

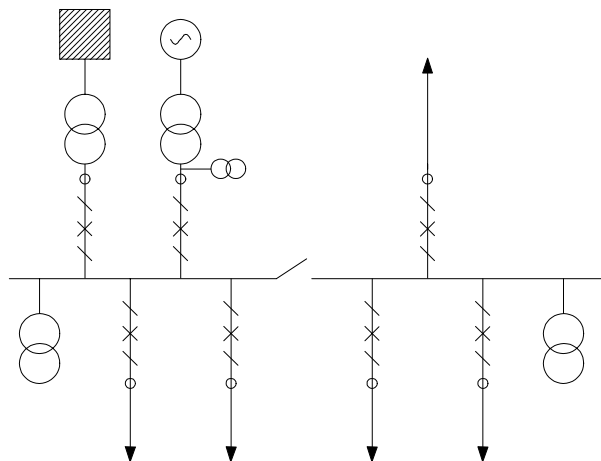
VAJA 8

Za 20 kV stikališče določite ustrezno enopolno shemo z upoštevanjem naslednjih zahtev:

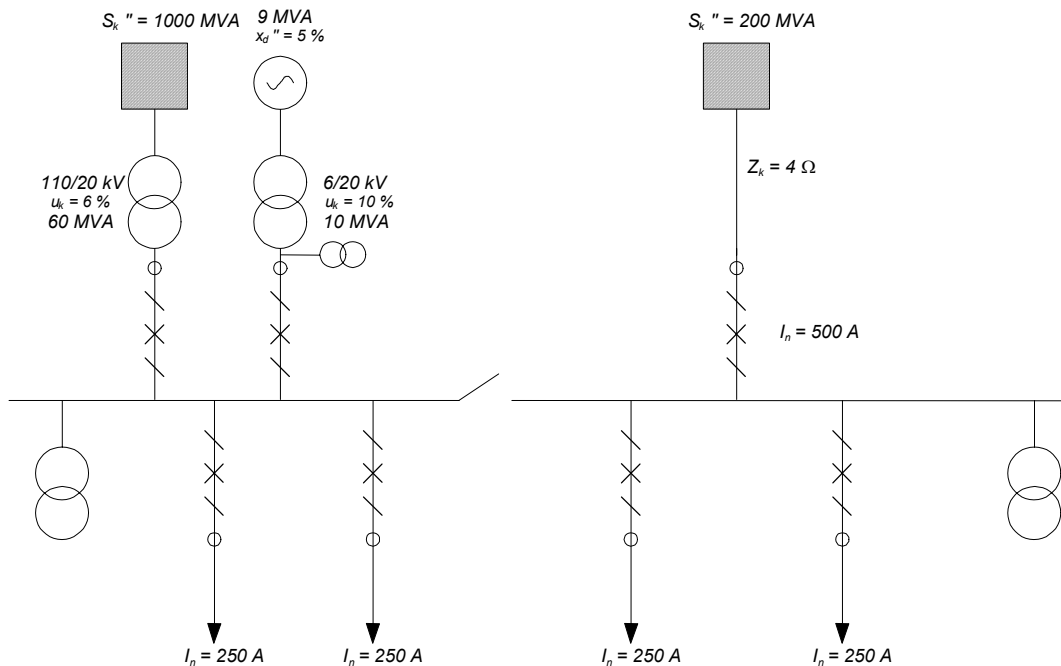
1. Napajanje preko 110/20 kV transformatorja z $u_k=6\%$, $S_n=60\text{ MVA}$, $S_k''=1000\text{ MVA}$ (na 110 kV zbiralkah)
2. Napajanje preko 6/20 kV transformatorja z $u_k=10\%$, $S_n=10\text{ MVA}$ iz generatorja z $S_n=9\text{ MVA}$ in $x_d''=5\%$
3. Napajanje preko 20 kV kabla iz sosednje TP, $Z_k=4\ \Omega$, $S_k''=200\text{ MVA}$, $I_n=500\text{ A}$.
4. Dvodelnje sekcionirane zbiralke
5. Po dva bremenska kabelska izvoda na vsaki sekciji zbiralk z $I_n=250\text{ A}$
6. Meritev napetosti zbiralk obeh sekcij
7. Meritev tokov na vseh izvodih
8. Meritev napetosti na generatorski strani dovoda v celici pod 2.
9. Celice 3 in 5 naj imajo možnost ozemljitve kabelskega izvoda.

Nato izberite ustrezne stikalne celice proizvajalca IMP TEN iz serije C4M, dimenzionirajte potrebne zbiralke ter izračunajte silo na izolatorjih (višina izolatorjev 210 mm, višina vpetja zbiralke: 10 mm)

	TR1	GEN1	20kV1	B1	B2	B3	B4	ZB1	ZB2
	110/20 kV 60 MVA 6% 1000MVA	6/20 kV 10% 10 MVA 9MVA 5%	4Ω 200MVA 500A	250A	250A	250A	250A	zbiralke	zbiralke
I	+	+	+	+	+	+	+		
U		+						+	+
ozem.			+	+	+	+	+		
sek. zb	1	1	2	1	1	2	2		



Enopolna shema:



Nazivni tok:

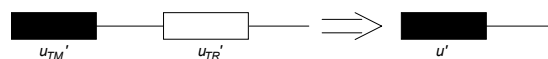
- Izračun nazivnega toka 110/20 dovoda:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 1.732 \text{ kA} = 1732 \text{ A}$$

Ker je to hkrati največji tok, ga izberemo tudi kot nazivni tok zbiralk.

Izračun kratkostičnih moči:

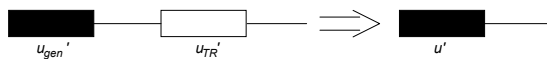
110 kV toga mreža



$$u_{TM}' = 1.1 \frac{100}{S_k''} = \frac{110}{1000} = 0.11$$

$$u_{TR}' = \frac{u_k}{S_n} = \frac{6}{60} = 0.10 \Rightarrow u_1' = 0.21 \Rightarrow S_{k1}'' = \frac{110}{u'} = \frac{110}{0.21} = 523 \text{ MVA}$$

Generator



$$u_{gen}' = \frac{X_d}{S_n} = \frac{5}{9} = 0.555$$

$$u_{TR}' = \frac{u_k}{S_n} = \frac{10}{10} = 1.0 \Rightarrow u_2' = 1.555 \Rightarrow S_{k2}'' = \frac{110}{u'} = \frac{110}{1.555} = 71 \text{ MVA}$$

20 kV omrežje



$$u_{TM}' = 1.1 \frac{100}{S_k''} = \frac{110}{200} = 0.55$$

$$u_{kab}' = \frac{u_k}{S_n} = \frac{Z \cdot 100}{U_n^2} = \frac{400}{20^2} = 1.0 \quad \Rightarrow \quad u_3' = 1.55 \quad \Rightarrow \quad S_{k3}'' = \frac{110}{u'} = \frac{110}{1.55} = 71 \text{ MVA}$$

Celotna KS moč:

$$S_k'' = S_{k1}'' + S_{k2}'' + S_{k3}'' = 523 + 71 + 71 = 665 \text{ MVA}$$

Torej so nazivni podatki našega stikališča:

$$I_n = 1730 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad S_n = U_n \cdot I_n \cdot \sqrt{3} = 60 \text{ MVA}$$

$$S_k'' = 665 \text{ MVA} \quad \Rightarrow \quad I_k'' = \frac{S_k''}{U_n \cdot \sqrt{3}} = 19.2 \text{ kA}$$

Udarni tok kratkega stika:

$$I_u = 8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' = 48.87 \text{ kA}$$

Trajni tok KS:

prispevek 110/20 Tr

$$I_n = 1730 \text{ A}$$

$$I_k'' = \frac{S_{k1}''}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{523 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 15.1 \text{ kA}$$

$$\frac{I_k''}{I_n} = 8.73 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 2.2 \quad I_{k1} = 2.2 \cdot 1730 = 3806 \text{ kA}$$

prispevek generatorja

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{9 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 260 \text{ A}$$

$$I_k'' = \frac{S_{k2}''}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{71 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 2.050 \text{ kA}$$

$$\frac{I_k''}{I_n} = 7.88 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 2.2 \quad I_{k2} = 2.2 \cdot 260 = 572 \text{ kA}$$

prispevek 20 kV mreže

$$I_n = 500 A$$

$$I_k'' = \frac{S_{k3}''}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{71 MVA}{\sqrt{3} \cdot 20 kV} = 2.049 kA$$

$$\frac{I_k''}{I_n} = 4.1 \Rightarrow \lambda = 2.1 \quad I_{k3} = 2.1 \cdot 500 = 1050 A$$

Celotni trajni tok KS:

$$I_k = I_{k1} + I_{k2} + I_{k3} = 3810 + 572 + 1050 = 5.432 kA$$

Termični tok KS:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{m+n} = 19.2 kA \cdot \sqrt{0.5+0.77} = 21.64 kA$$

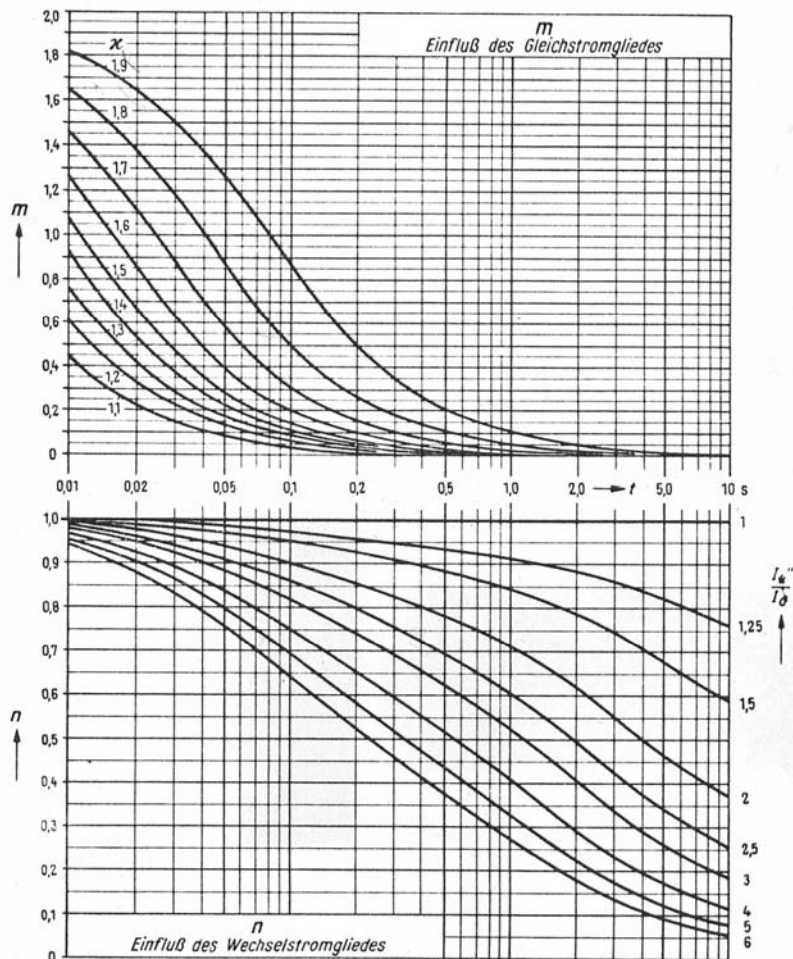
določitev m in n: (iz spodnjega grafa)

$$m = f(\lambda, t_{izk}) = f(1.8, 0.1) = 0.5$$

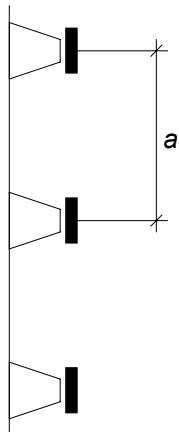
vpliv enosmerne komponente

$$n = f\left(\frac{I_k''}{I_k}, t_{izk}\right) = f(3.54, 0.1) = 0.77$$

vpliv izmenične komponente



Izbira zbiralk:



- Glede na nazivni tok 1730 A izberemo zbiralke (tabela 128):
- 10 x 100mm pobarvane z nazivnim tokom 1880 A.
 - razdalja med zbiralkami $a=250$ mm (iz kataloga proizvajalca)
 - dolžina zbiralke (širina celice) je 1000 mm (lahko tudi 800 mm)

Tabelle 128 Belastungswerte für rechteckige Kupferquerschnitte

Breite × Dicke j)	Quer- schnitt j)	Ge- wicht	Belastung I_{90} in A (dauernd)																Statische Werte für eine Schiene						
			Wechselstrom 40 bis 90 Hz												Gleichstrom				$X \begin{array}{ c } \hline X \\ \hline \end{array} X$		$Y \begin{array}{ c } \hline Y \\ \hline \end{array} Y$				
			gestrichen				blank				gestrichen				blank				W_2 cm ³	J_2 cm ⁴	W_y cm ³	J_y cm ⁴			
			Schienezahl			4	Schienezahl			4	Schienezahl			4	Schienezahl			4							
12 × 2	24	0,21	125	225					110	200				130	230			120	210	0,048	0,0288	0,008	0,0008		
15 × 2	30	0,27	155	270					140	240				160	280			145	255	0,075	0,0562	0,010	0,0010		
15 × 3	45	0,40	185	330					170	300				195	335			175	305	0,112	0,084	0,022	0,0030		
20 × 2	40	0,38	205	350					185	315				210	370			190	330	0,133	0,133	0,0133	0,0013		
20 × 3	60	0,53	245	425					220	380				250	435			225	395	0,200	0,200	0,030	0,0045		
20 × 5	100	0,89	325	550					290	495				330	570			300	515	0,333	0,333	0,083	0,0208		
25 × 3	75	0,67	300	510					270	460				310	530			275	485	0,312	0,390	0,037	0,005		
25 × 5	125	1,11	385	670					350	600				400	680			360	620	0,521	0,651	0,104	0,026		
30 × 3	90	0,80	350	600					315	540				360	630			325	570	0,450	0,675	0,045	0,007		
30 × 5	150	1,34	450	780					400	700				475	800			425	725	0,750	1,125	0,125	0,051		
40 × 3	120	1,07	460	780					420	710				470	820			425	740	0,800	1,600	0,060	0,009		
40 × 5	200	1,78	600	1000					520	900				600	1030			550	935	1,333	2,666	0,166	0,042		
40 × 10*	400	3,58	835	1500	2060	2800			750	1350	1850	2500		870	1550	2180		800	1395	1,950	2,666	5,333	0,866	0,333	
50 × 5*	250	2,23	700	1200	1750	2300			630	1100	1550	2100		740	1270	1870		650	1150	1700	2,080	5,200	0,208	0,052	
50 × 10*	500	4,45	1025	1800	2450	3300			920	1620	2200	3000		1070	1900	2700		1000	1700	2400	4,160	10,400	0,833	0,416	
60 × 5*	300	2,67	825	1400	1980	2650			750	1300	1800	2400		870	1500	2200	2700	780	1400	1900	2,500	3,000	9,000	0,250	0,963
60 × 10*	600	5,34	1200	2100	2800	3800			1100	1860	2500	3400		1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3,500	6,000	18,000	1,000	0,500
80 × 5	400	3,56	1060	1800	2450	3300			950	1650	2200	2900		1150	2000	2800	3500	1000	1800	2500	3200	5,333	21,330	0,333	0,0833
80 × 10*	800	7,12	1540	2600	3450	4600			1400	2300	3100	4200		1650	2800	4000	5100	1450	2600	3600	4,500	10,660	42,600	1,333	0,666
100 × 5	500	4,45	1310	2200	2950	3800			1100	2000	2600	3400		1400	2500	3400	4300	1250	2250	3000	3900	8,333	41,660	0,4166	0,104
100 × 10*	1000	8,90	1880	3100	4000	5400			1700	2700	3600	4800		2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5,600	16,660	83,300	1,666	0,833
120 × 10*	1200	10,68	2200	3500	4600	6100			2000	3200	4200	5500		2300	4200	5700	7400	2100	3700	5200	6600	24,000	144,000	2,000	1,000
160 × 10	1600	14,24	2880	4400	5800	7800			2600	3900	5200	7000		3100	5400	7300	9600	2800	4900	6750	8600	42,600	341,000	2,666	1,333
200 × 10	2000	17,80												3800	6700	9200	11700	3400	6000	8300	10500	66,600	666,000	3,333	1,666

Fettgedruckte Abmessungen und Belastungswerte für Schaltgeräte-Anschlüsse verwenden, mit * gekennzeichnete Werte vorzugsweise für Sammelschienen.
 Abstand der Leitungen siehe VDE 0101 §§ 18 und 19.

Die Schienen ab 80 mm Breite können durch 2 Schienen halber Breite ersetzt werden.

Die maximale Temperatur in der Mitte der Schienenpakete darf beim Dauerkurzschußstrom 200 °C nicht übersteigen.
 Werkstoff: Flachkupfer für Stromschienen in Schaltanlagen nach DIN 1768.

Termična kontrola zbiralk:

- glede na termični tok $I_{th}=21.64$ kA je minimalni potrební presek:

$$S_{min} = 7.5 \cdot I_{th} \cdot \sqrt{t_{iz}} = 7.5 \cdot 21.64 \cdot \sqrt{0.1} = 51.31 \text{ mm}^2$$

imamo zbiralke (10x100) mm², kar je 1000 mm²!

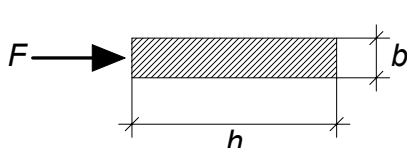
Mehanska kontrola zbiralk:

- izračun sile in momenta:

$$F = 0.2 \cdot I_u^2 \cdot \frac{l}{a} = 0.2 \cdot 48.87^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} = 1.910 \text{ kN}$$

$$M = \frac{F \cdot l}{12} = \frac{1910 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}}{12} = 159.2 \text{ Nm}$$

- izračun odpornostnega in vztrajnostnega momenta



$$W = \frac{h^2 \cdot b}{6} = \frac{0.1^2 \cdot 0.01}{6} = 1.667 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$J = \frac{h^3 \cdot b}{12} = \frac{0.1^3 \cdot 0.01}{12} = 0.833 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

Lastna frekvenca:

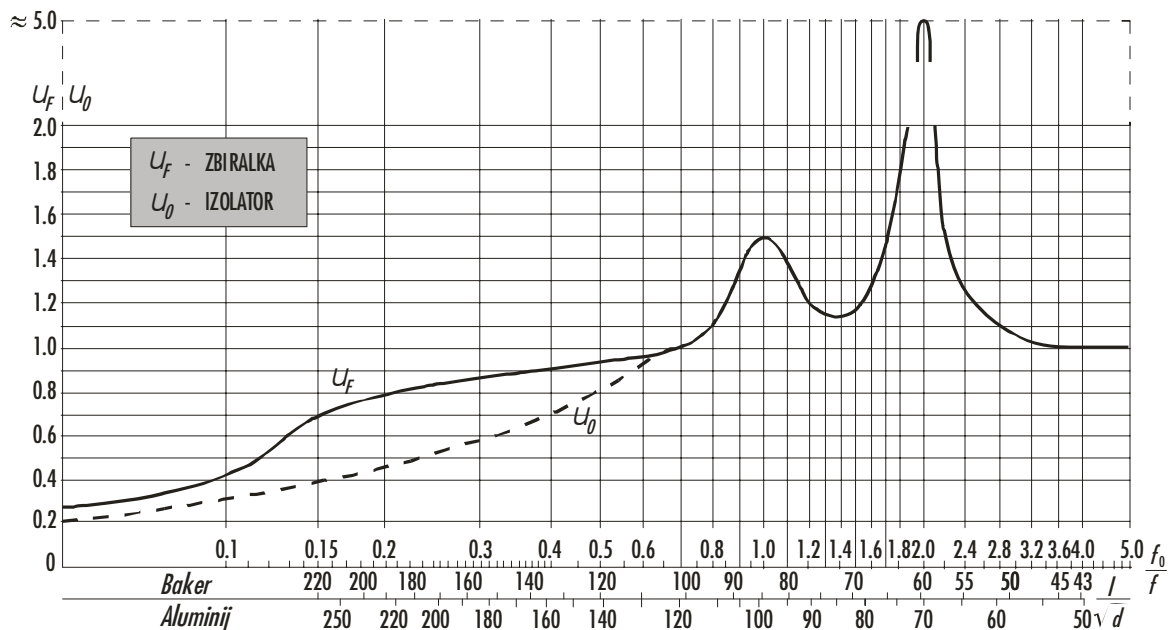
$$c_e = \frac{s_1}{2 \cdot \pi \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot A}} = \frac{4.73}{2 \cdot \pi \cdot 1^2 \text{ m}^2} \cdot \sqrt{\frac{120 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 0.833 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4}{8900 \text{ kg/m}^3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}} = 79.8 \text{ Hz} \quad N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

- s_1 faktor glede na pritrditev zbiralk: 4.73 - oklepajoči nosilec
 3.93 - nosilec samo iz ene strani
 3.14 - premikajoči se nosilec
- E modul elastičnosti v N/m^2 za Cu $120 \cdot 10^9$
- l dolžina v m
- J vztrajnostni moment v m^4
- ρ specifična masa v kg/m^3
- A površina prereza zbiranke v m^2

Izračunam razmerje lastne in omrežne frekvence:

$$\frac{c_l}{c} = \frac{79.8 Hz}{50 Hz} = 1.596$$

Iz spodnje slike odčitam resonančna faktorja za zbiralke $v_{zb}(v_0)$ in izolatorje $v_{izo}(v_F)$. Če je odčitani resonančni faktor manj kot 1, v nadaljnjih izračunih upoštevam vrednost 1!



Za naš primer sta oba faktorja 1.3!

Natezna napetost v zbiralkah:

$$\sigma = v_{zb} \cdot \frac{M}{W} = 1.3 \cdot \frac{159.2 Nm}{1.667 \cdot 10^{-5} m^3} = 12.42 \cdot 10^6 N/m^2$$

Primerjava z dovoljeno natezno napetostjo:

$$\sigma_{0.2} = 150 \cdot 10^6 N/m^2$$

$$\sigma < 2 \cdot \sigma_{0.2} \quad \text{to pa drži!}$$

Lahko zaključimo, da zbiranke odgovarjajo tudi mehansko!

Izbira podpornih izolatorjev:

Pri izbiri izolatorjev moramo preračunati silo zbiralke na dejansko oprijemališče:

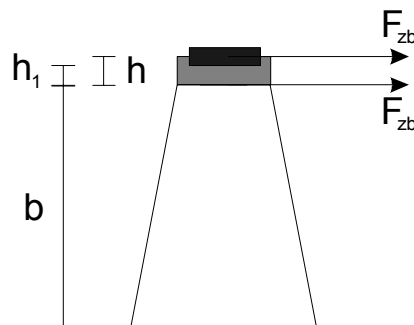
$$F_{zb} = 1910N$$

$$b = 210mm$$

$$h_1 = 10mm$$

$$h = h_1 + \frac{1}{2}h_z = 10mm + 5mm = 15mm$$

$$F_{zb}' = F_{zb} \cdot \frac{b+h}{b} = 1891N \cdot \frac{225mm}{210mm} = 2046N$$



Izračun razreda izolatorja:

Zaradi resonance moramo upoštevati še resonančni faktor:

$$v_{izo} = iz \text{ tabele} = 1.3$$

$$F_{izo} = v_{izo} \cdot F_{zb}' = 1.3 \cdot 2046N = 2660N$$

Po predpisih sme sila na robu izolatorja doseči 70% prelomne sile izolatorja, torej je minimalna potrebna prelomna trdnost izolatorja :

$$F_{min-izo} = \frac{F_{izo}}{0.7} = \frac{2660N}{0.7} = 3800N$$

Izolatorji se izdelujejo v treh razredih:

A: 3750N

B: 7500 N

C: 12500 N

Izbor celic:

	Celica	I _n	oznaka celice
1	dovod iz 110/20 kV trafo	1730 A	C4M6/24-2/1023-VA 6320
2	generatorska celica	288 A	VA 6312
3	Dovod iz 20 kV mreže	500 A	VA 6312
4	Bremenske celice	250 A	VA 6312
5	BC		
6	BC		
7	BC		
8	Spojno polje	1730	VA 6320
9	Merilna celica za napetost		
10	MC		

1. Odklopnik + 3 TMT
2. Odklopnik + 3 TMT +3 NMT
3. Odklopnik + 3 TMT +OZ stikalo
4. Odklopnik + 3 TMT +OZ stikalo
5. Odklopnik + 3 TMT +OZ stikalo
6. Odklopnik + 3 TMT +OZ stikalo
7. Odklopnik + 3 TMT +OZ stikalo
8. Serijsko razdeljen panel (2 celici); Odklopnik, spojna celica
9. Voziček v funkciji merilnega panela
10. Voziček v funkciji merilnega panela