

Analýza asynchronního chodu generátorů (2)

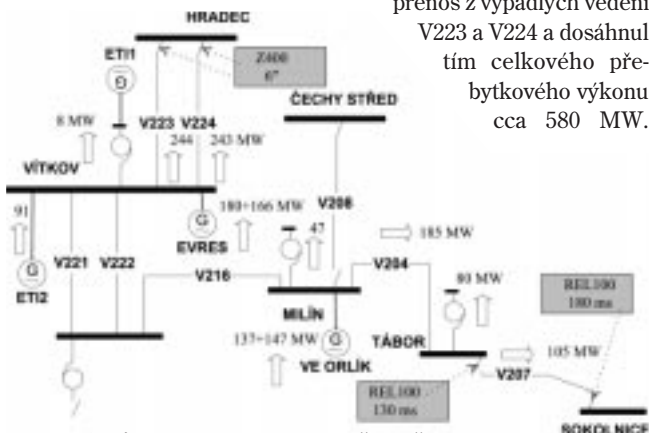
Karel Máslo, Ladislav Haňka

Příspěvek se zabývá příčinami a následky ztráty synchronismu synchronního generátoru. Na teoretických i praktických případech ukazuje časové průběhy fyzikálních veličin a činnost vybraných typů ochran. Pro výpočet časových průběhů a analýzu činnosti ochran je použit síťový simulátor MODES.

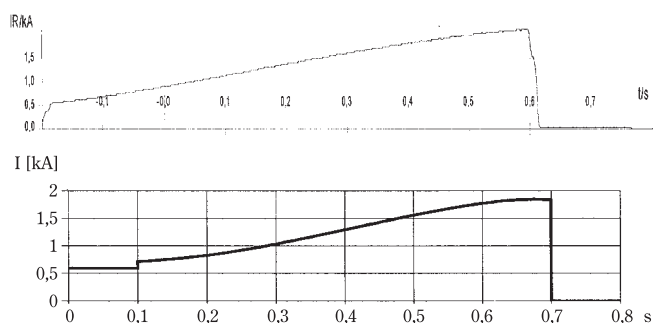
2. Ztráta stability výpadkem vedení v síti

Jako příklad si uvedeme skutečnou poruchu, ke které došlo 26. 11. 2001 v 12:22 hod. v České republice: Situaci v západní části přenosové soustavy 220kV před poruchou spolu s toky výkonů můžeme vidět na obr. 7. Za stavu vypnutého vedení V208 Čechy Střed – Milín byly elektrárny v oblasti západních Čech na plných výkonech a navíc se zvyšoval výkon vodní elektrárny Orlík. Za stavu cca 290 MW na VE Orlík došlo, za vyššího zatížení na vedeních V223 a V224 Hradec – Vítkov vlivem vnitřních závad ochran, k postupnému náběhu přidavných popudových ochran Z400 ve vývodech V223 a V224 Hradec a po doběhu času zpoždění k vypnutí obou vývodů. Následující obrázky porovnávají časové průběhy proudů a napětí po odepnutí vedení V223 a V224 získané výpočtem na síťovém simulátoru MODES s naměřenými.

Po odepnutí vedení V223 a V224 zůstala západní část soustavy 220 kV sepnuta se zbývajícím soustavou pouze přes jediné poměrně dlouhé vedení V207 Tábor – Sokolnice, na které se superponoval přenos z vypadlých vedení V223 a V224 a dosáhl tím celkového přebytkového výkonu cca 580 MW.

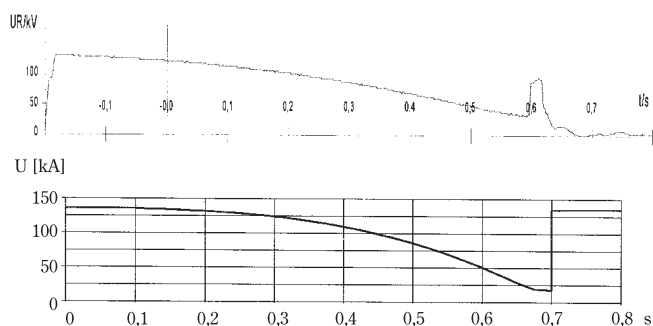


Obr.7 Schéma soustavy 220 kV před přechodem do asynchronního chodu

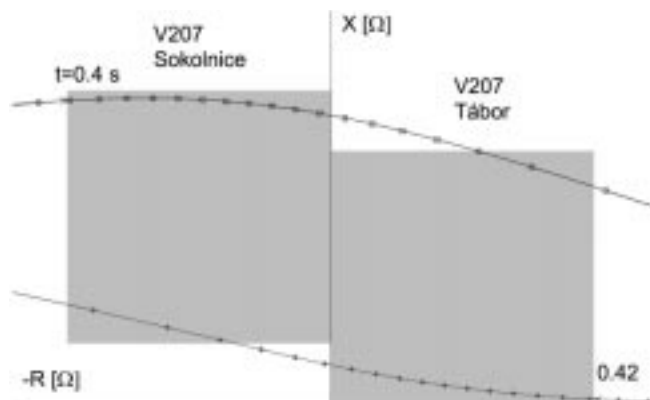


Obr.8 Průběhy proudu vedení V204 – měřený (nahore) a simulovaný (dole)

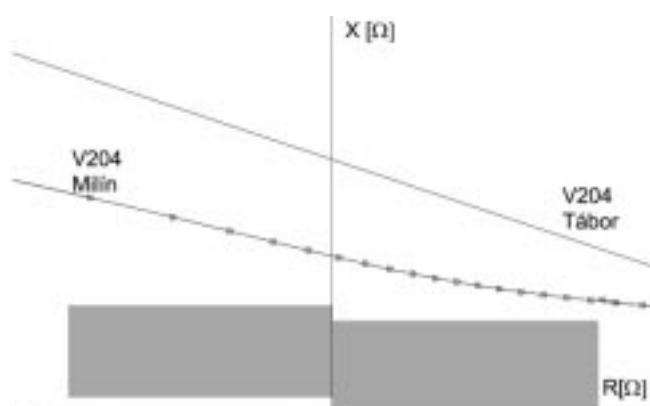
Tento přenášený výkon již přesáhl mez statické stability, což se projevilo na průbězích proudu a napětí a způsobilo náběh ochran na vedení V207. Pokles napětí a nárůst proudu se projeví i na impedanci měřené ochranami na vedení V207. Na následujících obrázcích je vidět trajektorie impedance na obou koncích vedení V207 (se vzorkováním po 25 ms) získané simulačním výpočtem spolu s charakteristikou 1. zóny distanční ochrany. Impedance měřená ochranou v rozvodně Tábor vstupuje do 1. zóny distanční



Obr.9 Průběhy napětí v rozvodně Tábor – měřený (nahore) a simulovaný (dole)



Obr.10 Charakteristika distanční ochrany vedení V207 a trajektorie Z při přechodu do as. chodu



Obr.11 Charakteristika distanční ochrany vedení V204 a trajektorie Z při přechodu do as. chodu

ochrany v 320 ms po výpadku vedení V223 a V224. Z druhé strany v rozvodně Sokolnice je to se zpožděním kolem 300 ms.

Ve skutečnosti došlo k oboustrannému působení distančních ochran v základních impedančních stupních v rozvodně Tábor za 130ms a v rozvodně Sokolnice za 180ms a následnému odpojení vedení V207. Z obr. 10 je zřejmé, že ztráta synchronizmu sejevila distanční ochraně jako zdánlivý 3-fázový zkrat uvnitř vedení.

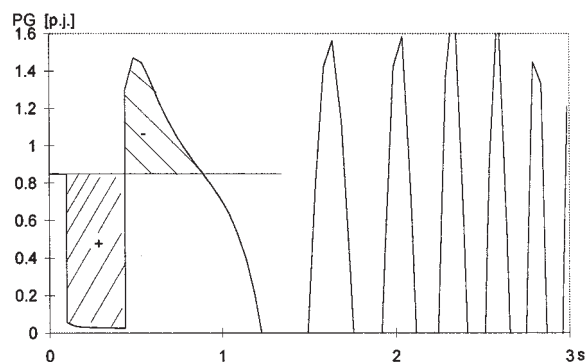
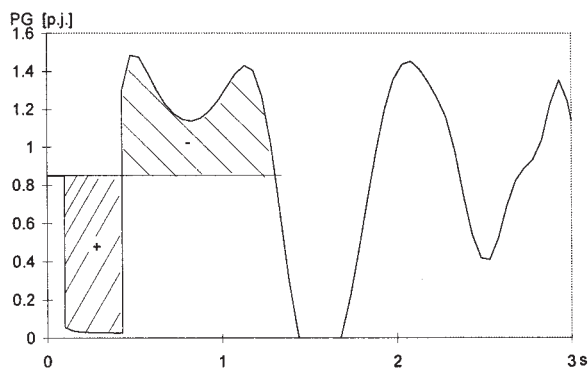
Distanční ochrany na vedení V204 nepůsobily, což prokazuje i trajektorie impedance měřené ochranou získané simulací, znázorněné na obr. 11.

Distanční ochrany jsou sice vybaveny funkcí blokády při kývání, avšak z bezpečnostních důvodů není tato funkce v činnosti pro základní (první) impedanční zónu, ale pouze pro vyšší impedanční zóny. Kromě toho hlavním úkolem blokády při kývání je blokovat funkci ochrany při kyvech, kdy sice fázor impedance pronikne do vypínacích zón, ale zase se vrátí do stabilního stavu, čili když se jedná o stabilní kývání. V tomto případě se však jednalo o nestabilní kývání a proto se jeví vhodnější řešení vypnout vedení s pravděpodobným středem kývání a tím umožnit rychlejší a přehlednější řešení poruchy dispečerem.

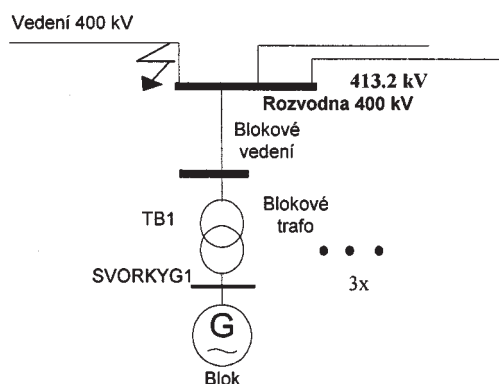
3. Ztráta dynamické stability

Dosud jsme se zabývali tzv. statickou stabilitou, která souvisí s tím, že pracovní bod se dostává trvale do nestabilní části výkonové charakteristiky podle obr. 1 (viz první část příspěvku v AT&P Journal 1/2003). V této kapitole se budeme zabývat tzv. dynamickou stabilitou –schopností synchronního stroje udržet se v synchronním chodu při poruchách typu zkratů. To si ukážeme na příkladu třífázového blízkého zkratu v síti 400 kV podle obr. 13.

V prvním případě bude zkrat trvat 331 ms a potom se vypne i s postiženým vedením. Výkon generátoru PG je vyveden zbývajícími vedeními. V druhém případě dobu zkratu prodloužíme o 7 ms.



Obr.12 Stabilní a nestabilní průběh s dobou trvání zkratu 331 a 338 ms



Obr.13 Schéma třífázového blízkého zkratu

Průběhy činného výkonu získané simulačním výpočtem jsou zobrazeny na obr. 12 po zkratu v čase $t = 0.1$ s.

Levý průběh představuje ještě stabilní průběh, kdy brzdící šrafovaná plocha (označená -) po odepnutí zkratu je větší než akcelerační (označená +). K akceleraci rotoru generátoru docházelo během zkratu, kdy elektrický výkon předávaný do sítě klesal téměř k nule (vlivem nulového napětí sítě) a turbína dodávala téměř stejný výkon. V pravém obrázku již synchronizační síly nestačily na vtažení generátoru zpět do synchronního chodu a generátor přešel do asynchronního chodu, což se projevuje pilovitými rázy činného výkonu. V tomto případě, je nutno zajistit odpojení generátoru některou z ochran uvedených v následující kapitole.

Pokračování v budoucím čísle.