

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Sabirnice su okosnica svakog rasklopnog postrojenja. One povezuju vodove koji dovode i odvode električnu energiju te transformatore koji povezuju mreže različitih naponskih razina.
- Sabirnički vodiči su najčešće **neizolirani Cu** ili **Al** vodiči.
- Profili koji se uobičajeno koriste:
 - srednji i niski napon: okrugli, plosnati i U profil,
 - visoki napon: cijevi i užad.
- **Razmak** među sabirničkim vodičima:

Uobičajeni razmaci sabirnica

Nazivni napon kV	Razmaci sabirnica	
	u zgradi mm	na slobodnom mm
1	120	—
3	150	—
6	250	—
10	300	—
20	350	500
30 (35)	400	700
60	900	1300
110	1400	2200
220	—	4400

- određuju ga naponska naprezanja
- na slici su prikazani **uobičajeni** razmaci sabirničkih vodiča ovisno o naponskoj razini koji su iz sigurnosnih razloga nešto veći od onih definiranih tehničkim propisima (VNRP, str.27, tbl.15)
- za niže naponske razne povoljno je izabrati još i veće razmake od navedenih kako bi se smanjila sila među vodičima

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice




- **Presjek** sabirničkih vodiča određuju strujna naprezanja
- Izbor presjeka sabirničkih vodiča provodi se prema:
 - maksimalna struja u normalnom pogonu, I_{maxpog}
 - struja mjerodavna za ugrijavanje u vrijeme trajanja kratkog spoja, I_t
 - mehaničkim naprezanjima u vrijeme trajanja kratkog spoja, I_u

- Izbor presjeka sabirničkih vodiča prema maksimalnoj struji u normalnom pogonu, I_{maxpog} :
 - to je najveća struja koja u normalnom pogonu teče kroz **najopterećeniji** dio sabirnice
 - prema tom najopterećenijem dijelu sabirnice dimenzioniraju se onda cijele sabirnice
 - mjerodavno za izbor presjeka je dozvoljeno zagrijavanje vodiča iznad temperature okoline uz pretpostavku da će ta maksimalna pogonska struja trajati neograničeno dugo vremena – dopušteno povišenje temperature je 30°C spram temperature okoline

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

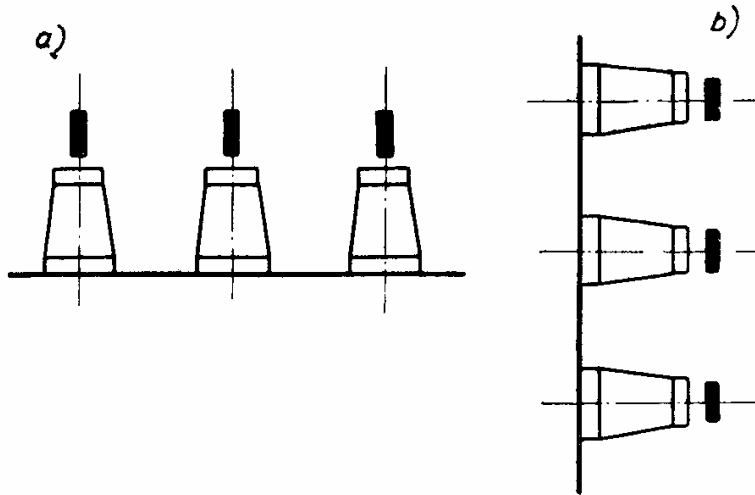
- Dopuštena trajna opterećenja navedena u tablicama vrijede za neke uvjete polaganja vodiča.
- Ukoliko se uvjeti polaganja sabirničkih vodiča razlikuju od pretpostavljenih u tablicama, potrebno je korigirati dopuštena trajna opterećenja:
 - za plosnate profile se pretpostavlja da je dulja stranica profila okomita na površinu poda, te da je razmak pojedinih vodiča (kod više vodiča po fazi) jednak širini vodiča – položeni položaj vodiča dovodi do slabijeg odvođenja topline

vodiča	Visina vodiča mm	Širina vodiča i njihov razmak mm	Korekcionni faktor	
			obojeni vodič	neobojeni vodič
	50—200	5—10	0,90 0,85	0,85 0,80
	50— 80 100—120	5—10	0,85 0,80	0,80 0,75
	160 200		0,75 0,70	0,70 0,65

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- u tablicama navedena dopuštena trajna opterećenja vrijede za horizontalan raspored sabirničkih vodiča (a), dok je za vertikalni raspored (b) potrebno smanjiti dopuštena opterećenja za 10-15% (korekcionni faktor 0.85-0.9)



- ako je dopušteno manje ili veće povišenje temperature od 30°C, dopušteno trajno opterećenje vodiča određuje se prema izrazu:

$$I = I_{30} \sqrt{\frac{\Delta\theta}{30}}$$

gdje je I_{30} tablična vrijednost dopuštenog opterećenja uz povišenje temperature od 30°C spram temperature okoline

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Bojanjem sabirnica povećava se odvođenje topline, pa su radi toge posebno navedena dopuštena opterećenja za obojene, a posebno za neobojene vodiče.
- Vrijedi:
 - zbog čvrstoće u postrojenima do 35 kV na izvode se sabirnice plosnatog profila manjeg od 40x5 mm
 - za naponske razine 110 kV i više minimalni presjek, odnosno promjer određen je zahtjevom za sprečavanje korone:
 - 110 kV: najmanji presjek užeta 95 mm²
najmanji promjer cijevi 30 mm
 - 220 kV: najmanji presjek užeta 300 mm²
najmanji promjer cijevi 50 mm
- Presjek vodiča odabran prema maksimalnoj struji u normalnom pogonu potrebno je dalje provjeriti s obzirom na zagrijavanje i mehanička naprezanja u vrijeme trajanja kratkog spoja.

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Kontrola presjeka sabirničkih vodiča s obzirom na zagrijavanje u vrijeme trajanja kratkog spoja, I_t :
 - povišenje temperature sabirničkih vodiča nastaje brzo i stoga se može računati da se sva energija (Jouleova toplina) troši na povišenje temperature vodiča (nema odvođenja topline u okolinu)

$$m \cdot c \cdot \Delta\Theta = I_t^2 \cdot r \cdot t$$

- m = masa vodiča
- c = specifična toplina vodiča (Ws/kg°C)
- $\Delta\Theta$ = povišenje temperature vodiča za vrijeme trajanja kratkog spoja
- I_t = struja mjerodavna za ugrijavanje
- r = djelatni otpor
- t = vrijeme trajanja kratkog spoja

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

$$r = \rho \frac{l}{S}$$

$$m = \gamma \cdot S \cdot l$$

$$\Delta\Theta = I_t^2 \cdot t \cdot \frac{\rho}{\gamma \cdot S^2 \cdot c} \Rightarrow S \geq I_t \sqrt{t} \sqrt{\frac{\rho}{\gamma \cdot c \cdot \Delta\Theta}}$$

- minimalno potreban presjek sabirničkih vodiča za povišenje temperature $\Delta\Theta$ u vrijeme trajanja kratkog spoja
- ρ je specifični otpor sabirničkih vodiča – njegova vrijednost se realno mijenja s temperaturom

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$$

- stoga se za ρ uzima srednja vrijednost specifičnog otpora u trenutku nastanka kratkog spoja (θ_1) i u trenutku prekida struje kratkog spoja (θ_2)

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- za bakrene je sabirnice najveća dopuštena temperatura koju mogu postići vodiči $\theta_{2Cu}=200^{\circ}\text{C}$, a za aluminijske vodiče $\theta_{2Al}=180^{\circ}\text{C}$
- ako je temperatura vodiča u normalnom pogonskom stanju 30°C veća od temperature okoline $\theta_{ok}=35^{\circ}\text{C}$, onda je izraz za minimalno potreban presjek sabirničkih vodiča s obzirom na zagrijavanje u vrijeme trajanja kratkog spoja:

$$S_{Cu} \geq 7.5 \cdot I_t \cdot \sqrt{t} \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{Al} \geq 12.0 \cdot I_t \cdot \sqrt{t} \text{ (mm}^2\text{)}$$

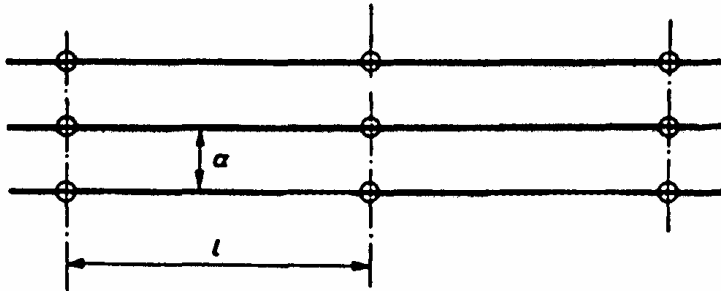
pri čemu je vrijednost od I_t potrebno uvrstiti u kA, a trajanje kratkog spoja, t , u sekundama.

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Kontrola presjeka sabirničkih vodiča s obzirom na mehanička naprezanja u slučaju kratkog spoja:

- Sile među paralelnim vodičima:



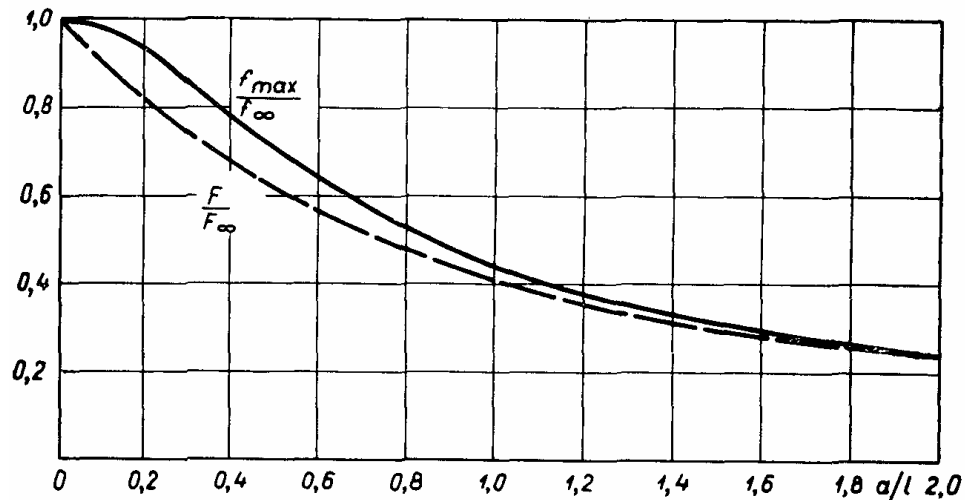
- sabirnice su goli vodiči na međusobnom razmaku a (međufazno), a nose ih potporni izolatori gdje je l međusobni razmak dvaju potpornih izolatora
- u slučaju kratkog spoja, struje koje teku vodičima su velikih vrijednosti zbog čega se javljaju velike sile na vodiče pojedinih faza koje ih nastoje mehanički deformirati

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Sile među paralelnim vodičima:

- za praktične vrijednosti od $a/l \in [0.1, 0.3]$ omjer F/F_∞ blizu je jedinice
- u daljnjim analizama koristiti će se izraz za F_∞ - time smo na sigurnoj strani jer je $F < F_\infty$ za svaki omjer a/l



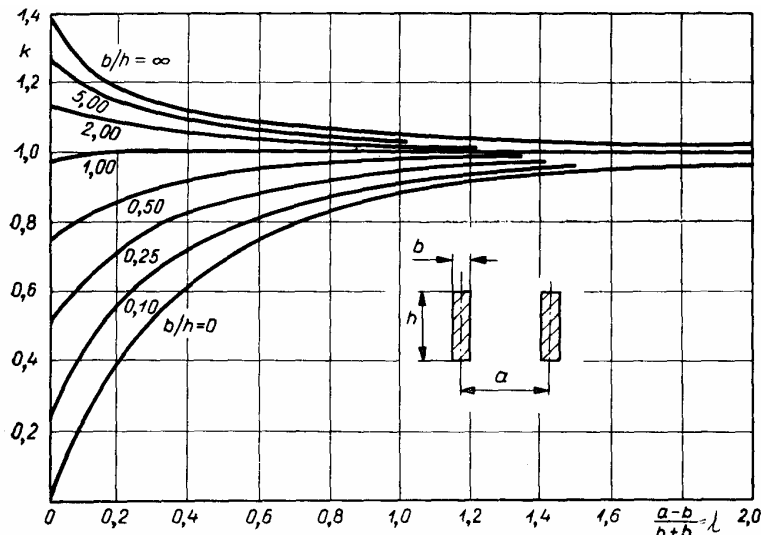
$$\frac{F}{F_\infty} = \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l}$$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Sile među paralelnim vodičima:

- izrazi za F i F_{∞} vrijede za okrugle presjeke vodiča
- u VNRP, str 216-218 izveden je izraz za silu na vodič **plosnatog** profila ($b \times h$) duljine l koji je protjecan strujom I_1 i nalazi se u polju beskonačno dugog plosnatog vodiča protjecanog strujom I_2 na udaljenosti a
- omjer između F_{∞} plosnatog i okruglog profila zadan je korekcionim faktorom k



- u praktičnoj primjeni za plosnate profile potrebno je računati s korekcionim faktorom $k \neq 1$ samo ako je:
 - $a \ll, h \gg$ (rijetko na VN, moguće na NN)
 - **više vodiča (plosnatog profila) po fazi** jer je onda ispunjeno $a \ll$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Vrsta kratkog spoja i sile među vodičima:
 - za vrijeme trajanja kratkog spoja zbog vremenske promjenjivosti vrijednosti struje kvara, mijenja se i trenutna vrijednost sile među vodičima – zanima nas njezina maksimalna vrijednost
 - u H.Požar, "Visokonaponska rasklopna postrojenja", str.225-234, provedena je analiza maksimalne trenutna vrijednost sile među vodičima koji su:
 - okruglog presjeka i relativno malog promjera u odnosu na njihovu međusobnu udaljenost ($d \ll a$)
 - velike duljina spram njihove međusobne udaljenosti ($l \gg a$)

i to za različite vrste kratkog spoja na sabirnicama

- uz navedene pretpostavke moguće je koristiti izraz za silu po jedinici duljine sabirničkog vodiča za vodiče beskonačne duljine:

$$\frac{dF}{dl} = 2 \frac{i_1 \cdot i_2}{a} \cdot 10^{-7} \left(\frac{N}{m} \right)$$

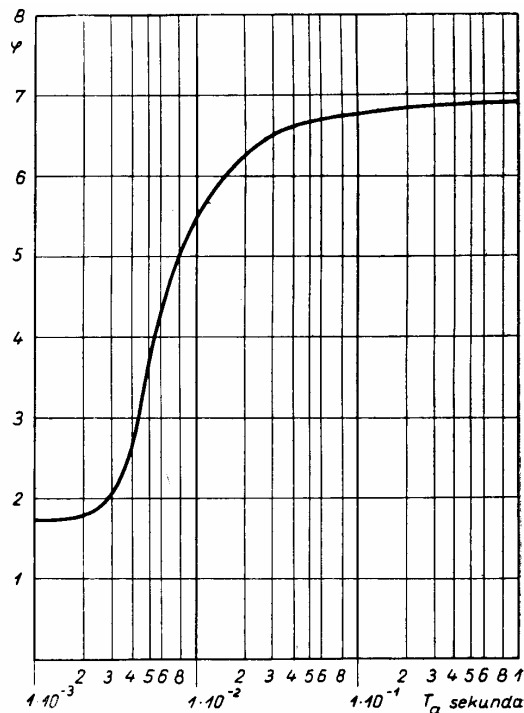
- osim toga analiza je provedena za prvu polovinu periode od trenutka nastanka kratkog spoja kada se i javljaju najveće struje zbog čega je moguće pretpostaviti da je $T''_d = T'_d = \infty$, i $X_{dg} = \text{const.} = X''_{dg}$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Vrsta kratkog spoja i sile među vodičima:

- Rezultat analize je da se maksimalna sila pojavljuje u slučaju **tropolnog kratkog spoja na srednji sabirnički vodič**, bez obzira što je možda struja za neku drugu vrstu kratkog spoja veća po vrijednosti za promatranu sabirnicu



$$f_{3s} = 2\varphi \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$$

gdje je:

- I''_{k3} efektivne vrijednost izmjenične komponente struje trofaznog kratkog spoja na sabirnici
- φ veličina ovisna o vremenskoj konstanti istosmjerne komponente struje kratkog spoja (pretpostavka je da se izmjenična komponenta u vremenu promatranja ne prigušuje)

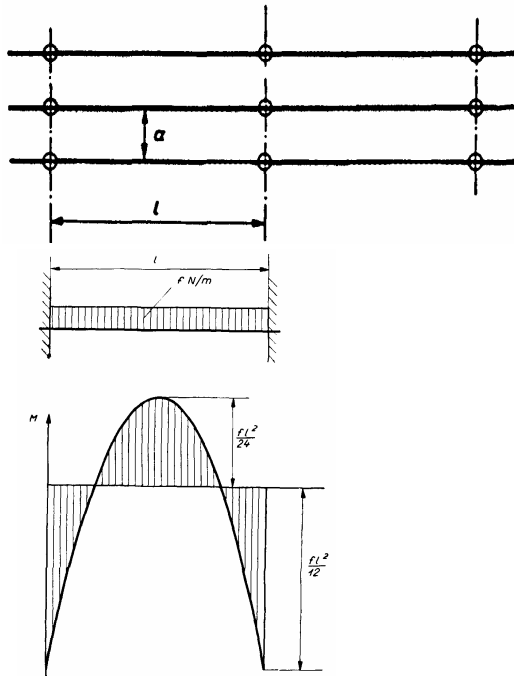
$$\varphi = 4\sqrt{3} \text{ za kratke spojeve blizu generatora}$$

$$\varphi = \sqrt{3} \text{ za kratke spojeve daleko od generatora (NN mreža)}$$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Naprezanje sabirničkih vodiča:



- sabirnicu možemo shvatiti kao uklještenu gredu duljine l (razmak među potpornim izolatorima) s jednolikim kontinuiranim opterećenjem f_{3s} po jedinici duljine
- moment savijanja:

$$M(x) = -\frac{f_{3s} \cdot l^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2} \right) \text{ Nm}$$

- maksimalan moment savijanja javlja se u uklještenjima sabirničkih vodiča ($x=0; x=l$):

$$M_{\max} = \frac{f_{3s} \cdot l^2}{12} \text{ Nm}$$

- naprezanje:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

Glavni elementi postrojenja

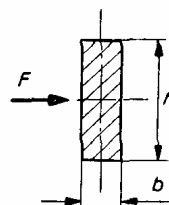
Sabirnice

- Naprezanje sabirničkih vodiča:

□ **W** je moment otpora:

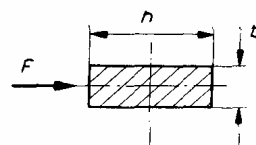
U-profil 

Oznaka	W 10^{-6} m^3	J 10^{-8} m^4	W 10^{-6} m^3	J 10^{-8} m^4
5	1,20	2,07	5,24	13,1
6	1,76	3,71	7,88	23,5
7	2,57	5,87	12,40	43,4
8	4,08	10,70	19,38	77,5
10	5,38	14,20	33,4	167
12	9,63	30,53	59,3	356
14	14,54	54,15	90,3	632
16	20,87	89,22	130	1042
18	28,77	138,90	180	1622
20	38,43	206,72	241	2414



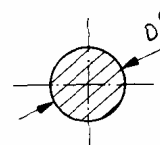
$$W = \frac{b^2 h}{6}$$

$$J = \frac{b^3 h}{12}$$



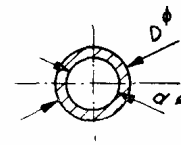
$$W = \frac{b h^2}{6}$$

$$J = \frac{b h^3}{12}$$



$$W = \frac{\pi D^3}{32}$$

$$J = \frac{\pi D^4}{64}$$



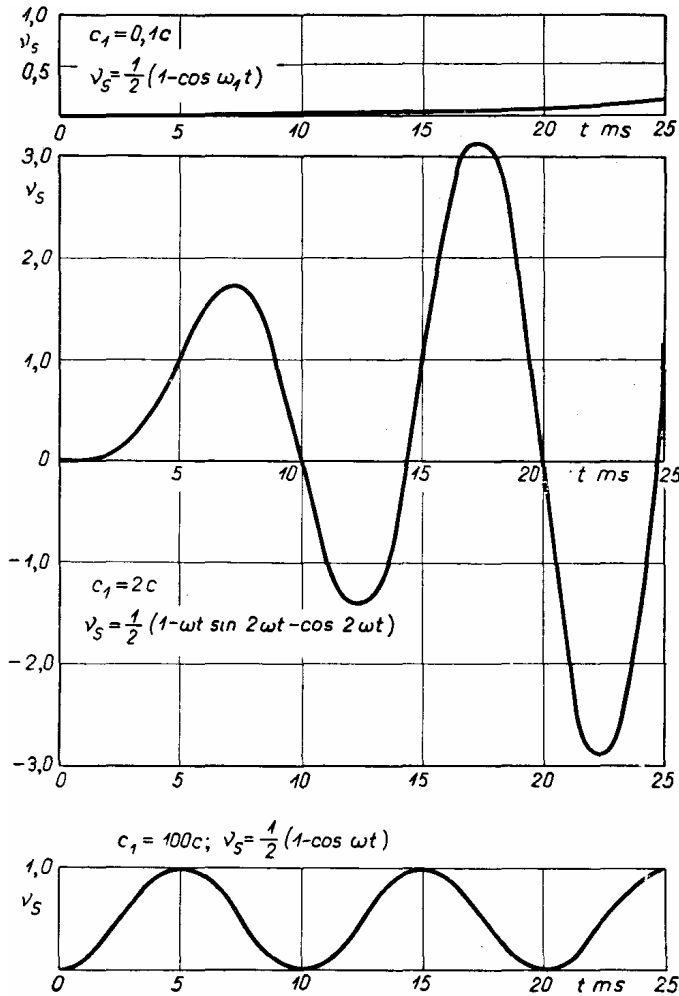
$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$$

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

okrugli i plosnati profili 

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice



Naprezanje sabirničkih vodiča:

- prethodno navedeno naprezanje sabirnica bilo bi postignuto kada bi sila koja djeluje na sabirnicu bila konstantna i jednaka maksimalnoj vrijednosti f_{3s}
- kako se realno vrijednost sile u vremenu mijenja, dolazi do titranja sabirnica – stoga naprezanje sabirnica iznosi:

$$\sigma = v_s \cdot \frac{M}{W} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

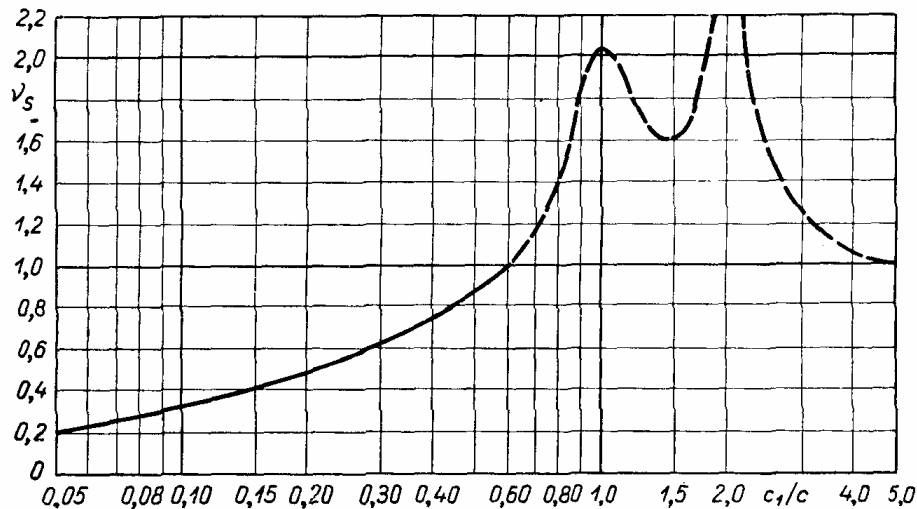
- v_s je frekventni faktor – on je vremenski promjenjiva veličina ovisna o vlastitoj frekvenciji samih sabirnica, c_1 :
 - $c_1 \ll c$ v_s se mijenja s frekvencijom c_1 (ne može pratiti ritam promjene sile) stoga je $v_s < 1$
 - $c_1 = 2c$ v_s stalno raste u vremenu
 - $c_1 \gg c$ v_s se mijenja s frekvencijom c (prati ritam promjene sile) stoga je v_s maksimalno 1

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Naprezanje sabirničkih vodiča:

- uz pretpostavku da naprezanje sabirnica ne prelazi granicu elastičnosti frekventni faktor ν_s možemo odrediti iz dijagrama gdje je prikazana ovisnost frekventnog faktora sabirnice o omjeru c_1/c



za vrijednosti $\nu_s > 1$ krivulja nema praktičnog značenja jer se sabirnica ne ponaša kao elastični nosač

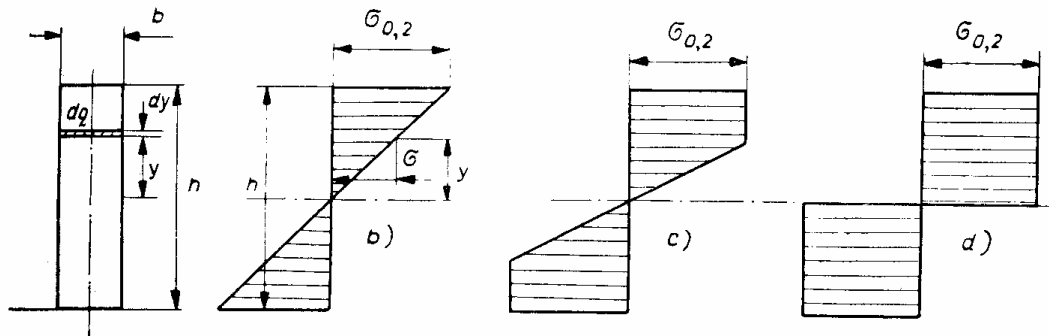
za praktične proračune to znači da je dovoljno prvo provjeriti da li odabrana sabirnica zadovoljava s obzirom na mehanička naprezanja uz $\nu_s = 1$, pa ako ne zadovoljava onda je potrebno točno odrediti c_1 te ν_s prema zadanom dijagramu

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Naprezanje sabirničkih vodiča:

- za sabirnice je dopušteno naprezanje do konvencionalne granice tečenja $\sigma_{0.2}$ kada trajna deformacija ne prelazi 0.2%
- sabirnica je opterećena na savijanje, pri čemu se maksimalno vlačno naprezanje javlja na izbočenom rubu presjeka sabirnice, a najveće tlačno naprezanje na udubljenom rubu presjeka sabirnice
- kako raste moment savijanja najprije će na rubovima presjeka sabirnice naprezanje postići vrijednost $\sigma_{0.2}$ (b)
- s daljnjim rastom momenta savijanja naprezanje na rubovima neće dalje rasti (materijal je postao plastičan), ali će naprezanje i u drugim dijelovima presjeka postići vrijednost $\sigma_{0.2}$ (c,d)



- moment savijanja kod kojeg je naprezanje cijelog presjeka jednako $\sigma_{0.2}$ (d) je **1.5** puta veći od momenta savijanja uz koji je naprezanje jednako $\sigma_{0.2}$ samo na rubovima presjeka (b)

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Naprezanje sabirničkih vodiča:

- kada naprezanje dosegne vrijednost $\sigma_{0.2}$ dolazi do popuštanja materijala na mjestu uklještenja gdje je moment savijanja najveći, zbog čega je realno moment savijanja u uklještenju nešto manji:

$$M_{\max} = \frac{f_{3s} \cdot l^2}{16}$$

- sabirnice smatramo ispravno dimenzioniranim ukoliko je ispunjeno:

$$\sigma = v_s \cdot \frac{M}{W} \leq 1.5 \frac{16}{12} \sigma_{0.2} = 2\sigma_{0.2}$$

$$\sigma \leq \sigma_{0.2}$$

	Širina ili debljina stijenke	Visina ili promjer	Način izrade sabirnice	Granica tečenja N/m ²	
				najmanja $\sigma_{0.2}$	najveća $\sigma_{0.2}'$
Bakar					
Plosnati profili	3 do 8 mm > 8 mm	sve visine	vučena ili valjana	2,5 · 10 ⁸ 1,5 · 10 ⁸	3,3 · 10 ⁸ 2,5 · 10 ⁸
U-profil	U 3 do U 8 U 8 do U 14	—		2,5 · 10 ⁸ 1,5 · 10 ⁸	3,5 · 10 ⁸ 2,5 · 10 ⁸
Cijevi	do 3 mm > 3 mm	do 60 mm		2,5 · 10 ⁸ 1,5 · 10 ⁸	3,3 · 10 ⁸ 2,5 · 10 ⁸
Aluminij					
Plosnati profili	do 5 mm do 10 mm do 10 mm	do 40 mm do 60 mm do 120 mm	vučena ili valjana prešana	0,9 · 10 ⁸ 0,8 · 10 ⁸ 0,7 · 10 ⁸ 0,5 · 10 ⁸	1,1 · 10 ⁸ 1,0 · 10 ⁸ 0,9 · 10 ⁸ 1,1 · 10 ⁸
U-profil	do U 5 > U 5	—	prešana	0,8 · 10 ⁸ 0,5 · 10 ⁸	1,0 · 10 ⁸ 1,1 · 10 ⁸
Cijevi	do 6 mm	sve	vučena	0,6 · 10 ⁸	1,0 · 10 ⁸

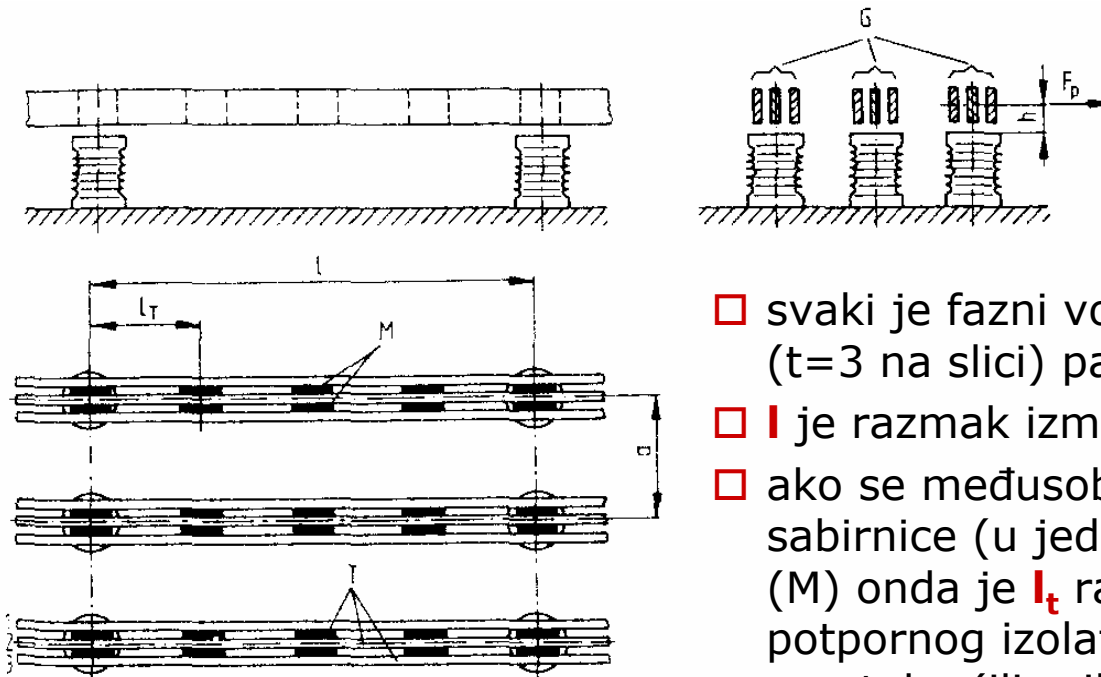
- $\sigma'_{0.2}$ je najveća granica tečenja za koju vrijedi da se sabirnica ponaša kao elastični nosač ukoliko naprezanje ne prelazi vrijednost **0.8** $\sigma'_{0.2}$ - prekoračenjem te granice sabirnica se već počinje plastično deformirati pa joj se smanjuje amplituda progiba pri titranju, a mijenja se i vlastita frekvencija sabirnica c_1

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

■ Sastavljene sabirnice (više vodiča po jednoj fazi):

- kada se normalnom pogonu javljaju velike struje korisno je izvesti sabirnicu od više profila po jednoj fazi



- svaki je fazni vodič (G) sastavljen od t ($t=3$ na slici) paralelnih vodiča (T)
- l je razmak između potpornih izolatora
- ako se međusobni položaj dijelova sabirnice (u jednoj fazi) fiksira umetcima (M) onda je l_t razmak između umetka do potpornog izolatora ili razmak između umetaka (ili priključnih odvoda)
- koriste se plosnati ili U-profili

Glavni elementi postrojenja

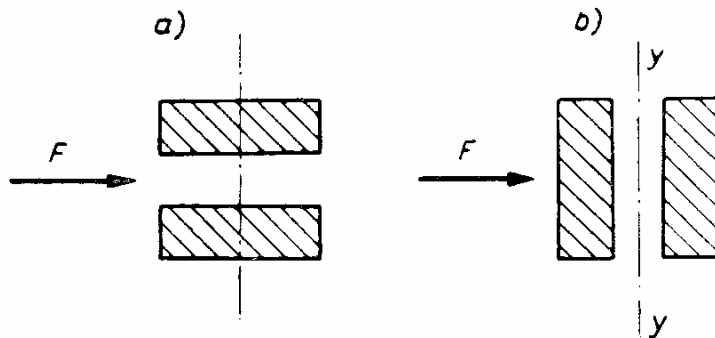
Sabirnice

- Sastavljene sabirnice (više vodiča po jednoj fazi):

- kod sastavljenih sabirnica razlikujemo naprezanje koje nastaje međusobnim djelovanjem struja u svim fazama σ , te naprezanje σ_1 koje nastaje međusobnim djelovanjem struja u vodičima jedne faze
- naprezanje uslijed međusobnog djelovanja svih faza se određuje (kako je prethodno opisano) prema izrazu:

$$\sigma = \frac{f_{3s} \cdot I^2}{12W}$$

- moment otpora sastavljenih sabirnica, W :



- u slučaju opterećenja po **a)** moment otpora paketa jednak je zbroju momenata otpora pojedinačnih paralelnih vodiča
- u slučaju opterećenja po **b)** moment otpora paketa jednak je zbroju momenata otpora pojedinačnih paralelnih vodiča ukoliko se u jednom rasponu l nalazi samo jedan uložak (M) ili odvod po fazi

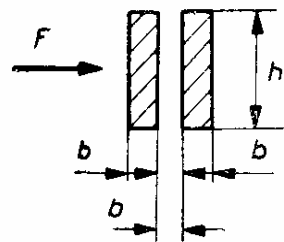
Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

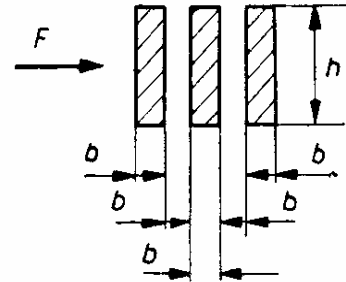
- Sastavljene sabirnice (više vodiča po jednoj fazi):

- moment otpora sastavljenih sabirnica, W :

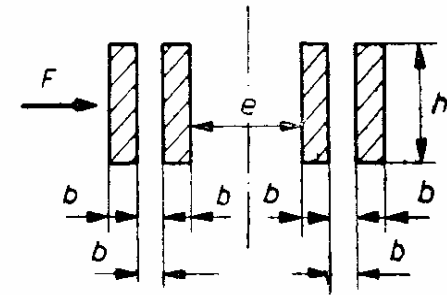
- u slučaju opterećenja po **b**) ukoliko se u jednom rasponu **l** nalazi dva ili više uložaka (M) ili odvoda po fazi moment otpora odgovara 60% vrijednosti (dva vodiča po fazi) odnosno 50% vrijednosti (tri ili više vodiča po fazi) prema izrazu sa slike:



$$W_1 = \frac{13}{9} hb^2$$



$$W_2 = \frac{33}{10} hb^2$$



$$W_3 = 2W_1 = \frac{26}{9} hb^2$$

(umeci se nalaze samo između blizu postavljenih profila)

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

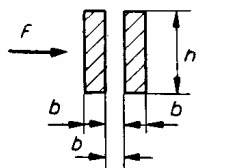
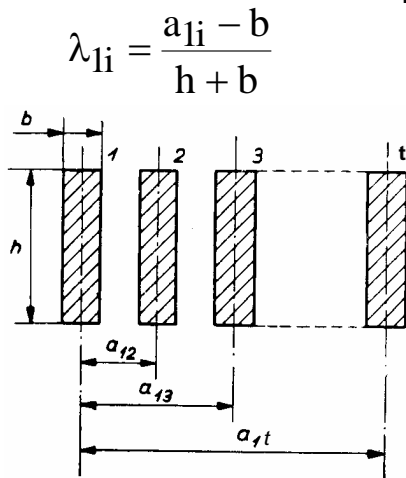
- Sastavljene sabirnice (više vodiča po jednoj fazi):
 - naprezanje uslijed sila među vodičima jedne faze, σ_1 :
 - sila kao posljedica djelovanja struja u vodičima jedne faze:

$$f_p = 2 \cdot \left(\frac{I_u}{t} \right)^2 \sum_{i=1}^t \frac{k_{1i}}{a_{1i}} \cdot 10^{-7} \left(\frac{N}{m} \right)$$

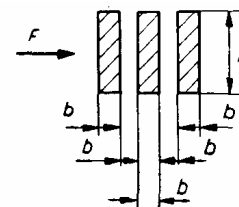
gdje je: I_u udarna struja troleznog kratkog spoja

t broj vodiča po fazi

k_{1i} korekcionni faktor, $k_{1i} = f(b/h, \lambda_{1i})$, sa sl.4.35 VNRP, str.245

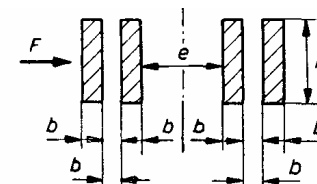


$$a_{12} = 2b; \lambda_{12} = \frac{b}{h+b}$$



$$a_{12} = 2b; \lambda_{12} = \frac{b}{h+b}$$

$$a_{13} = 4b; \lambda_{13} = \frac{3b}{h+b}$$



$$a_{12} = 2b; \lambda_{12} = \frac{b}{h+b}$$

$$a_{13} = 3b + e; \lambda_{13} = \frac{2b + e}{h+b}$$

$$a_{14} = 5b + e; \lambda_{14} = \frac{4b + e}{h+b}$$

Glavni elementi postrojenja

Sabirnice

- Sastavljene sabirnice (više vodiča po jednoj fazi):
 - u proračunu struja f_p uzima se u obzir udarna struja pri troleznom kratkom spoju – naime, bez obzira što je u nekim slučajevima vrijednost struje kvara pri K1 veća od vrijednosti pri K3, kako se ukupno naprezanje sastoji ne samo od doprinosa vodiča jedne faze već i od međufaznog djelovanja (kojeg pri K1 nema) ukupno gledano mehaničko naprezanja najveće je pri K3
 - naprezanje uslijed sila među vodičima jedne faze, σ_1 :

$$\sigma_1 = \frac{f_p \cdot l_t^2}{12 \cdot W_1}$$

gdje je: W_1 moment otpora jednog vodiča sastavljene sabirnice.

- sastavljene sabirnice smatramo ispravno dimenzioniranim ukoliko je ispunjeno:

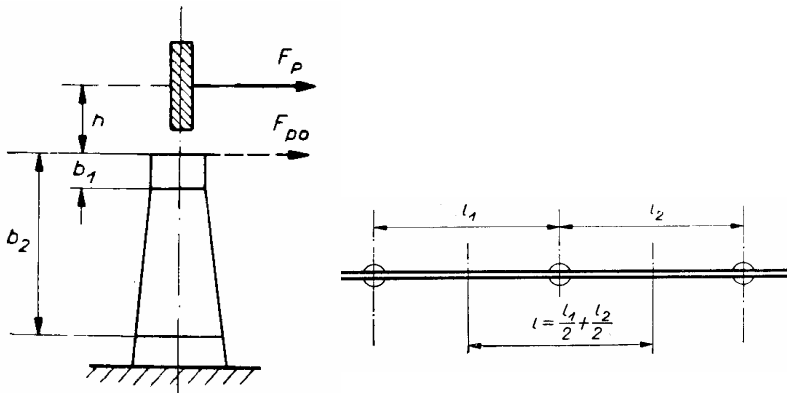
$$\sigma + \sigma_1 = \frac{f_{3s} \cdot l^2}{12W} + \frac{f_p \cdot l_t^2}{12W_1} \leq 2\sigma_{0.2}$$

l_t je definiran na foliji 27

Glavni elementi postrojenja

Potporni izolatori

- element postrojenja koji nosi sabirnice i ostale neizolirane vodiču u rasklopnom postrojenju
- izolira goli vodič od uzemljenih dijelova i preuzima na sebe sile koje djeluju na sabirnice
- izbor potpornih izolatora:
 - nazivni napon sabirnica
 - veličina sile koja se prenosi na njih pri kratkom spoju



- ako je pri kratkom spoju f_{3s} sila koja djeluje na sabirničke vodiče po jedinici njihove duljine, sila koja se prenosi na potporne izolatore iznosi:

$$F_p = f_{3s} \cdot l$$

- za silu se može smatrati da joj je hvatište na polovini visine sabirnice
- pri izboru potpornih izolatora mjerodavna je sila F_p koja djeluje na najviše opterećeni izolator

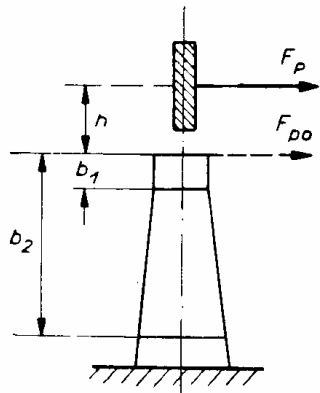
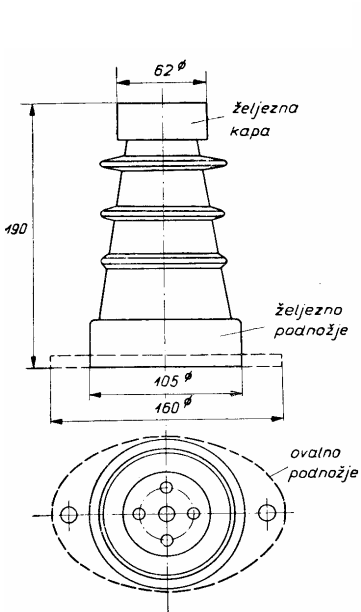
Glavni elementi postrojenja

Potporni izolatori

- S obzirom na izvedbu i mehaničku čvrstoću razlikujemo dva tipa potpornih izolatora:

- porculanski
- umjetno smolni (npr. alraldit)

- Porculanski potporni izolatori:



- imaju kapu i podnožje od lijevanog željeza
- nemaju istu čvrstoću po cijeloj visini, stoga do pucanja može doći (kritična mjesta glede čvrstoće) neposredno ispod kape (krak sile $h+b_1$) ili neposredno iznad podnožja (krak sile $h+b_2$)
- dopušteni moment savijanja M_1 za presjek neposredno ispod kape manji je (radi manje površine presjeka) nego dopušteni moment savijanja M_2 za presjek neposredno iznad podnožja
- no to se sasvim općenito ne odnosi i na sile, tako da je potrebno odrediti obje sile:

$$F_{p1} = \frac{M_1}{h + b_1}$$

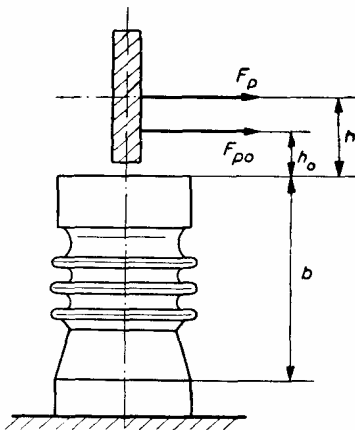
$$F_{p2} = \frac{M_2}{h + b_2}$$

Glavni elementi postrojenja

Potporni izolatori

- prema dopuštenom mehaničkom naprezanju potpornih izolatora, koje je definirano silom F_{po} , razlikujem slijedeće tri grupe izolatora:
 - grupa A: $F_{po}=3679$ N
 - grupa B: $F_{po}=7358$ N
 - grupa C: $F_{po}=12273$ N
- izabrani potporni izolator zadovoljava glede mehaničkih naprezanja ukoliko je ispunjeno:
$$\max\{F_{p1}, F_{p2}\} \leq F_{po}$$

□ Umjetno smolni potporni izolatori:



- nemaju metalnu kapu niti podnožje
- konstrukcija im je takva da su jednake čvrstoće i u gornjem i u donjem dijelu izolatora
- za rebraste izolatore grupe su definirane silom F_{po} koja djeluje na visini h_o iznad gornjeg ruba izolatora (npr. grupa A: $F_{po}=3679$ N, $h_o=30$ mm)

Glavni elementi postrojenja

Potporni izolatori

- ako je b razmak između gornjeg ruba i najopterećenijeg presjeka pri dnu izolatora, dopuštena sila na polovici visine sabirnice iznosi:

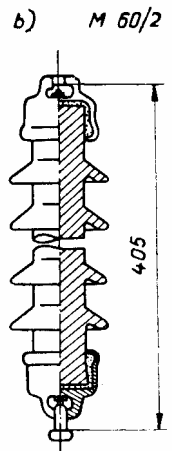
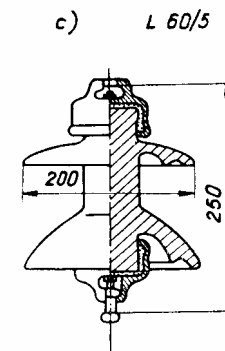
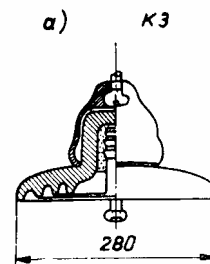
$$F_p = F_{p0} \cdot \frac{h_0 + b}{h + b}$$

gdje je: h udaljenost hvatišta sile F_p do gornjeg ruba izolatora.

- za malu visinu h ($h < h_0$) sila F_p može biti veća od F_{p0}
- u nekim slučajevima, radi velikih sila, nije moguće koristiti niti potporne izolatore grupe C, pa se tada postavljaju po dva potporna izolatora u svaku potpornu točku

□ Viseći izolatori:

- u postrojenjima u kojima su sabirnice izvedene od užeta, kao nosači sabirnice upotrebljavaju se viseći izolatori
- izvedba:
 - a) kapasti
 - b) masivni
 - c) štapni



Glavni elementi postrojenja

Viseći izolatori

Nazivni napon kV	Kapasti izolatori		Masivni izolatori	Štapni izolatori
	viseći lanac	rasteretni lanac		
60	4 × K 170/280	5 × K 170/280	3 × M 60/2 ili 2 × M 75/2	1 × L 75/9
110	7 × K 170/280	8 × K 170/280	4 × M 75/2 ili 4 × M 85/2	1 × L 75/14 ili 1 × L 85/14
220	14 × K 170/280	14 × K 170/280	7 × M 75/2 ili 7 × M 85/2	2 × L 85/14

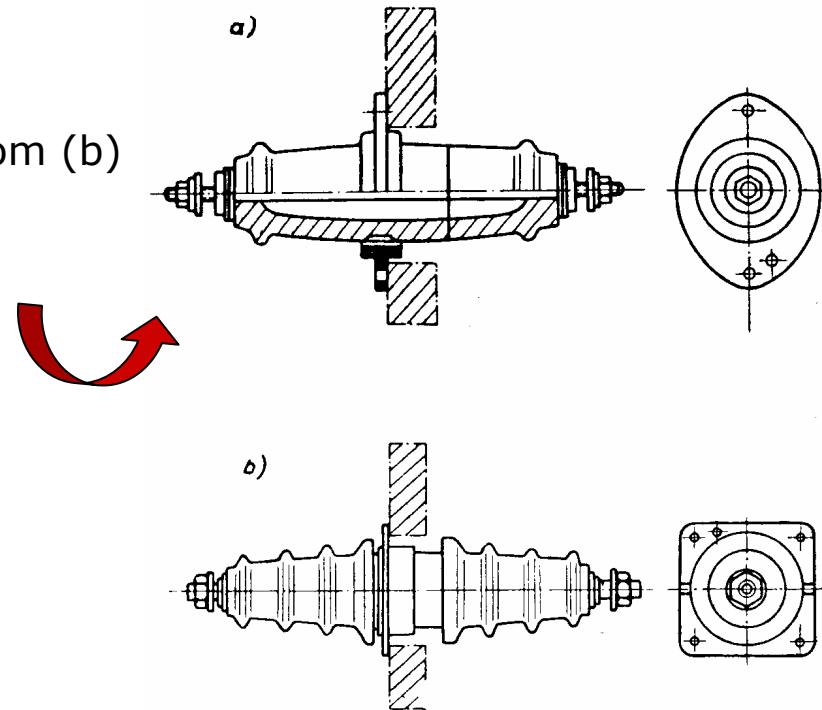
Oznake prema DIN-normama:
kapasti izolatori K, masivni
izolatori VK, štapni izolatori VKL

- broj članaka za pojedine nazivne napone
- za rasteretne i nosive lance u rasklopnim postrojenjima preporuča se korištenje dvostrukih lanaca zbog veće vjerojatnosti pojave luka nego na vodovima, te zbog znatnih oštećenja koje može izazvati pad sabirnica

Glavni elementi postrojenja

Provodni izolatori

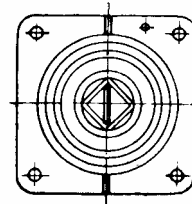
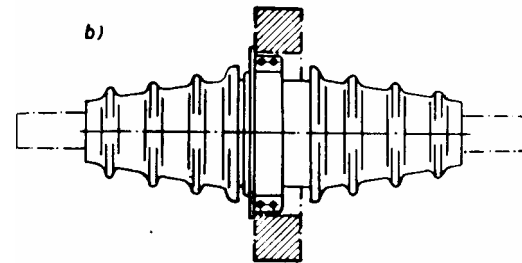
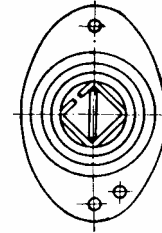
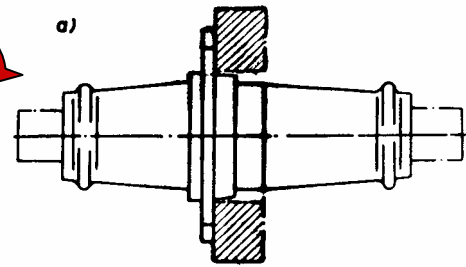
- ❑ Provodni izolatori izoliraju gole vodiča od zida ili metalnih dijelova
- ❑ Upotrebljavaju se pri prolazu vodiča iz prostorije u prostoriju, iz jednog dijela oklopljenog rasklopnog postrojenja u drugi, ili iz rasklopnog postrojenja u slobodan prostor
- ❑ Dva tipa:
 - ❑ obje polovine unutar prostorija (a)
 - ❑ barem jednom polovinom na otvorenom (b)
- ❑ Razlikujemo:
 - ❑ provodne izolatore za okrugle vodiče



Glavni elementi postrojenja

Provodni izolatori

- provodne izolatore za plosnate vodiče
 - obje polovine unutar prostorije (a)
 - barem jedna polovina na slobodnom (b)



- Izbor provodnih izolatora:
 - nazivni napon
 - maksimalna trajna struja u normalnom pogonu
 - mehaničko naprezanje za vrijeme trajanja kratkog spoja
 - zagrijavanje za vrijeme trajanja kratkog spoja
- Izvedba:
 - za nazivne struje: 200, 400, 600, 1000, 1500 i 2000 A
- Kontrola provodnih izolatora s obzirom na zagrijavanje za vrijeme trajanja kratkog spoja provodi se na jednak način kao i za sabirnice
- Za veće struje koriste se provodni izolatori s vodičima plosnatog presjeka

Glavni elementi postrojenja

Provodni izolatori

- Radi velikog kraka sile na provodni izolator proizvode se samo izolatori grupa B ($F_{p0}=7358$ N) i grupa C ($F_{p0}=12273$ N). Određivanje dopuštene sile (F_p) na provodni izolator provodi se na jednak način kao i u slučaju potpornih izolatora.