

**STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ
S. A. JEDLIKA V NOVÝCH ZÁMKOCH**

**ŠTUDIJNÝ ODBOR:
ELEKTROTECHNIKA;**

ELEKTRICKÉ STANICE

PROJEKT Z ELEKTROENERGETIKY

Školský rok: 2006 / 2007 Trieda, skupina: 4.AZ Číslo projektu: - 1 -	Meno: Igor Cagáň Dátum začatia: 06.09.2006 Dátum odovzdania: 23.11.2006
---	--

OBSAH:

- 1. Zadanie**
- 2. Teoretická príprava**
- 3. Výpočet skratového prúdu**
- 4. Návrh prívodných vodičov a prípojnic**
- 5. Návrh elektrickej rozvodne**
- 6. Špecifikácia prístrojov**

Práca obsahuje poč.:	LISTOV TABULIEK OBRÁZKOV	- 29 - - 05 - - 26 -	Klasifikácia:
-----------------------------	---	---	----------------------

1. Zadanie

Navrhnete elektrickú stanicu pre priemyselný park **Šarišské Luky - Šebastová** podľa požiadaviek zúčastnených investorov uvedených nižšie. Rozhodnite, pre ktorých investorov navrhnete podľa ich energetických požiadaviek vlastnú transformovňu.

V Priemyselnom parku **Šarišské Luky – Šebastová** otvárajú svoje prevádzky nasledovní investori, ktorým sú pridelené uvedené transformované napätia:

P.č.	Názov podniku	Popis činnosti	P [kW]	U [kV]
1.	Závody priemyselnej automatizácie š.p.*	Výrobné a montážne haly	4283	22
2.	Solivar K.S.	Úpravovňa soli	4023	22
3.	Závody valivých ložísk V.O.S.	Výrobné haly	3180	22
4.	Pivovar Šariš a.s.	Pivovarnický komplex	2130	22
5.	Odevný závod kpt. Nálepku a.s.	Podnikové pracovisko	1200	22
6.	Bryndza a syn s.r.o.	Výrobňa bryndze	533	0,4
7.	Pivovar Šariš a.s.	Sklady	410	0,4
8.	Pekáreň Frederiky Schmidtovej	Výrobňa pečiva	258	0,4
9.	TESCO a.s.	Nákupné centrum	174	0,4
10.	Súkromné ubytovacie zariadenie východ	Ubytovňa	152	0,4
11.	Farby - Laky - Drogeria Partika	Sklady	180	0,4

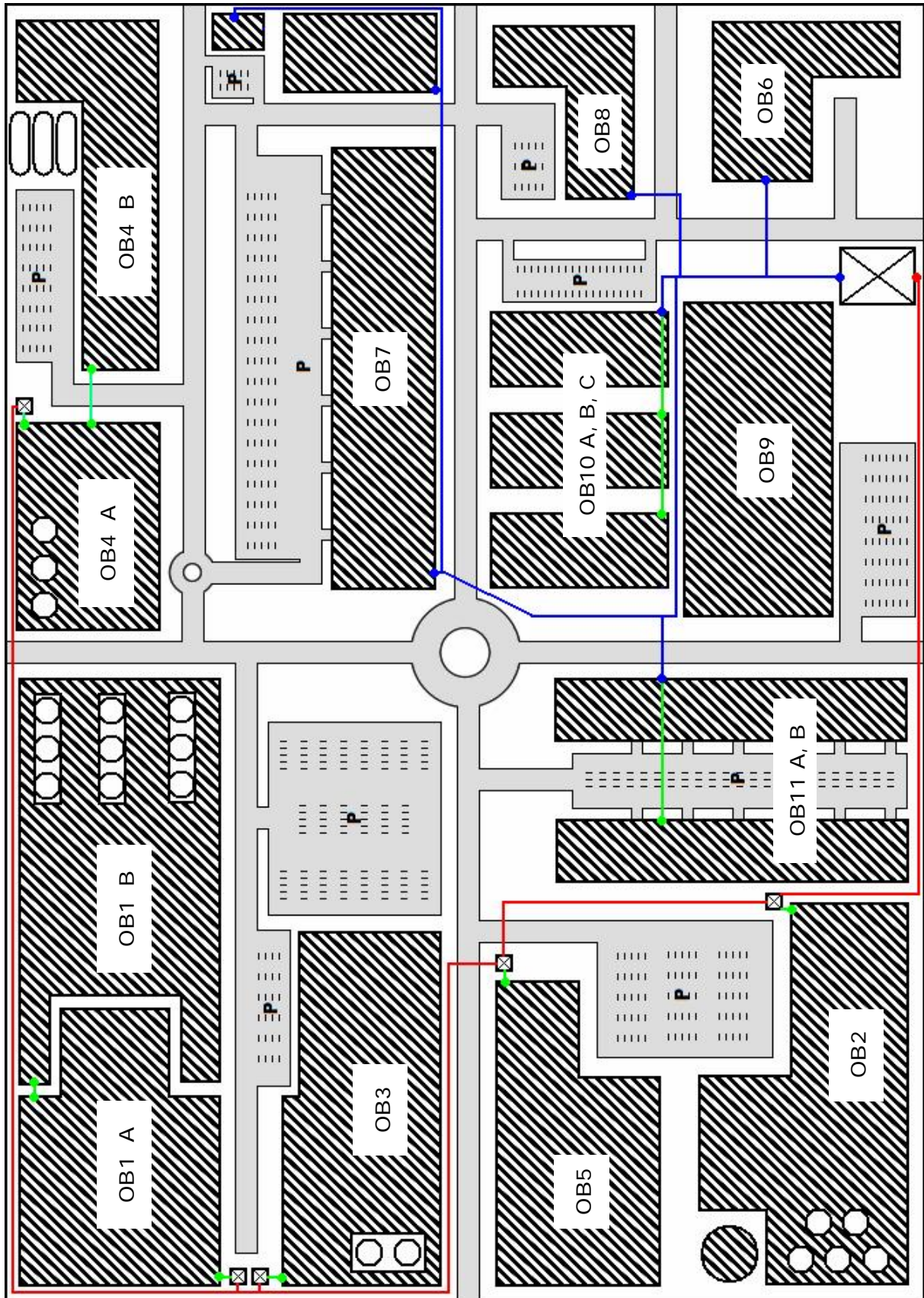
*štátny podnik

Moje rozhodovanie o pridelení 22 kV transformačnej stanice sa opieralo špecifické požiadavky jednotlivých investorov na prevádzku, ktorá plynula z činnosti zamerania ich budúcej výroby či prevádzky.

LEGENDA k územnému plánu priemyselného parku na nasledovnej strane:

Označenie		Investor	Odber [A]
OBJ1	A, B	Závody priemyselnej automatizácie	112,4
OBJ2		Solivak K.S.	105,6
OBJ3		Závody valivých ložísk V.O.S.	83,5
OBJ4	A, B	Pivovar Šariš a.s.	55,9
OBJ5		Odevný závod kpt. Nálepku a.s.	31,5
OBJ6		Bryndza a syn s.r.o.	14,0
OBJ7		Pivovar Šariš a.s.	176,1
OBJ8		Pekáreň Frederiky Schmidtovej	372,4
OBJ9		TESCO a.s.	251,1
OBJ10	A, B, C	Súkromné ubytovacie zariadenie východ	219,4
OBJ11		Farby - Laky - Drogeria Partika	54,8
Celkom			1476,7

Územný plán priemyselného parku **Šarišské Luky – Šebastová**

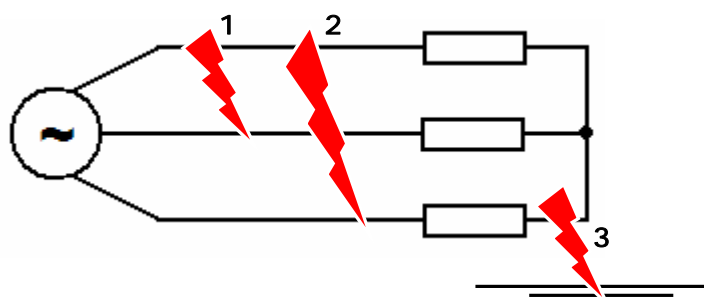


2. Teoretická príprava

Keďže v tomto projekte navrhujem elektrickú rozvodňu, ktorá bude článkom celoslovenskej elektrickej siete, musím ju navrhnuť tak, aby ona nijak okolitú sieť nepoškodzovala a aby bola sama chránená pred okolitou sieťou. Z oboch strán možno predpokladať poruchovosť, ktorá sa prejavuje hlavne vznikom skratov, a tie majú prevažne vždy katastrofálne účinky.

V elektrických sieťach môže poruchou na vedení alebo na ostatných členoch rozvodnej siete dôjsť ku skratu. Skrat, nech sa udeje na ktoromkoľvek úseku elektrického obvodu, je v podstate vodivé spojenie svoriek zdroja nakrátko. Skrat predstavuje miesto s najmenším odporom v obvode, čo má v praxi za následok vznik skratového prúdu I_K , ktorý spravidla potečie podľa Ohmovho zákona týmto miestom a nie pôvodnou cestou s väčším odporom.

Skrat môže byť na vedení VN zapríčinený napríklad aj vyvrátením stromu bleskom, ktorý následne spadne na vedenie a svojou váhou vodivo prepojí dve (1) či dokonca všetky tri fázy (2) dohromady. V prípade, že strom je natoľko mohutný, že zvalí vedenie na zem, vtedy hovoríme o tzv. zemnom spojení fázy (3).



OBR1:
Druhy skratov
v elektrickej sieti.

Pri skrate medzi tromi fázami obvodom tečie i vyrovnávací prúd. Napätie sa totiž svojimi účinkami snaží vyrovnáť rozdiel potenciálov, ktoré sú medzi časovo posunutými priebehmi napätia na jednotlivých fázach. Vyrovnávací prúd pôsobí proti skratovému, teda následky po trojfázovom skrate nie sú až tak deštruktívne ako po skrate dvojfázovom, kde k časovému posunutiu nedochádza a skratový prúd nie je ničím znižovaný.

Ako sme už vyššie naznačili, preto, že skrat je v podstate vodivé spojenie medzi svorkami zdroja, najväčší vplyv má na účinky a vlastnosti skratu konštrukcia generátora. V predchádzajúcom ročníku sme sa naučili, že generátor je konštruovaný podľa vzorca v2.1:

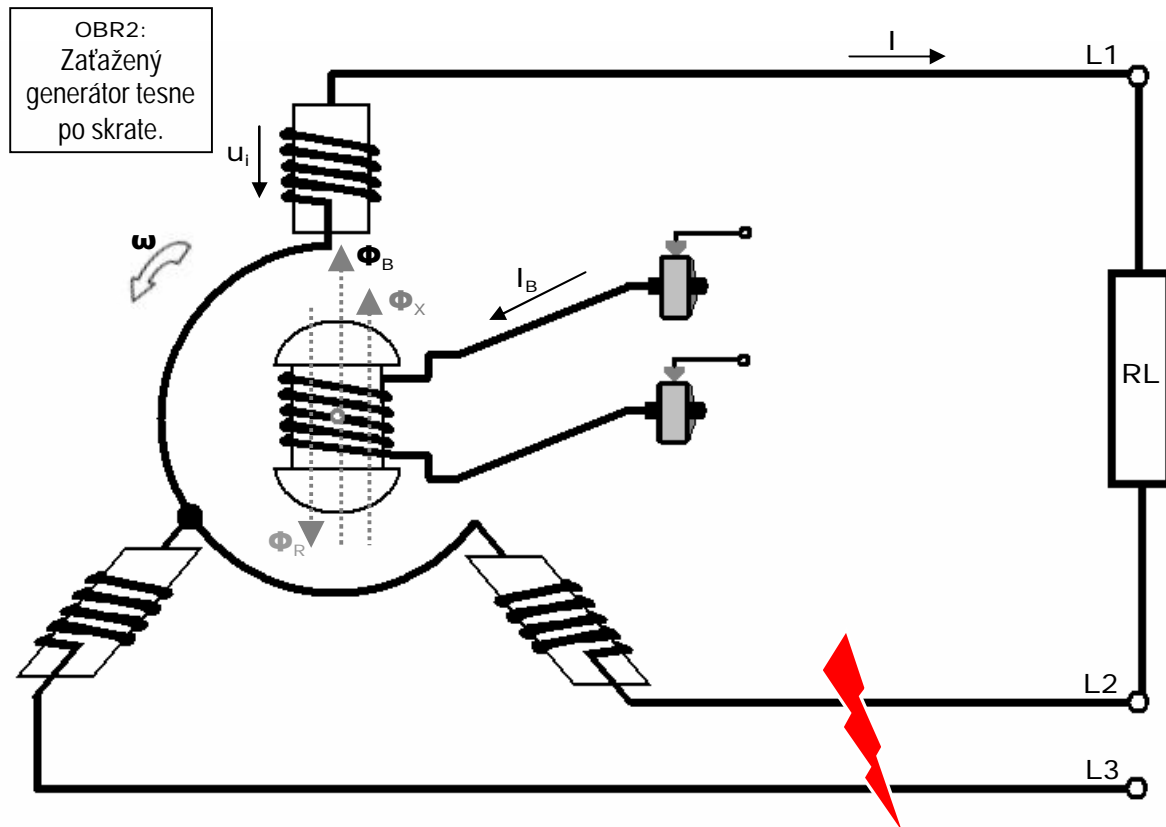
v2.1

$$u_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad [V]$$

ktorý hovorí, že indukované napätie vznikne vtedy, ak sa bude magnetické pole (tu reprezentované mg. tokom Φ) meniť v čase (t), a že veľkosť tohto naindukovaného napätia bude priamoúmerne závisieť od počtu závitov cievky. Takto zhotovený generátor vidíme na obrázku OBR2 (na ďalšej strane).

Cievka rotora je budená prúdom I_B , ktorého prechodom závitmi sa v okolí cievky indukuje budiaci magnetický tok Φ_B . Po zaťažení sa na cievke rotora objaví ďalší magnetický tok Φ_R , ktorému hovoríme reakcia kotvy a je spôsobený indukčnosťou

záťaže. Keďže akciou bolo vytvorenie budiaceho magnetického toku, reakcia kotvy bude smerovať opačne, tak, aby pôsobila proti akcii, ktorá ju vyvolala. Na cievke rotora sa ďalej v bežnej prevádzke indukuje aj magnetický tok amortizéra Φ_Y . Amortizér je jednoduchá jednovávitová cievka. Tá zabezpečuje konštantné otáčky rotora tak, že pri samovoľnej zmene otáčok upravuje výsledný mg. tok rotora. Zrýchľovaním otáčok sa zvyšuje mg. tok amortizéra, ktorý zvyšuje výsledný tok rotora, keďže je s budiacim

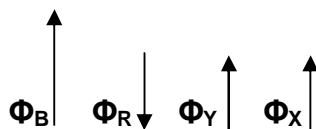


tokom vo fáze. Čím väčší je výsledný tok rotora, tým väčšia reakcia kotvy sa snaží pôsobiť proti tomuto toku. Tak sa odčítaním týchto tokov opäť otáčky vrátia do normálu. Tým, že v našom prípade došlo podľa obrázku OBR2 ku skrate, v obvode sa objaví ešte jeden mg. tok – skratový mg. tok Φ_X – ktorý je rovnako vo fáze s Φ_B .

Tesne po skrate na seba preto v okolí rotora pôsobia až 4 magnetické toky zároveň:

- Φ_B - budiaci mg. tok, ktorý je trvalo prítomný. Prúd, ktorý ho indukuje je privádzaný z batérie počas celej prevádzky generátora.
- Φ_R - reakcia kotvy pôsobí **proti** budiacemu mg. toku, a preto od neho závisí. Teda ak je budiaci mg. tok trvalý, reakcia kotvy potom tiež pôsobí trvalo.
- Φ_Y - mg. tok amortizéra je v obvode prítomný stále; jeho veľkosť závisí od otáčok rotora
- Φ_X - skratový mg. tok je dočasný; tesne po skrate prudko vzrastie, no časom sa ustáli; nikdy však neklesne úplne na nulu

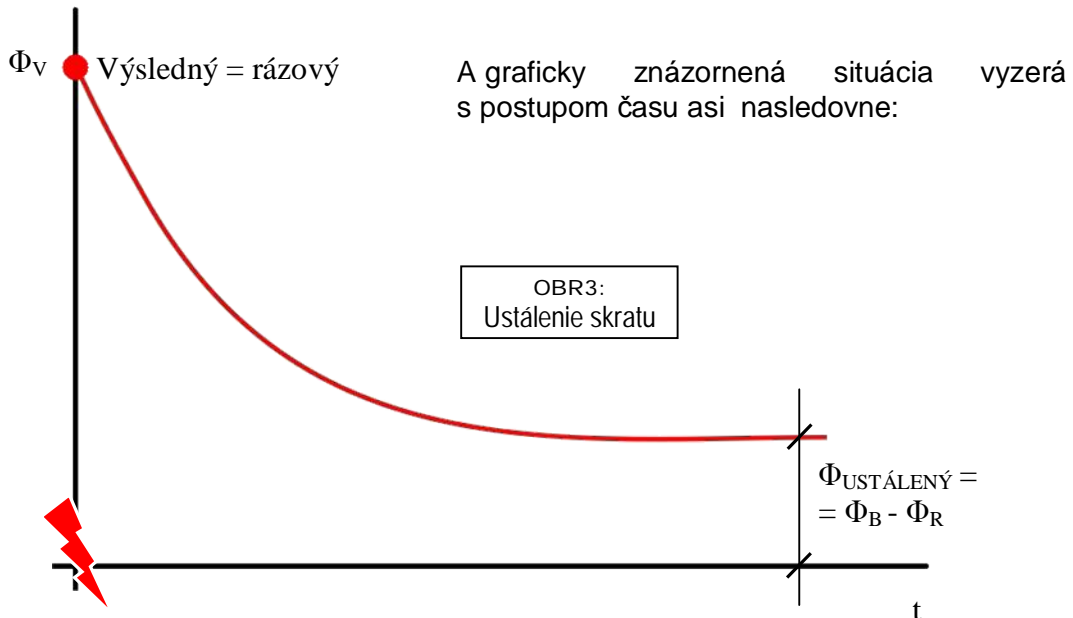
Celú situáciu si teda prekreslime za pomoci vektorov na názornejšiu ukážku, aby sme vedeli správne určiť výsledný mg. tok v obvode tesne po skrate:



Podľa predošlých úvah teda napíšme rovnicu výsledného mg. toku:

v2.2

$$\Phi_V = \Phi_B - \Phi_R + \Phi_X + \Phi_Y \quad [\text{Wb}]$$



Aby sme vedeli chrániť našu rozvodňu, musíme dôkladne poznať všetky vlastnosti skratu. Zrekapitulujme si ich:

- skrat sa svojou frekvenciou nelíši od frekvencie sviete; frekvencia skratového prúdu je preto $f = 50 \text{ Hz}$; amplitúdu skratu nemá žiaden prvok prítomný v obvode možnosť zhustiť
- fázor skratového prúdu je časovo posunutý o 90° za napätím, to preto, pretože najväčšie hodnoty dosahuje skrat v čase, keď priebeh napätia prechádza nulou
- skrat je v osvojej podstate predvídateľný; rázovo narastie v okamihu a následne pomaly klesá, nikdy však nedosiahne nulový stav

Ak sa pozrieme na časový diagram priebehu skratového prúdu na nasledovnej strane, ľahko z neho vyčítame, že najväčšiu hodnotu skratový prúd dosiahne v čase, keď ubehla jedna polperióda z priebehu napätia. Keďže vieme, že frekvencia skratového prúdu je 50 Hz a poznáme vzťah pre výpočet času, dokážeme potom určiť aj kritický okamih, kedy skrat dosiahne svoje najdeštruktívnejšie účinky:

v2.3

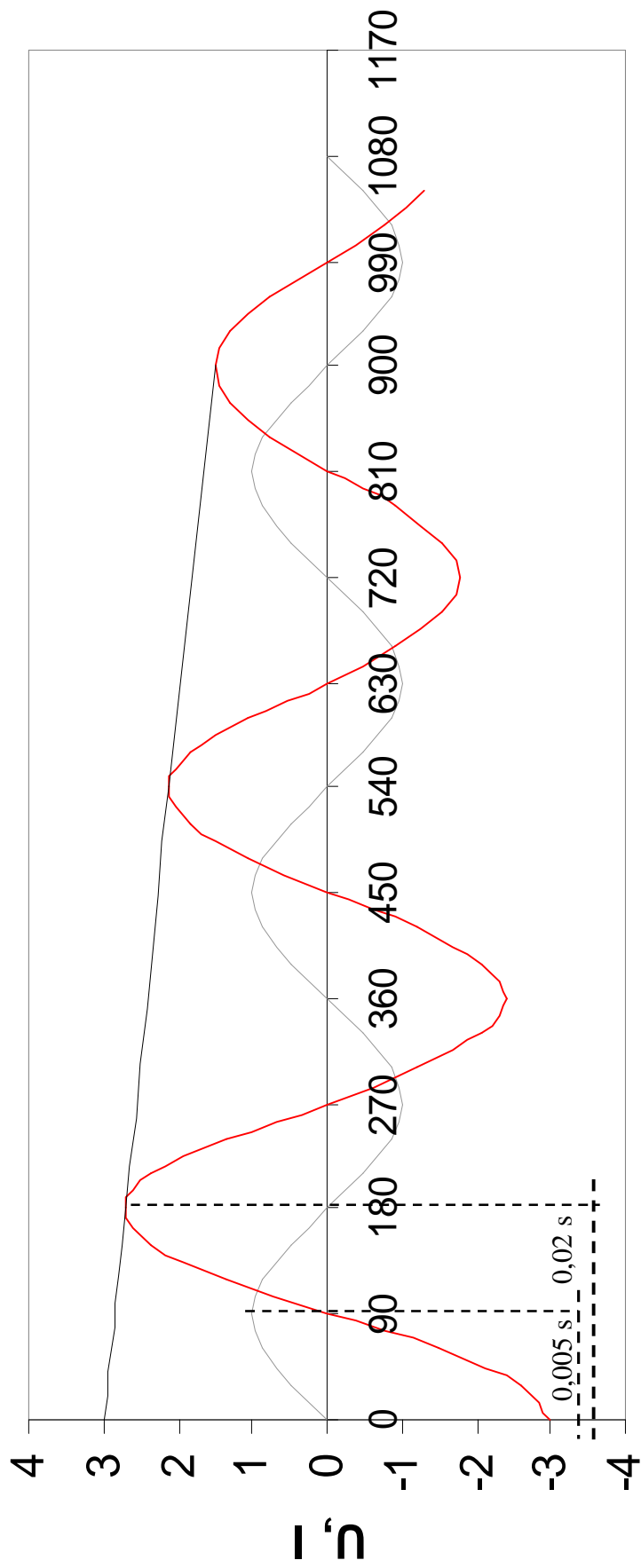
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \quad [\text{s}]$$

$$T_{\text{kMAX}} = \frac{T}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \quad [\text{s}]$$

Podľa výpočtu skrat dosiahne svoju najväčšiu hodnotu, ktorá sa bude od tohto bodu ďalej len znižovať, v čase $t = 0,01$ sekundy od svojho vzniku.

V časovom diagrame je zakreslená aj akási jednosmerná zložka skratového prúdu, označená ako I_{kj} . Tá pôsobí ako reakcia na vznik „oscilujúceho“ skratového prúdu I_{ks} ,

Priebeh skratového prúdu



ωt

a preto, čo do veľkosti je rovnaká, ale svojím smerom pôsobí proti zmene, ktorá ju vyvolala. Na jej vzniku sa veľkou mierou podieľa čas priebehu prevádzkového napätia, v ktorom skrat prepukne. V prípade z nášho obrázku, skrat vznikol v čase, keď bolo napätie nulové, teda žiadna elektrická sila nebránila vzniku jednosmernej zložky skratového prúdu. Ak by však skrat vznikol v čase, keď priebeh napätia dosahoval svoj vrchol, tento vrchol napätia by bol dostatočnou elektrickou silou, ktorá by vzniku jednosmernej zložky zabránila – skratu by nezostávala energia na jej vytvorenie.

Opäť raz možno našu úvahu premeniť na čísla, keď si situáciu predstavíme. Simulujme:

- skrat prebehne v čase, keď je napätie maximálne = v čase, keď z priebehu napätia uplynie iba polovica polperiódy,

v2.4

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ [s]}$$

$$T_{kMAX} = \frac{T}{2} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ [s]}$$

Výsledok zo vzťahu je potom jasný a môžeme zodpovedne prehlásiť, že pokiaľ by skrat vznikol v čase 0,005 sekundy od začiatku prechodu napätia nulou, jeho jednosmerná zložka $I_{k,j}$ by nevznikla.

Náš poznatok ešte možno previesť do schematickej a prehľadnej reči matematiky nasledovne:

v2.5

$$\text{ak } U = \text{MAX} \Rightarrow I_{k,j} = 0$$

$$\text{ak } U = 0 \Rightarrow I_{k,j} = \text{MAX}$$

Tak či tak je potrebné povedať, že striedavá zložka skratového prúdu $I_{k,s}$ je omnoho nebezpečnejšia ako jednosmerná $I_{k,j}$, práve pre svoju dynamickú povahu. Tým, že $I_{k,s}$ prechádza nulou spôsobuje akoby nárazy na zaťaženie vodičov. Takéto dynamické sily potom vodiče deštruuujú.

Vyslovený **záver** z našich úvah o skrate by potom mohol znieť i nasledovne:

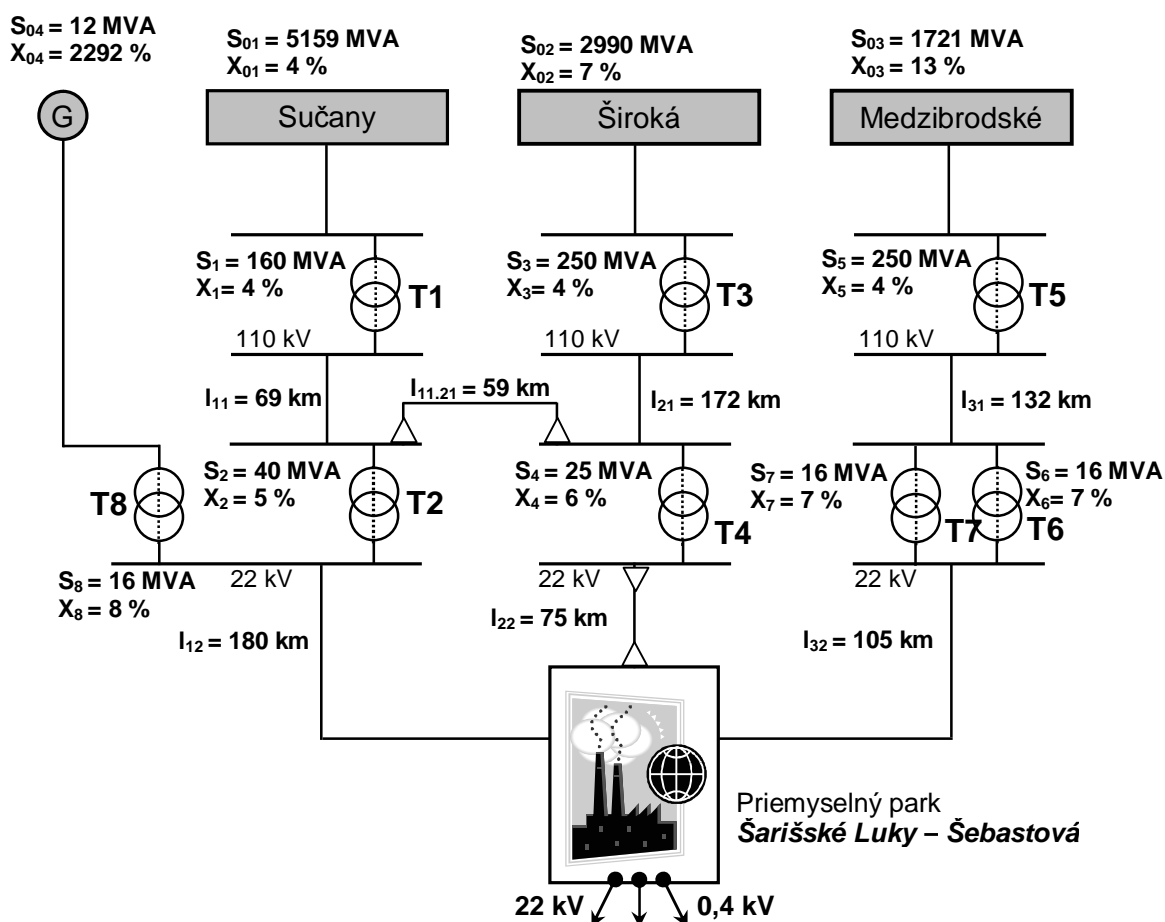
Skrat je v energetickom priemysle neželaný a nebezpečný. Musíme mu teda predchádzať, čo však nie vždy je možné. Nutno sa preto pred ním brániť rôznymi ochranami, ktoré by mali pôvodcu skratu odstaviť. Ochrany však nereagujú na skrat okamžite. Hneď po skrate prebieha totiž analýza, kde skrat vznikol a až po tom, keď sa bezpečne určí jeho pôvodca, selektivita ochrán skončí a poškodený úsek odstavia. Proces selektivity a vyčkávania však môže trvať i niekoľko sekúnd. Za tento čas, ak sa pozrieme na naše výpočty, skrat už dosiahol svoju najdeštruktívnejšiu hodnotu (za 0,02 s), ktorej musí počas doby selektivity odolať zariadenie v elektrickej rozvodni – teda hlavne vodiče. A preto, aby sme vedeli našu rozvodňu priemyselného parku patrične ochrániť od devastácie, okrem iného ju musíme dôkladne navrhnuť.

Návrh vodičov musíme preto realizovať podľa potenciálneho skratového prúdu, ktorý na základe konštrukcie našej rozvodne a energetickej siete pred našou rozvodňou môže ohrozovať naše prívodné vodiče.

Preto tento prúd I_k vypočítajme.

Na to potrebujeme poznať rozvodnú energetickú sieť pred našou rozvodňou.

3. Výpočet skratového prúdu



OBR5: Časť energetickej siete Slovenskej republiky

Obrázok zachytáva časť energetickej rozvodnej siete Slovenskej republiky, na ktorú je napojený priemyselný park Šarišské Luky – Šebastová prostredníctvom svojej centrálnej rozvodne. Sučany, Široká a Medzibrodské sú elektrárne najbližšie k tomuto priemyselnému parku, preto je park napájaný z týchto troch miest. Napájanie parku z troch miest zároveň zabezpečí parku stabilnú dodávku energie aj v prípade, že jedna z elektrární bude odstavená alebo zaznamená výpadok.

Energetická sieť na obrázku predstavuje skratový obvod, ktorým potečie skratový prúd potenciálne ohrozujúci rozvodňu Šarišské Luky – Šebastová. Ako aj vidieť, tento skratový obvod sa skladá z množstva rôznych prvkov (transformátorov, generátorov, vedení, ap.), teda je nehomogénny a nemôžeme s ním ďalej vo výpočtoch v takejto podobe pracovať. Pretože máme rôzne systémy obvodov, musíme ich zjednodušiť natoľko, aby sme dostali iba jeden systém, v ktorom budú všetky prvky navzájom rovnocenné.

Aby sme mohli takúto substitúciu vykonať, musíme najskôr uvažovať o tom, čo majú napriek vzájomnej rozdielnosti jednotlivé prvky v schéme spoločné. Prúd tečie všetkými prvkami rovnaký, pretože prúd je požadovaný a musí byť dodržaný. S prúdom teda nemôžeme počítať, pretože je konštantou. Keď uvažujeme ďalej, fakt, že sa tu nachádzajú rôzne systémy prvkov ako generátory, transformátory, vedenie ap., nám hovorí o tom, že tieto rozdielne systémy budú klásť rozdielny odpor. Teda úbytky napätí na jednotlivých častiach budú pri každom prvku obvodu rôzne, práve podľa druhu

takéhoto prvku obvodu. Spoločným pre všetky prvky obvodu je potom rozdielny úbytok napätí na týchto prvkoch – tzv. **percentuálna reaktancia, Δu alebo X [%]**.

Ak by sme mali objasniť prečo sa stratené napätie volá percentuálnou reaktanciou, najzreteľnejšie by to vyplývalo z elektrotechnického odvodenia za pomoci matematického aparátu:

v3.1

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{X \cdot I_n}{U} \cdot 100$$

Percento úbytku napätia dostaneme pomerom napätia, ktoré sa stratilo ΔU z celkového napätia obvodu U násobeného stami, aby bol výsledok v percentách. Ďalej vieme, že úbytok napätia ΔU sa podľa Ohmovho zákona rovná $\Delta U = X \cdot I$ pre striedavé obvody.

Ak budeme vzťah ďalej matematicky upravovať, dostaneme výsledný vzorec, ktorý vysvetľuje, prečo sa stratené napätie nazýva percentuálnou reaktanciou:

v3.2

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{X \cdot I_n}{U} \cdot 100 \quad / \div I_n^{-1}$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{X}{\frac{U}{I_n}} \cdot 100 \quad / \div U_n$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{X}{\frac{U_n}{I_n}} \cdot 100$$

A keďže opäť, podľa Ohmovho zákona vieme, že $U_n/I_n = X$, môžeme vzťah prepísať na:

v3.3

$$\Delta u_{\%} = \frac{X}{X} \cdot 100$$

$$\Delta u_{\%} = X \cdot 100$$

$$\Delta u_{\%} = X\%$$

Percentuálnu reaktanciu generátorov a transformátorov získame z ich výrobných štítkov. Dospelo sa k nej meraním nakrátko na týchto zariadeniach, pretože tento stav simuluje skutočný skratový stav a hovorí o tom, ako sa budú správať rozptylové reaktancie a úbytky na vinutiach takýchto zariadeniach. Ak by sme merali naprázdno, získali by sme informáciu o tom, ako sa správa železná konštrukcia týchto zariadení, ktorá je spojená s magnetickým a nie elektrickým obvodom.

Ak sme už povedali, na skrat má najväčší vplyv konštrukcia generátora, pretože skrat je práve akoby vodivé spojenie medzi svorkami generátora, a preto sa s časom trvania skratu percentuálna reaktancia generátora mení:

- X'' = rázová percentuálna reaktancia; vznik skratu

- X' = prechodná percentuálna reaktancia; po 1 až 1,5 s od vzniku skratu
- X = ustálená percentuálna reaktancia; po 5 sekundách od vzniku skratu

Hodnoty percentuálnych reaktancií generátorov a transformátorov máme zo štítkov, ostáva nám zistiť percentuálnu reaktanciu vedení.

Reaktancia vedení vychádza zo vzorca v3.3 a zo všeobecného vzťahu pre výpočet reaktancie vedenia:

$$v3.4 \quad \Delta u_{\%} = X\% = \frac{X_k \cdot I_n}{U_n} \cdot 100$$

Percentuálna reaktancia je teda hodnota úbytku napätia, ktorá sa stratí na prvku zložitého skratového obvodu. Pre lepšiu orientáciu a prehľadnosť, energetici ju vyjadrujú percentom z celkovej straty obvodu, ktoré predstavuje úbytok napätia ne jednom prvku prepočítaný na celú sústavu.

Takýto prepočet uskutočňujeme na zdanlivý výkon transformátora alebo generátora, pretože nevieme, čo sa bude ďalej z výkonom na jeho ceste od výrobcu k užívateľovi diať (či sa stratí vo forme tepla – činný? alebo či sa stratí vo forme magnetického toku – jalový?). Teda tento zdanlivý výkon vztiahneme na nami zvolený, tzv. **vzťažný výkon S_V** . Hodnotu S_V volíme zväčša takú, aby nám uľahčila výpočet; aby pomer S_V a S bol 1 alebo blízky 1. Takto postupujeme pri tzv. mäkkých sieťach, viď v3.6, kde zohľadňujeme iba jeden prvok siete (buď TRAFIO alebo gen.).

Keď však chceme prepočítať tvrdé siete, ako generátory Sučany, Široká či Medzibrodské, ktorých percentuálna reaktancia zohľadňuje všetky ostatné prvky zapojené v energetickej sieti celej Európy, ktorá pri ceste skratu predchádza našej rozvodni, musíme zvoliť iný postup. Spomínaný pomer S_V a S vynásobíme číslom 110, ktoré v sebe skrýva 10% rezervu, s ktorou sa takéto generátory dimenzujú, viď vzťah v3.5, ktorý už ráta s reálnymi hodnotami z OBR5:

$$v3.5 \quad X = 110 \cdot \frac{S_V}{S} \quad [\%]$$

$$X_{01} = 110 \cdot \frac{250 \cdot 10^6}{5159 \cdot 10^6} = 5\%$$

Tabuľka č. 3: Výpočty percentuálnej reaktancie tvrdej siete

	SUČ (01)	ŠIR (02)	MEZ (03)	G (04)
S [MVA]	5159	2990	1721	12
S_V [MVA]	250	250	250	250
X [%]	5	9	16	2292

$$v3.6 \quad X^+ = X \frac{S_V}{S} \quad [\%]$$

$$X_1^+ = 4 \cdot \frac{250 \cdot 10^6}{160 \cdot 10^6} = 6\%$$

Tabuľka č. 4: Výpočty percentuálnej reaktancie transformátorov

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
S [MVA]	160	40	250	25	250	16	16	16
X [%]	4	5	4	6	4	7	7	8
S_v [MVA]	250	250	250	250	250	250	250	250
X⁺ [%]	6	31	4	60	4	109	109	125

Výpočty percentuálnej reaktancie vedenia podľa vzťahu v3.4

$$X = \frac{X_K \cdot I \cdot S_V}{U^2} \cdot 100 \quad [\%]$$

v3.7

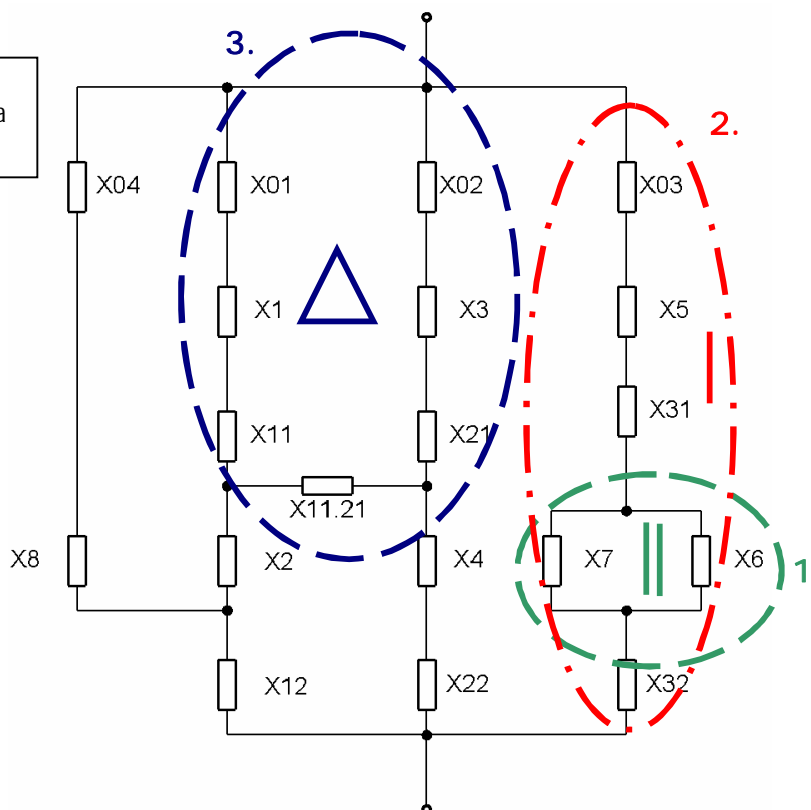
$$X_{11} = \frac{0,35 \cdot 69 \cdot 250 \cdot 10^6}{(110 \cdot 10^3 + 110 \cdot 10^3 \cdot 0,05)^2} \cdot 100 = 45\%$$

Tabuľka č. 5: Výpočty percentuálnej reaktancie vedení

	l ₁₁	l ₁₂	l _{11.21}	l ₂₁	l ₂₂	l ₃₁	l ₃₂
l [km]	69	180	69	172	75	132	105
X_{KM} [-]	0,35	0,35	0,05	0,35	0,05	0,35	0,35
S_v [MVA]	250	250	250	250	250	250	250
U [kV]	110	22	110	110	22	110	22
X [%]	45	2 952	6	113	176	87	1 722

Tým, že sme nehomogénnu sieť prepočítali na prvky, ktoré sú navzájom rovnocenné – na percentuálnu reaktanciu – môže teraz celú komplikovanú schému z obrázku OBR5 prekresliť a vytvoriť tzv. **náhradnú schému**:

OBR6:
Náhradná schéma
- zjednodušená



Prerušovanými čiarami sú na obrázku znázornené zapojenia jednotlivých náhradných prvkov, ktoré sa pokúsime v označenom poradí zjednodušiť.

1. Paralelné sčítanie

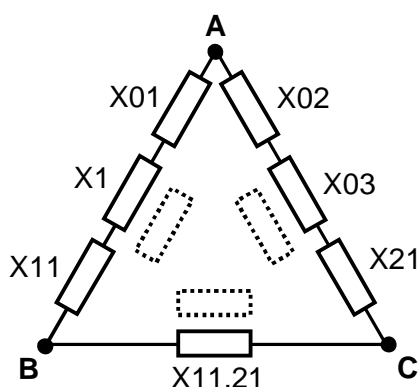
v3.8

$$X_{67} = \frac{X_6 + X_7}{X_6 \cdot X_7} = \frac{109 + 109}{109 \cdot 109} = 0,018\%$$

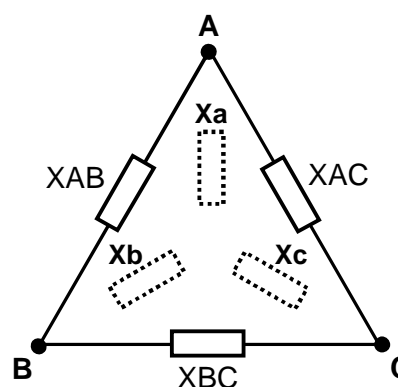
2. Sériové sčítanie

$$X_{03.5.31.67.32} = X_{03} + X_5 + X_{31} + X_{67} + X_{32} = 16 + 4 + 87 + 0,02 + 1722 = 1829\%$$

3. Postupný prevod na trojuholník a hviezdu



OBR7: Zapojenie do trojuholníka



OBR8: Prevod na zapojenie do hviezdy

Najskôr tam, kde je to možné, sčítame rezistory do série, podľa OBR7 :

v3.10

$$X_{AB} = X_{01} + X_1 + X_{11} = 5 + 6 + 45 = 56\%$$

$$X_{AC} = X_{02} + X_3 + X_{21} = 9 + 4 + 113 = 126\%$$

$$X_{BC} = X_{11.21} = 6\%$$

Teraz podľa vzorcov na prepočet zapojenia trojuholníku na hviezdu prerátame hodnoty náhradných odporov podľa schémy na OBR8:

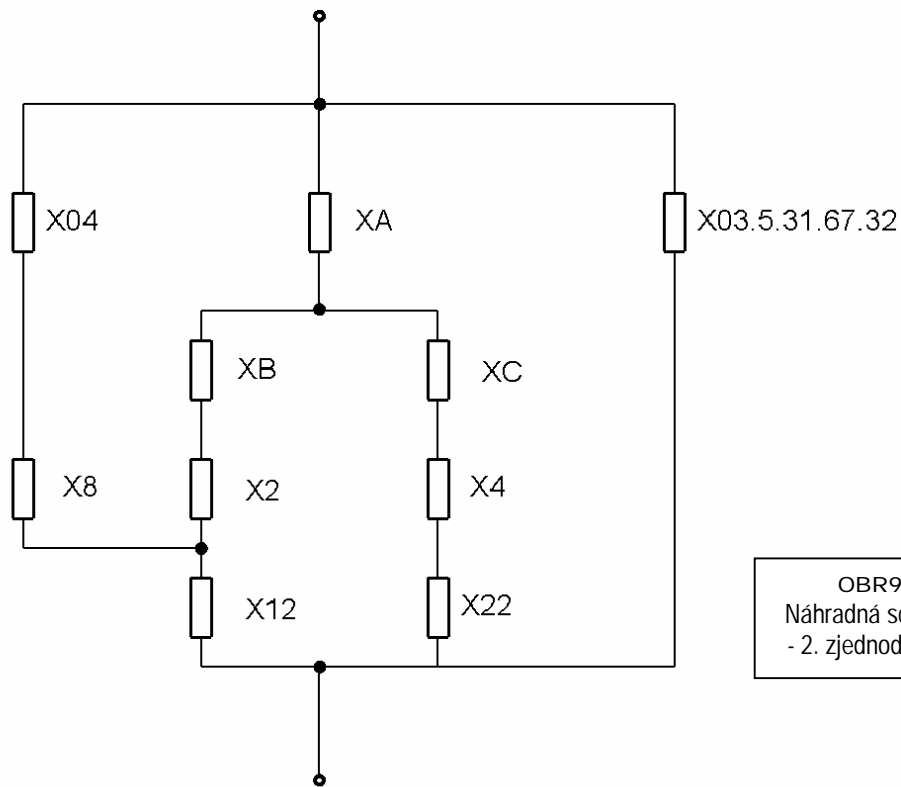
v3.11

$$X_a = \frac{X_{AB} \cdot X_{AC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{56 \cdot 126}{56 + 126 + 6} = 37,5\%$$

$$X_b = \frac{X_{AB} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{56 \cdot 6}{56 + 126 + 6} = 1,8\%$$

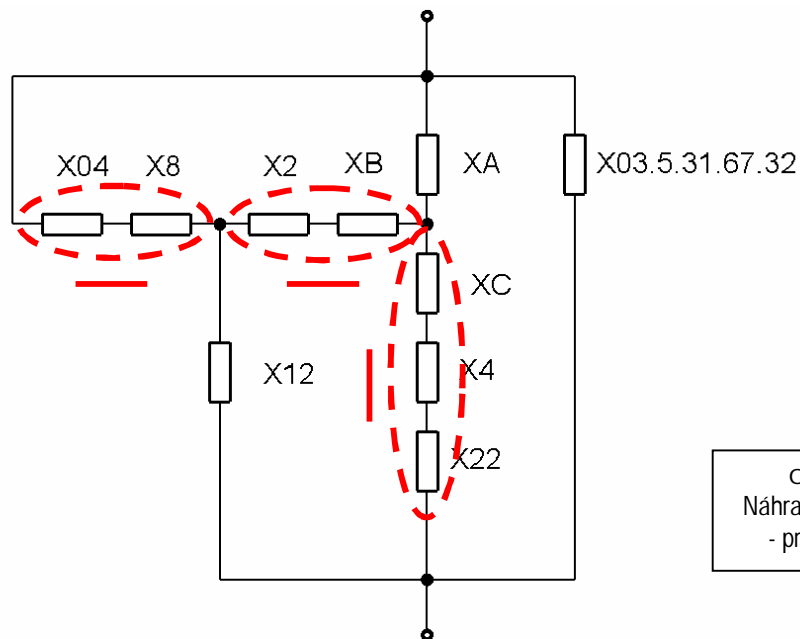
$$X_c = \frac{X_{AC} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{126 \cdot 6}{56 + 126 + 6} = 4\%$$

Opäť môžeme raz schému zjednodušiť:



OBR9:
Náhradná schéma
- 2. zjednodušená

OBR9 prekreslíme inak, aby boli vzniknuté zapojenia výraznejšie a pokračujeme v združovaní prvkov obvodu rovnakého zapojenia, tentoraz do série, viď OBR10:



OBR10:
Náhradná schéma
- prekreslená

Okrem schémy zrevidujeme staré a zavedieme nové označenie prvkov, ktoré sa v obvode vyskytujú, aby sa nám ľahšie pracovalo. Taktiež prevedieme sériové sčítanie znázornené na OBR10:

$$X_1 = X_{04} + X_8 = 2292 + 125 = 2417\%$$

$$X_2 = X_2 + X_b = 31 + 1,8 = 32,8\%$$

$$X_3 = X_a = 37,5\%$$

v3.12

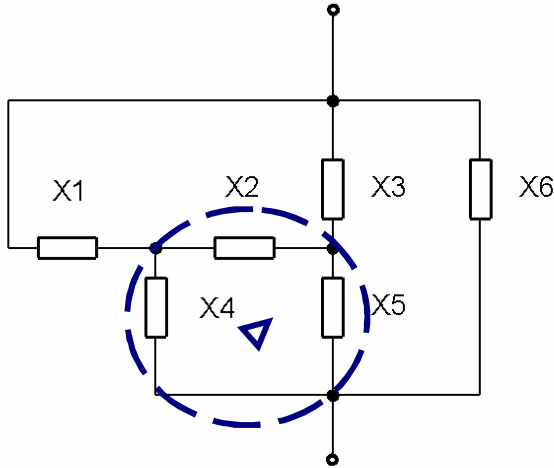
v3.12

$$X_4 = X_{12} = 2952\%$$

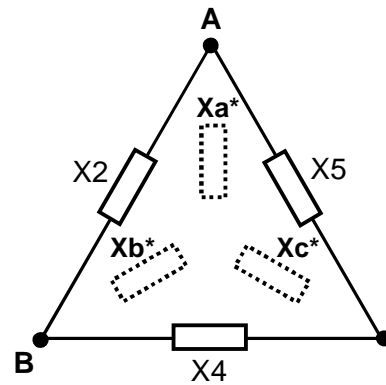
$$X_5 = X_c + X_4 + X_{22} = 4 + 60 + 176 = 240\%$$

$$X_6 = X_{03.5.31.67.32} = 1829\%$$

Obvod z OBR10 zjednodušíme a prevedieme vzniknuté zapojenie do trojuholníka (viď OBR11) na zapojenie do hviezdy podľa OBR12:



OBR11: Náhradná schéma – 3. zjednodušenie



OBR12: Prevod na zapojenie do hviezdy

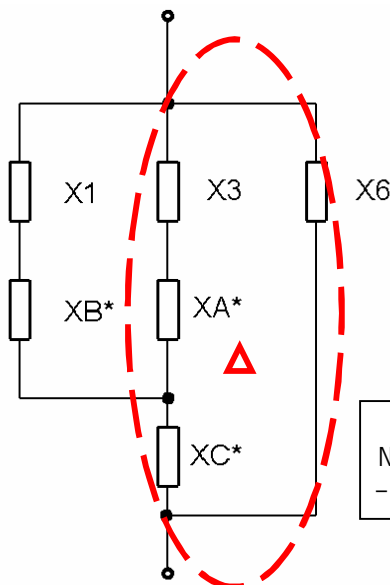
Prepočet zapojenia trojuholníka na hviezdu, podobne ako v3.11.:

$$X_{a^*} = \frac{X_2 \cdot X_5}{X_2 + X_5 + X_4} = \frac{32,8 \cdot 240}{32,8 + 240 + 2952} = 2,4\%$$

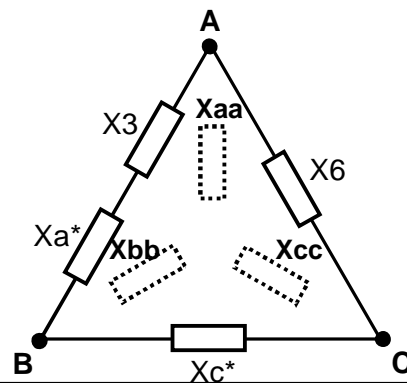
$$X_{b^*} = \frac{X_2 \cdot X_4}{X_2 + X_5 + X_4} = \frac{32,8 \cdot 2952}{32,8 + 240 + 2952} = 30\%$$

$$X_{c^*} = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_2 + X_5 + X_4} = \frac{2952 \cdot 240}{32,8 + 240 + 2952} = 219,7\%$$

v3.13

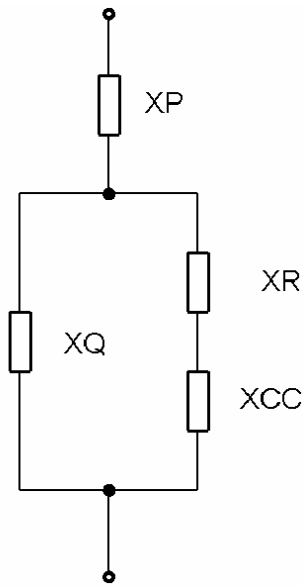


OBR13:
Náhradná schéma
– 4. zjednodušenie



OBR14: Prevod na zapojenie do hviezdy

v3.16



$$X^* = \frac{X_p + X_r + X_{cc}}{X_q \cdot (X_r + X_{cc})} = \frac{34,4 + 0,059 + 192,4}{4,1 \cdot (0,059 + 192,4)} = 0,03\%$$

$$X = X^* + X_p = 0,03 + 34,4 = 34,43\%$$

Po úpravách sme sa dopracovali k celkovej percentuálnej reaktancie nášho zapojenia. Vďaka nej môžeme teraz vyrátať skratový prúd a výkon, akým môže byť zasiahnutá naša rozvodňa, teda rozvodňa priemyselného parku Šarišské Luky - Šebastová

OBR17:
Náhradná schéma
- záverečné zjednodušenie

Vzťahy pre skratový prúd a skratový výkon pred a po dosadení:

v3.17

$$I_{ks} = \frac{100}{X} \cdot \frac{S_v}{U_z \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,1 = \frac{100}{34,43} \cdot \frac{250 \cdot 10^6}{22 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,1 = 21 \text{ kA}$$

v3.18

$$S_k = 1,1 \cdot \frac{S_v}{X} \cdot 100 = 1,1 \cdot \frac{250 \cdot 10^6}{34,43} \cdot 100 = 798 \text{ MVA}$$

Výpočtom sme teda zistili, že v našej rozvodni priemyselného parku Šarišské Luky – Šebastová môže v prípade skratu tiecť skratový prúd I_k až **21 kA** a na vedení tak vyprodukuje skratový zdanlivý výkon $S_k = 798 \text{ MVA}$. Obe zmienené hodnoty musia vydržať prívodné a rozvodné vodiče v našej rozvodni.

4. Návrh prívodných vodičov a prípojnic

Hodnota skratového prúdu, ktorú sme vypočítali zo vzťahu v3.17 je však hodnotou strednou. Maximálnu hodnotu skratového prúdu I_k , ktorú skrat dosiahne v čase 0,01 sekundy od svojho vzniku (viď v2.3), vypočítame:

v4.1

$$I_k = I_{ks} \cdot \chi \cdot \sqrt{2} = 21 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{2} = 47,5 \text{ kA},$$

kde: χ súčiniteľ, ktorý neuvažuje pri výpočte I_k činný odpor; v sústave VN $\chi = 1,6$ (učebnica *Príklady a úlohy z elektroenergetiky*, str. 264, Tabuľka 60)

Pretože maximálne hodnoty skratového prúdu I_k časom klesajú, nahradíme prúd I_k ekvivalentným skratovým prúdom, ktorého priebeh je symetricky rovnaký v každom okamihu skratu:

v4.2

$$I_{ke} = k_e \cdot I_k = 1,15 \cdot 47,5 \cdot 10^3 = 54,6 \text{ kA},$$

kde: k_e súčiniteľ podľa dĺžky trvania skratu; pre VN, $t_k = 1,5$ s, $k_e = 1,15$

Ekvivalentný skratový prúd I_{ke} sa rovná teplu Q_k , ktoré sa vplyvom skratu vytvorí, a ktoré musia zniesť prívodné vodiče i vodiče prípojnice. Prúdy I_k a I_{ke} môžeme medzi sebou vymeniť, pretože platí, že veľkosť takto vzniknutého tepla je rovnaká v oboch prípadoch:

$$v4.3 \quad Q_k = R \cdot \int_0^{t_k} i_k^2 \cdot dt = R \cdot \int_0^{t_k} i_{ke}^2 \cdot dt$$

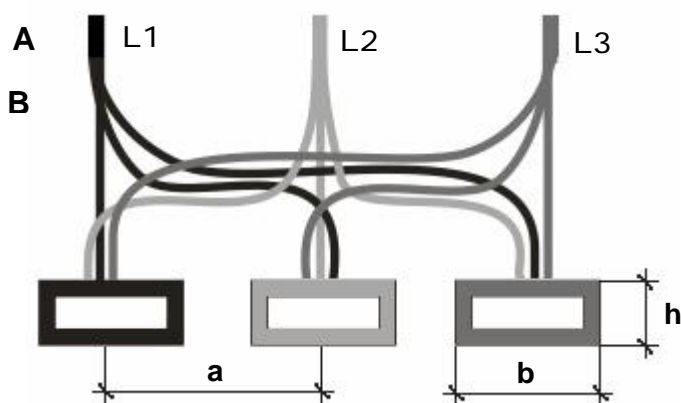
Ak poznáme prúd I_{ke} , ktorý bude pôsobiť na naše prívodné vodiče, vyrátame potrebný prierez vodičov S , ktorý je schopný takýto prúd v podobe tepla vydržať, ak vieme, že ochrana v rozvodni Šarišské Luky – Šebastová vypne až za čas $t_k = 1,5$ sekundy od zaznamenania skratu kvôli selektivitě.

$$v4.4 \quad S_{\text{vodičo}} = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{k} = \frac{54,6 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1,5}}{108} = 619 \text{ mm}^2,$$

kde: I_{ke} – ekvivalentný skratový prúd
 t_k – čas trvania skratu; čas selektivity, teda doby, po ktorej začnú reagovať ochrany
 k – konštanta; získal som ju z učebnice *Príklady a úlohy z elektroenergetiky*, str. 54, Obr. 3 – z grafu som odčítal konštantu, keď viem, že bežná prevádzková teplota mnou použitého vodiča je 70°C a maximálna teplota 150°C. Vodič sa pri skrate smie zahriať iba na maximálnu dovolenú teplotu, pri prekročení stanovenej teploty dôjde k trvalému poškodeniu vodiča.

Najbližší vyrábaný prierez Al vodičov je 240 mm², preto navrhujem na jednu fázu zapojiť podľa obrázku OBR18 3 x 240 mm², čím celkový prierez dosiahne 700 mm², ktorý už skratový prúd vydrží. Celkový prúd I_{ke} sa vodičmi rozdelí.

Ako prívodné vodiče do rozvodni preto navrhujem **9 x 22-AYKY 240**.



Na prípojnice pôsobí dynamická sila F , ktorá ich konštrukciu namáha mechanicky. Je preto dôležité umiestnenie prípojnic, ktoré dynamické sily ovplyvňuje. Na OBR18 je znázornené rozmiestnenie prípojnic (B) a prívodných vodičov (A), keď jednotlivé vzdialenosti sú:

$$a = 500 \text{ mm}; b = 100 \text{ mm}; h = 10 \text{ mm}$$

OBR18:
Zväčšenie prierezu prívodného vodiča väčším počtom paralelných vodičov a rozmiestnenie prípojnic v rozvodni

Dynamická sila pôsobiaca na prípojnice sa potom rovná:

$$F = k_1 \cdot k_2 \cdot 20 \cdot I_k^2 \cdot \frac{10^{-8}}{a} = 1,087 \cdot 20 \cdot 1,6 \cdot \frac{(47,5 \cdot 10^3)^2}{0,5} \cdot 10^{-8}$$

$$F = 1256 \text{ N}$$

kde:

- k_1 – súčiniteľ tvaru vodiča; pri kruhových vodičoch $k_1 = 1$, pri obdĺžnikových podľa grafu na obr. 167 z učebnice *Príklady a úlohy z elektroenergetiky, strana 289*.
- k_2 – súčiniteľ rešpektujúci usporiadanie vodičov a fázový posun prúdu, pri dvoch vodičoch, pretože pri dvojpólovom skrate berieme $k_2 = 1$, pri prostrednom vodiči pri rovinnom usporiadaní $k_2 = 0,87$, pri krajnom vodiči pri rovinnom usporiadaní $k_2 = 0,81$, pri vodičoch trojfázovej sústavy v rovnostrannom trojuholníku $k_2 = 0,85$.
- a – osová vzdialenosť medzi fázami; čím väčšia bude, tým menšia sila bude pôsobiť

Moment dynamickej sily pôsobiaci na prípojnicu určitej dĺžky vypočítam:

v4.6

$$M_o = \frac{F \cdot l}{2} = \frac{1256 \cdot 1,6}{2} = 1004,8 \text{ Nm},$$

kde l dĺžka prípojnic;

Prípojnice navrhujem spojiť na svojej dĺžke *pružnou spojku*, ktorá bude svojou vlastnou rozťažnosťou kompenzovať rozťažnosť vodičov pri vysokej teplote; zároveň sa však stane najzraniteľnejším miestom prípojnice: bude na ňu pôsobiť veľký moment dynamickej sily, pretože bude tenšia ako zvyšok vodiča, aby mala svoju pružnosť.

Celkové namáhanie prípojnic skratovým prúdom:

v4.7

$$\sigma_{DOV} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{1004,8}{16,7 \cdot 10^{-6}} = 60,2 \text{ MPa},$$

kde:

- W_o – ohybový modul; učebnica *Príklady a úlohy z elektroenergetiky, str. 304, Tabuľka 66 – Ohybový modul plochých vodičov*; do svojej rozvodne som vybral prípojnice rozmiestnené vodorovne s rozmermi 100x10 mm.
- možno ho aj ručne počítat podľa vzťahu:

v4.8

$$W_o = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \text{ - pre vodiče umiestnené zvisle}$$

$$W_o = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h \text{ - pre vodiče umiestnené vodorovne}$$

Al vodiče smú byť podľa normy namáhané iba do 90 MPa; podmienky v mojej rozvodni sú prijateľné, keďže prípojnica je namáhaná iba 60,2 MPa pri skrate, a teda platí:

v4.9

$$60,2 < 90$$

5. Návrh elektrickej stanice

Elektrická stanica slúži na rozvod elektrickej energie konečným užívateľom, v našom prípade investorom v priemyselnom parku Šarišské Luky – Šebastová.

Priestory elektrickej stanice sa delia na jednotlivé odbočky, polia, ktoré sú od seba navzájom oddelené, zvyčajne stenou ap. – čo v schéme znázorníme prerušovanou čiarou medzi dvoma odbočkami.

Každá elektrická stanica by mala obsahovať:

- **prípojnice:** na prenos elektrickej energie
- **odbočky prívodu:** na prívod elektrickej energie do rozvodne; takéto odbočky sú vybavené výkonovým vypínačom pre každú fázu zvlášť (3x), odpínačom pre každú fázu zvlášť (6x – 9x), meracím transformátorom, zemným odpojovačom...
- **odbočky vývodu:** na odvod energie koncovému užívateľovi; takéto odbočky bývajú najčastejšie vybavené výkonovým vypínačom pre každú fázu zvlášť (3x), odpínačom pre každú fázu zvlášť (6x – 9x), meracím transformátorom...
- **manipulačná odbočka:** na zmenu dodávateľov a odberateľov či na opravy; takéto odbočka býva najčastejšie vybavená výkonovým vypínačom pre každú fázu zvlášť (3x), odpínačom pre každú fázu zvlášť (6x), meracím transformátorom...
- **meracie odbočky:** na kontrolu rozvodne; takéto odbočky bývajú najčastejšie vybavené odpínačom s poistkou pre každú fázu zvlášť (6x), meracím transformátorom napätia a meracím transformátorom prúdu...

Najdôležitejšou časťou elektrickej stanice sú **prípojnice**, ktoré sú v prípade skratu ohrozované dynamickými silami najviac zo všetkých zložiek rozvodne. V predchádzajúcom bode sme sa venovali ich starostlivému návrhu, aby vydržali dynamické sily vyvolávané skratovým prúdom, ktorý bude pôsobiť v rozvodni Šarišské Luky – Šebastová, a ktorý sme vyrátali zo vzťahu v3.17. Prípojnice sme tiež rozumne umiestnili, vo vodorovnej polohe s veľkou vzájomnou vzdialenosťou, aby účinky neželaných síl na prípojnice pôsobiacich boli čo najmenšie.

Pre prípad skratu sa prípojnice delia, buď pozdĺžne alebo častejšie priečne. Rozvodňa sa tak stáva jednak prehľadnejšou, ale hlavne bezpečnejšou (pri skrate či inej poruche) a flexibilnejšou (pri oprave, údržbe ap.).

Poznáme hlavné prípojnice, ktoré môžu byť buď dve, alebo jedna – vždy podľa veľkosti rozvodne. Hlavné prípojnice sa spravidla označujú ako **W1** a **W2**. Pokiaľ použijeme dve hlavné prípojnice, pridáva sa k nim aj tzv. pomocná prípojnica označovaná ako **W5**. Takáto kombinácia prípojnic sa využíva hlavne pri manipulácii v rozvodni, teda v čase, keď sa prechádza medzi dodávateľmi či odberateľmi, ale pri opravách na rozvodni.

V praxi je zaužívané, že **odbočiek prívodu** je vždy viac, minimálne dve či tri, aby bola zaručená dostatočná a stabilná dodávka elektrickej energie. Dodávateľov totiž poznáme spoľahlivých a menej spoľahlivých, tak napríklad jadrová elektrárňa Mochovce sa bežne neodstavuje a je v prevádzke neustále – spoľahlivý dodávateľ; ale také Gabčíkovo sa spúšťa vždy podľa aktuálnej potreby energetickej siete – menej spoľahlivý dodávateľ, ap.

Odbočky vývodu smerujú elektrickú energiu z rozvodne konečnému užívateľovi a v rozvodni je ich preto hneď niekoľko, vždy podľa počtu odberateľov pripojených k danej rozvodni.

Manipulačná odbočka tvorí významnú súčasť elektrickej rozvodne, hlavne pri manipulácii v elektrickej stanici. Manipulácia v rozvodni je proces s presne stanoveným poradím úkonov, ktoré sa majú uskutočniť. Manipuluje sa vždy vtedy, keď chceme niektoré pole rozvodne odstaviť, a tak, aby sme ostatných užívateľov napájaných z iných polí ponechali i naďalej pripojených – manipulujeme, teda vytvárame novú vodivú cestu pre presun energie k takýmto užívateľom.

Aby sme si manipuláciu vedeli lepšie predstaviť, tak si ju podrobne popíšeme na príklade. Najskôr však musíme poznať vlastnosti základných prístrojov v rozvodni:

VÝKONOVÝ ODPÍNAČ

Pri odpínaní vysokého napätia vzniká medzi kontaktmi spínača oblúk – vodivé spojenie i napriek tomu, že kontakty sú od seba fyzicky oddelené. Oblúk má vysokú teplotu a veľmi namáha a poškodzuje kontakty vypínačov. Výkonový odpínač dokáže vypínať veľké výkony, aj napriek vzniku elektrického oblúku, pretože má zhášaciu komoru. Zhášacia komora je také zariadenie, ktoré sa vie vysporiadať s elektrickým oblúkom tak, aby nedošlo k požiaru – zahasí ho. V súčasnosti existuje mnoho spôsobov ako možno oblúk zhasiť, či už vyfukovaním, naťahovaním, ochladzovaním ap. Výkonový odpínač, preto, aby oddelil nebezpečný oblúk od okolitého priestranstva, je téměř vždy uzavretý v nepriehľadnom puzdre, často krát iba s malým signalizačným terčíkom, ktorý ukazuje, jeho stav: či je zapnutý alebo vypnutý.



OBR19: Výkonový odpínač

ODPOJOVAČ

Nemá zhášaciu komoru a preto ním nemožno vypínať veľké výkony, pretože vzniknutý elektrický oblúk by spôsobil požiar. Odpojovač slúži skôr ako vizuálna pomôcka, ktorá obsluhu jasne rozopnutými kontaktmi signalizuje, že úsek vedenia na ktorom práve pracuje, je odpojený od zdroja elektrickej energie. Signalizácia výkonového odpínača je nedostatočná.

Teraz, keď sme sa už oboznámili so základnými prvkami manipulácie, prejdime k manipulácii samotnej: Predstavme si modelovú situáciu, keď chceme odpojiť jednu odbočku kvôli naplánovanej oprave, ale tak, aby užívateľ z nej napájaný dostával

energiu i naďalej, počas našej opravy. V takomto prípade, ak sa pozrieme na návrh rozvodne – technický výkres v tomto projekte, musíme zo sústavy odpojovačov a odpínača ako prvý odpojiť práve výkonový odpínač – pretože, ako sme pred chvíľou povedali, iba on má zhášaciu komoru, ktorá je schopná uhasiť oblúk, ktorý medzi kontaktmi odpínača vznikne, keď ním prerušujeme obvod.

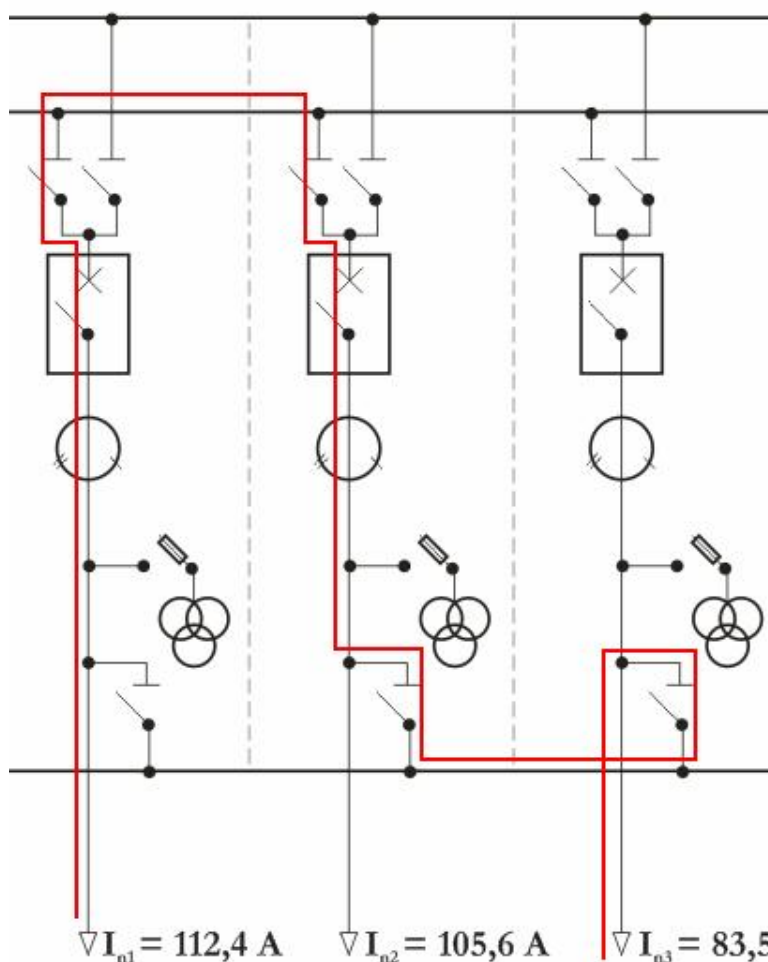


OBR20: Odpojovač

Odpájače pred a za výkonovým odpínačom odpojíme až potom, keď v slučke (v našom poli) nepôsobí žiadne napätie. Ich rozpojené kontakty dajú obsluhu zreteľne najavo, že pole je odpojené. Poradie, v akom rozpojíme odpínače už potom nie je podstatné.

Súčasne musí byť pripravená operácia zapojenia pomocnej prípojnice. Podľa obrázku OBR21 spojíme odpojovač na pomocnej prípojnici v odbočke, ktorá sa rekonštruje a v niektorej inej odbočke rozvodne – na tejto istej odbočke zapojíme aj odpojovač hlavnej prípojnice W2. Tým prepojíme obe hlavné prípojnice a náhradnou cestou cez funkčnú odbočku zabezpečíme napájanie odberateľa, pôvodne napájaného z opravovanej odbočky.

Pri opätovnom zapájaní opravovaného poľa, zvolíme opačný spôsob, a síce najskôr spojíme odpojovače odpojenej odbočky – to dá obsluhu jasne najavo, že pole bude uvedené do prevádzky – a až potom zapojíme výkonový odpínač a odbočku tak spojzdníme. Samozrejme, predtým musia byť odpojené pomocné odpojovače pomocnej prípojnice, ktoré doteraz užívateľa v núdzovom režime napájali.



Manipulačná odbočka odbremeňuje rozvodňu, pretože, keď využívame jedno pole na napájanie dvoch užívateľov, výkonový odpínač musí byť navrhnutý tak, aby zniesol zvýšené hodnoty výkonu.

Manipulovanie je v rozvodni prísne kontrolovanou akciou, ktorej bezpečnostné opatrenia majú predchádzať vzniku požiaru založeným elektrickým oblúkom.

Meracie odbočky slúžia na meranie a kontrolu energetických pomerov na jednotlivých prípojniciach a v jednotlivých odbočkách. Základné veličiny meriame za pomoci tzv. oddeľovacích transformátorov, ktoré znížia vysoké napätie (napr. 22 kV) na menšie, menej nebezpečnejšie napätie (napr. 5V).

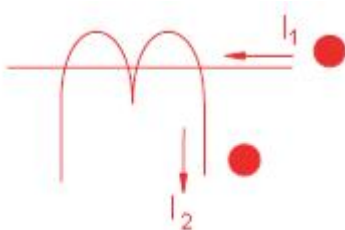
Merací transformátor prúdu (MTI)

Slúži na meranie prúdu v jednotlivých odbočkách. Ako vidíme z obrázkov OBR22 a OBR23

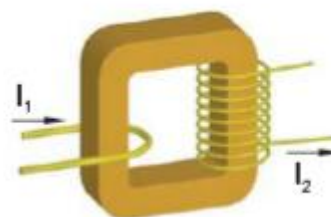


MTI pozostáva iba z jednej obruče, ktorá predstavuje sekundárne vinutie N2. Primárne vinutie N1 je samotná fáza. Keď vodičom (fázou) tečie prúd, indukuje sa okolo neho magnetické pole, ktoré ho obopína. Magnetické tok zasiahne obruč MTI (sekundárne vinutie) a indukuje prúd v ňom prúd, ktorý je znížený o prevod transformátora – ten už môžeme merať.

OBR22: Sekundárne vinutie MTI



OBR23: Schematický náčrtok MTI



Pri MTI je dôležité číslo prevodu **p**, ktoré hovorí o tom z akého prúdu v primáre transformuje MTI prúd do sekundáru – vypočítame ho:

v5.1

$$p = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{1 \cdot n}{5}$$

Pretože prúd na primáre chceme menší, pri MTI hovoríme o čísle 5A, ktoré sa dostane do rovnice ako I_2 . A keďže primár je jeden závit, preto sa do menovateľa dostane hodnota prúdu primárom – teda fázou.

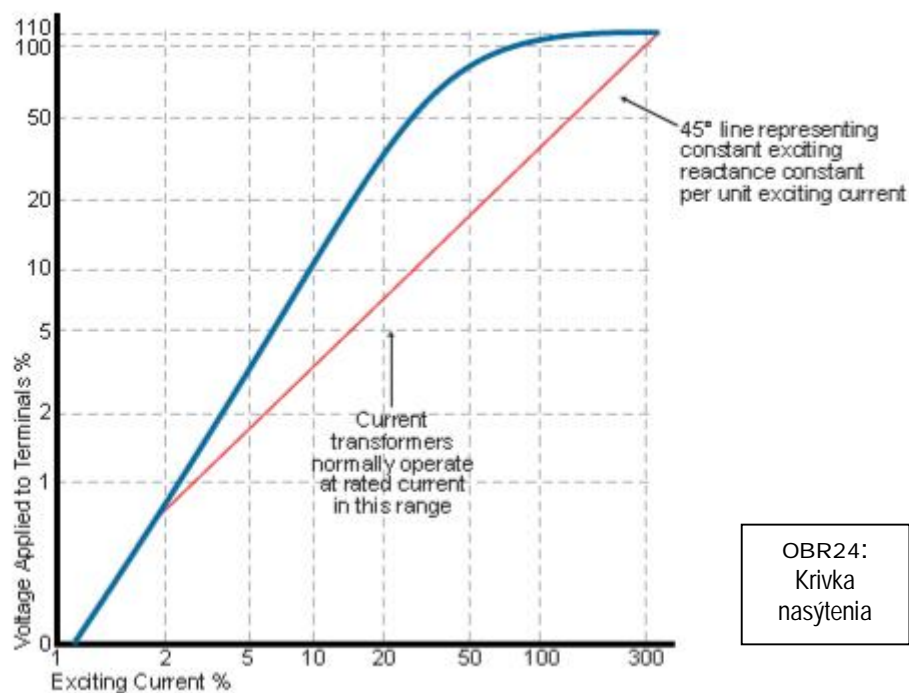
Ďalšou dôležitou vlastnosťou pri MTI je tzv. **nadprúdové číslo „n“**, ktoré je násobkom nominálneho prúdu, pri ktorom má MTI chybu prevodu 10%:

v5.2

$$n = \frac{I^*}{I_n}$$

Nadprúdové číslo hovorí o tom, ako sa bude líšiť nasycovanie nášho jadra MTI magnetickým tokom v závislosti od rastúceho prúdu oproti nasycovaniu jadra ideálneho transformátora. Totiž jadro transformátora sa pri raste primárneho prúdu nasycuje iba do určitého bodu na aký je mg. obvod tr. dimenzovaný, a potom dochádza k javu, keď nezávisle od rastúceho primárneho prúdu prúd sekundárny ďalej nestúpa. Transformátor dosiahol svoj bod nasýtenia. Pozrime sa na obrázok OBR24, kde je zobrazený graf závislostí magnetickej indukcie (B) a prúdu (I) dajakého ľubovoľného MTI.

MTI sa vyrábajú s rôznymi nadprúdovými číslami, vždy podľa toho, na akú funkciu majú slúžiť. Najmenej náročné na nadprúdové číslo sú práve MTI, ktoré slúžia na meranie – dôležité je namerať určitú hodnotu prúdu a potom nie je dôležité akú krivku nasýtenia bude MTI mať. Vždy je však lepšie ak prúd I_2 na sekundáre je menší vo väčšom pomere k I_1 na primáre, pretože potom v prípade skratu bude prúd I_k na strane meracích prístrojov menší – chránime tak samotné prístroje.



Avšak ak chceme použiť MTI na napájanie ochrán, ktoré musia byť presné, potom sa musí aj krivka nasýtenia čo najviac blížiť ku krivke nasýtenia ideálneho transformátora – tým je zaručená presnosť merania a ochrany môžu reagovať trefne a včas.

Nadprúdové číslo sa preto udáva dva krát (viď výkres pre návrh rozvodne), ako prvé je uvedené nadprúdové číslo pre vývod transformátora pre meracie prístroje a ako druhé „n“ pre ochrany.

Ako posledný dôležitý údaj sa tiež pri MTI udáva trieda jeho presnosti merania.



Meracie transformátory napätia (MTU)

Slúžia na zníženie VN na bezpečnejšie meracie napätia. Vždy meriame napätie na sekundárnom vinutí znížené o hodnotu prevodu napätia z primáru na sekundár. Zvyčajne sa voltmetrami kontrolujú všetky fázy zvlášť, ale pridáva sa tiež tzv. súčtové vinutie, ktoré zaznamenáva zemné spojenia.

V prípade zemných spojení, ak fáza spadne na zem, na vedení a generátore sa neudeje nič, pretože generátor nie je uzemnený – teda nemá sa kadiaľ uzavrieť obvod. Bez prídavných opatrení by sme sa o takejto poruche vôbec nedozvedeli. Avšak trvalé zemné spojenie by časom mohlo vyústiť do väčších škôd. Preto nám súčtové vinutie monitoruje napätie na všetkých troch fázach. Vieme, že vplyvom

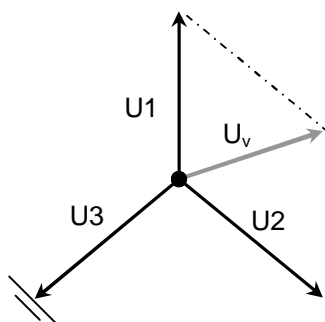
časového posunu sledu jednotlivých fáz – takéto súčtové napätie je nulové. My však zabezpečíme taký prevod MTU, aby na voltmetroch merajúcich fázové napätie bolo po 33,33 V:

v5.3

$$p = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{U \cdot n}{100}$$

Ak teraz dôjde k zemnému spojeniu (pozri obrázok nižšie), jedna z fáz bude rovná nule a súčet všetkých troch fáz súčtového vinutia ukáže súčet dvoch fáz, teda 33,33 + 33,33 – teda 100V.

OBR26:
Zemné spojenie
a súčtové napätie



Súčtové vinutie potom v prípade normálneho stavu (bez porúch a bez skratu) ukazuje nulu. V prípade zemného spojenia ukáže 100V a kontrolné zariadenie (napr. stýkač) prednastavené na túto hodnotu napätia, zapne signalizačné zariadenie, ktoré obsluhu upovedomí o poruche.

Zemný odpojovač

V skutočnosti ide o primitívne zariadenie, akési nože, ktoré privody a vývody polí rozvodne uzemia. Tým rozvodňu a vedenie chráni pre prípad zásahu rozvodne bleskom – ohromný prúd blesku stečie do zeme, cestou s najmenším odporom – teda uzemňovacími nožmi.

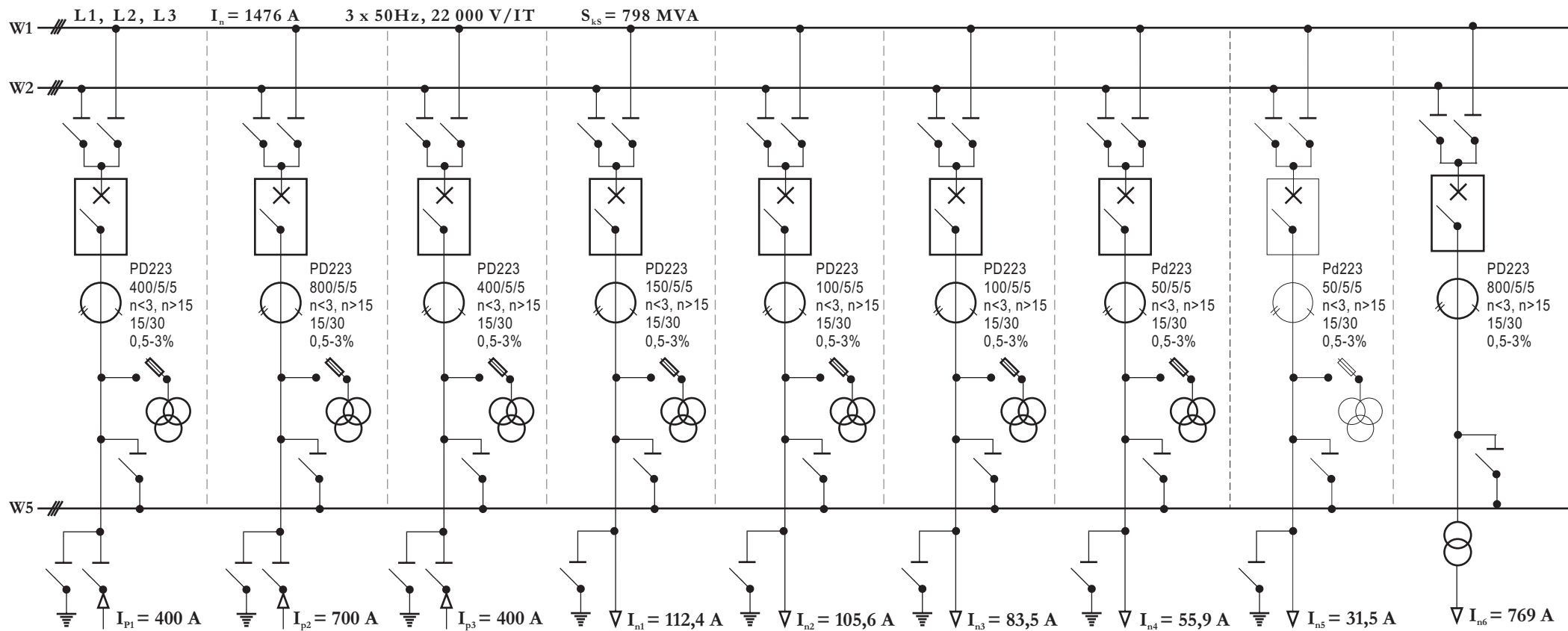
Návrh rozvodne

Rozvodňu pre Priemyselný park Šarišské Luky – Šebastová, ktorej schéma sa nachádza na nasledovných stránkach, som navrhoval podľa počtu dodávateľov a odberateľov (investorov) energie a ďalej tiež podľa bezpečnostných a praktických zreteľov.

Použitá literatúra

- Internetové katalógy jednotlivých firiem
- Homolka, F.: Príklady a úlohy z elektroenergetiky. Alfa 1978, Bratislava, 336 s.

E L E K T R I C K Á R O Z V O D Ň A



P1 - Sučany

P2 - Široká

P3 - Medzibrodské

**V1 - Závody priem.
a automatizácie**

V2 - Solivar K.S.

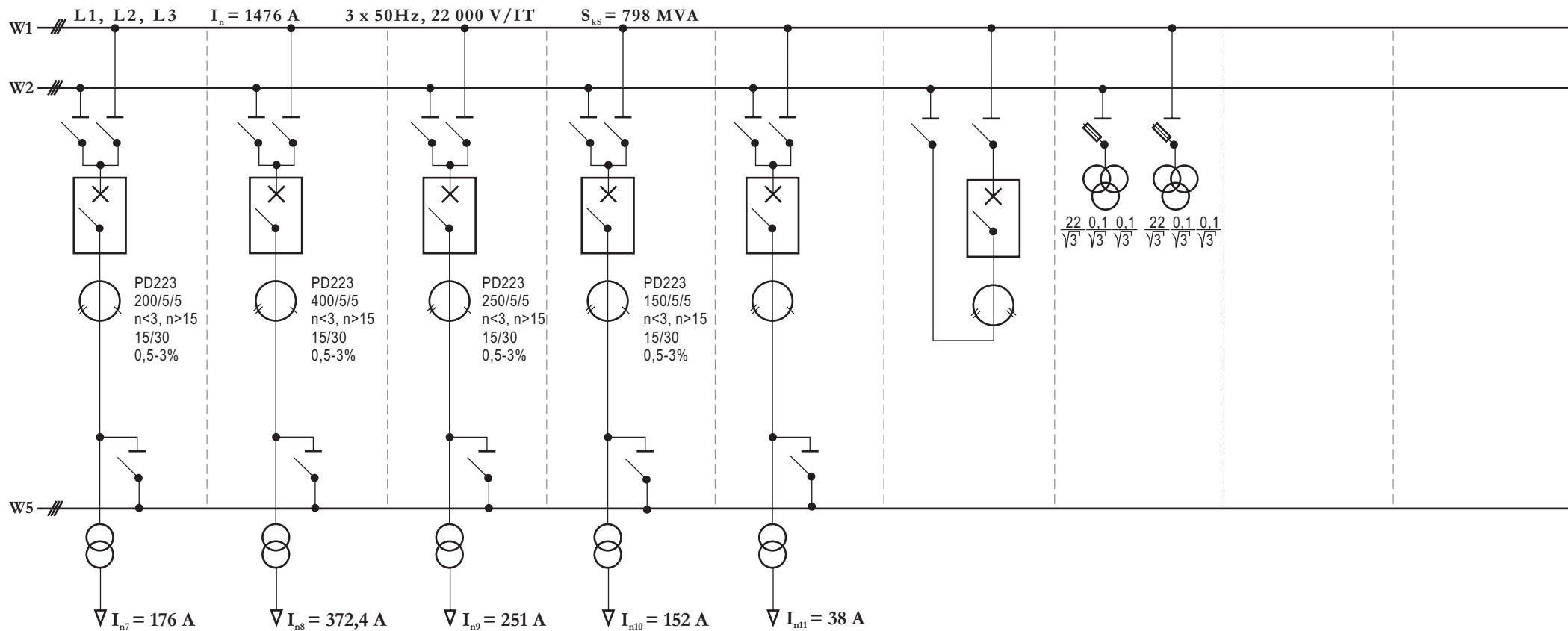
**V3 - Závody valivých
l ožísk V.O.S**

V4 - Pivovar Šariš a.s.

**V5 - Odevný závod
kpt. Nálepku a.s.**

**V6 - Bryndza a syn
S.r.o.**

E L E K T R I C K Á R O Z V O D Ň A



V7 - Pivovar Šariš a. S.

*V8 - Pekáreň Frederiky
S chmidtovej*

*V9 - TESCO a.s.
 $I_{n7} = 146 \text{ A}$*

*V10 - Súkromné ubyt.
Zariadenie východ*

*V11 - Farby - Laky -
Drogéria Partika*

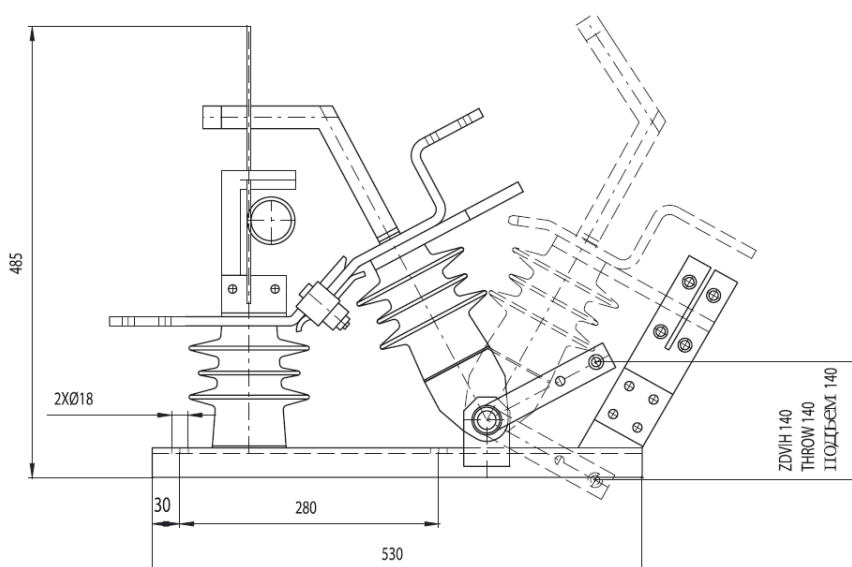
6. Špecifikácia prístrojov

Odbojovače firmy ABB

Typové označenie Type designation Типовое обозначение	Menovité napätie, kV Rated voltage, kV Номинал. напряжение, кV	Menovitý prúd, A Rated current, A Номинал. ток, А	Men. krátkodobý prúd 1 s, kA Nom. short-term current 1 s, kA Номинал. краткосрочный ток 1 с, кА	Men. dynam. prúd, kA Nom. dynamic current, kA Номинал. динамический ток, кА	Hmotnosť*, kg Weight*, kg Масса*, кг
OMZI 12/400-30	12	400	16	40	27
OMZI 12/630-30	12	630	25	63	29
OMZI 12/1250-30	12	1250	40	100	60
OMZI 12/1600-30	12	1600	40	100	95
OMZI 12/2000-30	12	2000	50	125	160
OMZI 12/3150-30	12	3150	60	150	170
OMZI 12/4000-30	12	4000	80	200	230
OMZI 25/400-30	25	400	16	40	42
OMZI 25/630-30	25	630	25	63	44
OMZI 25/1250-30	25	1250	40	100	80
OMZI 25/1600-30	25	1600	50	125	135
OMZI 25/2000-30	25	2000	50	125	180

Vonkajší odbojovač firmy ABB

Typové označenie Type designation Типовое обозначение	Menovité napätie, kV Rated voltage, kV Номинальное напряжение, кV	Menovitý prúd, A Rated current, A Номинальный ток, А	Men. krátkodobý prúd 1s, kA Rated short-term current 1 s, kA Ном. краткосрочный ток 1 с, кА	Men. dyn. prúd, kA Rated dynamic current, kA Номинальный динамический ток, кА	Men. vyp. prúd nezať. transformátorov, A Rated rel. current of the non-loaded transformers, A Ном. выкл. ток не нагруженных трансформаторов, А	pri t, ms With t, ms при t, мс
OZT 3/1000	3,6	1000	31,5	80	10	2,5
OMD 3/1000	3,6	1000	31,5	80	10	7,5
OZT 3/2000	3,6	2000	40	100	10	2,5
OMD 3/2000	3,6	2000	40	100	10	7,5
OZT 3/3000	3,6	3150	50	125	10	2,5
OMD 3/3000	3,6	3150	50	125	10	7,5



MTU

Style Number	Primary Voltage	Winding Ratio
7525A87G01	12000/20780Y	100:1
7525A87G02	14400/24940Y	120:1
7525A87G03	18000/18000Y	150:1
7525A87G04	24000/24000Y	200:1

Názov	Firma	Druh	Počet ks
Odpojovač	ABB	OMZI 25-1600-30	126
Výkonový odínač	ABB	HD4/C - 24	15
MTI	ABB	IMC 7524A98G11-50	9
MTI	ABB	IMC 7524A98G01-100	6
MTI	ABB	IMC 7524A98G02-150	6
MTI	ABB	IMC 7524A98G03-200	3
MTI	ABB	IMC 7524A98G04-250	3
MTI	ABB	IMC 7524A98G05-400	9
MTI	ABB	IMC 7524A98G06-800	6
MTU	ABB	7525A87G04	30