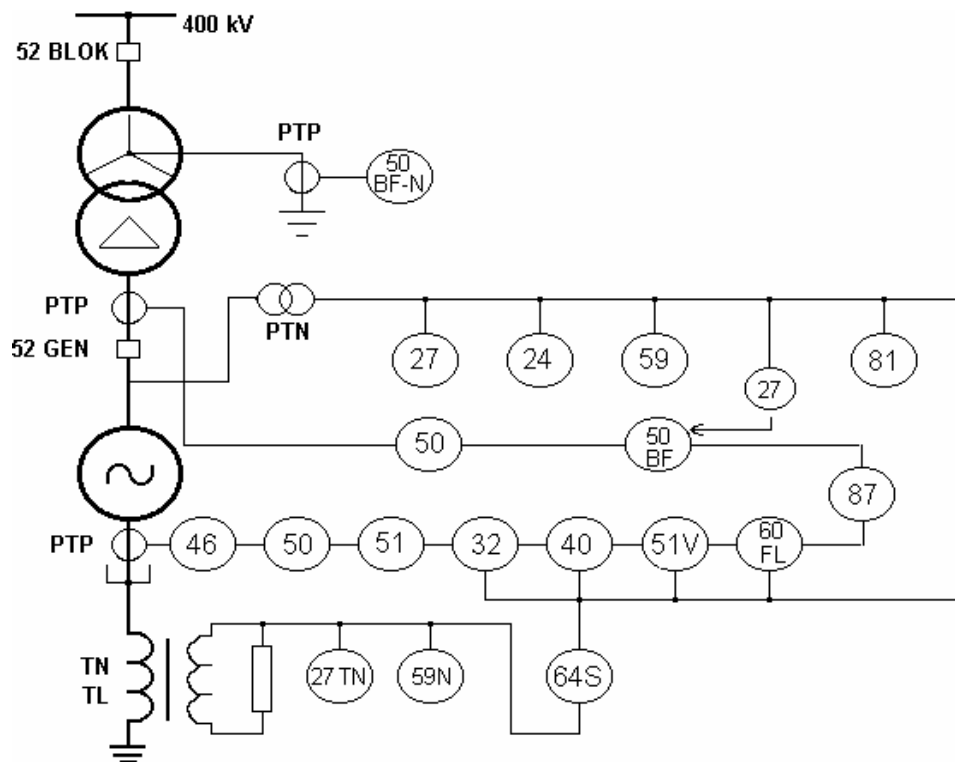


Ochrany bloku

Integrovaný systém chránění synchronního alternátoru pracujícího v bloku s transformátorem.

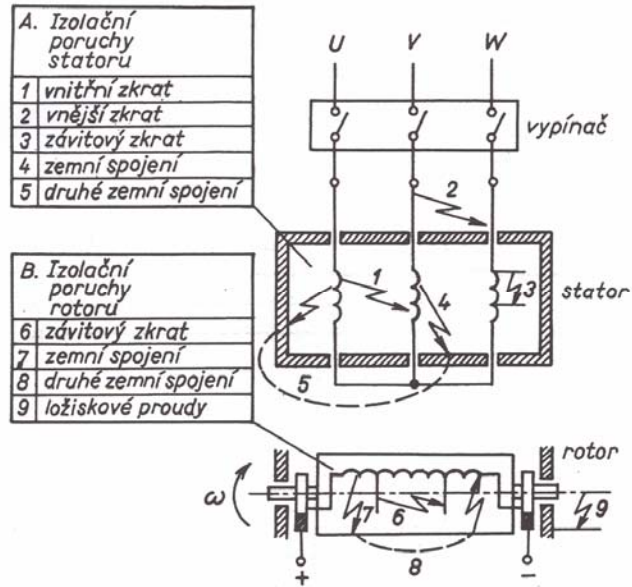
Alternátor je uzemněný přes vysokou impedanci.



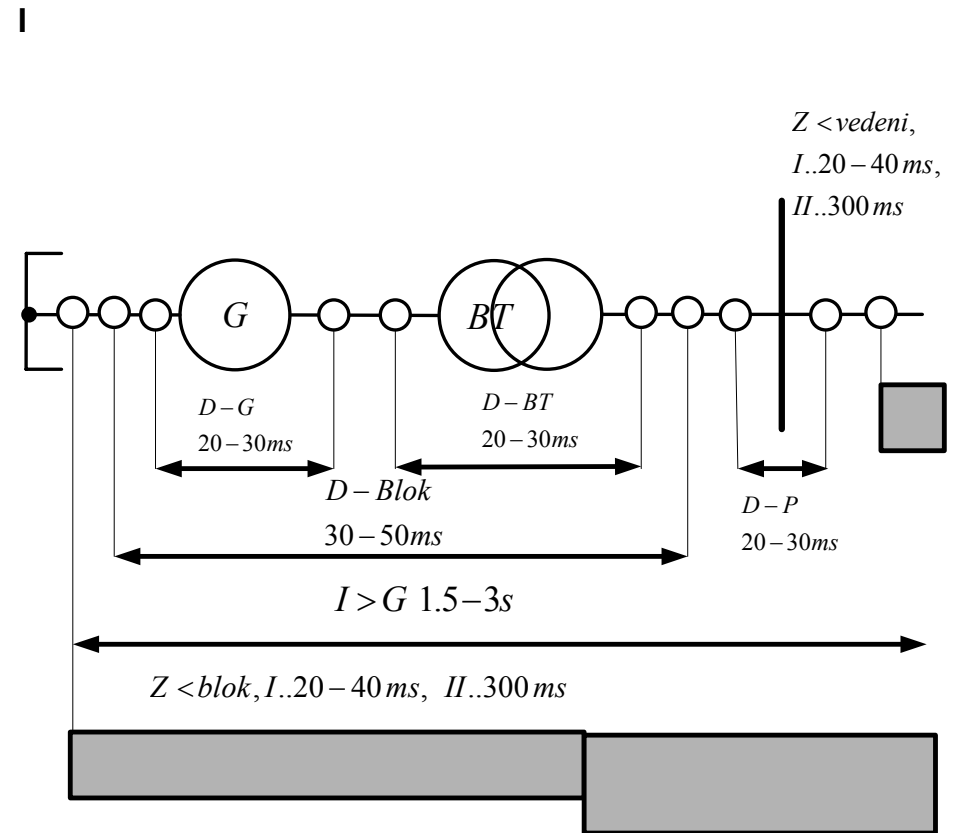
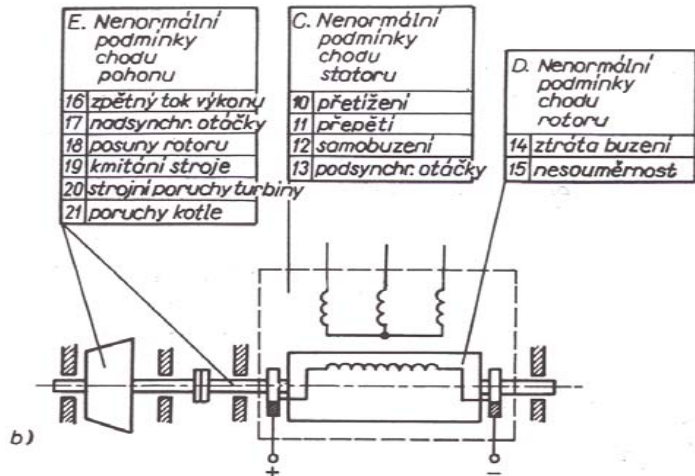
Funkce integrovaného systému ochran

ochrana	označ. ANSI/IEEEE	rozsah jmen. výkonu [MW]					
		<5	5- 20	20- 50	50- 200	200- 500	>500
nadproudová G	49	•	•	•	•	•	•
Nadproudová závitová	61W						
rozdílová-G	87G		•	•	•	•	•
rozdílová-B	87 B	•	•	•		•	•
Rozdílová I0	87GD						
I> závislá	50/51	•	•				
95% zemní stat.	59N	•	•	•	•	•	•
100% zem. stat.	64S				•	•	•
zemní rotoru			•	•	•	•	•
tepelná statoru					(•)	•	•
tepelná rotoru	64R				(•)	•	•
nesymetrie I ₁ , I ₂ >	46		•	•	•	•	•
nadpětí U>	59	•	•	•	•	•	•
podpětí U<	27						•
syčení φ>	24				(•)	•	•
nad/pod f >/f<	81O/81U			•	•	•	•
podbuzení	40		•	•	•	•	•
přetížení rotoru	49R					•	•
skluzová ε>	40					(•)	•
zpětný výkon -P>	32R/32L			•	•	•	•
chybné zapnutí I>/>P						(•)	•
distanční G	21				•	•	•
nezáviská I>s >U blok.	50V 50/27						
podimpedanční					•	•	•
Porucha vypínače	50BF-Ph, 50BF-N						
U> 1-h v uzlu	59N						
U< 3- h v uzlu	27TN						
Směrová zemní ochrana v uzlu	67N						
Detekce ztráty U,I	60FL						

Izolační poruchy generátoru



Nenormální podmínky chodu generátoru



IMPEDANČNÍ CHARAKTERISTIKA BLOKU

$\Psi = \pi/2 - \delta$	Doplňěk zátěžného úhlu
Z	Viděná impedance
$\hat{U}, \hat{I}, \hat{S}$	Napětí, proud, zdánlivý výkon
X_{ex}	Celková reaktance mezi branami e_Q a přípoj. místa
$i_f^\oplus, e_Q^\oplus, I^\oplus$	Mezní hodnoty buzení, vnitřního napětí, proudu

$$\hat{S} = \frac{e_Q \cdot U}{X_\Sigma} e^{-j\psi} + j \frac{U^2}{X_\Sigma} \dots \text{rovnice kružnic } \{P, Q\}$$

$$\text{poloměr} = \frac{e_Q \cdot U}{X_\Sigma}, \quad \text{střed} = \left\{ 0; j \frac{U^2}{X_\Sigma} \right\}$$

omezení budícím proudem:

$$\hat{S} = \frac{U^2}{X_\Sigma} \left\{ \frac{x_{ad} \cdot i_f^\oplus \cdot e^{-j\psi}}{U} + j \right\}; \quad x_{ad} \cdot i_f^\oplus = e_Q^\oplus$$

$$Z = \frac{U^2}{\hat{S}} = \frac{X_\Sigma}{x_{ad} i_f^\oplus e^{-j\psi} / U + j} = X_\Sigma \frac{(x_{ad} i_f^\oplus / U) e^{-j\psi} - j}{(x_{ad} i_f^\oplus / U)^2 + 1}$$

$$\text{poloměr} = \frac{X_\Sigma (x_{ad} i_f^\oplus / U)}{(x_{ad} i_f^\oplus / U)^2 + 1} \quad \text{střed} : \left\{ 0; -j \frac{X_\Sigma}{(x_{ad} i_f^\oplus / U)^2 + 1} \right\}$$

Omezení statorovým proudem.

$$S = U * I^\oplus \cdot e^{-j\beta} \Rightarrow Z^\oplus = \frac{U}{I^\oplus} e^{j\beta};$$

$$\text{střed} = (0, 0), \quad \text{poloměr} = U / I^\oplus$$

$$\text{Re}\{S\} = P_T^\oplus, \quad Z^\oplus = \frac{U^2}{2P_T^\oplus} e^{j\beta} + \frac{U^2}{2P_T^\oplus}$$

$$\text{střed: } \left(\frac{U^2}{2P_T^\oplus}, 0 \right) \quad \text{poloměr: } \frac{U^2}{2P_T^\oplus}$$

Omezení zpětným výkonem

$$\text{Re}\{S\} = -P_{Tz}^\oplus \quad (\text{asi } 1\%)$$

$$Z^\oplus = \frac{U^2}{2P_{Tz}^\oplus} e^{j\beta} - \frac{U^2}{2P_{Tz}^\oplus}$$

$$\text{střed: } \left(-\frac{U^2}{2P_{Tz}^\oplus}, 0 \right) \quad \text{poloměr: } \frac{U^2}{2P_{Tz}^\oplus}$$


Omezení podmínkami stability

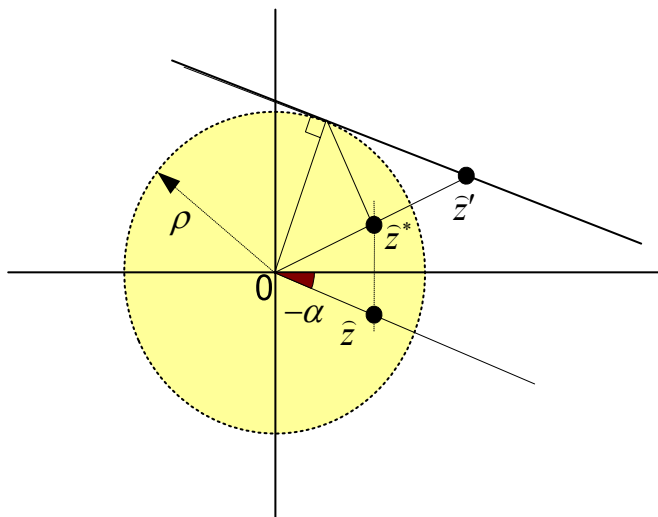
$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = 0$$

Kruhová inverze

$$z^* z' = \rho^2 \quad \bar{z}' = \frac{\rho^2}{\bar{z}^*}$$

$$x' + jy' = \rho^2 / (x + jy) \Rightarrow x + jy = \rho^2 (x' - jy') / (x'^2 + jy'^2)$$

\bar{z}, \bar{z}'	Originál a inverzně sdružený bod
ρ^2	Mocnost inverze
	Řídící kruh (kružnice), Body na řídící kružnici jsou samodružné



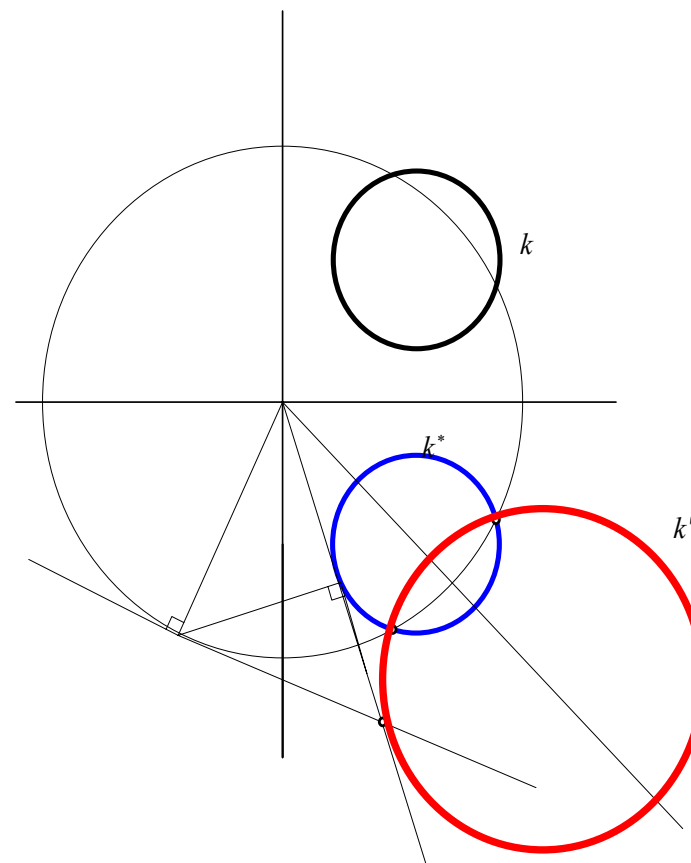
$$x^2 + y^2 + Mx + Ny + L = 0, \dots \text{rovnice kružnice}$$

$$M^2 + N^2 > 4L$$

$$L(x'^2 + y'^2) + \rho^2 Mx' - \rho^2 Ny' + (\rho^2)^2 = 0 \dots \text{obraz kružnice}$$

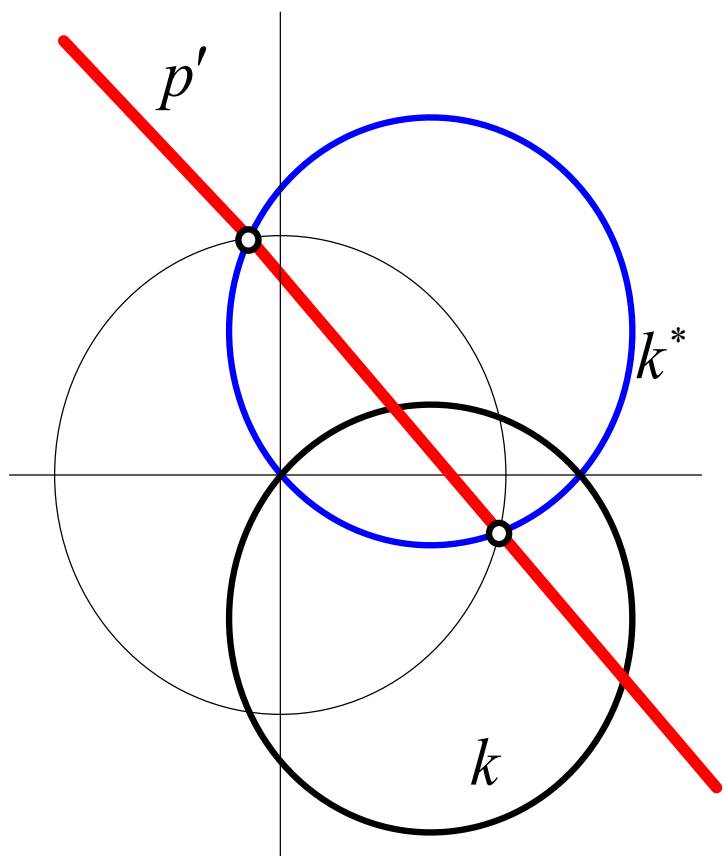
	originál	Kruh. inverze
1	Kružnice mimo počátek, $L \neq 0$	Kružnice mimo počátek

$$L(x'^2 + y'^2) + \rho^2 Mx' - \rho^2 Ny' + (\rho^2)^2 = 0$$



	originál	Kruh. inverze
2	Kružnice obsahující počátek $L=0$	přímka neobsahující počátek

$$Mx' - Ny' + \rho^2 = 0$$



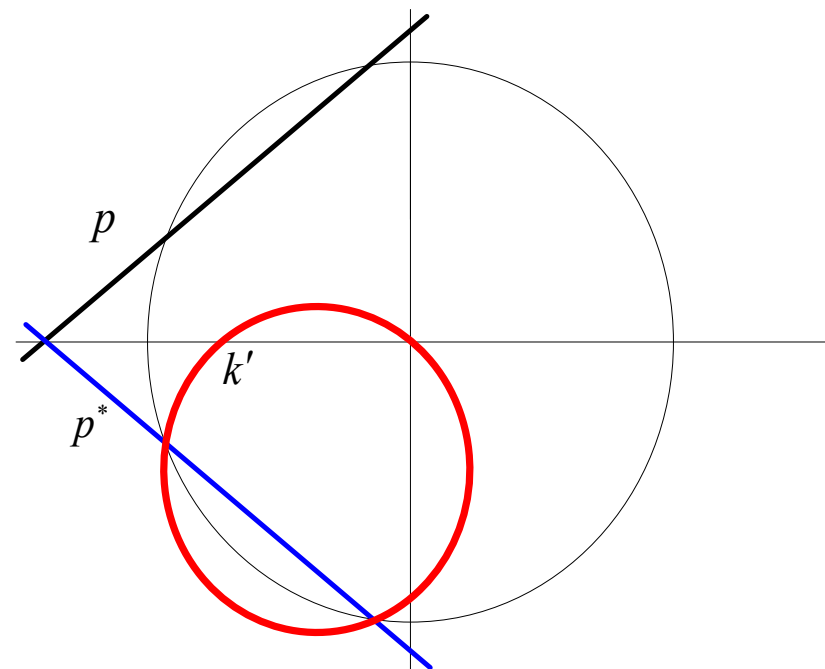
$ax + by + c = 0$rovnice přímky

$c(x'^2 + y'^2) + \rho^2 ax' - \rho^2 by' = 0$...obraz přímky

	originál	Kruh. inverze
3	přímka mimo počátek, $C \neq 0$	Kružnice obsahující počátek

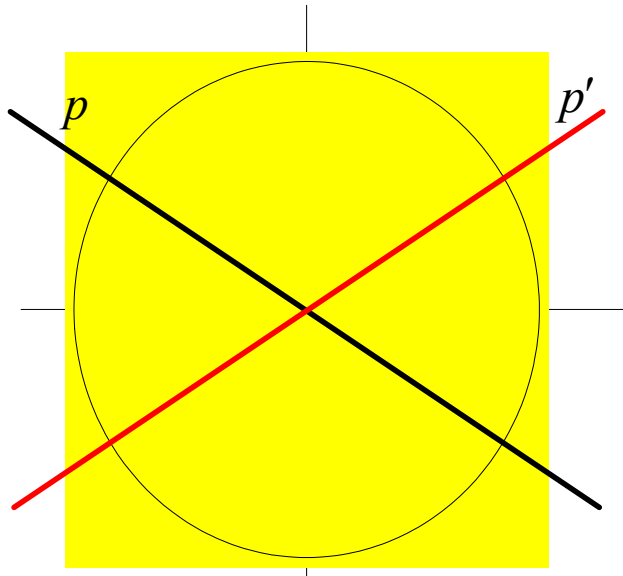
$$c(x'^2 + y'^2) + \rho^2 ax' - \rho^2 by' = 0$$

kružnice obsahující počátek



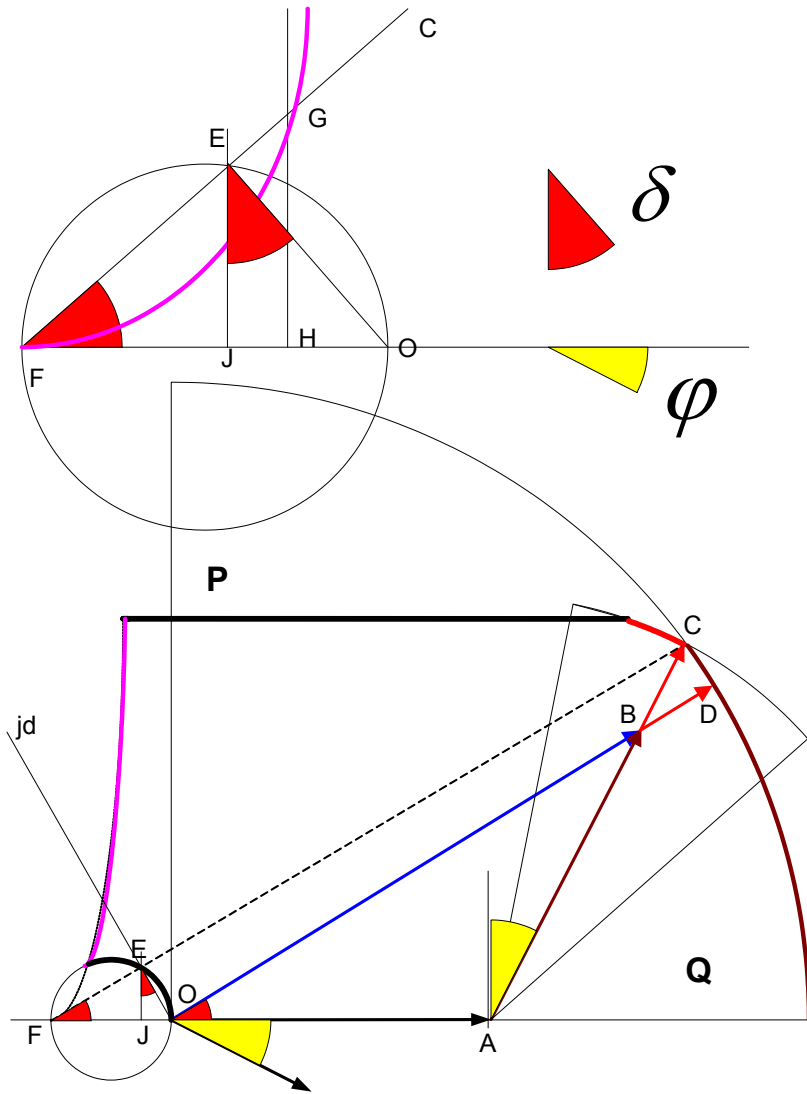
	originál	Kruh. inverze
4	přímka obsahující počátek $c=0$	přímka s počátkem

$$ax' - by' = 0$$



úsečka	význam	$*U/x_d$
\overline{OA}	U	U^2/x_d
\overline{OB}	e_Q	♦
\overline{AB}	$x_q \cdot I$	♦
\overline{AC}	$x_d \cdot I$	UI
\overline{OF}	$\frac{x_d}{x_q} U - U = \frac{x_d - x_q}{x_q} U$	$\frac{x_d - x_q}{x_q x_d} U^2$
$\overline{AF} = \overline{AO} + \overline{OF}$	$\frac{x_d \cdot U}{x_q}$	U^2/x_q
$\overline{OE} = \overline{CD}$	$(x_d - x_q) I_q$	♦
\overline{EF}	$\frac{x_d}{x_q} e_Q - e$	$\frac{U e_Q}{x_q} - \frac{eU}{x_d}$
$\overline{CF} = \overline{CE} + \overline{EF}$	$\frac{x_d}{x_q} e_Q$	$\frac{U}{x_q} e_Q$
\overline{CE}	e	$\frac{eU}{x_d}$

$$\frac{\overline{OA}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{FC}} = \frac{U}{\overline{AF}} = \frac{x_q I}{x_d I} = \frac{e_Q}{\overline{FC}}$$



$$P = \frac{u.e}{x_d} \sin \delta + \frac{u^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin(2\delta)$$

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = \frac{u.e}{x_d} \cos \delta + u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos(2\delta)$$

$$\overline{CE} = \overline{CF} - \overline{EF} = \overline{CF} - \overline{FO} \cos \delta$$

$$\frac{u.e}{x_d} = \frac{u.e_Q}{x_q} - u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos \delta$$

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = \left\{ \frac{u.e_Q}{x_q} - u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos \delta \right\} \cos \delta$$

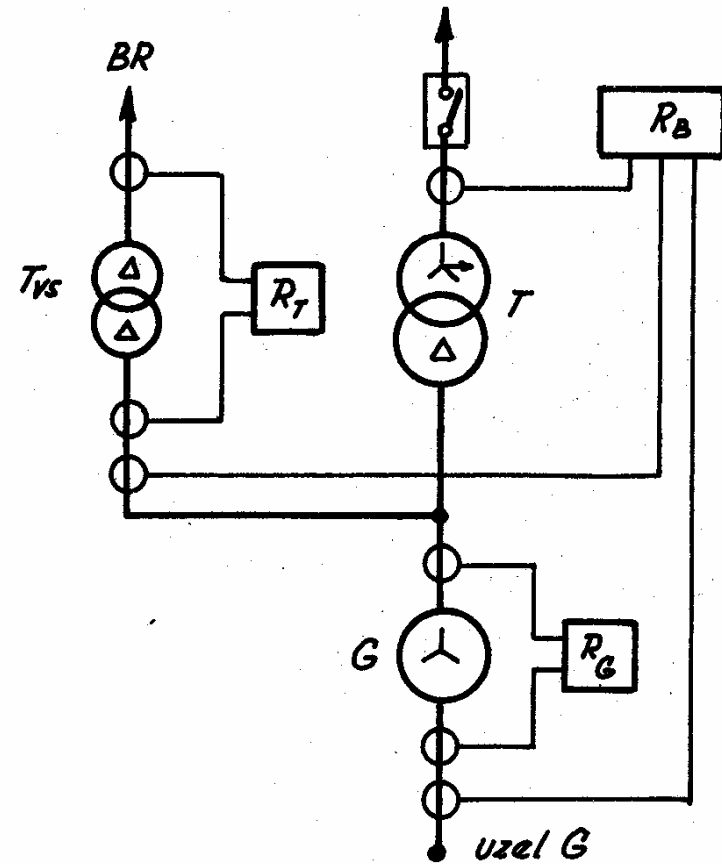
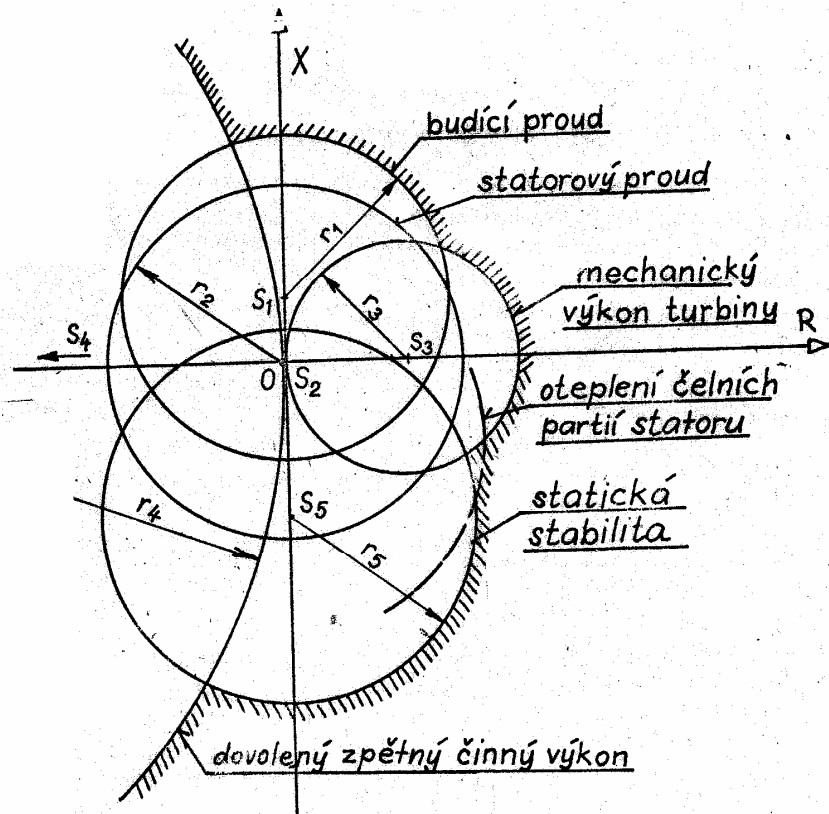
$$+ u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \{ \cos^2 \delta - \sin^2 \delta \}$$

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = \frac{u.e_Q}{x_q} \cos \delta - u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin^2 \delta$$

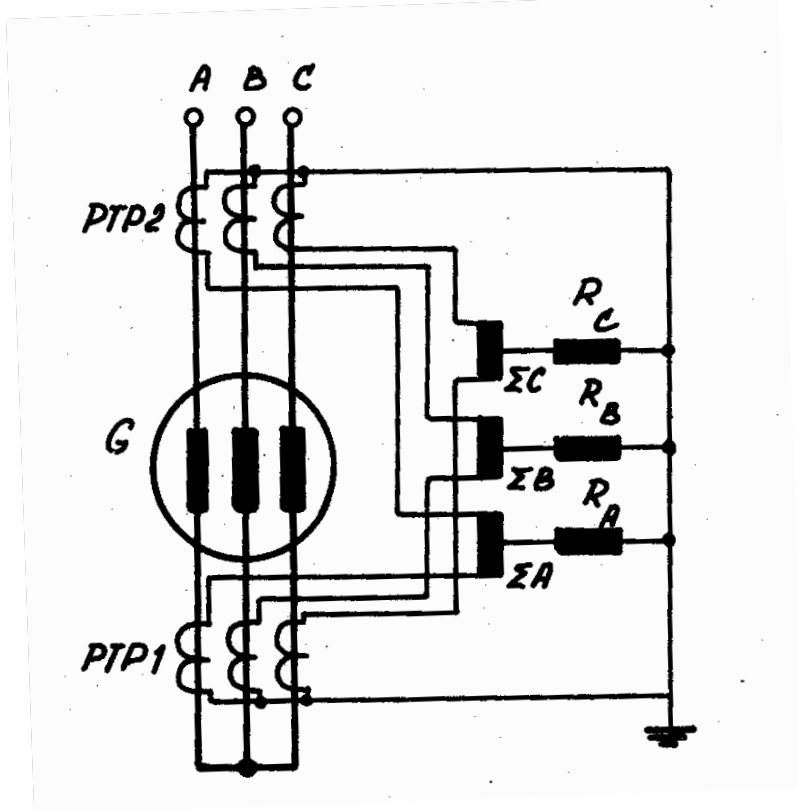
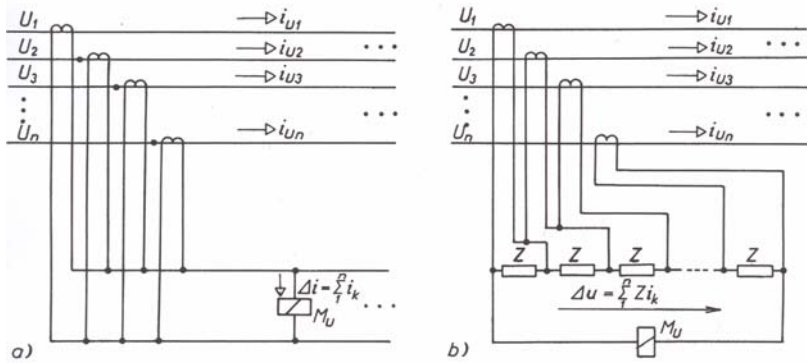
Mez statické

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} = 0 \quad \frac{u \cdot e_0}{x_q} \cos \delta = \overline{FC} \cos \delta = \overline{FK}$$

$$\text{stability.} \quad u^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin^2 \delta = \overline{FO} \sin \delta \cdot \sin \delta = \overline{EO} \sin \delta = \overline{OJ}$$

 $\overline{FK} = \overline{OJ} \dots \text{podmínka bodu stability}$
 $\overline{FH} = \overline{OJ}$


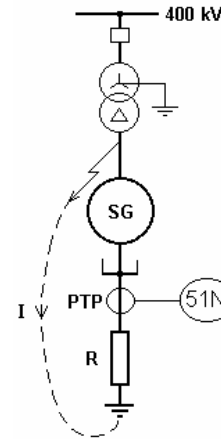
Objekt s několika vývody



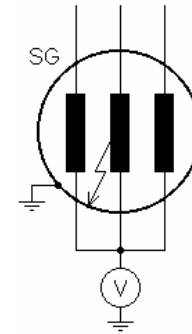
Zemní spojení statoru alternátoru v bloku s transformem.

Všechny ochrany využívají vzniklé napětí uzel-zem

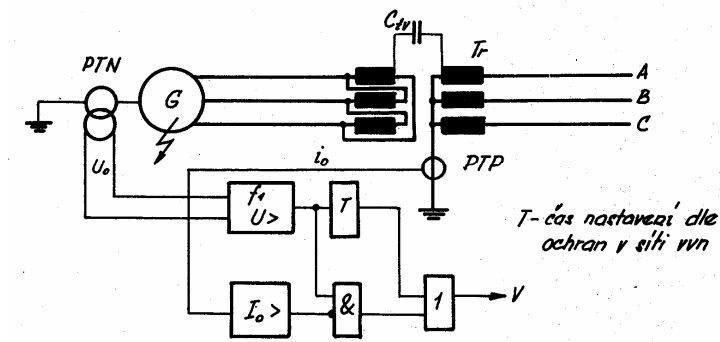
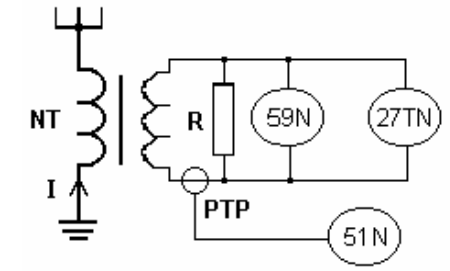
a)



a) Nízkoimpedanční uzemnění uzlu alternátoru pracujícího v bloku s transformátorem.



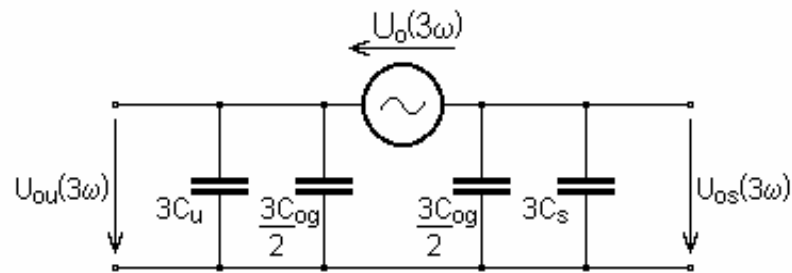
b) Vysokoimpedanční uzemnění uzlu alternátoru a ochrany proti zemnímu spojení statoru alternátoru



T - čas nastavení dle ochrany v síti vn

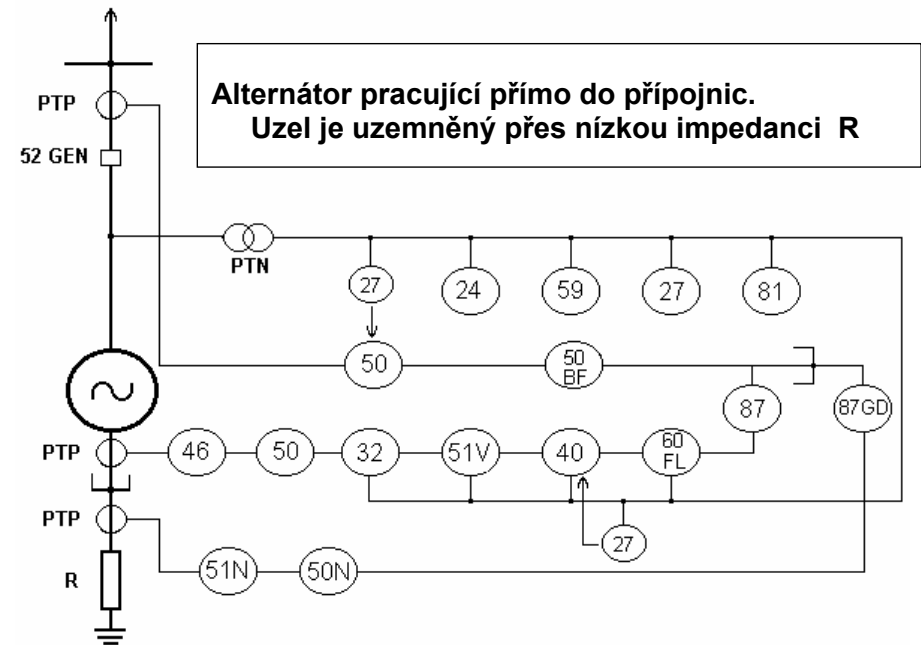
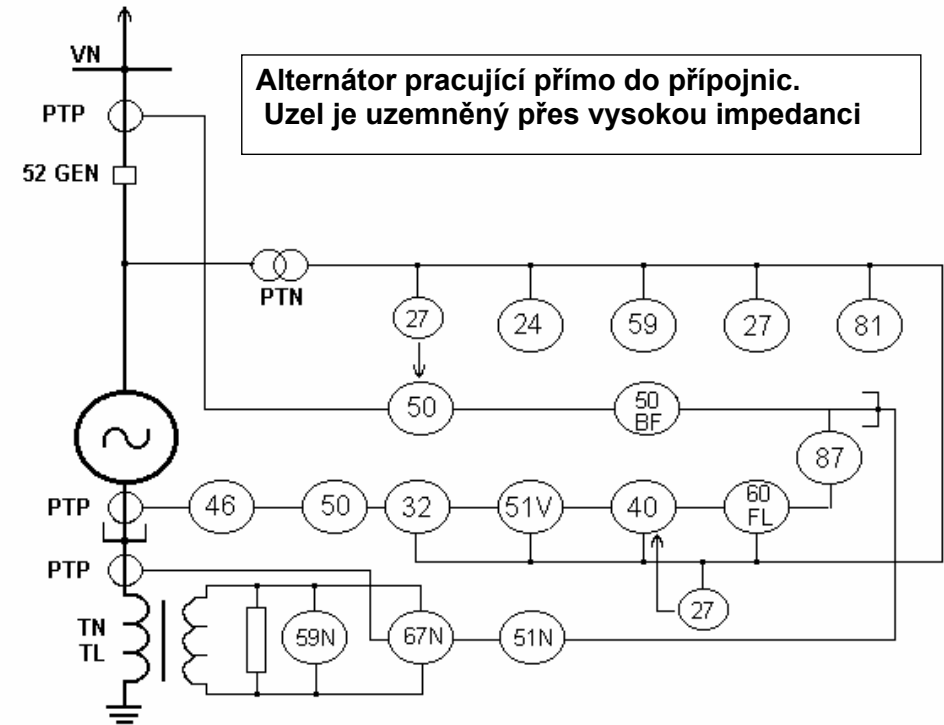
$$N^2 R = \frac{X_C}{3}$$

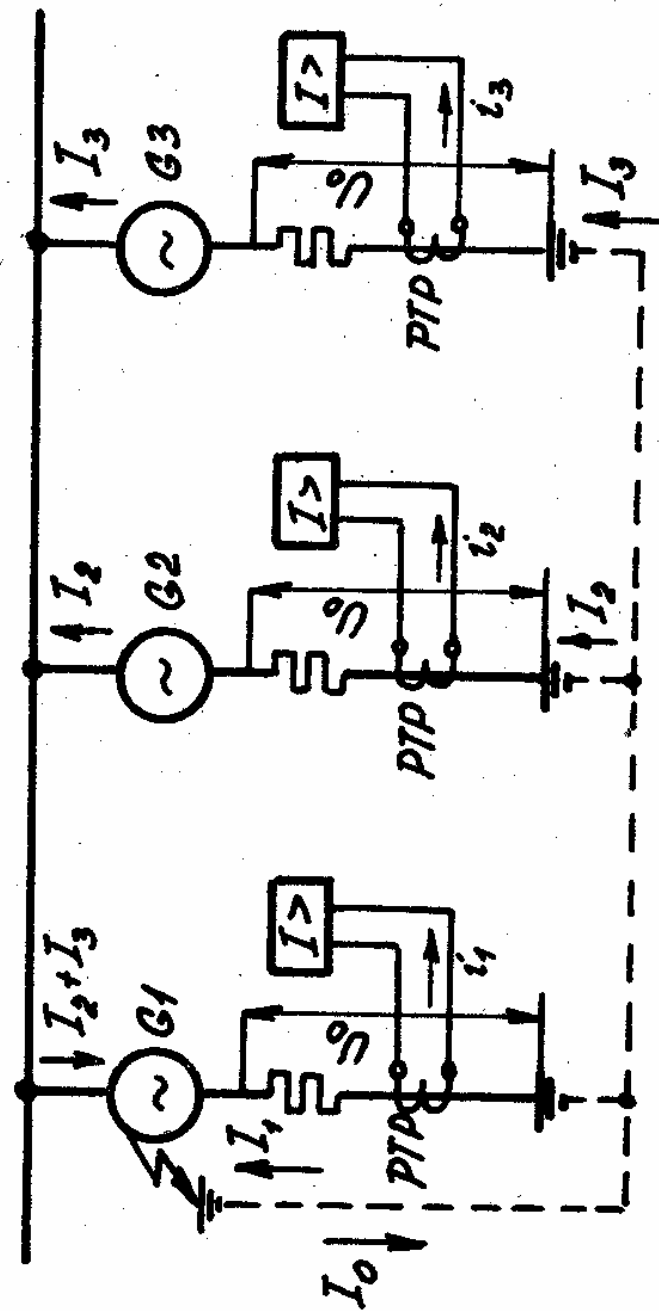
Zemní ochrana statoru využívající 3. harmonickou nulové složky

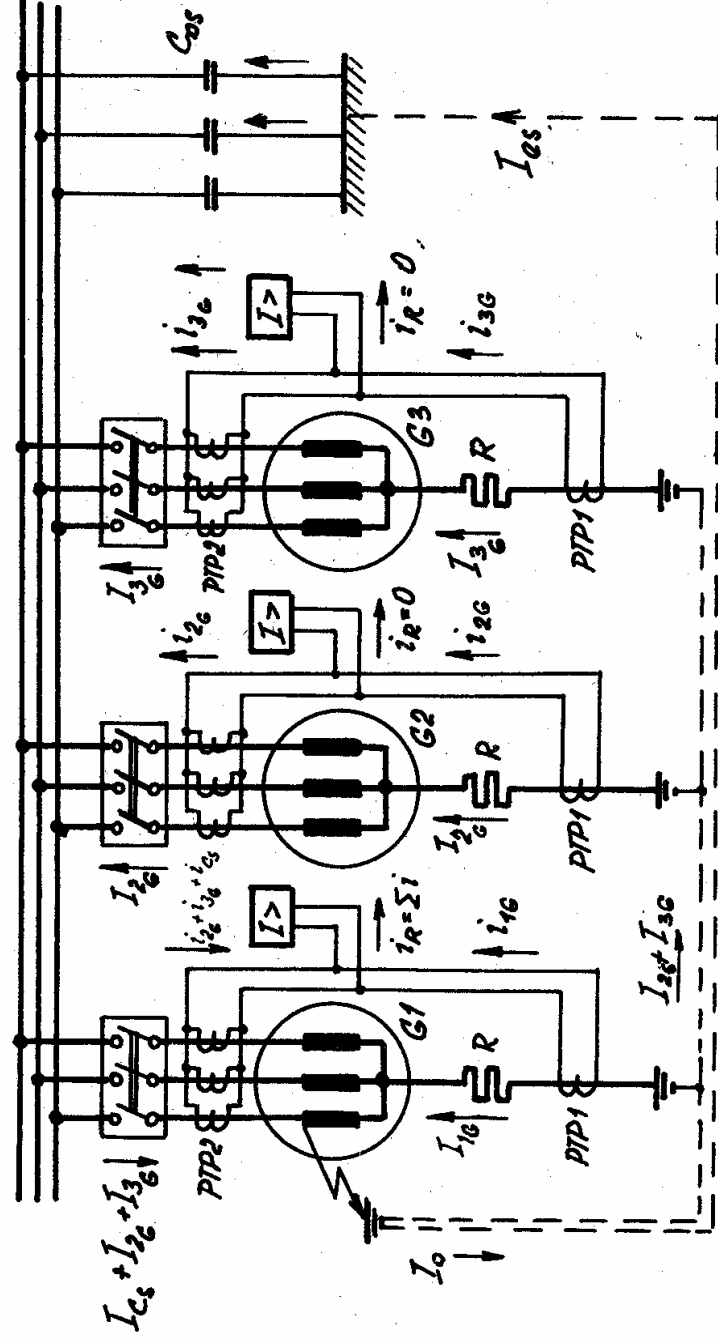


Náhradní schéma pro netočivou složku kapacit statorových vinutí alternátoru.

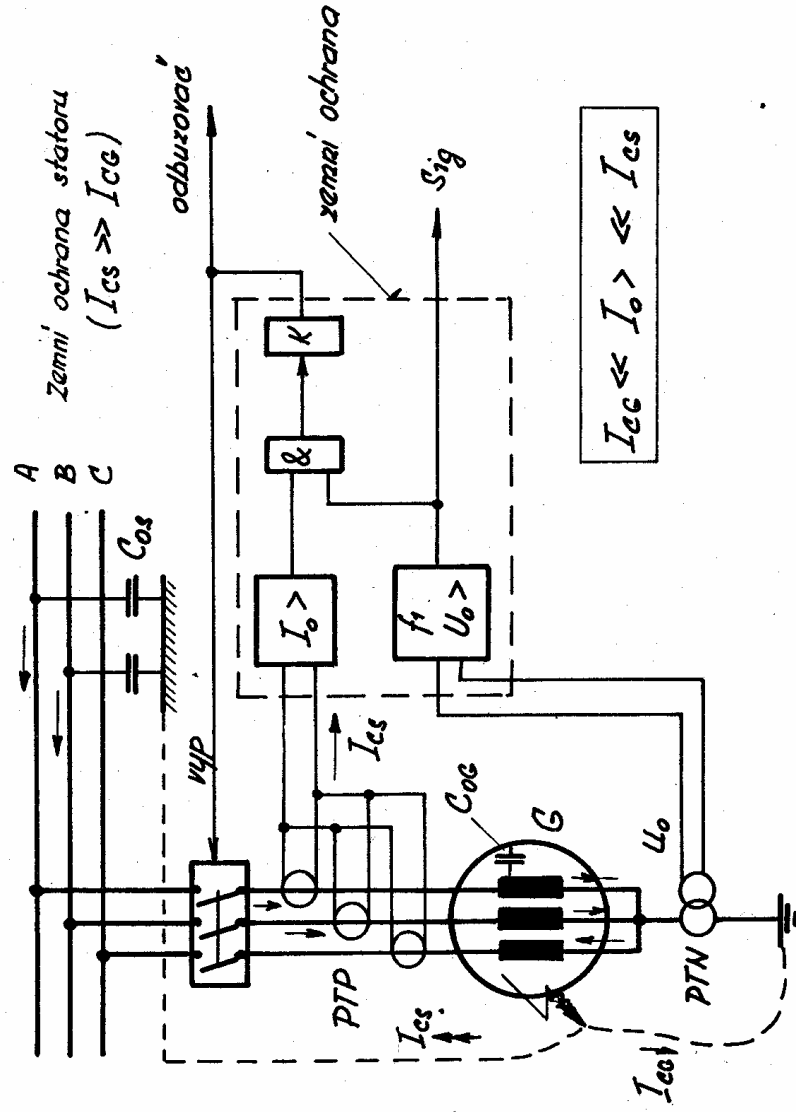
$$\frac{U_{os}(3\omega)}{U_{ou}(3\omega)} = \frac{C_u + \frac{C_{og}}{2}}{C_s + \frac{C_{og}}{2}}$$

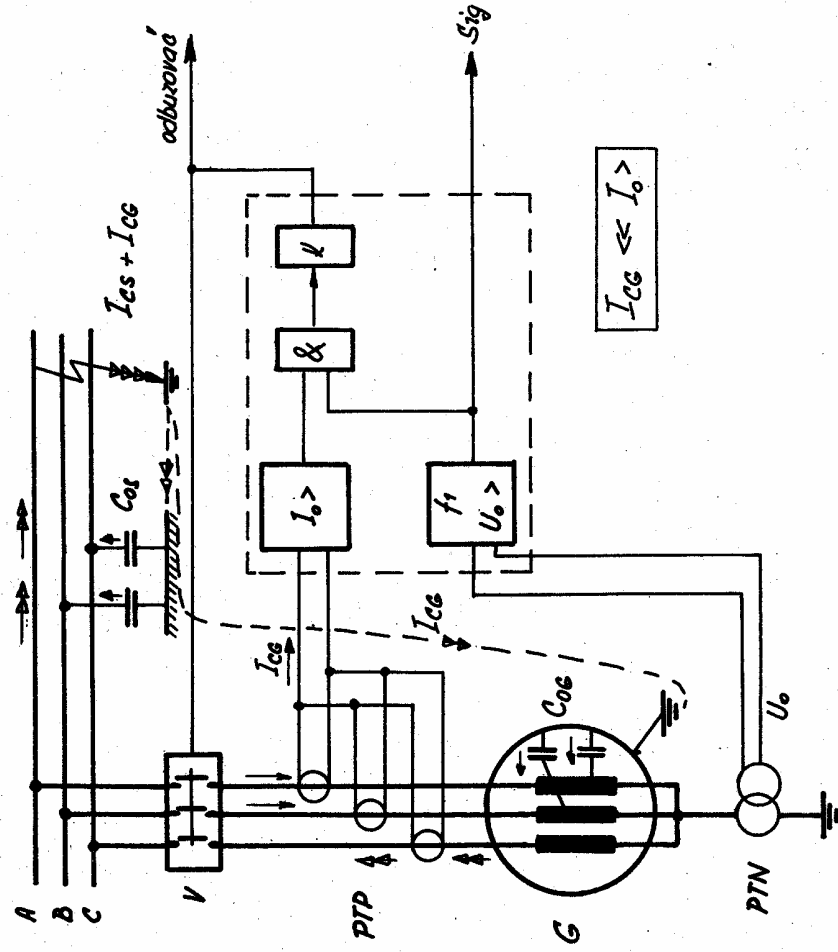
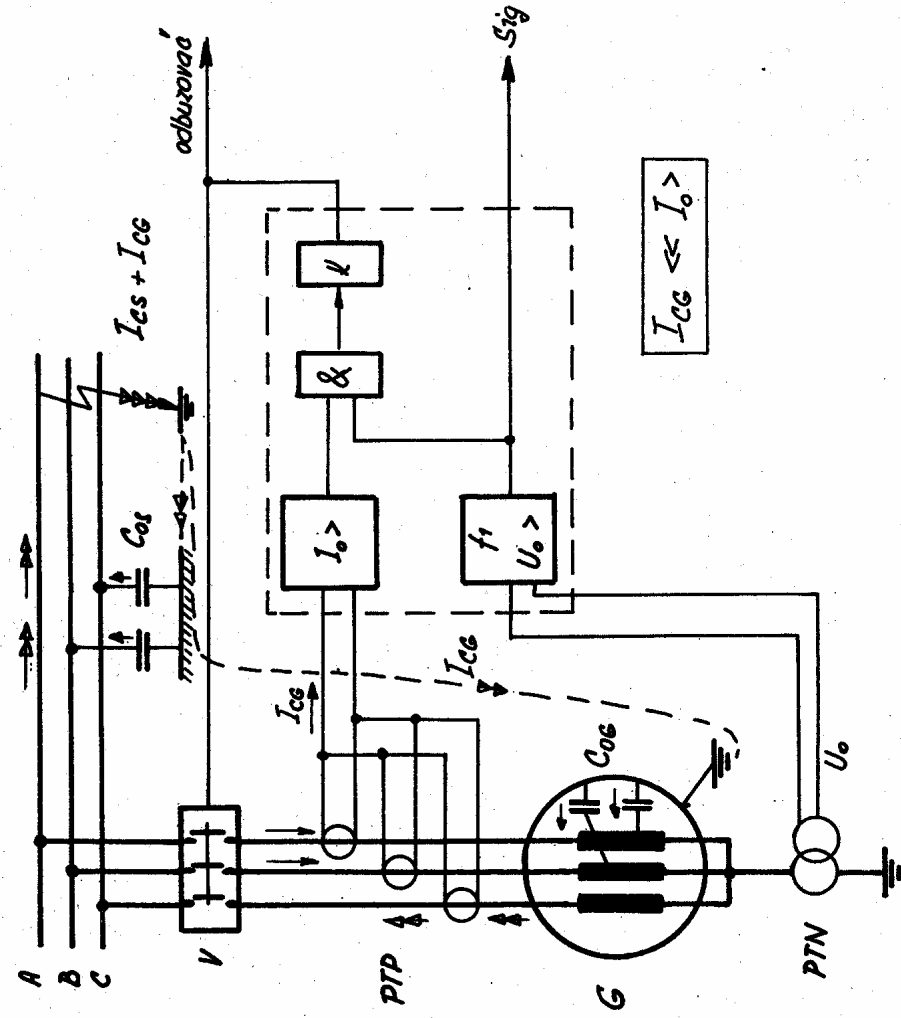


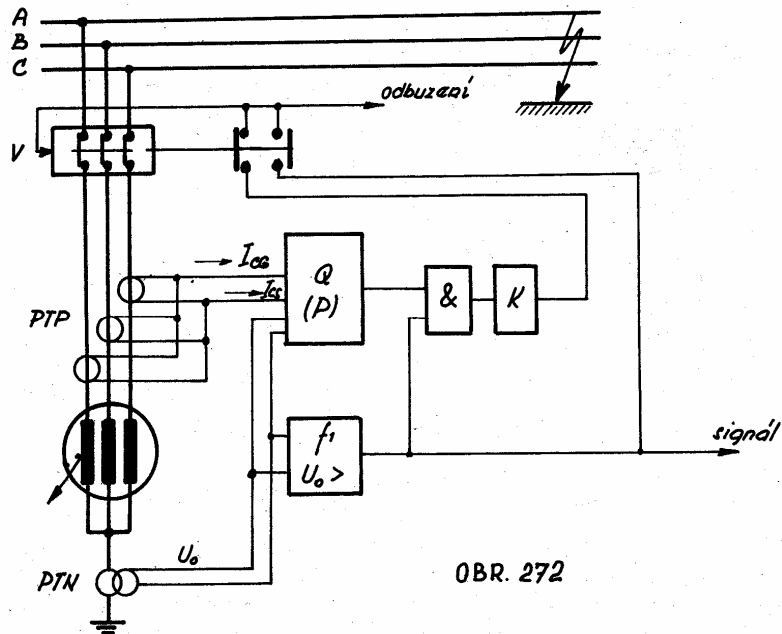




Zemní spojení v nekop. síti.

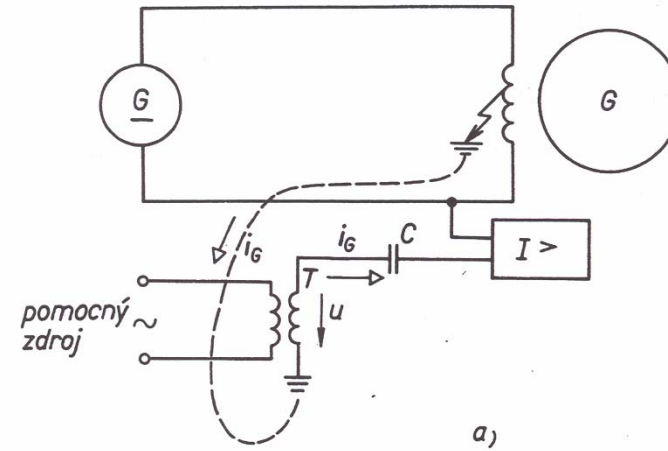




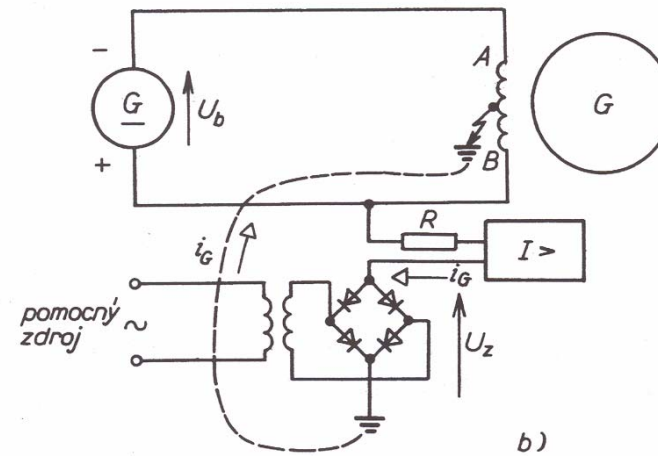


Zemní spojení rotoru.

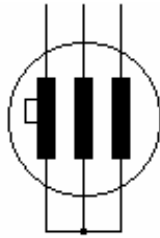
Střídavá superpozice



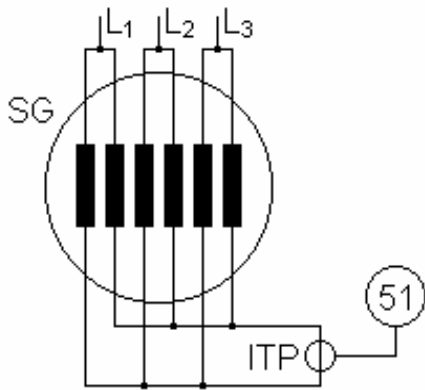
Stejnoseměrná superpozice



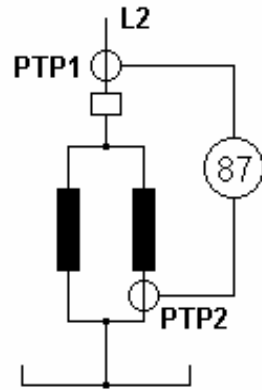
Závitový zkrat statoru.



Závitové spojení fáze alternátoru.



Závitová ochrana s rozdílovou ochranou.



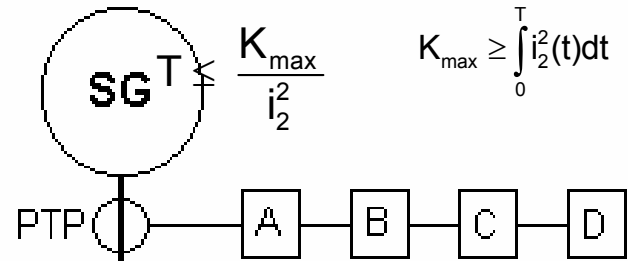
Závitová ochrana s nadproudovou ochranou

Nesymetrické proudové zatížení statoru.

$$K(T) = \int_0^T i_2^2(t) dt \quad i_2(t) = \frac{I_2(t)}{I_n}$$

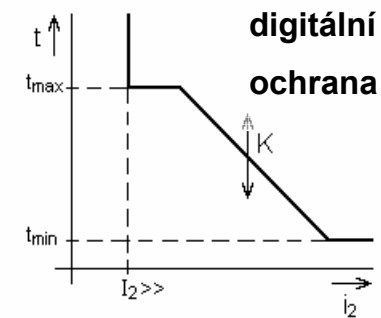
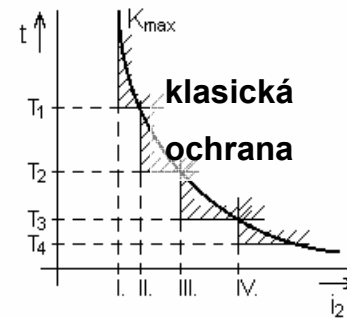
$i_2(t)$ - zpětný proud, I_n - jmenovitý proud stroje.

Typový výkon P_n [MW]	50	100	200	500
K_{max} [s]	14	10	8	5



nesymetrické
zatížení statoru

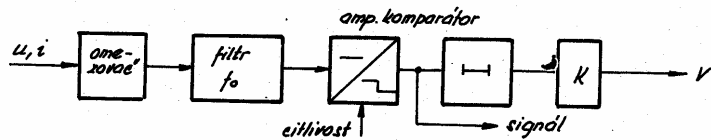
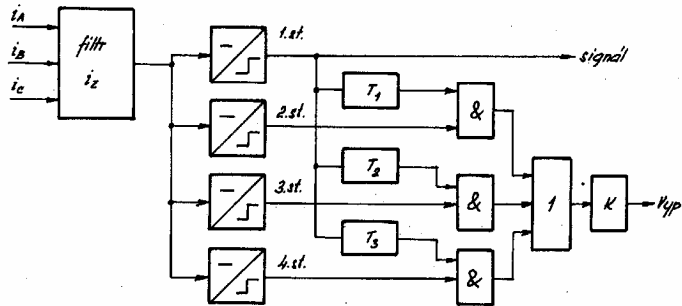
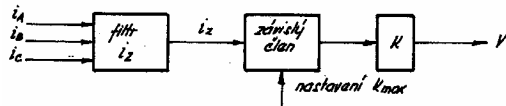
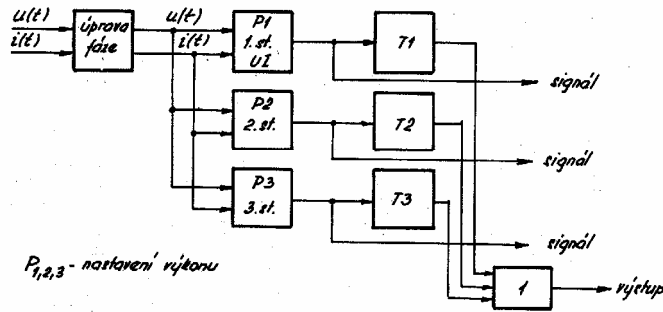
- A - filtr zpětné složky proudu,
- B - proudový filtr 50 Hz,
- C - proudová měřicí část,
- D - časové a pomocné relé.



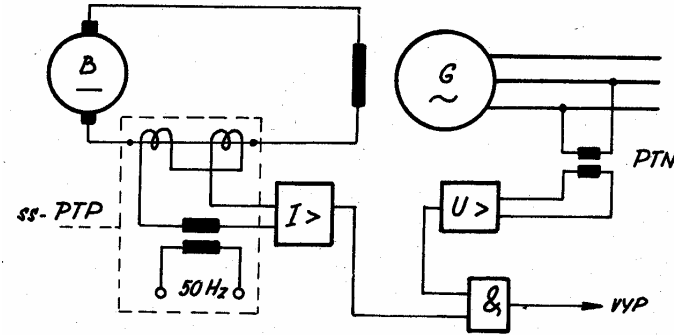
charakteristiky

Vypínací

Proudové přetížení alternátoru: $W = 3R \int_0^T i^2(t) dt$



Ztráta buzení → samobuzení

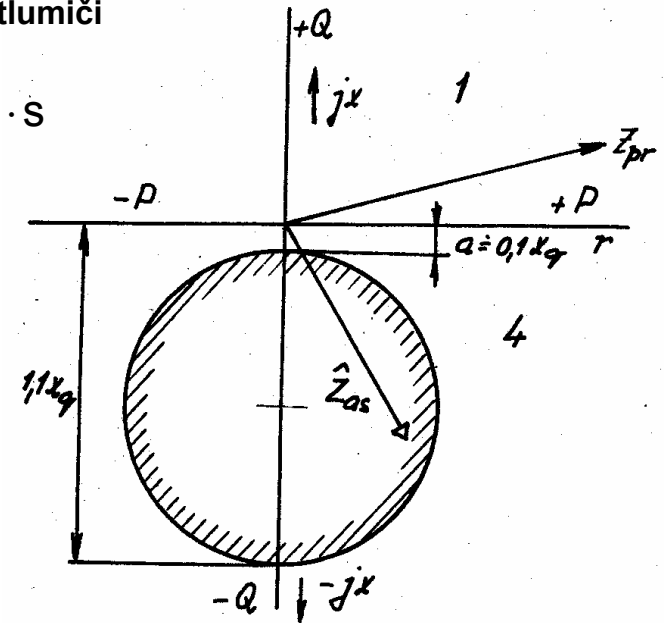


R_t - rezistance tlumiče, I_t - proud tlumiče, s - skluz.

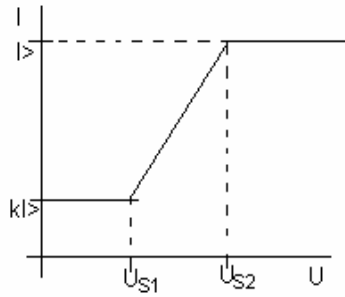
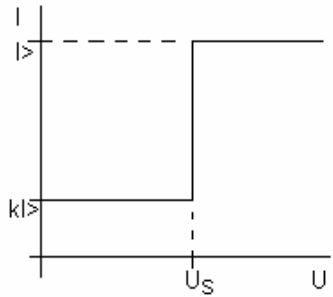
$$P_{as} \approx R_t \cdot I_t^2 \left(\frac{1}{s} - 1 \right) \quad \text{Vypínací cha-ka při ztrátě buzení}$$

přídavné ztráty v tlumiči

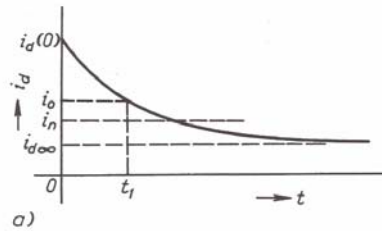
$$P_t \approx P_{as} \frac{s}{1-s} \approx P_{as} \cdot s$$



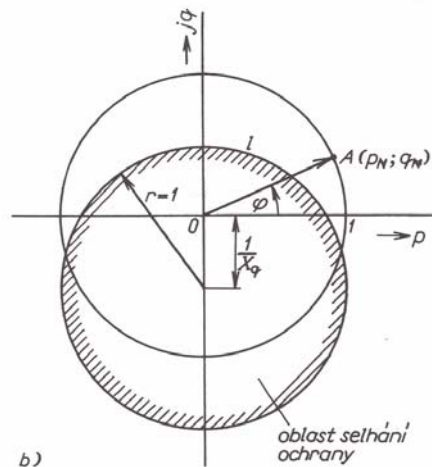
Proudová zkratová ochrana



Napěťová
ochrana závislá
na proudu.

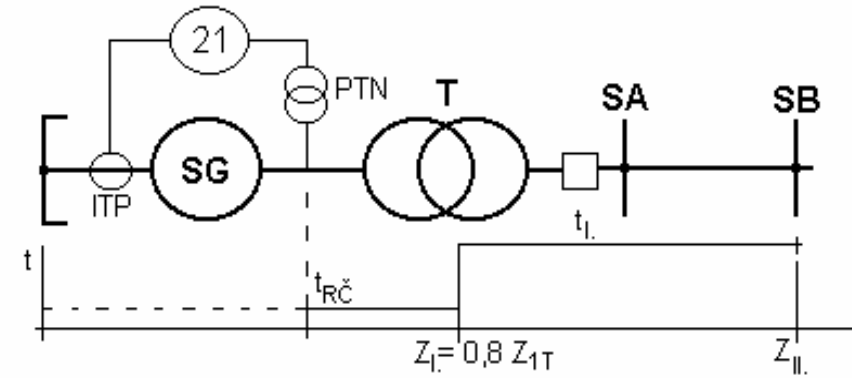


a)



b)

Distanční ochrana alternátoru.



Nadpětí alternátoru.

$$U_{2r} = \frac{k}{k_U} \cdot U_n$$

k - konstanta dovoleného napětí,
 k_U - napěťový převod PTN ($k_U = U_{1n}/U_{2n}$),
 U_n - jmenovité sdružené napětí

Frekvenční ochrana

