^2 R T = \frac{1}{2} I_m^2 R \left[t_0^T - (2\omega)^{-1} \sin 2\omega t_0^T \right]$

$I_j = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

$I \equiv I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

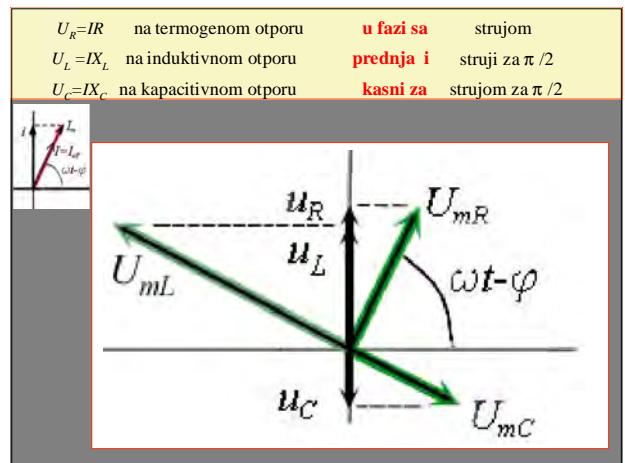
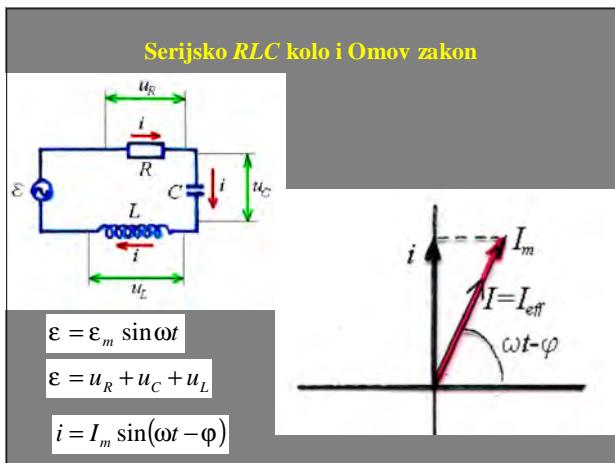
Kolike treba da su I_j i I_n da bi osloboene kolicine toplota Q_j i Q_n bile jednake?

$I_j^2 RT = \frac{1}{2} I_m^2 RT$

efektivna vrednost struje

$U \equiv U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

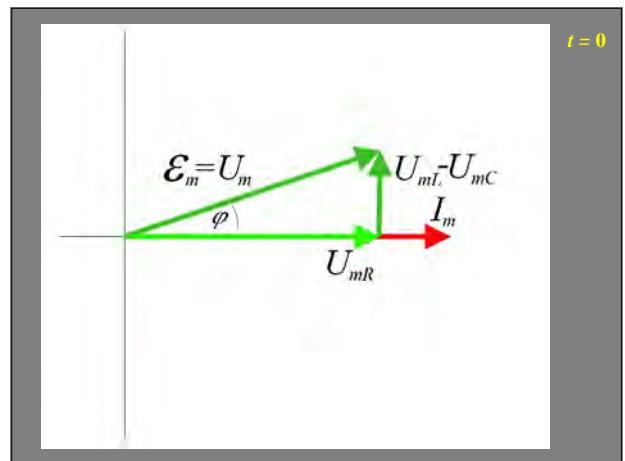
svi izrazi koji važe za maksimalne vrednosti važe i za efektivne



$U_R = IR$	na termogenom otporu	u fazi sa	strujom
$U_L = IX_L$	na induktivnom otporu	prednja i	struji za $\pi/2$
$U_C = IX_C$	na kapacitivnom otporu	kasni za	strujom za $\pi/2$

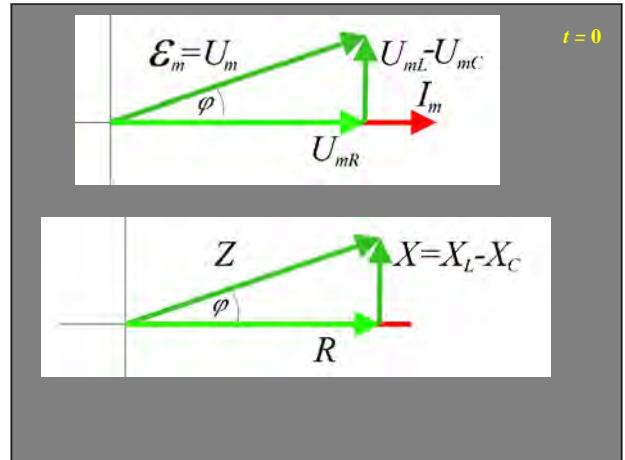
$$\begin{aligned} \mathcal{E}_m^2 &= U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2 \\ \mathcal{E}_m^2 &= I_m^2 R^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2 \\ \mathcal{E}_m^2 &= I_m^2 [R^2 + (X_L - X_C)^2] \end{aligned}$$

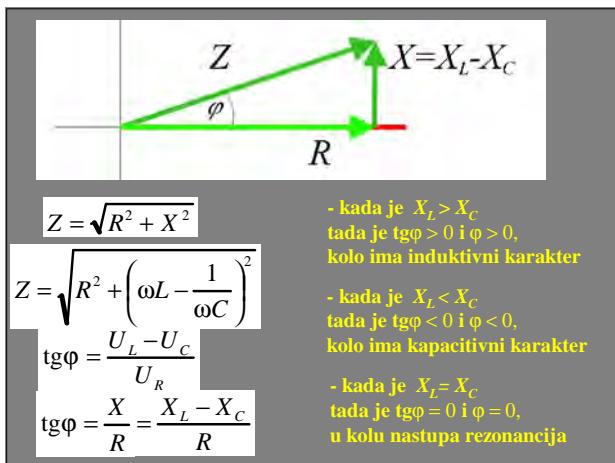
$$\begin{aligned} I_m &= \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \\ Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ \text{impedansa} & \quad [Z] = \Omega \\ I_m &= \frac{\mathcal{E}_m}{Z} \\ I &= \frac{\mathcal{E}_{eff}}{Z} = \frac{U}{Z} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \mathcal{E}_m^2 &= U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2 \\ \mathcal{E}_m^2 &= I_m^2 R^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2 \\ \mathcal{E}_m^2 &= I_m^2 [R^2 + (X_L - X_C)^2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_m &= \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \\ Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ \text{impedansa} & \quad [Z] = \Omega \\ I_m &= \frac{\mathcal{E}_{eff}}{Z} = \frac{U}{Z} \end{aligned}$$

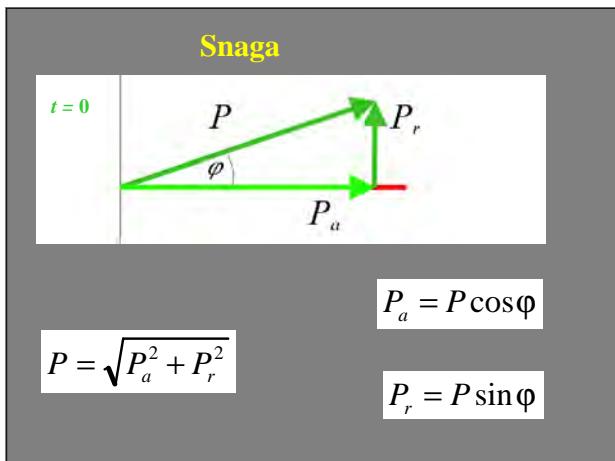
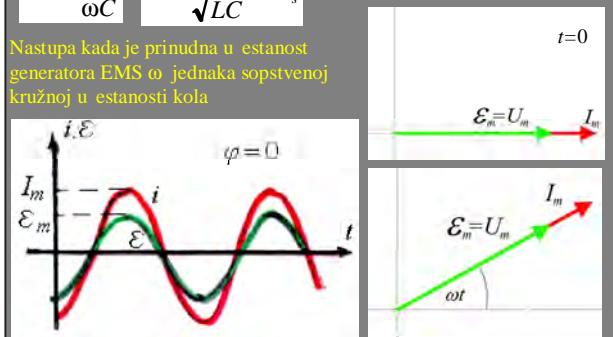




Rezonancija $X_L = X_C$ onda je $X = 0$ i $Z = R$

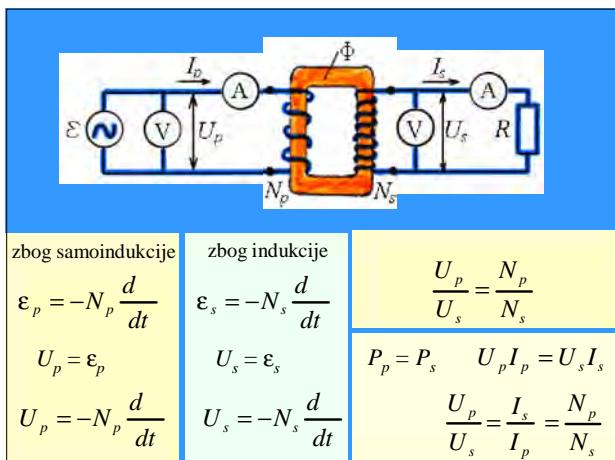
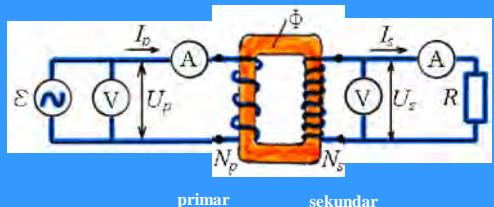
$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_s$$

Nastupa kada je prindna u estanost generatora EMS ω jednaka sopstvenoj kružnoj u estanosti kola



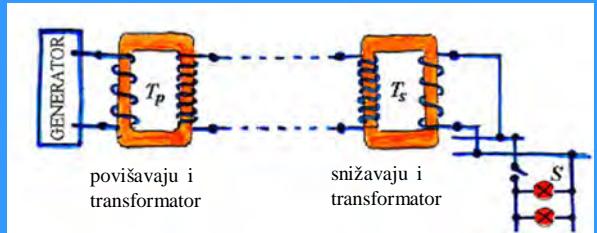
Transformatori i njihova primena

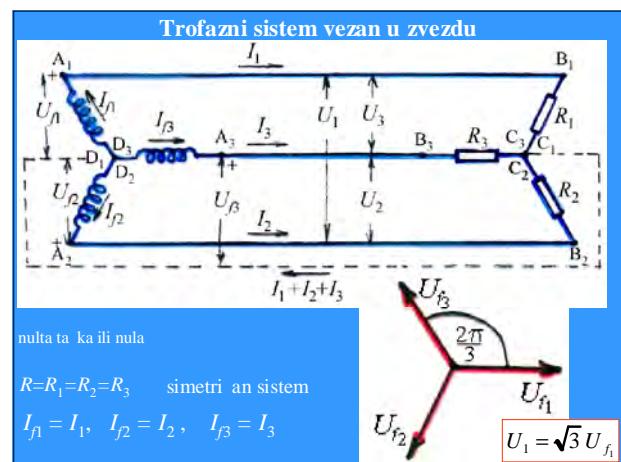
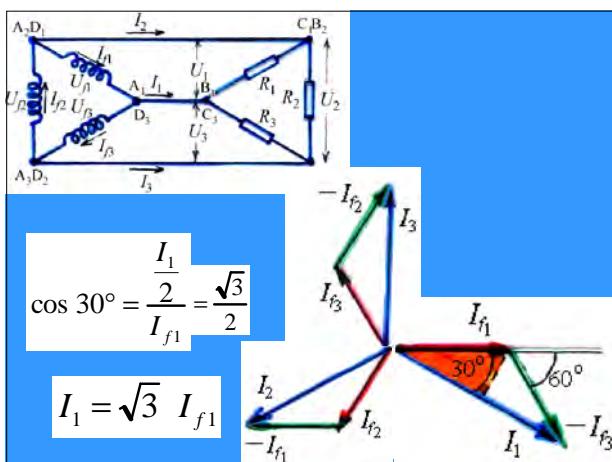
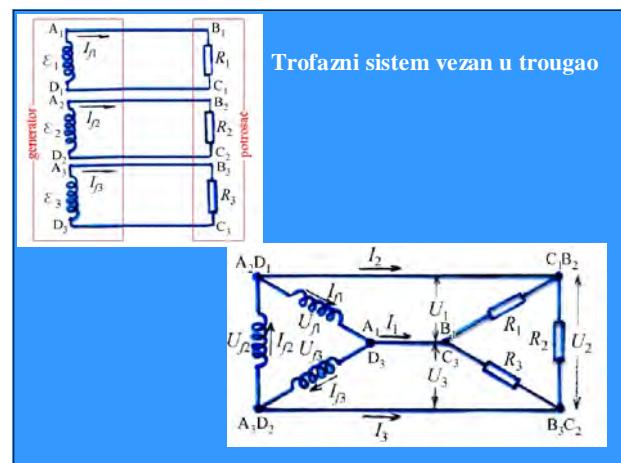
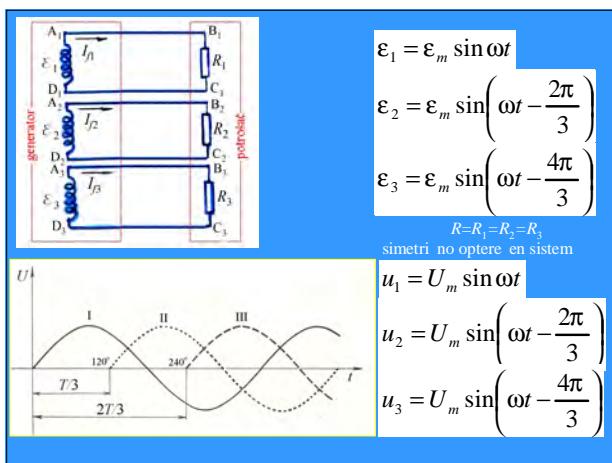
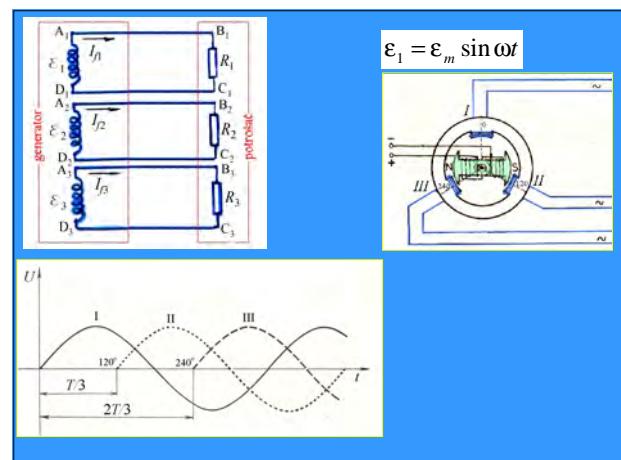
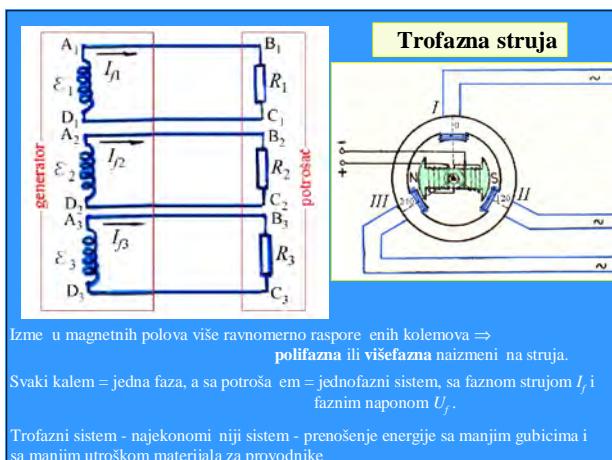
Dva električno odvojena kabela namotana na zatvoreno feromagnetsko jezgro – ine transformator

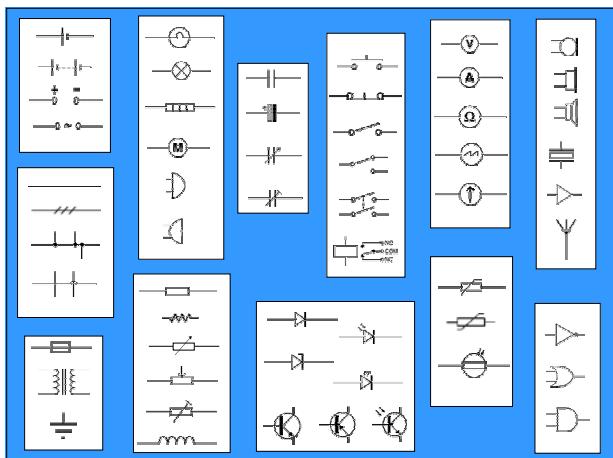
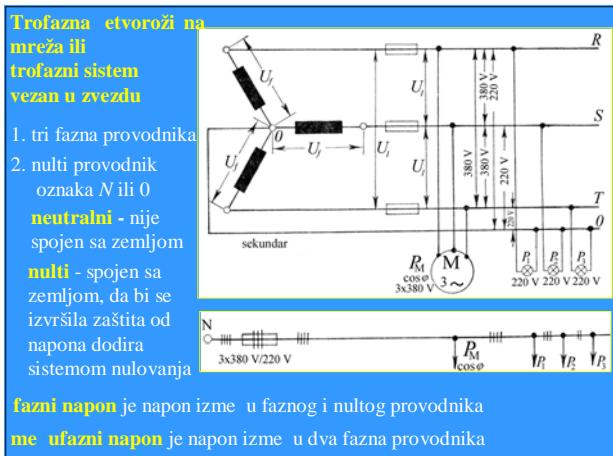
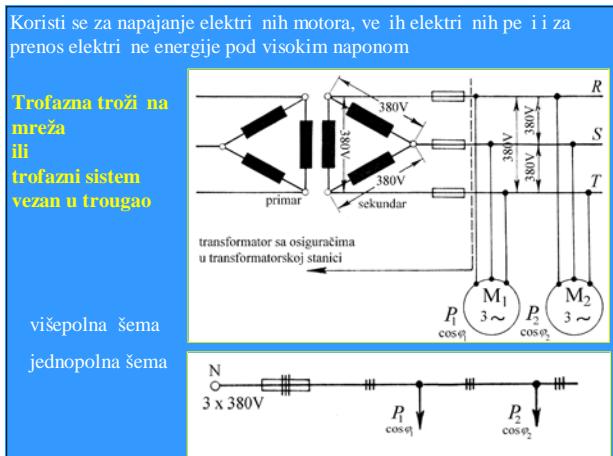


Primena:

električni aparati u domaćinstvu, u industriji i u telekomunikacijama
transport električne energije od električnih centrala do potrošača







Električne instalacije

Za prenos i distribuciju električne energije - elektroenergetska mreža

nazivni napon mreže - napon po kome se mreža naziva, označava i prema kome se daju radne karakteristike; 220 V 110 V

radni napon mreže - zavisi od pogonskih uslova

najviši napon mreže - najviša dozvoljena vrednost radnog napona koja sme da se pojavi u normalnom pogonu u mreži

najviši napon opreme - vrednost napona za koju je oprema konstruisana i pri kome ona može normalno da funkcioniše

prenapon napon ija maksimalna vrednost prelazi maksimalnu vrednost najvišeg napona opreme

Podela instalacija prema nameni:

- instalacije malog napona do 50 V
- instalacije niskog napona sa naizmeničnim naponom do 240 V
- instalacije visokog napona od 240 V

Podela naizmeničnih sistema napajanja prema broju provodnika:

- jednofazni sa dva provodnika,
- dvofazni sa tri provodnika,
- dvofazni sa pet provodnika,
- trofazni sa tri provodnika,
- trofazni sa etiri provodnika

Uzemljenje i električne instalacije

Deo strujnog kola,
gde struja u jednom delu prolazi,
između dve elektrode, kroz zemlju
naziva se **geološki provodnik**

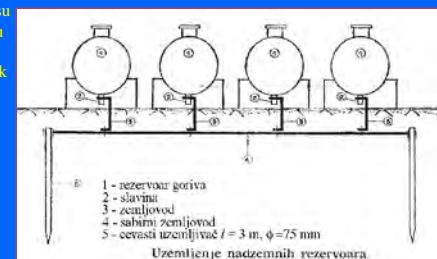
Veza uređaja koja treba uzemljiti sa zemljom,
geološkim provodnikom,
naziva se **uzemljenje**

Delovi uzemljenja

Uzemljivač je jedan ili
više provodnika koji su
položeni u do i sa njima su
u neposrednom kontaktu

Zemljovod je provodnik
koji spaja uređaje koji
treba uzemljiti sa
uzemljivačem ili sa
sabirnim zemljovodom

Sabirni zemljovod je
provodnik na koji je
priključeno više
zemljovoda. On se na
više mesta povezuje sa
uzemljivačem.



Podela uzemljenja po funkciji:

Zaštitno uzemljenje (PE)

uzemljenje metalnih delova koji ne pripadaju strujnim kolima
niti su posredno u električnom kontaktu sa njima ali, u slučaju kvara,
mogu da dođu u pod napon.

Radno uzemljenje

uzemljenje dela strujnog kola kojim se obezbeđuje željena
funkcija ili radne karakteristike tog kola.

primena: kod nekih vrsta antena i mernih instrumenata

Gromobransko uzemljenje

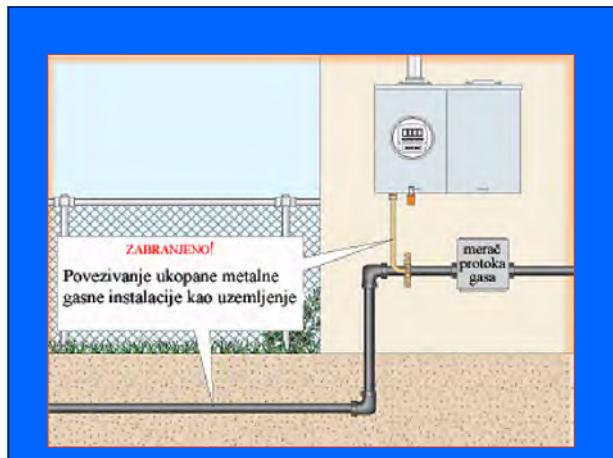
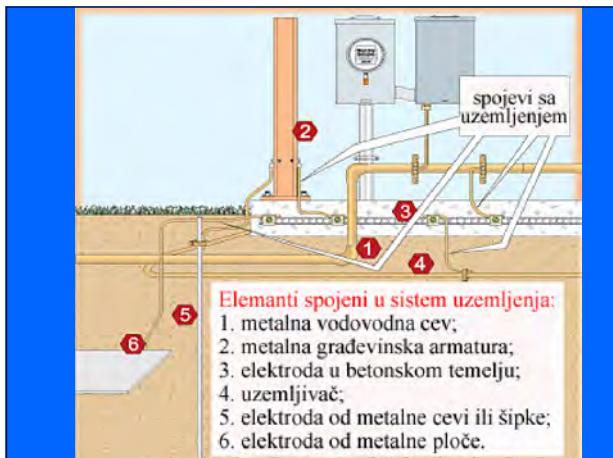
za odvođenje atmosferskog pražnjenja u zemlju

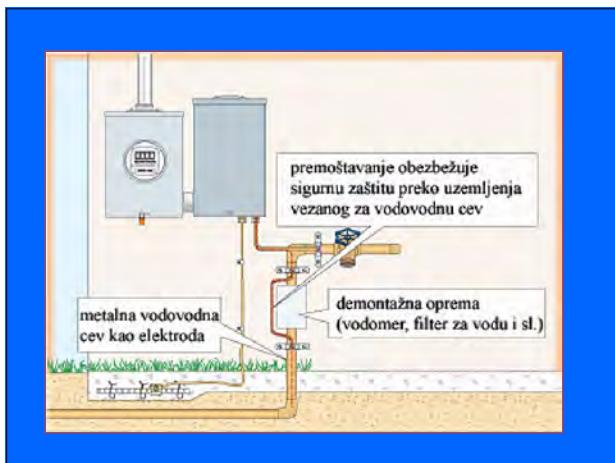
Međusobno povezani daju **zdržano uzemljenje**

Uzemljivač - podela

Prema materijalu:

cevi ili šipke (štapovi),
trake ili žice, ploče,
armatura u betonu samo za $\phi \geq 10$ mm,
metalne vodovodne cevi (ako su
vodomeri premošteni),
ostale ukopane konstrukcije osim
cevovoda za grijanje i prenos zapaljivih
tehnologija i gasova





Uzemljiva i - podela

Prema materijalu:

cevi ili šipke (štapovi),
trake ili žice, ploće,
armatura u betonu samo za $\phi \geq 10$ mm,
metalne vodovodne cеви (ako su
vodomeri premošteni),
ostale ukopane konstrukcije osim
cevovoda za grijanje i prenos zapaljivih
te nisti i gasova

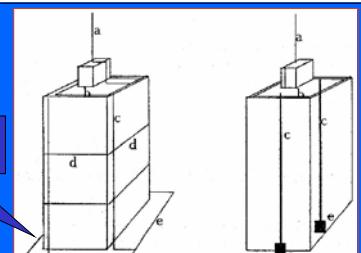
Prema sredini u koju se polaže:

uzemljiva i u tlu
temeljni uzemljiva i

Primer: zaštita višespratnog objekta

bez prirodnih komponenti,
ima prstenasti uzemljiva

- a) šapna hvataljka,
- b) prsten od horizontalnih
traka,
- c) vertikalni spust,
- d) horizontalni prsten za
povezivanje spusteva,
- e) uzemljiva



sa prirodnim komponentama
gromobrana

umesto spusteva i uzemljiva a
ima provodne vertikale
(vo iće liftova, armirano betonski skelet)
i temeljni uzemljiva

Uzemljiva i - podela

Prema materijalu:

cevi ili šipke (štapovi),
trake ili žice, ploće,
armatura u betonu samo za $\phi \geq 10$ mm,
metalne vodovodne cеви (ako su
vodomeri premošteni),
ostale ukopane konstrukcije osim
cevovoda za grijanje i prenos zapaljivih
te nisti i gasova

Prema sredini u koju se polaže:

uzemljiva i u tlu
temeljni uzemljiva i

Prema načinu izvođenja:

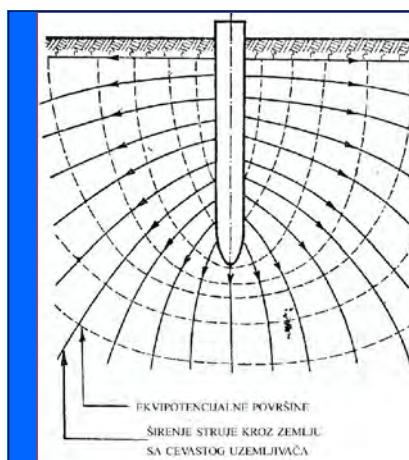
horizontalni (površinski),
provodnici ukopani u
zemlju na dubini od 0,5 m
do 1 m

vertikalni (dubinski), jedan
ili više šapnih uzemljiva a
(dužine 1 m do 5 m)

kosi uzemljiva i

Prema obliku uzemljiva a:

zrakasti,
prstenasti,
mrežasti,
kombinovani.

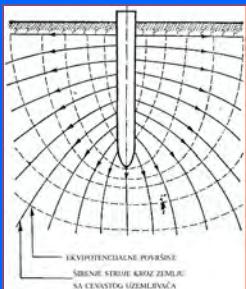


cevasti ili šapni
uzemljiva

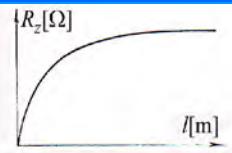
Širenje struje kroz
zemlju sa
cevastog
uzemljiva a

Uzemljiva kao celina

sa zemljovodom i geološkim provodnikom ima otpor



$$\begin{aligned} & \text{otpora zemljovodnog provodnika} \\ & + \text{otpora samog uzemljiva-a} \\ & + \text{prelaznog otpora} \\ & + \text{otpora širenju struje kroz zemlju} \\ & = \\ & \text{otpor uzemljiva a ili} \\ & \text{otpor rasprstiranja:} \end{aligned}$$



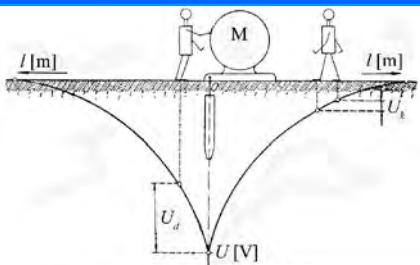
Promena otpora geološkog provodnika u zavisnosti od rastojanja od uzemljiva a

Naponski levak uzemljiva a -

- zavisnost potencijala od udaljenosti od uzemljiva a
- postoji kada kroz uzemljiva proti e struja sve dok osigura ne pregori ili se izvor struje ne isključi

Napon koraka je onaj napon koji na naponskom levku na zemlji obuhvataju ovekove noge, U_k

Napon dodira je napon koji se uspostavi između oveka i zemlje kada ovaj dodirne provodljivi deo uređaja koji je pod naponom, U_d .

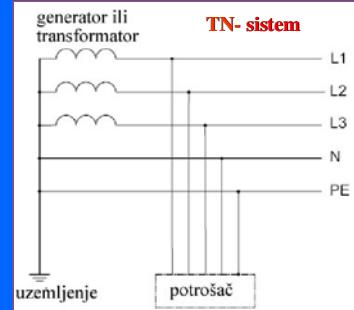


Sistemi napajanja u niskonaponskim mrežama

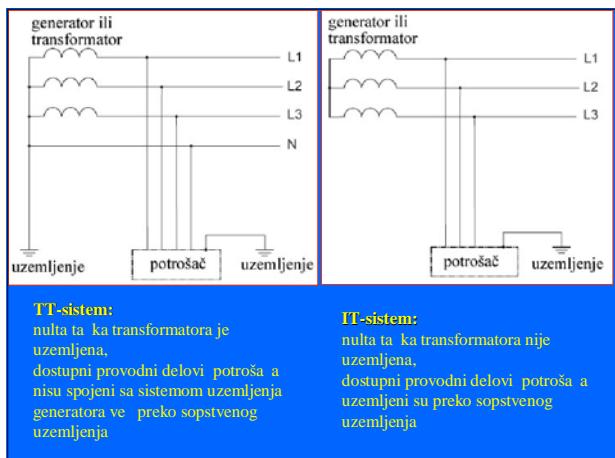
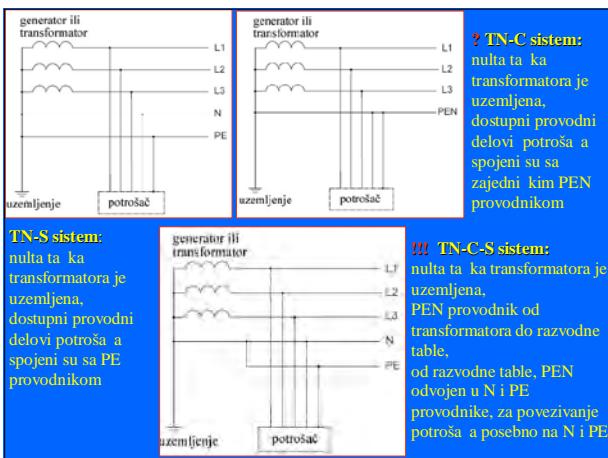
TN sistemi (TN-S; TN-C i TN-C-S)

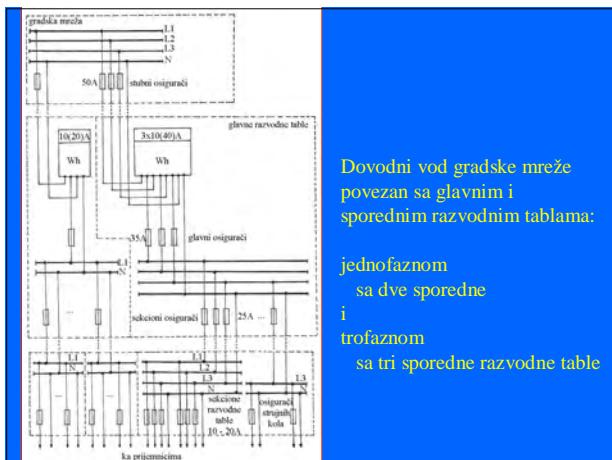
TT sistem

IT sistem



N – neutralni provodnik
PE – zaštitni provodnik (Protective Earth)





Označavanje provodnika

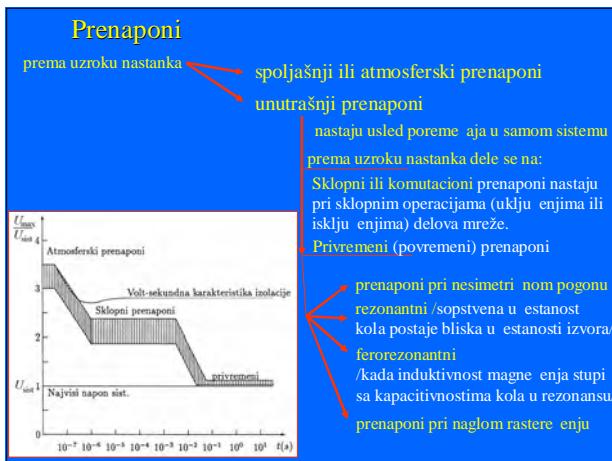
zaštitni provodnici (PE provodnici),
zaštitno neutralni provodnici (PEN provodnici) i
provodnici za izjednačenje potencijala
kombinacijom zelene i žute boje.



neutralni provodnik (N-provodnik). svetloplavom bojom

U strujnom kolu koji ima neutralni provodnik svetloplava boja se ne sme koristiti za bilo koje drugo označavanje provodnika

U strujnom kolu koji nema neutralni provodnik, svetloplava boja može se koristiti i za druge svrhe osim za označavanje zaštitnog provodnika, PEN provodnika i provodnika za izjednačenje potencijala, uz odgovarajuće označavanje na njegovim krajevima.



Izolacija

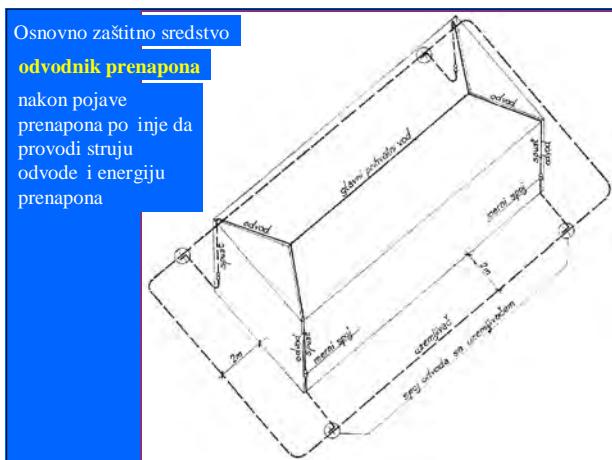
odvaja delove koji su u normalnom pogonu pod naponom od delova koji su uzemljeni, ili
odvaja delove koji su pod različitim naponima

Prenaponi izazivaju naprezanje izolacije koje zavisi od: amplitudu prenapona, njegovog talasnog oblika i trajanja.

Razorno pražnjenje predstavlja gubitak dielektričnih svojstava izolacije, tako da izolacija počinje da prudi struju kao provodnik.



Dielektrična izdržljivost se definiše preko napona koji izolacija može da podnese



Dejstvi struje na ljudsko tijelo

Naizmjenična struja u ustanosti do 50 Hz, industrijska struja, jačine

- do 15 mA, izaziva jači i slabiji grčenja mišića
- od 15 do 20 mA izaziva gravitacijske mišićne reakcije, a do te mere da zahvaćena osoba teško otvara šaku da bi se oslobodila u hvalu enog provodnika
- od 20 do 50 mA onemogućava zahvat enoj osobi da se samostalno oslobodi provodnika pod naponom
- od 50 do 150 mA može ubiti ljudsko tijelo, pogotovo ako prođe kroz srce, ili ga ugušiti ako prolazi kroz disajne organe
- od 150 mA do 1 A, pa i do 2 A, u većini slučajeva, izaziva obamrstlost srca, mada ako struja nije tečela duže od oko 1/10 sekunde, zahvatena osoba često ostaje bez ikakvih posledica
- od 1 do 5 A u većini slučajeva nije smrtonosna ali stvara duboke opekotine (darsonvalizacija i dijatermična)

Struja visoke ustanosti je manje opasna od struje industrijske ustanosti

darsonvalizacija i dijatermična

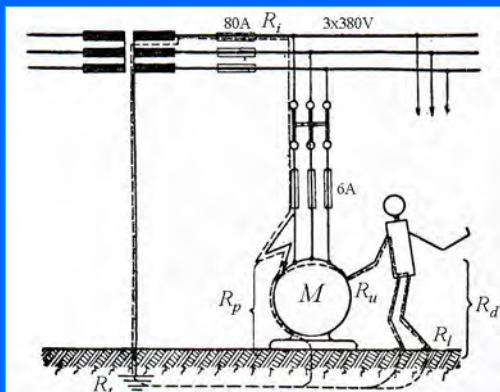
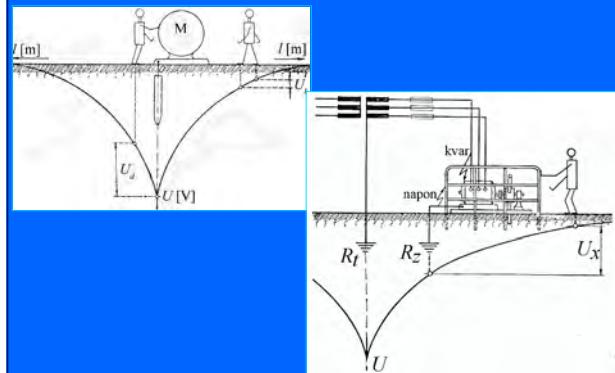
Zaštita od slučajnog dodira

Uređaja koji su normalno pod naponom iznad 42 V moraju biti zaštićeni:

- izolovanjem** – upotrebo presvlaka od gume, sintetičke izolacione mase (PVC, neopren i sl.), omotavanjem spojeva izolacionom trakom, upotrebo porculanskih i sličnih keramičkih elemenata kao podloga, cevi i sl.
- udaljavanjem** – predmet se stavlja van domaća ruku, uini nepristupačnim
- postavljanjem neizolovanog predmeta na visinu 2,5 m od mogućeg stajališta oveka
- u horizontalnom smeru ili naniže od mogućeg stajališta na udaljenost 1,25 m
- odvajanjem neizolovanog predmeta šupljikavom pregradom, koja ne sme imati otvoreveće od 12 mm u preniku i iz koje predmet pod naponom mora biti udaljen najmanje 80 mm
- zatvaranjem neizolovanog predmeta poklopcom, oklopom, priključnom kutijom

Zaštita od napona dodira

Napon dodira je razlika potencijala koja se uspostavi između oveka i zemlje kada ovaj dodirne provodljivi deo uređaja koji je pod naponom



Ulazni otpor R_i

zavisi od stepena vlažnosti ruke, debljine i stanja kože i veličine površine dodira za napone od 20 V do 500 V:

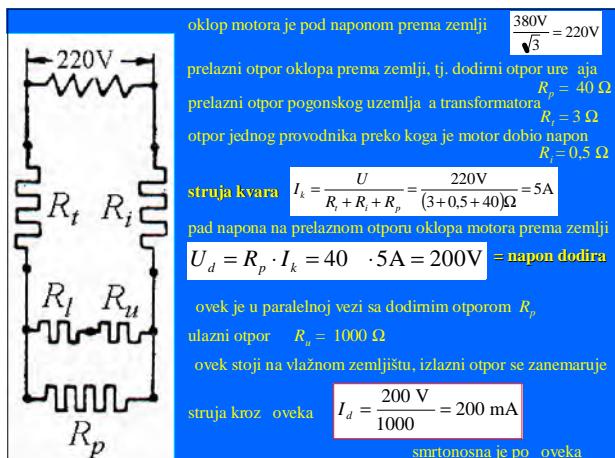
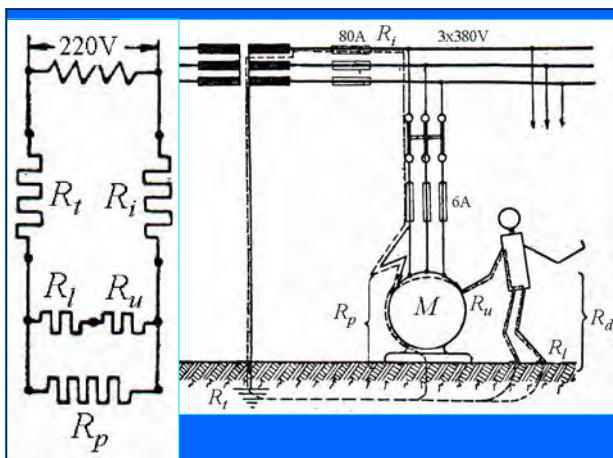
suve ruke	- do 100 000 Ω/cm^2
vlažne ruke	- ispod 1 000 Ω/cm^2
dve suve ruke	- oko 2 000 do 3 000 Ω
jedna ruka	- oko 1 000 Ω

Otpor ovečijeg tela

mala vrednost prema vrednosti ulaznog otpora

Izlazni otpor R_i

bosonog ovek na vlažnom zemljištu – ispod 10 Ω ,
u obući sa gumenim ponovima na suvom zemljištu – prelazi vrednost 300 000 Ω
na vlažnom zemljištu – ispod 10 000 Ω .



- struja od oko 50 mA je gornja granica na vrednost koja se može dozvoliti da prođe kroz ovu je telo

- vrednost ulaznog R_u i izlaznog R_l otpora ove sigurnosti je 1000Ω

gornja granica bezopasnog napona dodira

$$U_d = (R_u + R_l) \cdot I_k = 1000 \cdot 0,05 \text{ A} = 50 \text{ V}$$

$U_{doz} = 1000 \text{ V}$	za $t \leq 0,075 \text{ s}$
$U_{doz} = \frac{75}{t} \text{ V}$	za $0,075 \text{ s} < t \leq 1,153 \text{ s}$
$U_{doz} = 65 \text{ V}$	za $t > 1,153 \text{ s}$

Zaštitne mere od previsokog napona dodira

zaštitno izolovanje

zaštitno uzemljenje

metalni spoj oklopa uređaja sa zemljom

nulovanje

vezu metalnog oklopa zaštite u uređaju sa nultim uzemljenim provodnikom mreže

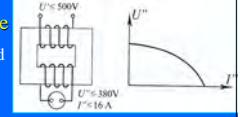
sistem zaštitnog voda

spajaju se na sabirni zaštitni vod koji se uzemljuje i čiji otpor uzemljivajuća mreža mora biti manji od 20Ω

zaštitni naponski (ZN) i strujni (ZS) prekidači

zaštitni transformatori za galvansko odvajanje

transformator mora imati odvojeni primarni namotaj od sekundarnog i opadajući karakteristiku sekundarnog napona



Zaštita od statičkog elektriciteta

neophodna je kad se na jednom mestu sakupi dovoljna količina elektrisanja da može doći do pražnjenja i da se, u granicama eksplozivnosti, mogu pri tome zapaliti eksplozivni materijali

Skupljanje statičkog elektriciteta u proizvodnim procesima spriječava se:

uzemljenjem

opravljivanjem odgovarajuće vlage u vazduhu

ionizacijom vazduha

antistatičkom preparacijom

povećanjem provodljivosti loše provodljivih materijala

odvojenjem statičkog elektriciteta (dodirom ili influencem)