Elektrárny
A1M15ENY

přednáška č. 2

Jan Špetlík

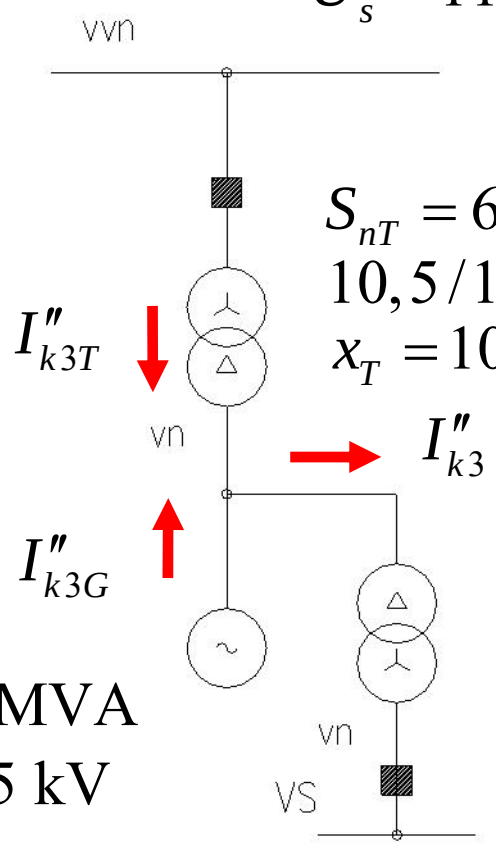
spetlij@fel.cvut.cz - v předmětu emailu „ENY"

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

Příklad I: Spočítejte počáteční rázový zkratový proud I″k3 v odbočce bloku
Příspěvek motorické zátěže zanedbejte, soustavu vvn uvažujte jako soustavu neomezeného zkratového výkonu

$$U_s = 117\ \text{kV}$$

$$I_V = \frac{S_V}{U_V.\sqrt{3}} = \frac{63}{10,5.\sqrt{3}} = 3,46\ \text{kA}$$



$$S_{nT} = 63\ \text{MVA}$$
$$10,5/121\ \text{kV}$$
$$x_T = 10\%$$

$$I''_{k3T} = \frac{U_s}{U_V}.p.\frac{1}{x_T}.I_V =$$

$$= \frac{117}{10,5}.\frac{10,5}{121}.\frac{1}{0,1}.3,46\ \text{kA}$$

$$=33,4\ \text{kA}$$

$$S_{nG} = 63\ \text{MVA}$$
$$U_G = 10,5\ \text{kV}$$
$$x''_d = 15\%$$

$$I''_{k3G} = \frac{1}{x''_d}.I_V = \frac{1}{0,15}.3,46\ \text{kA} = 23,1\ \text{kA}$$

$$I''_{k3} = I''_{k3T} + I''_{k3G} = 33,4 + 23,1 = 56,5\ \text{kA}$$

Rázový zkratový proud 56,5 kA v odbočce vzhledem k běžným provozním Proudům odbočky, které by v tomto případě dosahovaly řádově jen několik stovek ampér!

Příklad II: Spočítejte proud zemního spojení v rozvodech VS, je-li celková délka její kabelové sítě 20 km a je tvořena kabely 1 x 3 x 6-AYKCY 70/16 VS je provozována na síti IT(r) 6,3 kV (podélné impedance zanedbejte)

Protože se jedná o jednopólovou poruchu, platí rovnost složkových proudů

$$\hat{I}_1 = \hat{I}_2 = \hat{I}_0$$

Zanedbáme-li podélné parametry, uplatní se jen kapacitní susceptance

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{U}_1}{-\frac{j}{\omega.C_{/l}.l}} = \frac{\hat{U}_A}{-\frac{j}{\omega.C_{/l}.l}} = j.\omega.C_{/l}.l.\hat{U}_A \qquad \hat{I}_A = \hat{I}_1 + \hat{I}_2 + \hat{I}_0 = 3.\hat{I}_1$$

Velikost poruchového proudu bude tedy pro $C_{/l} = 0,85.10^{-6}\ \mathrm{F.km^{-1}}$

$$I_A = 3.\omega.C_{/l}.l.U_A = \sqrt{3}.\omega.C_{/l}.l.U = \sqrt{3}.100.\pi.0,85.10^{-6}.20.6,3.10^3\ \mathrm{A}$$

$$I_A = 58,3\ \mathrm{A}$$

Takový proud při zemním spojení na statoru dokáže již poškodit generátor neboť se jedná o typický proud z trafosvářečky!

Obecně výrobci uvádějí bezpečný proud zemního spojení cca 10 A

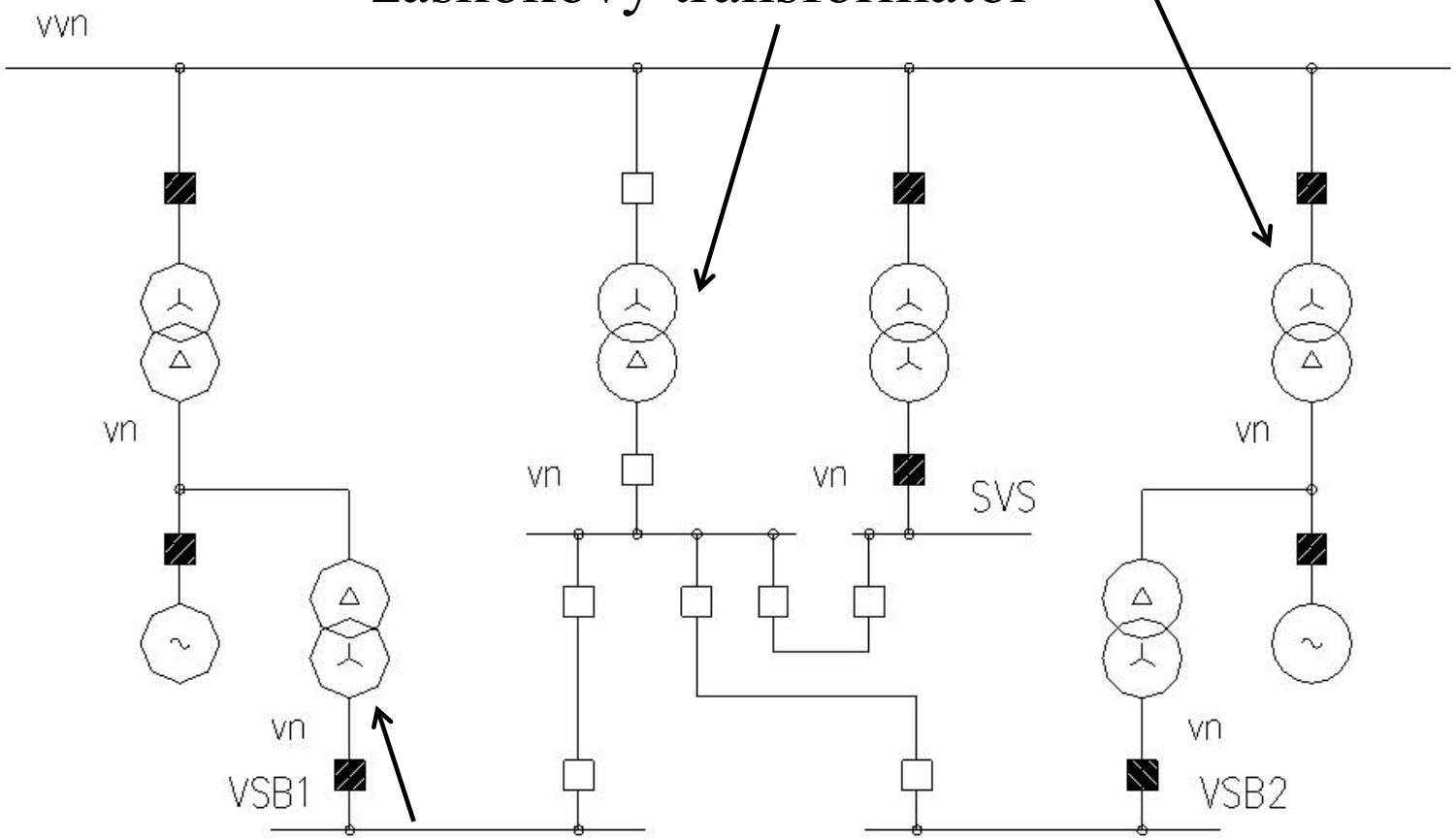
Topologie schémat VS

Elektrárna s více bloky – základní principielní schéma napájení

- Vlastní spotřeba bloku (VSB)
- Společná vlastní spotřeba (SVS)

blokový transformátor

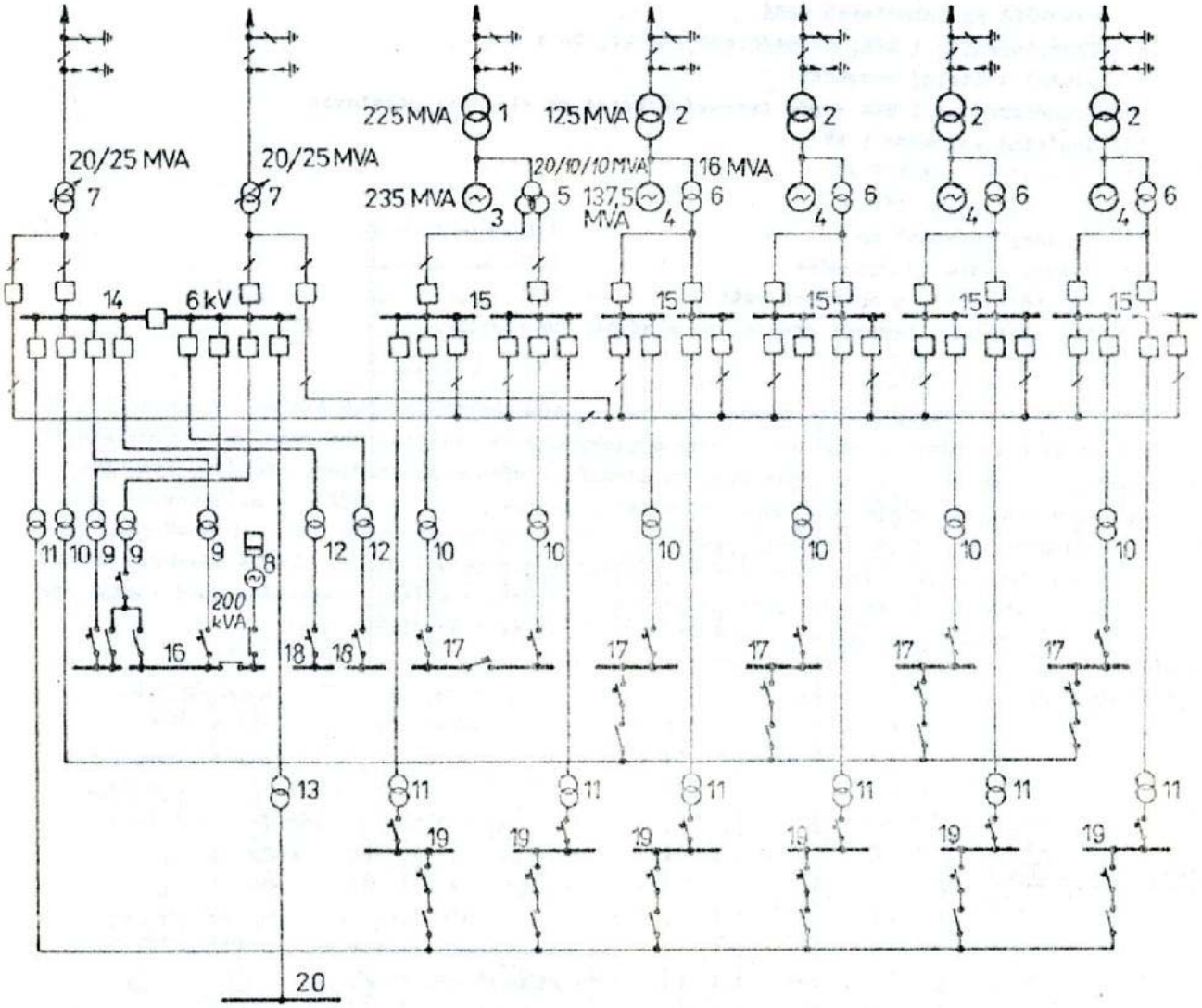
záskokový transformátor



odbočkový transformátor

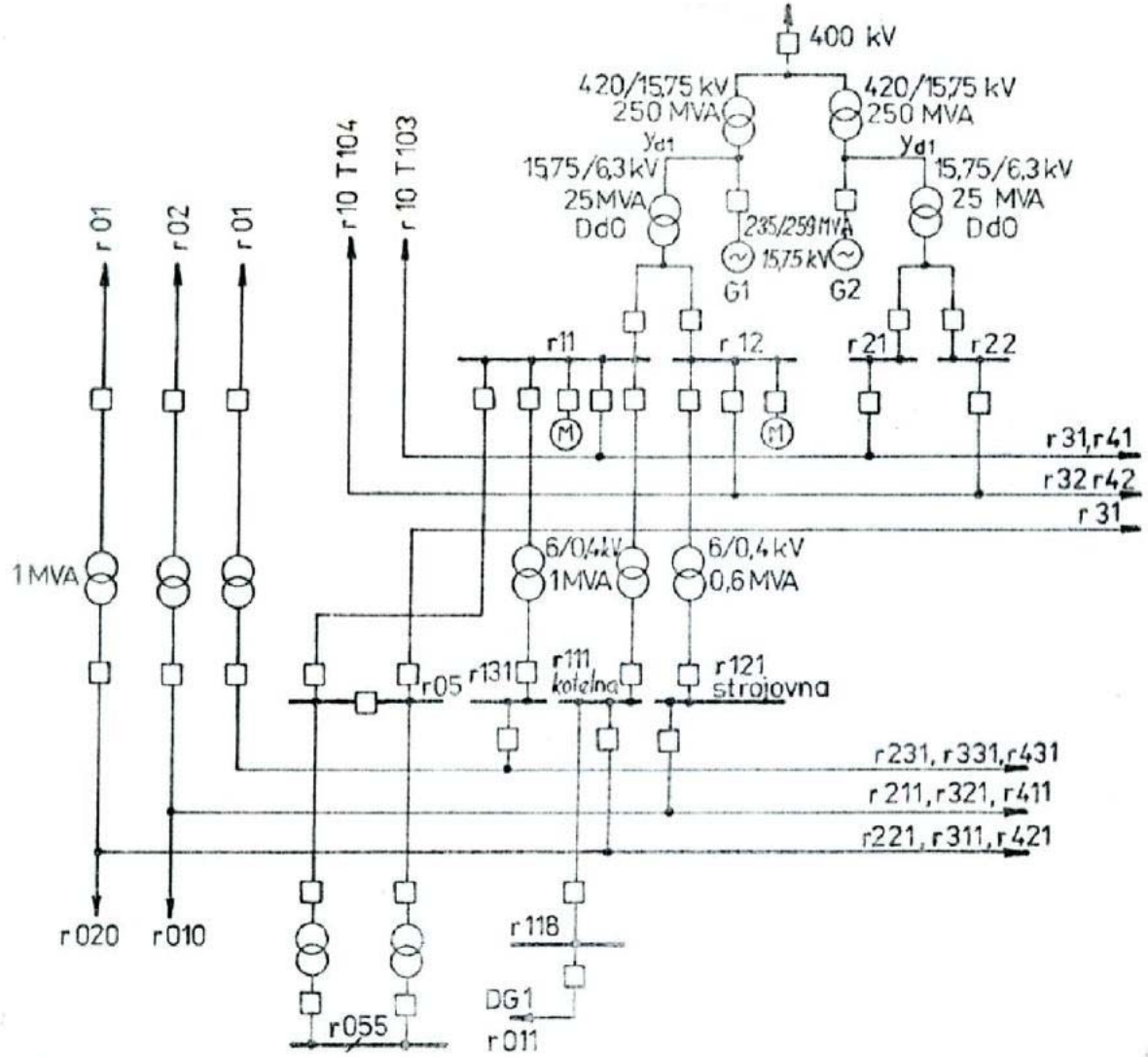
Příklady schémat VS

Konvenční elektrárna 200 + 4x110 MW



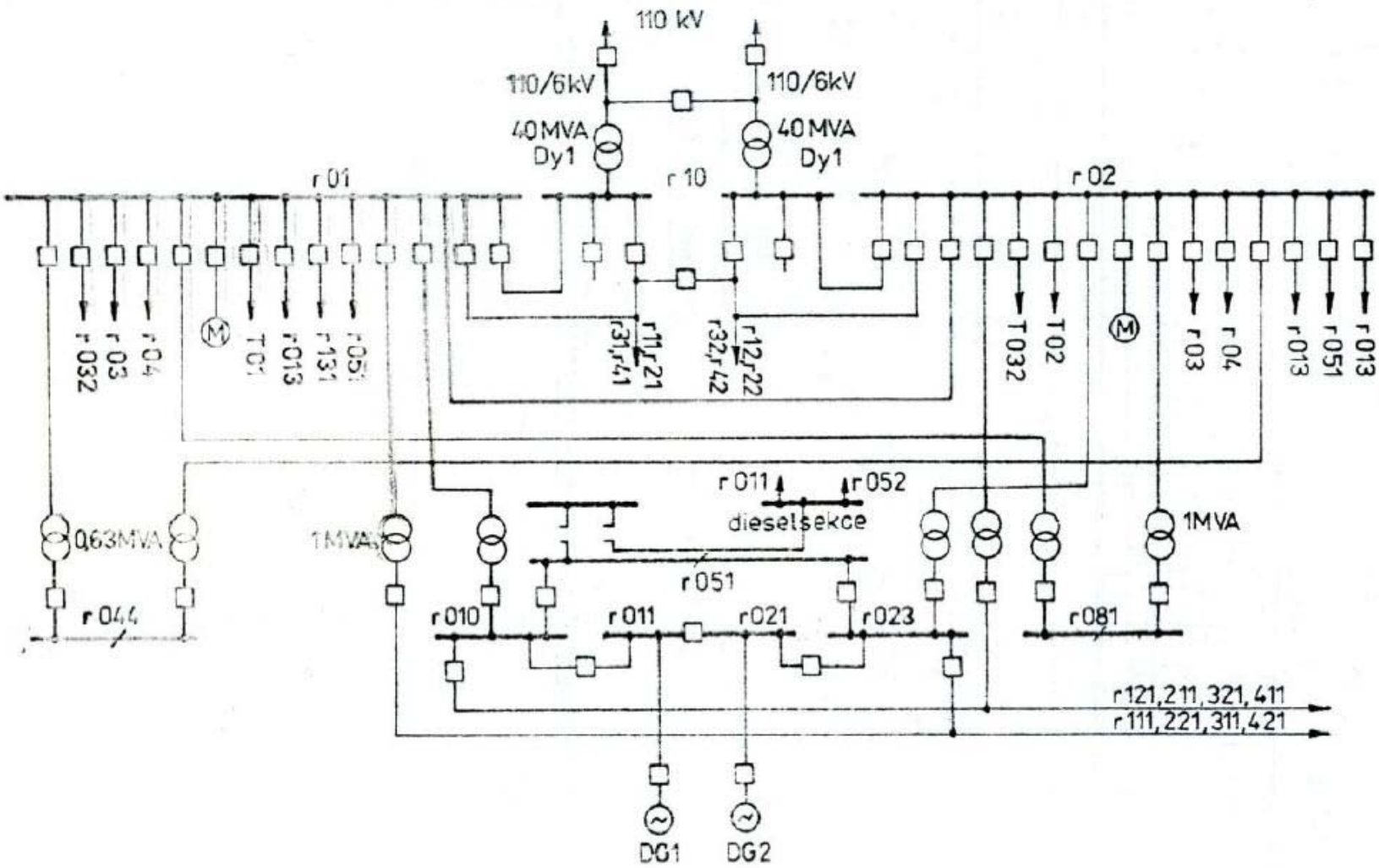
Příklady schémat VS

Konvenční elektrárna, dvojblok 2x200 MW



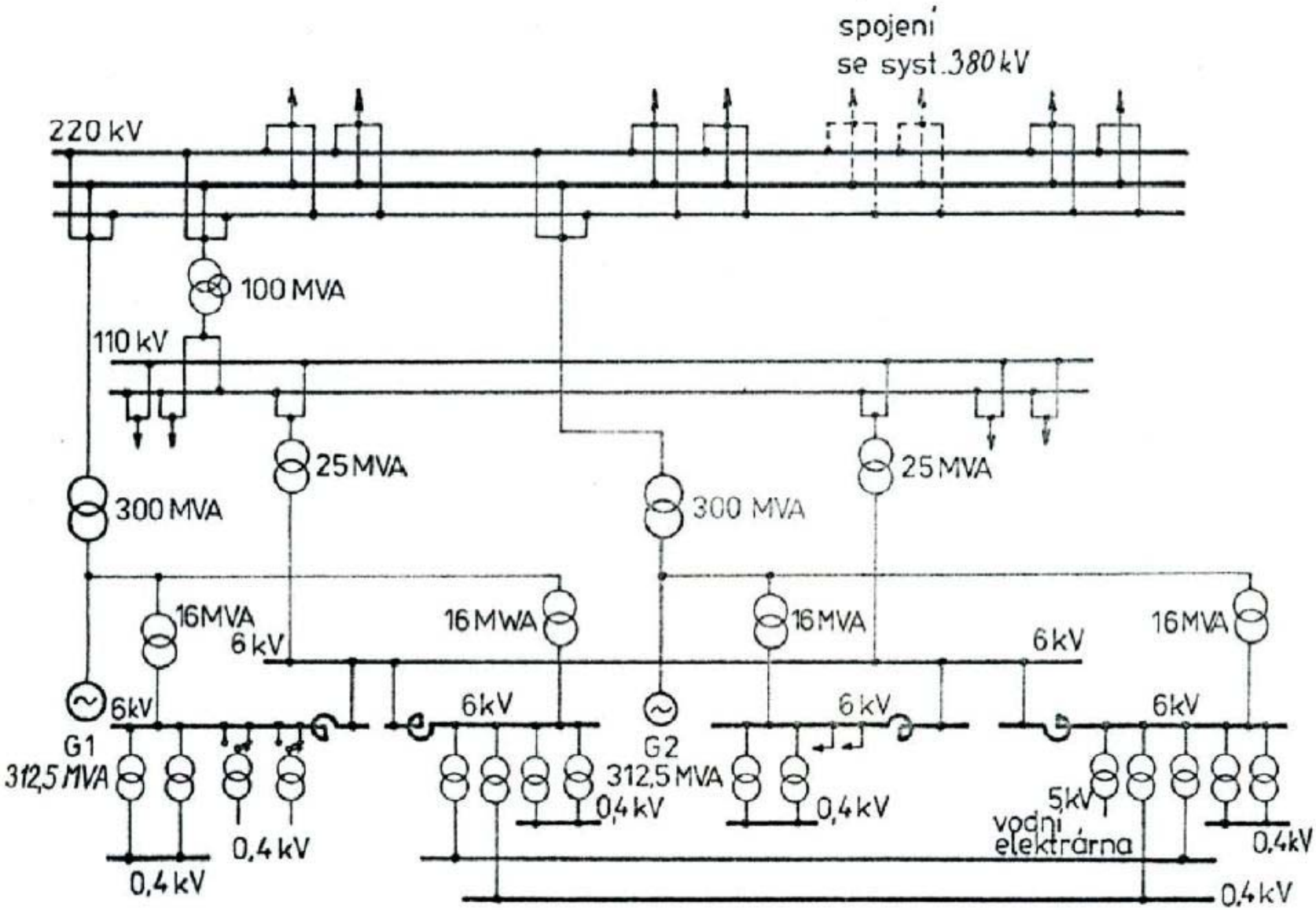
Příklady schémat VS

Konvenční elektrárna, dvojblok 2x200 MW, SVS + dieselsekce



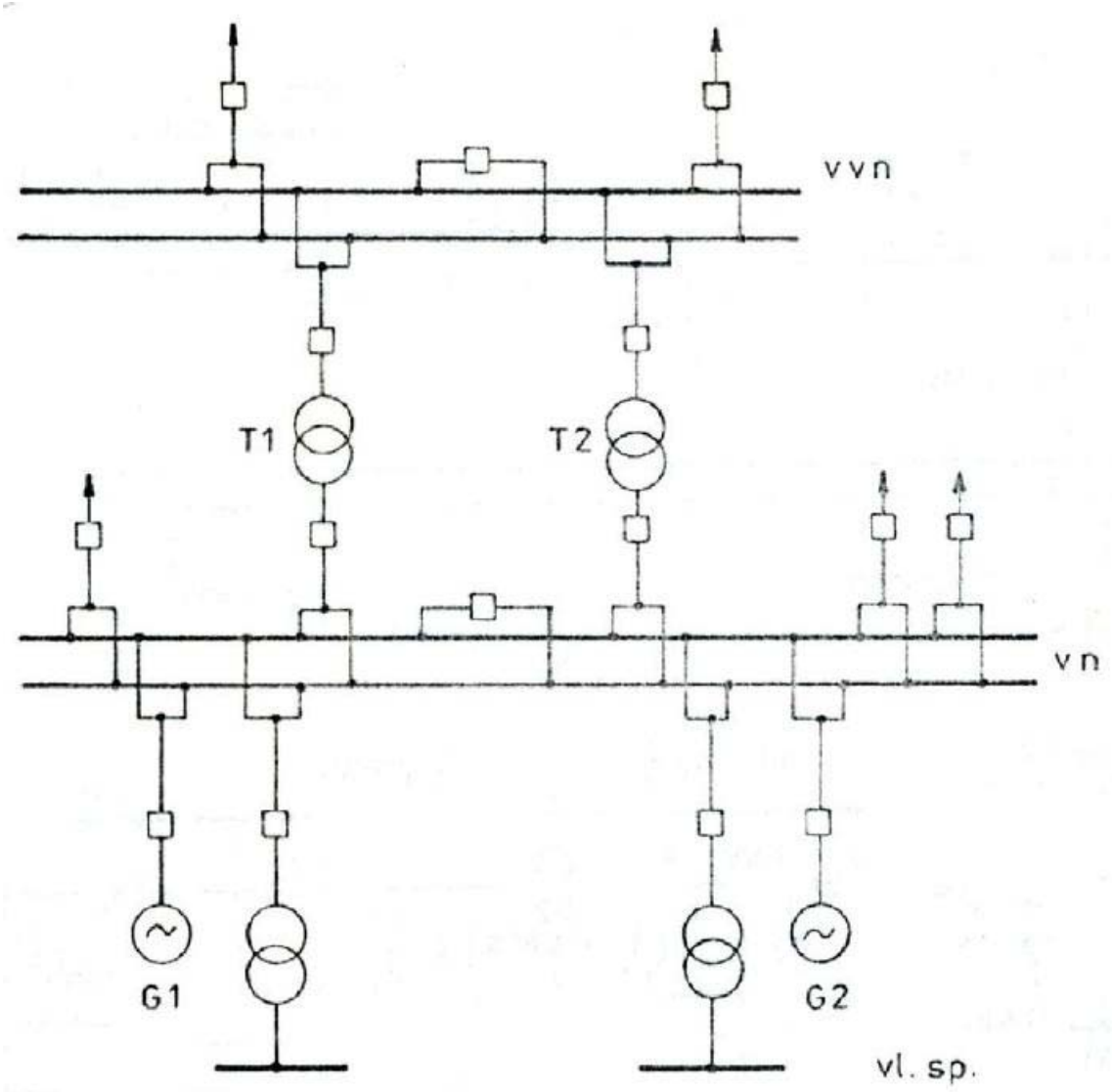
Příklady schémat VS

Konvenční elektrárna, 2x300 MW



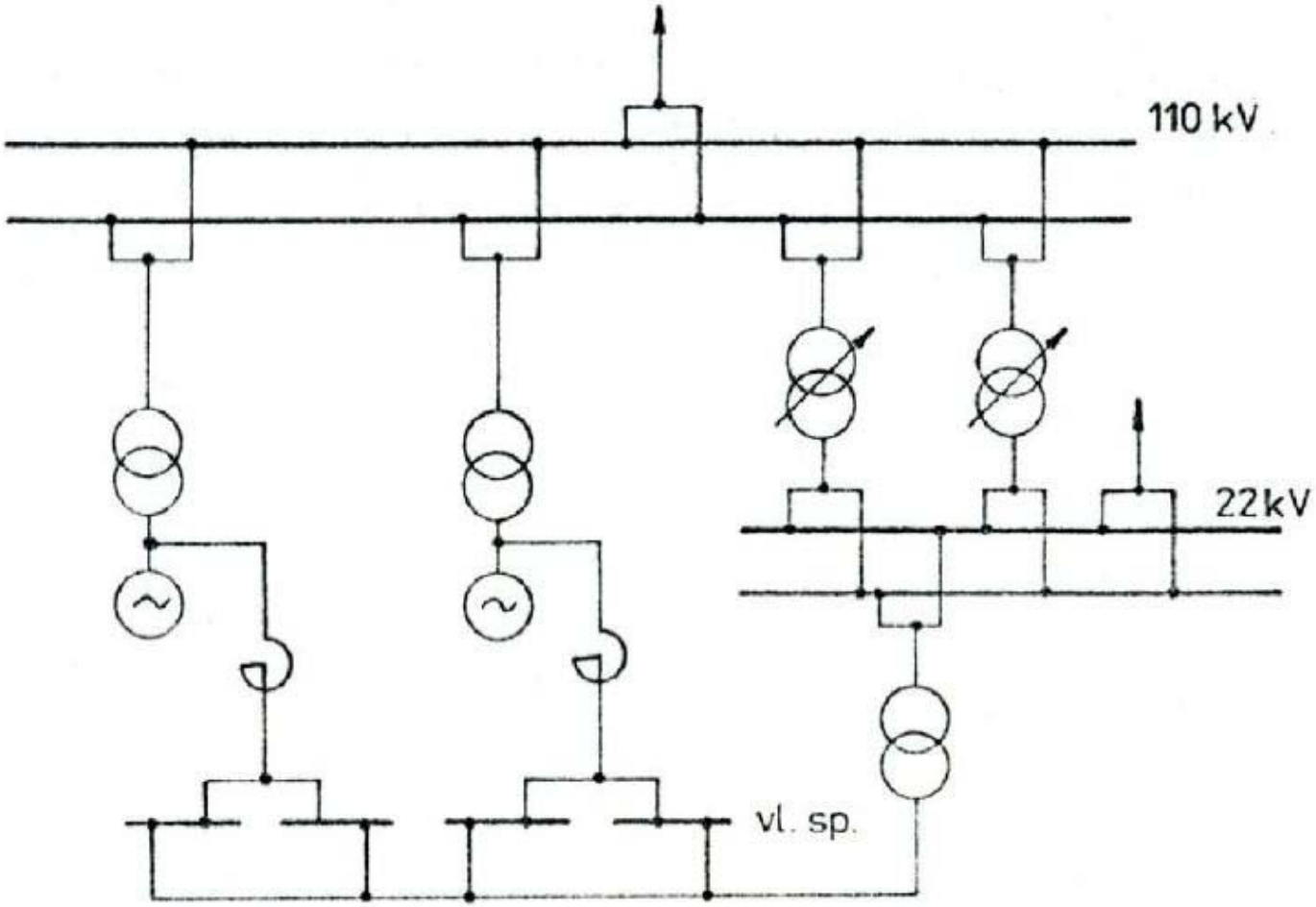
Příklady schémat VS

Schéma typické pro teplárny s vývody pro odběratele na straně vn



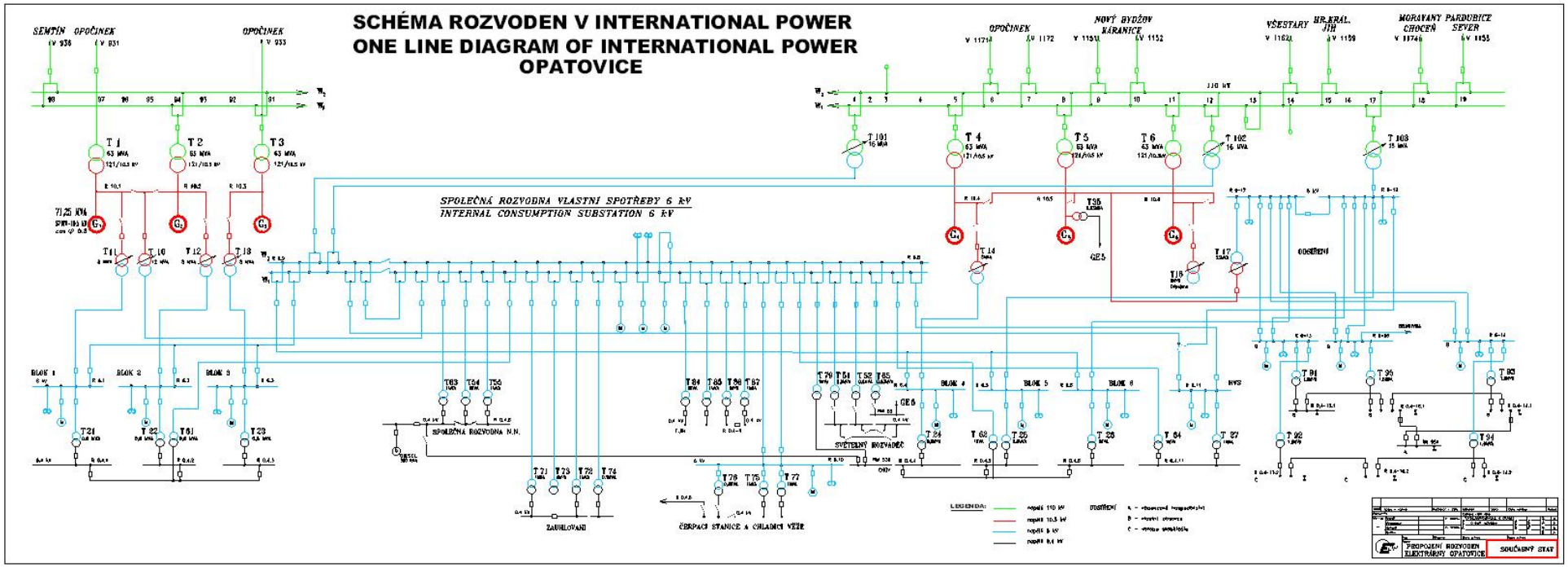
Příklady schémat VS

Alternativní schéma typické pro teplárny s vývody pro odběratele na straně vn, větší teplárna, potlačení zkratového proudu - reaktory



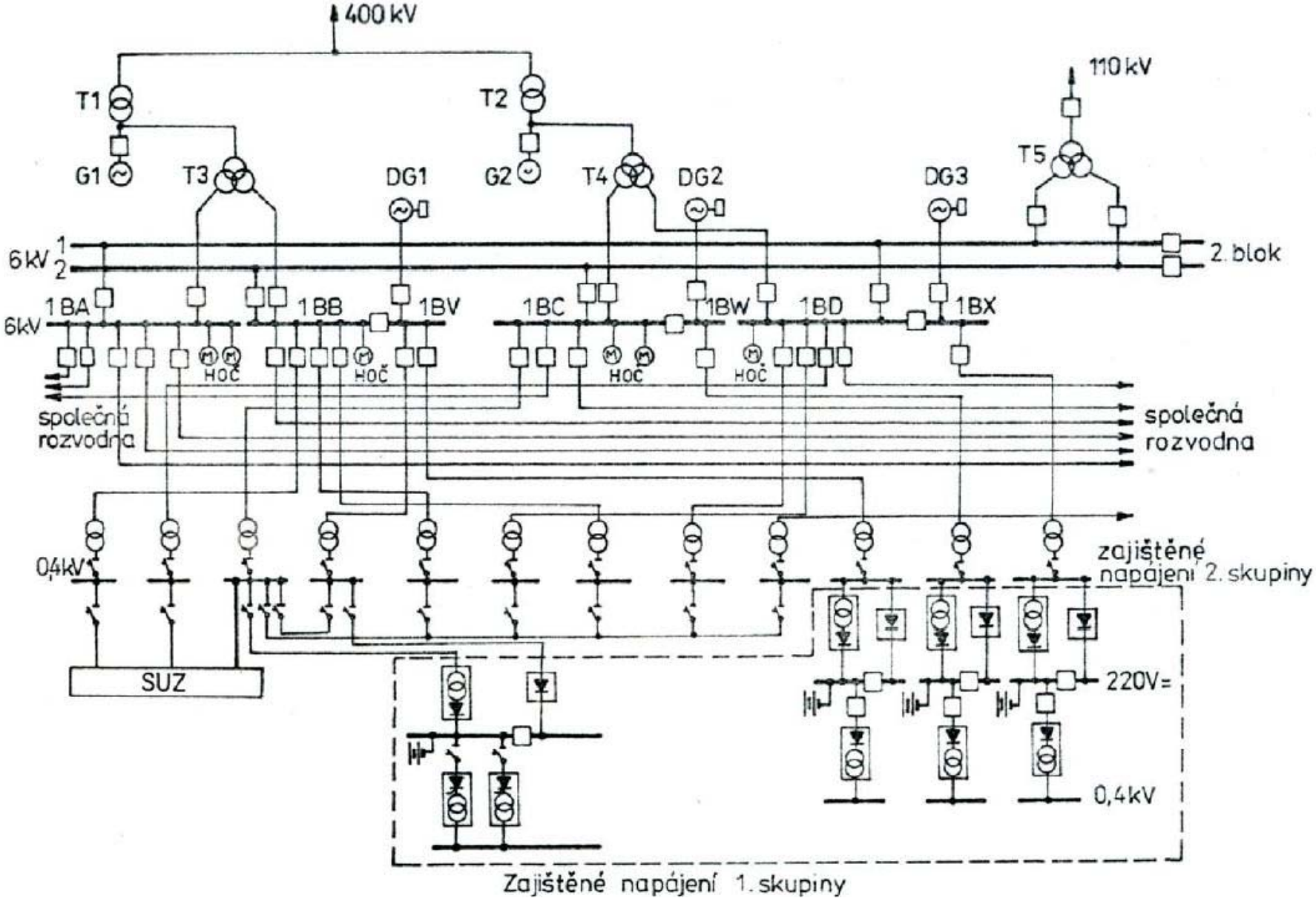
Příklady schémat VS

6x60 MW + teplárenský provoz, Elektrárna Opatovice



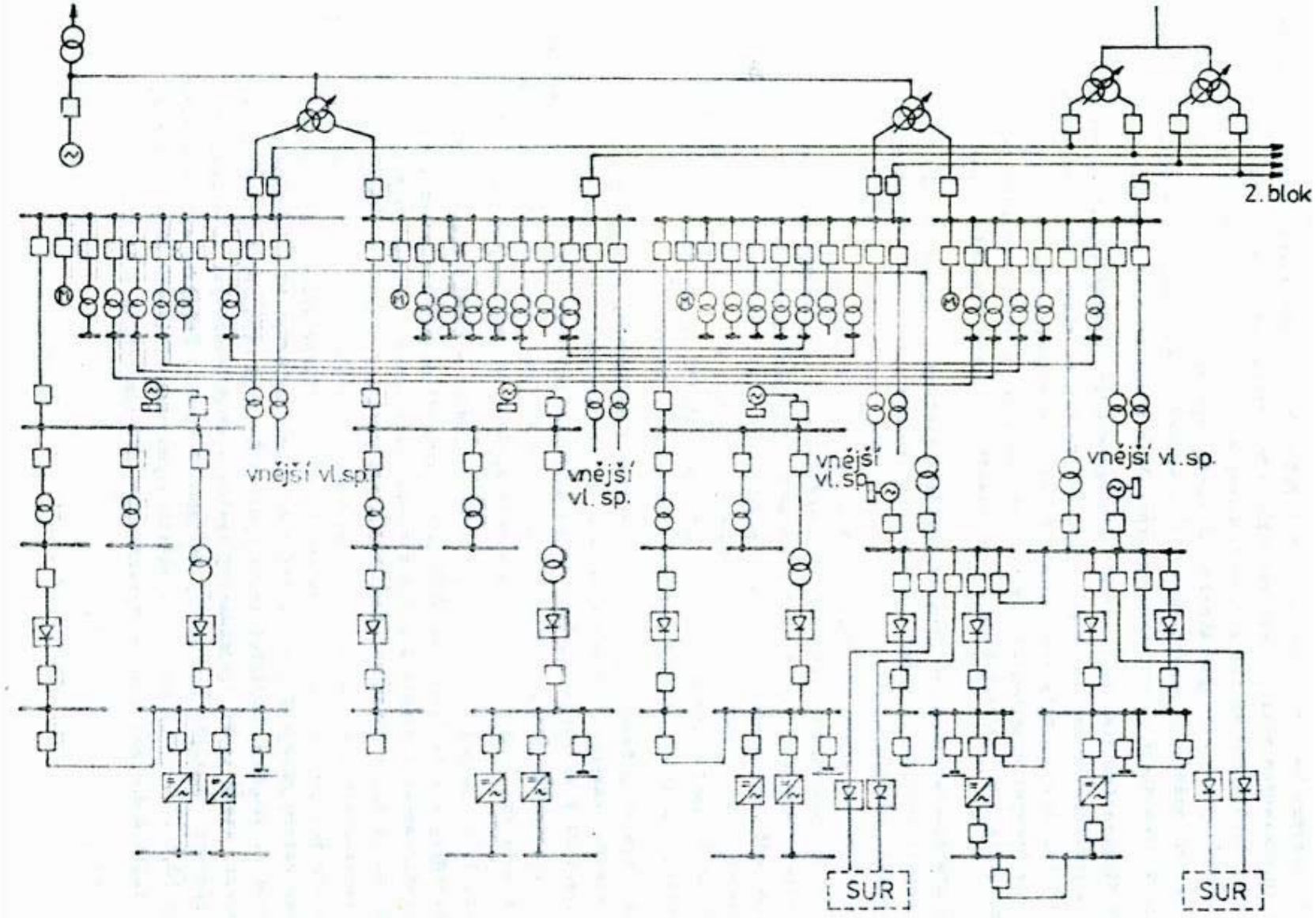
Příklady schémat VS

VS jaderné elektrárny Dukovany



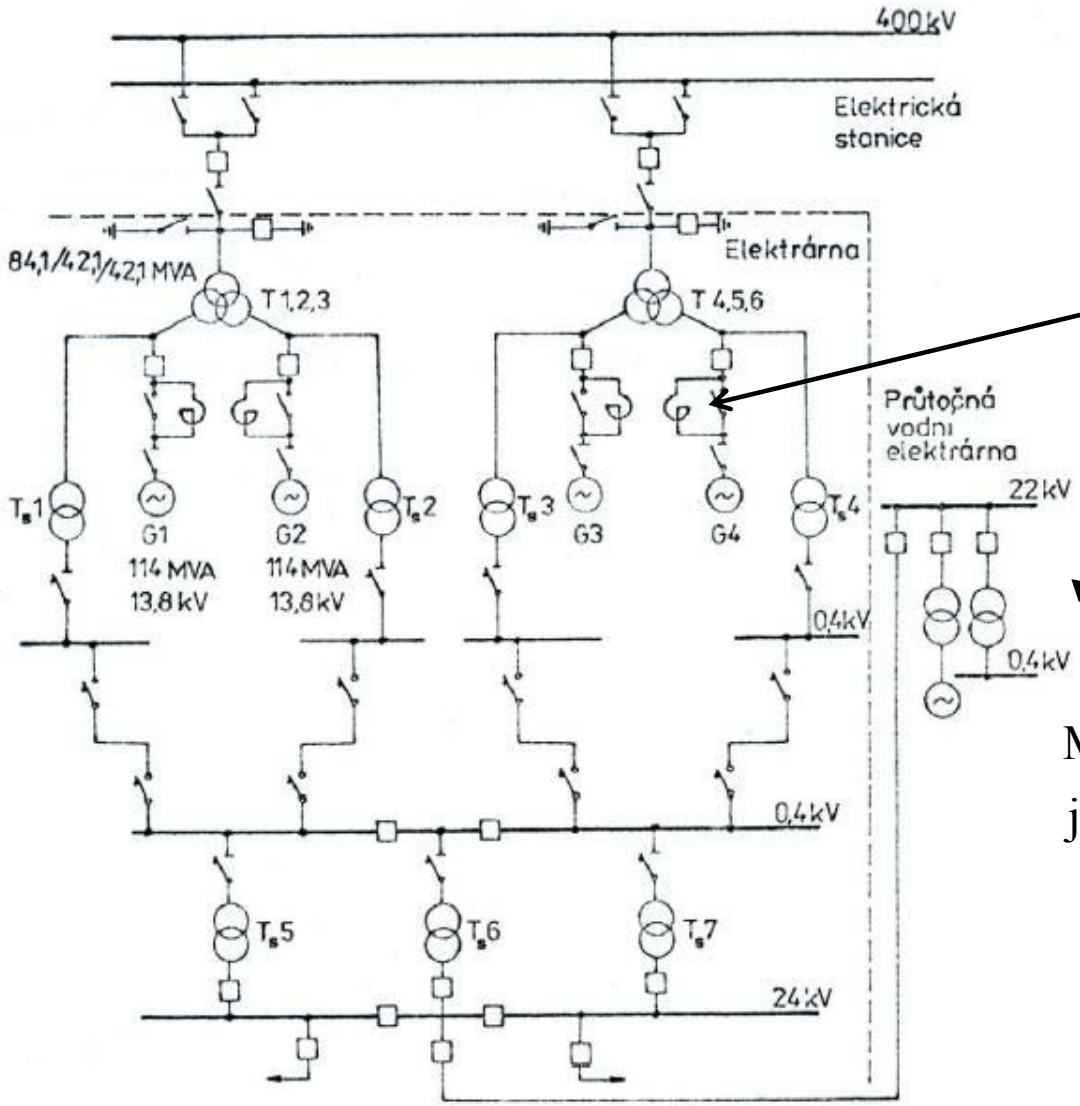
Příklady schémat VS

VS jaderné elektrárny Temelín



Příklady schémat VS

VS PVE Dalešice 4x105MW



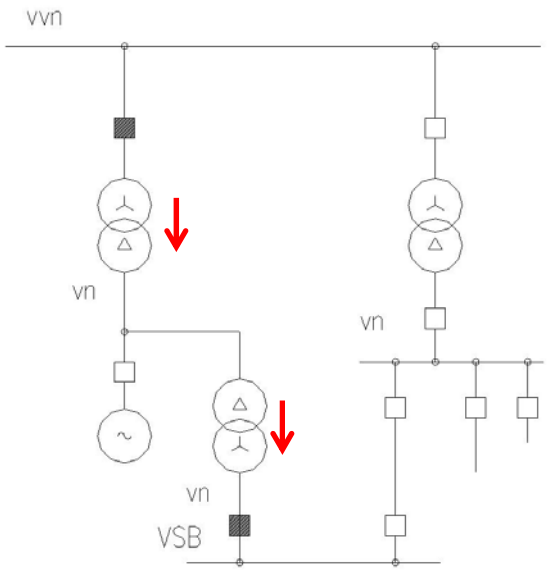
reaktor pro asynchronní rozběh motorgenerátoru

MVE Mohelno jako najížděcí a doběhový zdroj

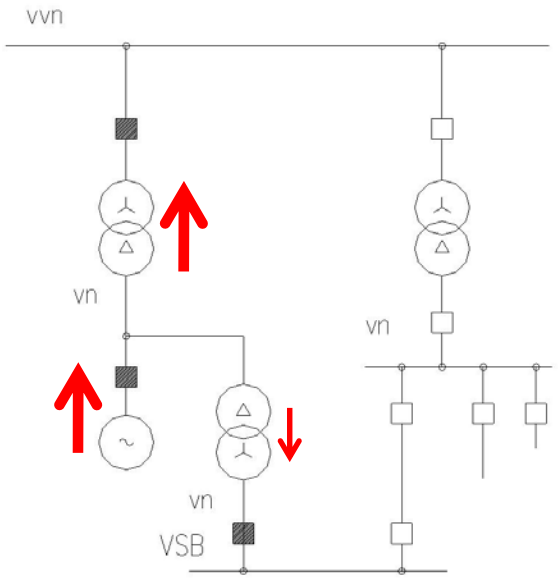
Příklady schémat VS

Rekapitulace:

<u>Najížděcí zdroje</u>

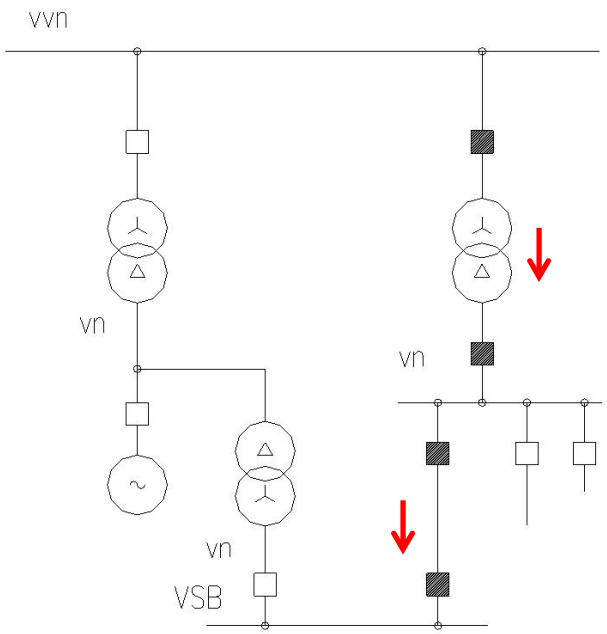


<u>Pracovní zdroje</u>

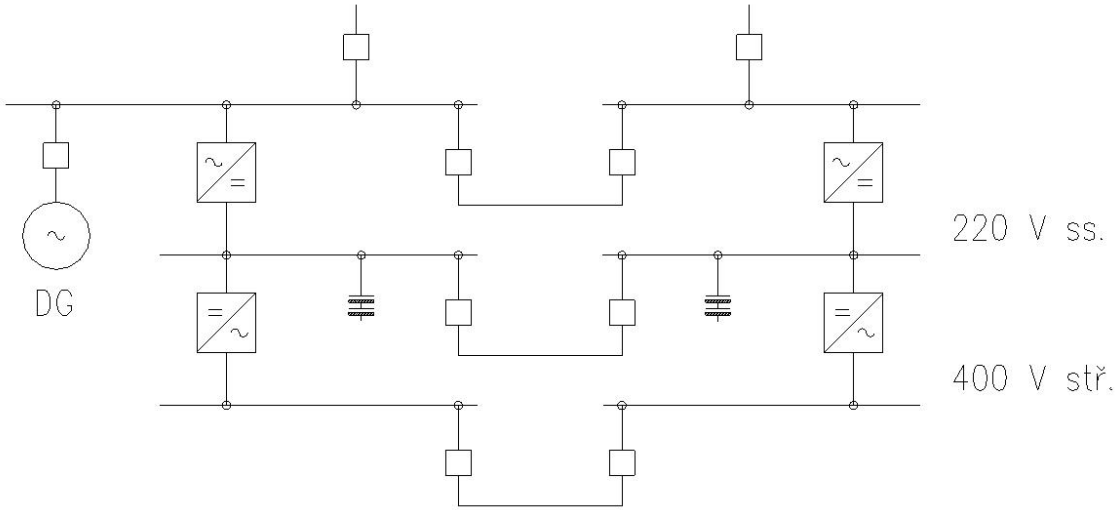


Příklady schémat VS

Záložní zdroje



Nouzové zdroje (zdroje zajištěného napětí)



Výpočet velikosti zdrojů VS

Výkon pracovních, najížděcích resp. záložních zdrojů se stanovuje na základě součtového výkonu všech spotřebičů tj.

$$\sum S_P = \frac{\sum_i P_{ni}}{\cos\varphi_n}.\beta$$

s koeficientem náročnosti

$$\beta = \frac{k_V.k_S}{\eta_m.\eta_S}$$

Koeficient současnosti

$$k_S = \frac{\sum_i P_{Si}}{\sum_i P_{ni}}$$

Koeficient využití

$$k_V = \frac{\sum_i P_i}{\sum_i P_{Si}}$$

η_m Střední účinnost spotřebičů při daném využití

η_S Účinnost napájecí soustavy od místa napojení VS

Pozn. Místo středních hodnot jsou někdy tyto koeficienty uvedeny pro každý spotřebič zvlášť

Výpočet velikosti zdrojů VS

Jmenovitý výkon napájecího zdroje musí být potom:

$$S_Z \geq \sum S_P$$

Dále musí být splněno:

- **napětí na svorkách elektromotorů musí být podle ČSN 38 1120 v rozmezí Un ± 5%**
- **min. pokles napětí při spouštění největšího spotřebiče nemá klesnout pod 0,85 Un, nesmí však klesnout pod 0,8 Un**
- **min. pokles napětí spouštění skupiny spotřebičů nesmí klesnout pod 0,65 Un,**

Pro záložní zdroje navíc:

- **jeden záskok. transformátor pro dva bloky, dva pro více bloků**
- **Každý záskok. trf. musí zajistit současně běžný provoz jednoho bloku + chod druhého bloku naprázdno + 50% SVS + u JE navíc odstavení druhého bloku**

Výpočet velikosti zdrojů VS

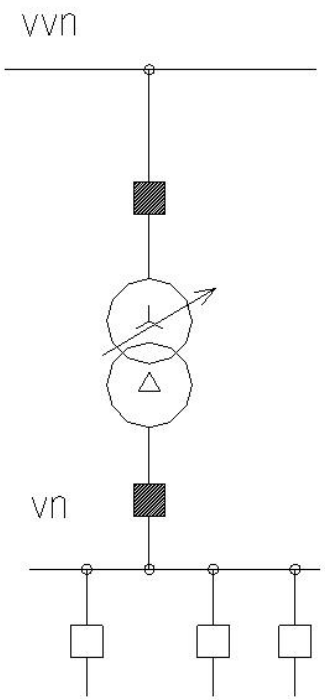
<u>Kontrola velikosti zdrojů pro VS:</u>

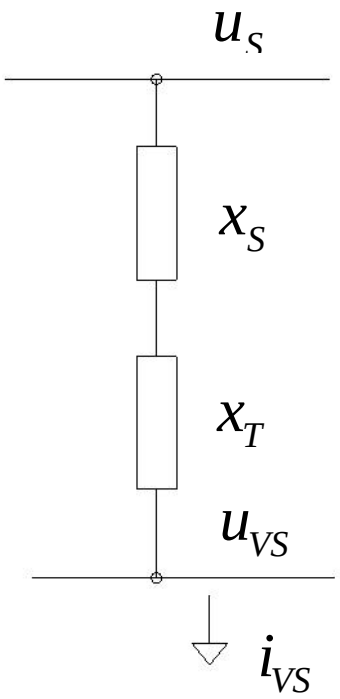
Kontrolují se napěťové poměry + volba převodu trf.:

- **při běžném provozu**
- **při spouštění největšího spotřebiče**
- **při spouštění skupiny (resp. skupin) spotřebičů**

Současně je nutné zkontrolovat nastavení ochran pro mimořádné provozní stavy!

Volba převodu trf.





Platí:

$$\hat{u}_S = j.(x_S + x_T).\hat{i}_{VS} + \hat{u}_{VS}$$

Zanedbáme-li činný úbytek:

$$u_S = (x_S + x_T).i_{VSj} + u_{VS}$$

$$\frac{U_S}{p.U_V} = \left[\frac{S_V}{S_{ks}} . \left(\frac{U_S}{U_V} \right)^2 . \frac{1}{p^2} + x_T \right] .i_{VSj} + u_{VS}$$

$$0 = \left(x_T .i_{VSj} + u_{VS} \right) .p^2 - p.\frac{U_S}{U_V} + \frac{S_V}{S_{ks}} . \left(\frac{U_S}{U_V} \right)^2 .i_{VSj}$$

Volba převodu trf.

Řešíme tedy kvadratickou rovnici pro neznámou p:

$$0 = \left(x_T . i_{VSj} + u_{VS} \right) . p^2 - p . \frac{U_S}{U_V} + \frac{S_V}{S_{ks}} . \left(\frac{U_S}{U_V} \right)^2 . i_{VSj}$$

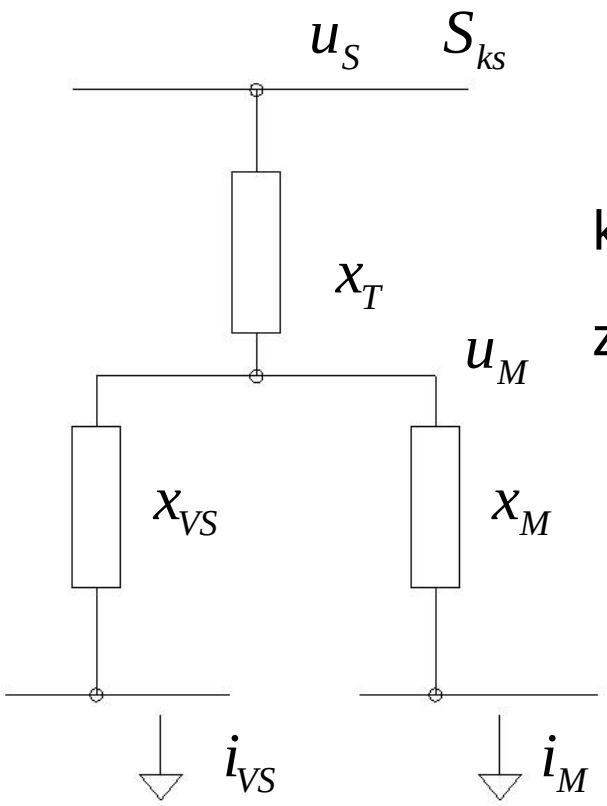
Za předpokladu známých: $i_{VSj}, U_S, S_{ks}, x_T$

A zvoleného napětí: u_{VS}

Tak je možné zvolit vhodnou odbočku (+ provést její kontrolu) trf. pro příslušný stav (bez zátěže, provoz, největší spotřebič, samonajíždění atd.)

Spouštění největšího spotřebiče

Zdroj musí být dostatečně tvrdý a vyhovět i potřebným zkratovým výkonem:



Celková zátěž bude:

$$x_Z = \frac{x_{VS} . x_M}{x_{VS} + x_M}$$

kde x_M je náhradní reaktance motoru při rozběhu

zvolíme-li jako vztažný jmenovitý výkon trf. S_{nT} :

$$x_M = \frac{1}{i_{zM}} . \frac{S_{nT}}{S_{nM}}$$

rozběhový (záběrný) proud motoru

Náhradní reaktance předběž. zatížení VS:

$$x_{VS} = \frac{1}{\sin \varphi_{VS}} . \frac{S_{nT}}{S_{VS}}$$

Spouštění největšího spotřebiče

Proud do trf. bude:

$$i_T = u_M \cdot \left(\frac{1}{x_{VS}} + \frac{1}{x_M} \right) = u_M \cdot \left(\frac{S_{VS} \cdot \sin \varphi_{VS}}{S_{nT}} + i_{zM} \cdot \frac{S_{nM}}{S_{nT}} \right)$$

Odpovídající poměrná hodnota zkratového výkonu:

$$s_{kM} = \frac{u_S}{x_T} = \frac{u_S}{u_S - u_M} . i_T = \frac{u_S . u_M}{u_S - u_M} . \left(\frac{S_{VS} \cdot \sin \varphi_{VS}}{S_{nT}} + i_{zM} \cdot \frac{S_{nM}}{S_{nT}} \right)$$

V pojmenovaných hodnotách bude skutečný potřebný zkr. výkon:

$$S_{kM} = \frac{u_S . u_M}{u_S - u_M} . \left(S_{VS} . \sin \varphi_{VS} + i_{zM} . S_{nM} \right) = \frac{u_S}{\frac{u_S}{u_M} - 1} . \left(S_{VS} . \sin \varphi_{VS} + i_{zM} . S_{nM} \right)$$

Samonajíždění skupiny spotřebičů

Obdobně pro k-spotřebičů (zbylou VS neuvažujeme):

$$x_Z = \left(\frac{1}{x_{M1}} + \ldots + \frac{1}{x_{Mk}} \right)^{-1}$$

Odpovídající poměrná hodnota zkratového výkonu:

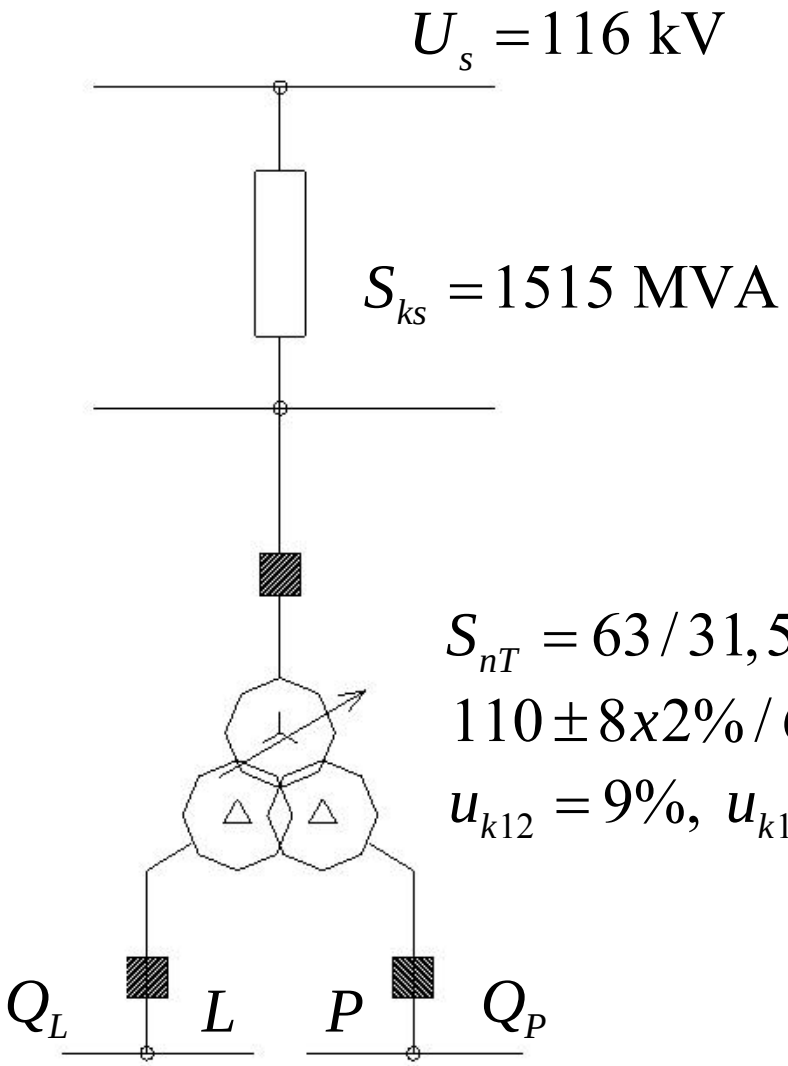
$$s_{kM} = \frac{u_S}{x_T} = \frac{u_S}{u_S - u_M} . i_T = \frac{u_S . u_M}{u_S - u_M} . \frac{1}{S_{nT}} . \sum_{i=1}^{k} i_{zMi} . S_{nMi}$$

V pojmenovaných hodnotách bude skutečný potřebný zkr. výkon:

$$S_{kM} = \frac{u_S . u_M}{u_S - u_M} . \sum_{i=1}^{k} i_{zMi} . S_{nMi}$$

Glosa k 2. přednášce

Volba vhodné odbočky u trojvinuťového trf.:



Určete převod trf.

a) pro plné zatížení obou sekcí

$$Q_L = Q_P = 23\ \mathrm{MVAr}$$

b) pro VS bez zatížení

$$Q_L = Q_P = 0\ \mathrm{MVAr}$$

tak, aby napětí na přípojnicích VS bylo v obou případech 6,3 kV

$$S_{nT} = 63/31{,}5/31{,}5\ \mathrm{MVA}$$

$$110 \pm 8x2\% / 6{,}3 / 6{,}3\ \mathrm{kV}$$

$$u_{k12} = 9\%,\ u_{k13} = 9\%,\ u_{k23} = 18\%$$