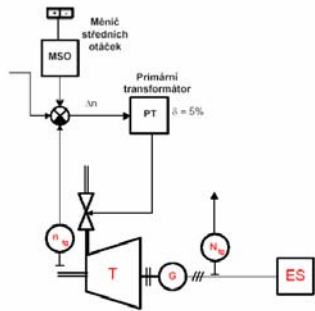


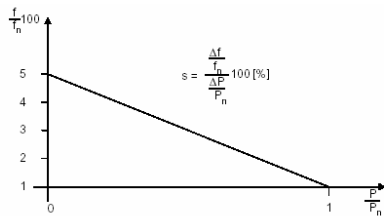
Regulace v ES na výroby

Regulace v ES na straně výroby



Regulace v ES na straně výroby – Statická charakteristika

- Statická charakteristika hydraulické regulace TG je nakreslena na následujícím obrázku.



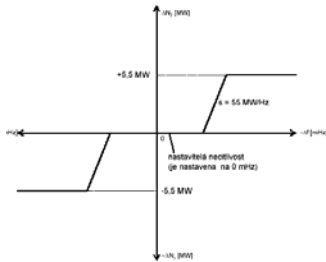
- Z této charakteristiky lze odvodit vliv poruch frekvence v elektrizační soustavě na činný výkon TG.
- Např. porucha frekvence 0,1 Hz vyvolá u TG o výkonu 220 MW s nastavenou statikou 5 % změnu výkonu TG o 8,8 MW.

Regulace v ES na straně výroby – regulace více TG

- Bezpečný provoz ES zajišťuje princip solidarity, t.j. že v případě výpadku se na kompenzaci podílejí všichni stejným poměrem.
- Toho je docíleno tím, že v OP jsou provozovány elektrárny v proporcionální regulaci se stejným zesílením. Vývojem se toto zesílení ustálilo na hodnotě 20 (statika 5%).
- To znamená, že při zvýšení frekvence o 2,5 Hz (5% f_n) dojde proporcionálně-integračním regulátorem otáček ke snížení výkonu ze 100% na 0%, resp. výkon vlastní spotřeby.
- Výrobci TG tímto způsobem garantují oblast dovolených nadotáček pro interval 50 až 52,5 Hz.

Regulace v ES na straně výroby – korektor frekvence

- Využívá se při primární regulaci frekvence, v režimu regulace výkonu TG s využitím samoregulačních vlastností reaktoru. Korektor frekvence koriguje zadanou hodnotu výkonu TG při odchylkách frekvence v síti. Korektor frekvence připojuje OSO. Pásmo necitlivosti korektoru frekvence určuje minimální velikost změny frekvence, při které se jaderný blok účastní primární regulace frekvence elektrizační soustavy. Omezení výstupního signálu z korektoru frekvence určuje maximální velikost změny výkonu bloku. Statická charakteristika korektoru frekvence:



Primární Regulace

- Úkol primární regulace
 - Udržet výkonovou bilanci mezi výrobou a spotřebou
- Provedení
 - Regulace na straně výroby prostřednictvím regulátorů výkonů

Primární regulace elektrárenského bloku

- Primární regulace f bloku je lokální automatická funkce zajišťovaná obvody primární regulace, spočívající v přesně definované změně výkonu elektrárenského bloku v závislosti na odchylce frekvence od zadané hodnoty. Změnu výkonu elektrárenského bloku vyžadovanou obvody primární regulace v závislosti na odchylce frekvence udává regulační rovnice:

$$\Delta P = -\frac{100}{s} \cdot \frac{P_n}{f_n} \Delta f$$

kde:

ΔP ... požadovaná změna výkonu bloku [MW]

P_n ... nominální výkon bloku [MW]

Δf ... odchylka frekvence od zadané hodnoty [Hz]

s ... statika primární regulace [%]

f_n ... zadaná frekvence (obvykle jmenovitá 50 Hz)

Regulace v propojených soustavách

- primární regulační rezerva jednotlivých regulačních oblastí se určuje na základě bilance výroby a spotřeby v RO podle vztahu:

$$P_i = c_i \cdot P_c \quad [MW; MW]$$

$$P_i = \frac{E_i}{E} \cdot P_c \quad [MW; MWh; MW]$$

P_i – primární regulační rezerva i -té regulační oblasti

c_i – koeficient účasti i -té regulační oblasti

P_c – celková primární regulační rezerva v UCTE (3000 MW)

E_i – roční výroba (včetně exportů) v i -té regulační oblasti

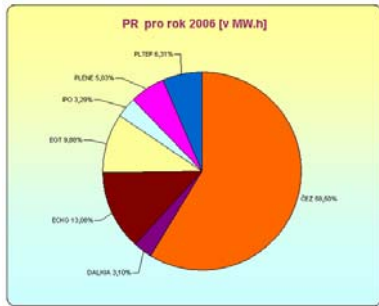
E – roční výroba v propojené soustavě UCTE

každý rok se vypočítá výkon, který musí být pokryt v PR příslušnou RO se zadaného c_i

Povinnosti poskytovatele PR

- Poskytovatel PpS primární regulace f bloku (PR) musí zajistit uvolnění regulační zálohy (RZPR) do 30 sekund od okamžiku vzniku odchylky frekvence.
- Maximální rezervovaná velikost (RZPR) na bloku je uvolňována při změně kmitočtu o 200 mHz od zadané hodnoty (platí pro bloky do 300 MW) a pro bloky nad 300 MW se uvažuje s uvolněním rezervované velikosti (RZPR) při změně kmitočtu o 100 mHz od zadané hodnoty.
- Z důvodu omezení vlivu výpadků bloků poskytujících tuto PpS na souhrnnou je stanovena maximální velikost vykupované (RZPR) od jednoho bloku 10 MW. Minimální (RZPR) poskytovaná na jednom bloku je 3 MW, přičemž platí $RRPR = \frac{1}{2} RZPR$

Poskytovatelé primární regulace



Proces primární regulace

1) Regulační proces primární regulace při výpadku P_a

- předpoklad: v soustavě B došlo k výpadku zdroje o velikosti P_a (dojde k poklesu frekvence)

$$\Delta f = \frac{-P_a}{K} = \frac{-P_a}{K_A + K_B} \quad (*)$$

kde $K = K_A + K_B$ součet výkonových čísel regulačních oblastí

- výkon aktivovaný jednotlivými regulačními oblastmi:

$$\Delta P_{VA} = \Delta P_{AG1} + \Delta P_{AG2} + \dots + \Delta P_{AGk}$$

$$\Delta P_{VB} = \Delta P_{BG1} + \Delta P_{BG2} + \dots + \Delta P_{BGk}$$

- pomocí vztahu pro výkonové číslo jde vztah přepsat:

$$\Delta P_{VA} = -\Delta f \cdot (K_{AG1} + K_{AG2} + \dots + K_{AGk}) = -\Delta f \cdot K_A = \frac{P_a}{K_A + K_B} \cdot K_A \quad (**)$$

$$\Delta P_{VB} = -\Delta f \cdot (K_{BG1} + K_{BG2} + \dots + K_{BGk}) = -\Delta f \cdot K_B = \frac{P_a}{K_A + K_B} \cdot K_B \quad (***)$$

Proces primární regulace

- příspěvek primární regulace v propojené soustavě (výkon o který se zvýší výroba v elektrárnách zapojených do primární regulace)

$$\Delta P_V = \Delta P_{VA} + \Delta P_{VB} = -\Delta f \cdot (K_A + K_B)$$

- dosažením za Δf z výrazu (*) dostaneme:

$$\Delta P_V = -\left(-\frac{P_a}{K_A + K_B}\right) \cdot (K_A + K_B) = P_a$$

kde ΔP_V se rovná výkonu, který ze soustavy vypadnul P_a

2) Regulační proces primární regulace při výpadku P_b

- předpoklad: v soustavě B došlo k výpadku spotřeby o velikosti P_b (dojde ke zvýšení frekvence)

$$\Delta f = \frac{P_b}{K} = \frac{P_b}{K_A + K_B} \quad (*)$$

kde $K = K_A + K_B$ součet výkonových čísel regulačních oblastí

- výkon aktivovaný jednotlivými regulačními oblastmi:

$$\Delta P_{VA} = \Delta P_{AG1} + \Delta P_{AG2} + \dots + \Delta P_{AGk}$$

$$\Delta P_{VB} = \Delta P_{BG1} + \Delta P_{BG2} + \dots + \Delta P_{BGk}$$

- pomocí vztahu pro výkonové číslo jde vztah přepsat:

$$\Delta P_{VA} = -\Delta f \cdot (K_{AG1} + K_{AG2} + \dots + K_{AGk}) = -\Delta f \cdot K_A = \frac{P_a}{K_A + K_B} \cdot K_A \quad (**)$$

$$\Delta P_{VB} = -\Delta f \cdot (K_{BG1} + K_{BG2} + \dots + K_{BGk}) = -\Delta f \cdot K_B = \frac{P_a}{K_A + K_B} \cdot K_B \quad (***)$$

- příspěvek primární regulace v propojené soustavě (výkon o který se zvýší výroba v elektrárnách zapojených do primární regulace)

$$\Delta P_V = \Delta P_{VA} + \Delta P_{VB} = -\Delta f \cdot (K_A + K_B)$$

- dosazením za Δf z výrazu (*) dostaneme:

$$\Delta P_V = -\left(\frac{P_a}{K_A + K_B}\right) \cdot (K_A + K_B) = -P_b$$

kde ΔP_V se rovná výkonu, který ze soustavy vypadnul P_b

Regulační proces sekundární regulace při výpadku P_b

- pro regulační odchylku sekundárního regulátoru v oblasti A platí:

$$G_A = -\Delta P_{VA} + \Delta f \cdot K_{rA}$$

ΔP_{VA} - výkon, který aktivovala primární regulace v soustavě A

- v soustavě B došlo k výpadku spotřeby (nastane přebytek výkonu), primární regulace začne snižovat výkon a přebytečný výkon teče do soustavy A

- na regulátoru můžeme nastavit $K_{rA} = K_A$, potom platí:

$$G_A = -\Delta P_{VA} + \Delta f \cdot K_A$$

- pokud Δf nahradíme výrazem (*) dostáváme:

$$G_A = -\Delta P_{VA} + \left(\frac{P_b}{K_A + K_B} \right) \cdot K_A$$

- za ΔP_{VA} použijeme výraz (**), pak můžeme psát:

$$G_A = \left(-\frac{P_a}{K_A + K_B} \right) \cdot K_A + \left(\frac{P_a}{K_A + K_B} \right) \cdot K_A = -\Delta P_{VA} + \Delta P_{VA} = 0$$

- z tohoto výrazu je patrné, že na výpadek v soustavě B nereaguje sekundární regulace v soustavě A (regulační odchylka $G_A=0$)

- pro regulační odchylku v soustavě B můžeme psát:

$$G_B = \Delta P_{VA} + \Delta f \cdot K_{rB}$$

- na regulátoru můžeme nastavit $K_{rB} = K_B$, potom platí:

$$G_B = \Delta P_{VA} + \Delta f \cdot K_B$$

- Δf nahradíme výrazem (*) a dostaneme:

$$G_B = \Delta P_{VA} + \left(\frac{P_b}{K_A + K_B} \right) \cdot K_B$$

- porovnáním s výrazem(***) dostáváme:

$$G_B = \Delta P_{VA} + \Delta P_{VB} = P_b$$

- regulační odchylku G_B dosadíme do rovnice sekundárního regulátoru

$\left(\Delta P_d = -k \cdot G - \frac{1}{T_r} \int G dt \right)$ a dostaneme:

$$\Delta P_{dB} = -\beta_B \cdot P_b - \frac{1}{T_{rB}} \int P_b dt$$

- po úpravě této rovnice dostáváme:

$$\Delta P_{dB} = -\beta_B \cdot P_b - \frac{1}{T_{rB}} \int P_b dt$$

$$\Delta P_{dB} = -P_a \cdot \left(\beta_B + \frac{1}{T_{rB}} \right)$$

- z poslední rovnice je patrné, že za určitý čas dojde ke zvýšení výkonu o hodnotu P_a podle nastavených konstant β a T
