

1. ÚVOD

Tento průvodce navazuje na 1.díl, který se zabýval základními koncepty programu MODES verze 2.2/4. Druhý díl slouží zkušenějším uživatelům pro seznámení s modelováním řídicích a ochranných prvků. V programu MODES se pro tento účel používají modely automatik, logik, regulačních traf a čtyřstupňového frekvenčního odlehčování.

Průvodce je členěn do oddílů podle jednotlivých okruhů, se kterými se setkáme při analýze dynamického chování elektrizační soustavy (ES). Jedná se o tyto okruhy problémů:

- 1) příprava základního modelu elektrizační soustavy
- 2) krátkodobá dynamika - řeší přechodovou stabilitu synchronního stroje¹ po poruchách typu zkratů
- 3) střednědobá dynamika - řeší otázky frekvenčního kolapsu po poruchách typu výpadku bloků
- 4) dlouhodobá dynamika - řeší otázky napětového kolapsu
- 5) přechodné děje ve vlastní spotřebě - řeší samonajíždění a spouštění asynchronních pohonů
- 6) ostrovní režimy - řeší otázky přechodu částí ES do ostrovního provozu a jejich resynchronizace.

¹ přechodovou („transient“) stabilitou synchronního stroje rozumíme schopnost udržet se v synchronním chodu

2. PŘÍPRAVA ZÁKLADNÍHO MODELU ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

Tvorba modelu elektrizační soustavy tvoří nejnáročnější etapu dynamické simulace, jak z hlediska časového, tak hlavně nároky na analytické schopnosti a znalosti uživatele. Balík programů MODES tuto etapu ulehčuje zmechanizováním postupů a nabídkou standardních řešení.

Zjednodušeně lze tvorbu základního modelu (přípravu vstupních dat) rozdělit do tří kroků:

1. ladění ustáleného chodu sítě
2. přiřazení bloků
3. výběr dynamických modelů bloků.

2.1. Ladění ustáleného stavu sítě

Ustálený stav¹ nebo také chod sítě se řeší zvláštním programem na výpočet chodu sítě (dále program chodu). Tento program je součástí nástrojů pro analýzu elektrizační soustavy. Je schopen např. řešit otázky:

- spolehlivosti soustavy (výpočty výpadků N-1, N-2 a pod.)
- statické výpočty (mezní přenášený výkon z hlediska stability nebo napětí)
- optimalizační výpočty (snížení ztrát v sítích a pod.)

Součástí standardní dodávky balíku programů MODES je pomocný program UST, který provádí výpočty chodu a používá tyto základní vstupní data:

1. předepsané hodnoty amplitudy napětí² v napájecích³ uzlech a v uzlu bilančním⁴
2. předepsané hodnotu dodávky činného výkonu do uzlu (kromě uzlu bilančního, kde se dopočítá)
3. předepsané hodnotu dodávaného jalového výkonu (včetně kompenzace) v odběrových⁵ uzlech
4. předepsané hodnoty odebíraného činného a jalového výkonu v uzlech
5. přiřazení uzlu určité oblasti
6. parametry větví včetně převodu traf
7. stavy větví (Zapnuto/vypnuto).

Tato data jsou uložena ve vstupních souborech UST.DAT (položky 1.-5.) a VET.DAT (položky 6.-7.). Program UST provádí tyto operace:

- načte vstupní data z obou souborů,
- vyzálohuje vstupní soubor UST.DAT pod jménem UST.ORG,
- provede výpočet chodu,
- výsledek uloží do souboru UST.DAT.

Kromě těchto základních činností program UST vytvoří tabulku oblastí s hodnotami sald předávaných výkonů (+/- pro export/import) a tabulku profilů mezi oblastmi (se seznamem větví v daných profilech). Obě tabulky jsou umístěny za tabulku uzlů v souboru UST.DAT. Pokud tabulky oblastí a profilů nebyly definovány v originálním vstupním souboru UST.DAT, použije program UST standardní jména. Vstupní soubor VET.DAT zůstane beze změny.

Oba soubory mohou být bezprostředně použity vlastním programem MODES. Z hlediska dynamické simulace poskytují vypočítané hodnoty komplexních napětí a dodávek v napájecích uzlech vstupní data pro výpočet počátečních podmínek soustavy diferenciálních rovnic dynamického modelu ES. Dynamické chování je v podstatné míře určeno elektrárenskými bloky. V dalším kroku je nutno přiřadit tyto bloky do napájecích uzlů.

2.2. Přiřazení bloků do napájecích uzlů

Provádí se pomocí pomocného programu PRIRAD, který je volitelnou součástí dodávky balíku programů. Program na základě znalostí disponibility a alokace zdrojů (uložené v databázi GEN.DTB) přiřadí příslušný počet bloků do napájecích uzlů. Popis je uveden v příručce [4].

¹ pod pojmem ustálený stav budeme rozumět řešení soustavy algebraických rovnic sítě

² v dalším výkladu budeme pod pojmem napětí rozumět pouze amplitudu

³ v napájecím uzlu se udržuje zadané napětí pomocí proměnné dodávky jalového výkonu

⁴ bilanční uzel hradí bilanci činného výkonu (celková výroba=celkový odběr + ztráty) v propojené síti

⁵ uzel, který není ani bilanční ani napájecí, napětí v tomto uzlu je výsledkem výpočtu chodu

3. VÝPOČTY KRÁTKODOBÉ STABILITY

V této kapitole se budeme zabývat simulací ochranných prvků, které jsou modelovány pomocí automatik. Otevřeme **projekt short** a **případ Zkrat**.

3.1. Skupiny automatik a aktivace/blokování

Jak již bylo řečeno automatika¹ provádí měření vybrané proměnné. Při splnění určité podmínky provede zadaný zásah. Jsou k dispozici tři typy měřících článků:

- 'LIMT' kontroluje, jestli časový průběh vstupní proměnné překročí zadanou mez
- 'CIRC' kontroluje, jestli koncový bod fázoru vstupní proměnné překročí hranici danou kružnicí
- 'LINE' kontroluje, jestli koncový bod fázoru vstupní proměnné překročí hranici danou přímkou

První typ vyžaduje zadání jedné vstupní veličiny. Druhý a třetí typ vyžadují zadání dvou proměnných, které představují reálnou a imaginární složku fázoru v kartézské souřadné rovině.

Podíváme se blíže na třetí typ měřícího článku a to krajní případy:

- ♦ přímka rovnoběžná s osou imaginární ($y \equiv \text{Im}\{z\}$)
- ♦ přímka rovnoběžná s osou reálnou ($x \equiv \text{Re}\{z\}$).

Jako příklady použijeme předdefinované automatiky ze souboru AUTOMAT.DAT. Tyto automatiky jsou nazvané dod_1b a dre_1a a aktivujeme je tím, že přepíšeme zadaný počet automatik Naut na 3. Zároveň napíšeme na řádek před první záznam znak ampersand (&) následovaný bezprostředně číslem 3. Tím jsme nadefinovali tzv. skupinu automatik. Jestliže budou splněny podmínky působení pro více automatik ze skupiny, provede se zásah jen u té, která je v tabulce umístěna nejvýše - ta má prioritu. Soubor AUTOMAT.DAT tedy bude vypadat takto:

V souboru AUTOMAT.DAT jsou seznam automatik a jejich působení
Naut- počet automatik:

| 3 | ***** | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|----------|-----|---------|---|------|------|-------|-----------------|
| Poc. | Jmeno | Per. | Merena | hodn.X | Merena | hodn.Y | Klic | Op. | XNast/X0 | Y0 | R/K | N | Tkon | Tzas | Tblok | Zasah |
| stav autom. | [s] | Symbol | Objekt | Symbol | Objekt | | | | | | | | [s] | [s] | [s] | Kod Obj Par |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Nautx |
| &3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 'dmh_1c' | 0.01 | 'RV' | 'VET1' | 'XV' | 'VET1' | 'CIRC' | 'LT' | 28. | 28. | 40.0 | 0 | 0.04 | .1 | 10 | 'BRAN' 'VET1' 0 |
| 1 | 'dre_1a' | 0.01 | 'RV' | 'VET1' | 'XV' | 'VET1' | 'LINE' | 'LT' | 0. | 40. | 0. | 0 | 0.2 | .1 | 10 | 'BRAN' 'VET1' 0 |
| 1 | 'dod_1b' | 0.01 | 'RV' | 'VET1' | 'XV' | 'VET1' | 'LINE' | 'LT' | 1. | 0. | 999999. | 0 | 0.1 | .1 | 10 | 'BRAN' 'VET1' 0 |

Výp. 1 Výpis tabulky s třemi aktivními automatikami - první automatka blokována

Z výpisu je vidět, že všechny tři automatiky měří stejné proměnné. Liší se však typem měřícího článku ('CIRC' a 'LINE') a definicí hranice². Pro modelování přímky rovnoběžné s osou y (imaginární) je nutno zadat směrnici přímky $K > 99999$. Po spuštění výpočtu je vidět, že zkrat byl řádně vypnut první automatikou. Aby se vyzkoušely další automatiky, je nutno první automatiku zablokovat tím, že přepíšeme první parametr na řádku (Počáteční stav) na 0.

Po spuštění programu je vidět, že zkrat byl řádně vypnut, což potvrzuje i hlášení ve výstupním souboru AKCE.HLA:

```
Hlaseni o udalostech:
"CIGRE Belgium Test System      "
Cas [s] Objekt Udalost
0.100 VET1                      zkrat na vetvi dle scenare
0.300 VET1                      vypnuto automatikou:dod_1b
0.300 VET1                      vypadkem vznikl novy ostrov
```

Hla. 1 Hlášení o provedení zkratu a jeho vypnutí automatikou

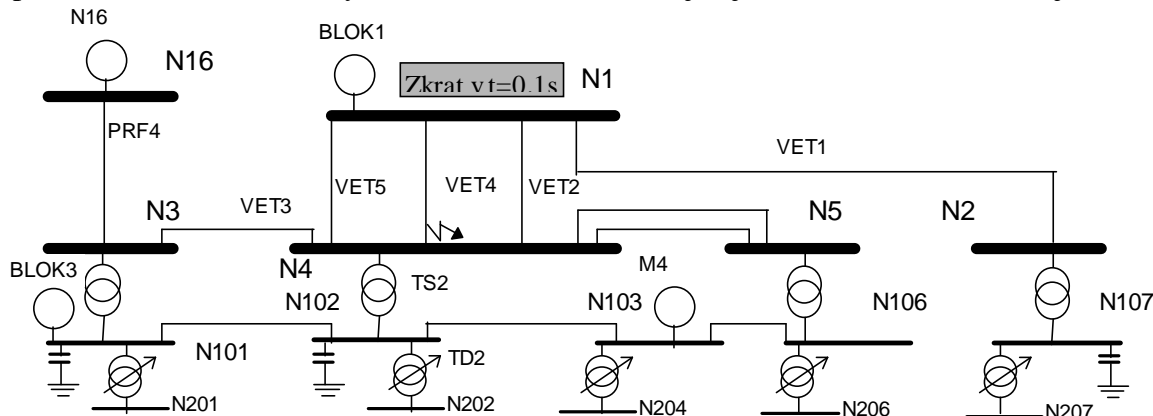
Zkrat je vypnut v pořadí třetí automatikou, což je dáno tím, že první je blokována a druhá má delší čas kontroly ($T_{kon}=0.2s$) oproti třetí ($T_{kon}=0.1s$). Třetí automatika tedy zapůsobí dříve a druhou v pořadí „předběhne“.

¹ podrobnější popis fungování automatik je v Popisu [1] v kap. Model automatik

² $[X-X_0]^2 + [Y-Y_0]^2 = R^2$ pro kružnici a $Y=Y_0+K \cdot X$ pro přímku

3.2. Selektivita ochran v zauzlené síti - tandemové automatiky

Jak bylo dříve slíbeno, vracíme se ke složitějšímu případu poruchy v zauzlené síti, kde jednotlivé větve jsou napájeny z obou konců. Jako příklad byla vybrán zkrat na konci jedné z paralelních větví mezi uzly N1 a N4 a to větev VET4, jak je znázorněno na následujícím schématu:



Sch. 1 Schéma zkratu v zauzlené síti - na větví VET4

Z cvičných důvodů ukážeme neselektivní působení distanční ochrany na vedení VET2. Provedeme úpravy ve scénáři, grafice a tabulce automatik.

- Do grafiky přidáme symboly zdánlivých impedancí větví VET2 a VET4 v souboru VYSTUP.DAT a místo větve VET1 napíšeme VET4 v souboru SCENAR.DAT. Soubor AUTOMAT.DAT upravíme do následující podoby.

V souboru AUTOMAT.DAT jsou seznam automatik a jejich působení
Naut- počet automatik:

7

| Poc. stav autom. | Jmeno | Per. [s] | Merena hodn. Symbol | Merena hodn. Objekt | Klic | Op. | XNast/X0 | Y0 | R/K | N | Tkon [s] | Tzas [s] | Tblok [s] | Zasah Kod | Obj | Par. | Nautx |
|------------------|----------|----------|---------------------|---------------------|------|-----|----------|------|------|-----|----------|----------|-----------|-----------|--------|----------|-------|
| 0 | 'sbl_2a' | 0.01 | 'DIV' | 'VET2' | ' | ' | 'LIMT' | 'GT' | 150. | 0. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1000 | 'AUTO' | 'dmh_2a' | 1 |
| 1 | 'dmh_2a' | 0.01 | 'RV' | 'VET2' | 'XV' | ' | 'CIRC' | 'LT' | 28. | 28. | 40.0 | 0.05 | .1 | 10 | 'BRAN' | 'VET2' | 0 |
| 0 | 'sbl_2b' | 0.01 | 'DIV' | 'VET4' | ' | ' | 'LIMT' | 'GT' | 150. | 0. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1000 | 'AUTO' | 'dmh_2b' | 1 |
| 1 | 'dmh_2b' | 0.01 | 'RV' | 'VET4' | 'XV' | ' | 'CIRC' | 'LT' | 28. | 28. | 40.0 | 0.05 | .1 | 10 | 'BRAN' | 'VET4' | 0 |

Výp. 2 Tandémové uspořádání automatik - předřazení blokovacích automatik základním

Z tabulky automatik se bude číst prvních 7. Aktivní jsou automatiky 'dmh_2a' a 'dmh_2b' simulující distanční ochrany vedení VET2 a VET4 (mají poč. stav roven 1).

Tyto úpravy jsou provedeny v **případu NESELEKT**, který obsahuje variace souborů VYSTUP.007 a SCENAR.014 (kde stavy automatik jsou nastaveny na počátku výpočtu zásahem AUTO). Po spuštění programu se ukáží trajektorie zdánlivé impedance větví VET2 a VET4 s typickým vypínacím průběhem známým z 1. dílu. Výstupní soubor AKCE.HLA hlásí:

| Cas [s] | Objekt | Udalost |
|---------|--------|----------------------------|
| 0.100 | VET4 | zkrat na vetvi dle scenare |
| 0.250 | VET2 | vypnuto automatikou:dmh_2a |
| 0.250 | VET4 | vypnuto automatikou:dmh_2b |

Hla. 2 Hlášení o neselektivním vypnutí dvou paralelních větví automatikami

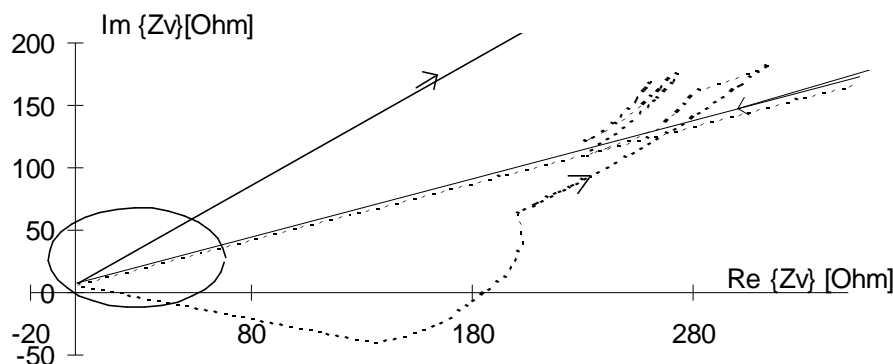
Došlo tedy k neselektivnímu působení automatiky 'dmh_2a', která zkrat na „sousední“ větví VET4 vyhodnotila jako svou poruchu a odepnula větev VET2.

Pro zajištění selektivity je nutno rozšířit funkci ochran tak, aby vypínaly jen postižená vedení. V modelu to provedeme tak, že základní automatice distanční ochrany (v počátečním stavu zablokované) předřadíme automatiku srovnávací ochrany, která jestliže se zkrat nachází na větví odblokuje základní automatiku, která provede zásah. Automatiky tak budou pracovat v tandemu, kdy první odblokuje zásahem 'AUTO' druhou..

- Upravíme proto vstupní soubor AUTOMAT.DAT, tak že blokovácí automatiky 'sbl_2a' a 'sbl_2b' odblokujeme (zadáním prvního parametru rovného 1). A naopak zablokujeme následující výkonné automatiky 'dmh_2a' a 'dmh_2b' (zadáním prvního parametru rovného 0).

Blokovací automatika měří proměnnou 'DIV', což je rozdíl fází proudů na počátku a konci vedení. Proměnná slouží jako spolehlivý ukazatel, jestli porucha je na vedení ('DIV' $\rightarrow 180^\circ$) nebo mimo ('DIV' $\rightarrow 0^\circ$). V případě, že měřená proměnná překročí 150° odblokuje se základní automatika a ta po splnění podmínek svého působení vypne postiženou větev.

Je možné použít i připravená data v případě ZKRAT_V4. Po spuštění je průběh následující:



Obr. 1 Trajektorie zdánlivých impedancí paralelních větví po zkratu na jedné z nich

Nyní je vidět, že odepnuta je jen postižená větev - viz výstupní soubor AKCE.HLA:

| Cas [s] | Objekt | Udalost | |
|---------|--------|--------------------------------------------------------------|-------------|
| 0.100 | VET4 | VETEV ZKRAT | scenarem |
| 0.125 | dmh_2b | automatika odblokovana | auto.sbl_2b |
| 0.263 | BLOK1 | pridavna automatika-reg.prebehu->prepnuto do regulace otacek | |
| 0.263 | BLOK1 | pridavna automatika-pusobi regulator prebehu | Start |
| 0.275 | VET4 | VETEV VYPNUTA | auto.dmh_2b |
| 0.287 | BLOK1 | pridavna automatika-pusobi regulator prebehu | Stop |

Hla. 3 Hlášení o tandémovém působení automatik - blokovácí odblokuje základní

Vlivem vložení automatiky 'sbl_2b' však došlo ke zpoždění odepnutí o 25 ms (dva integrační kroky, které potřebuje automatika k vyhodnocení podmínek spuštění a kontroly - tato prodleva lze zkrátit na jeden integrační krok zadáním počtu průchodů $N=1$). Prodloužila se tak doba trvání zkratu, což vedlo k zapůsobení regulátoru přeběhu na bloku BLOK1. Regulátor přeběhu měří akceleraci a při překročení nastavené hodnoty Trend přepíná turbínu do režimu regulace otáček (zároveň zavírá ventily turbíny, aby nedošlo k nebezpečnému zvýšení otáček). V editoru modelů bloků (dostupný čtvrtým tlačítkem v třetí skupině tlačítkové lišty) lze zjistit, že parametr Trend je nastaven na 0.04 pj./s, což odpovídá přibližné (zanedbá se zpoždění $Td1$) skokové změně činného výkonu $dP = \text{Trend} * T_m = 0.04 * 12 = 0.48$ pj.

Jelikož bylo zrychlení pouze dočasné (trvajících 200 ms), které by zřejmě nezpůsobilo nebezpečné zvýšení otáček, bylo by vhodné nastavit Trend větší, tak aby regulátor přeběhu nepůsobil při blízkých zkratech v síti a zároveň ochránil soustrojí proti nárůstu otáček při náhlém odlehčení např. při přechodu na vlastní spotřebu.

3.3. Ochrana před ztrátou stability

V případě, že selže vypnutí zkratu ochranami, blízké synchronní stroje ztratí stabilitu. Tento stav je nebezpečný, neboť je doprovázen velkými změnami provozních veličin, které mohou stroj poškodit. Proto je třeba zabezpečit včasné odpojení, které provádí ochrany proti ztrátě stability. Na příkladech si ukážeme dva typy takových ochranných.

První typ měří vnitřní zátěžný úhel 'THET'¹. Při druhém průchodu zadanou mezí -90° (úhel je záporný vzhledem k použitému souřadnému systému) se blok vypíná (je dovolen jeden prokluz). Výpis vstupního souboru upravíme tím, že aktivujeme další tři automaty změnou Naut na 10, z čehož automatika dmh_2c simuluje záložní distanční ochranu s dobou působení 0.7s a zbylé dvě jsou uvedené ochrany před ztrátou stability pro bloky BLOK1 a M6. Selhání distanční ochrany budeme simulovat zadáním počátečního stavu blokovací automatiky sbi_2b na 0, čímž bude automatika zablokována. Upravovaná část vstupního souboru AUTOMAT.DAT tedy bude vypadat:

V souboru AUTOMAT.DAT jsou seznam automatů a jejich působení

Naut- počet automatů:

10

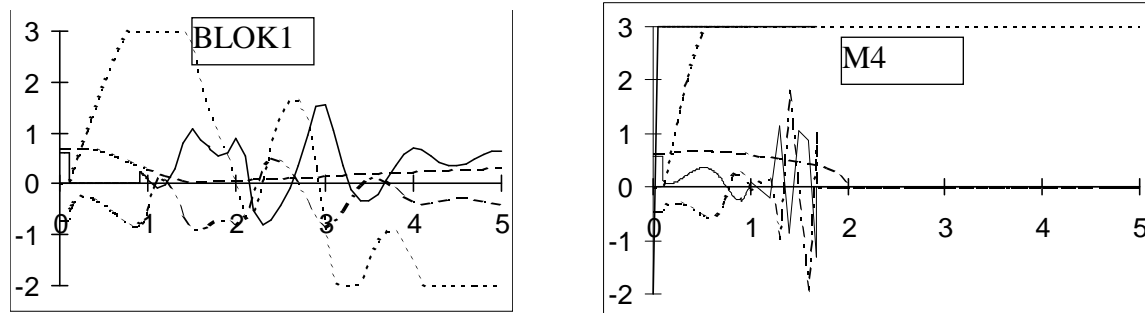
| Poc. stav autom. | Jmeno [s] | Per. Symbol | Merena hodn. Objekt | Merena hodn. Symbol Objekt | Klic Op. | XNast/X0 | Y0 | R/K | N | Tkon [s] | Tzas [s] | Tblok | Zasah Kod | Nautx |
|------------------|-----------|-------------|---------------------|----------------------------|----------|----------|--------|------|-----|----------|----------|-------|-----------|-------|
| 0 | 'sbi_2b' | 0.01 | 'DIV' | 'VET4' | | | | | | | | | | |
| 0 | 'dmh_2b' | 0.01 | 'RV' | 'VET4' | 'XV' | 'VET4' | 'CIRC' | 'LT' | 28. | 28. | 40.0 | 0.05 | .1 | 10 |
| 1 | 'dmh_2c' | 0.01 | 'RV' | 'VET4K' | 'XV' | 'VET4K' | 'CIRC' | 'LT' | 28. | 28. | 40.0 | 0.7 | .1 | 10 |
| 1 | 'sta_6a' | 0.01 | 'THET' | 'BLOK1' | | | | | | | | | | |
| 1 | 'sta_6b' | 0.01 | 'THET' | 'M4' | | | | | | | | | | |

Výp. 3 Doplnění tabulky o záložní distanční ochranu a dvě ochrany před ztrátou stability

Pro lepší sledování přechodného děje si v grafice otevřeme dva grafy pro bloky BLOK1 a M4.

V dialogovém režimu postačí otevřít **případ** Ztrat_st.

Scénář poruchy ponecháme beze změny. Bude se jednat o trojfázový zkrat na konci větve VET4 (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Po spuštění výpisu uvidíme na obrazovce dva grafy



vedle sebe podobné těmto:

Obr. 2 Průběhy proměnných bloků BLOK1 a M4

Čtenatel si jistě povšiml rozdílného průběhu elektrických veličin obou bloků. U bloku BLOK1 mají kývavý charakter svědčící o tom, že blok zůstal v synchronismu. Naproti tomu pilovité kmity u bloku M4 svědčí o ztrátě stability a přechodu do asynchronního chodu. Tento stav je správně vyhodnocen automatikou sta_6b, která blok odepne od sítě. Také průběh skluzu má odlišný charakter. U obou bloků se rotor během zkratu urychluje mechanismem popsaným v předchozích kapitolách. Po odepnutí zkratu se BLOK1 nejprve stabilně vrací k do ustáleného stavu (nulového skluzu), ale po odpojení bloku M4 od sítě skluz dále klesá. Je to způsobeno tím, že po odpojení bloku M4 vzniká v síti výkonový deficit, který se projeví poklesem frekvence. K tomuto ději se vrátíme v oddíle střednědobých výpočtů. Skluz bloku M4 trvale narůstá vlivem přechodu do

¹ úhel mezi osou q (osa rotoru) a fázorem svorkového napětí

asynchronního chodu a pozdějšího odpojení. Přestože výkon turbíny je rychle snižován, existuje zde silný akcelerační moment urychlující soustrojí - dochází k tzv. přeběhu. Aby otáčky nedosáhly nebezpečných hodnot je v programu simulována činnost tzv. elektrického urychlovače¹, po odpojení se regulační/záchytné ventily² zavírají maximální rychlostí V_{cst}/V_{ist} z typových parametrů turbíny.

Během výpočtu může čtenatel postřehnout problikávání piktogramů umístěných v dolní části obrazovky. Problikávání odpovídá událostem z výpisu výstupního souboru AKCE . HLA:

```
Hlasení o udalostech:
"CIGRE Belgium Test System      "
Cas [s] Objekt Udalost
0.100 VET4   VETEV  ZKRAT          scenarem
0.263 BLOK1  pridavna automatika-reg.prebehu->prepnu do regulace otacek
0.263 BLOK1  pridavna automatika-pusobi regulator prebehu          Start
0.388 M4     pridavna automatika-frekv.rele -> prepnu do regulace otacek
0.663 BLOK1  pridavna automatika-pusobi regulator prebehu          Stop
0.900 VET4   VETEV  VYPNUTA          auto.dmh_2c
1.650 M4     BLOK   ODPOJEN          auto.sta_6b
1.688 BLOK3  BLOK   ODPOJEN          auto.sta_6c
```

Hla. 4 Hlášení o působení uživatelských a přidavných automatik

Kromě již známých uživatelem definovaných automatik zde zapůsobily dvě tzv. přidavné automatiky. Tyto přidavné automatiky jsou součástí modelů budících a pohonných systémů bloku. Přidavné automatiky se vyznačují tím, že nepůsobí trvale, ale jen při splnění určitých podmínek:

- Omezovač statorového/rotorového proudu - odbuzuje při přetížení statorového/rotorového obvodu
- Hlídač meze podbuzení - přibudí pokud se fázor st.proudu dostane do zakázané kapacitní oblasti
- Rychlé zavírání ventilů - způsobí dočasné zavření ventilů, jestliže je zrychlení větší než zadané
- Regulator přeběhu³ - přepíná do regulace otáček pokud zrychlení rotoru je větší než zadaný trend
- Frekvenční relé - přepíná do regulace otáček pokud frekvence překročí zadané meze

V našem případě tedy zapůsobil regulator přeběhu u parní turbíny na bloku BLOK1 a frekvenční relé u vodní turbíny na bloku M4. V obou případech došlo k přepnutí do režimu regulace otáček. K podrobnějšímu rozboru vlivu přidavných automatik se později vrátíme.

Nyní ještě ukážeme činnost druhého typu ochrany proti ztrátě stability a to akceleračního relé. Jeho působení je založeno na měření akcelerace. Vychází se ze skutečnosti, že při blízkém zkratu klesá elektrický činný výkon dodávaný synchronním strojem do sítě (u trojfázových kovových zkratů prakticky na nulu). Jelikož mechanický moment turbíny nereaguje bezprostředně na tuto změnu, dochází k urychlování stroje, které pokud trvá delší dobu způsobí ztrátu stability. Příklady automatik, které simulují takové relé jsou uvedeny na následujícím výpisu:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------|--------------|---|---------------|--------------|---|------|--------|----------|----|------|---------|
| V souboru AUTOMAT.DAT jsou seznam automatik a jejich pusobení | | | | | | | | | | | | | | |
| Naut- pocet automatik: | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| Poc. stav autom. | Jmeno | Per. [s] | Merena Symbol | hodn. Objekt | X | Merena Symbol | hodn. Objekt | Y | Klic | Op. | XNast/X0 | Y0 | R/K | Nautx |
| 1 | 'akc_7a' | 0.01 | 'AK' | 'BLOK1' | | | | | | 'LIMT' | 'GT' | 50 | .0 | 0.0 |
| 1 | 'akc_7b' | 0.01 | 'AK' | 'M4' | | | | | | 'LIMT' | 'GT' | 40 | .0 | 0.0 |
| | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.45 |
| | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.1 |
| | | | | | | | | | | | | | 1000 | 'UNIT' |
| | | | | | | | | | | | | | | 'BLOK1' |
| | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | 'M4' |
| | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Výp. 4 Přidání akceleračních relé do tabulky automatik v souboru AUTOMAT.DAT

Obě automatiky měří proměnnou 'AK' - akcelerační moment turbosoustrojí (rozdíl mechanického momentu turbíny a elektromagnetického momentu generátoru). Pokud tento moment překročí velikost 50 (40)% po dobu 0.25 (0.35)s pro blok BLOK1 (M4).

Po opětovném spuštění programu jsou časové průběhy obdobné jako v předchozím případě pouze s tím rozdílem, že blok M4 je nyní odpojen o 0.6s dříve automatikou akceleračního relé. Blok BLOK1 zůstal v synchronismu. Je to dáno tím, že včasné přepnutí z režimu regulace výkonu do

¹ urychlovač způsobí ztrátu tlaku regulačního oleje a tím rychlé zavření ventilů, je aktivován od vypínače bloku

² tyto ventily jsou u podrobného modelu turbíny 'ST_A', který by měl být použit v případech velké změny otáček

³ působí pouze u modelu parní turbíny 'ST_A'

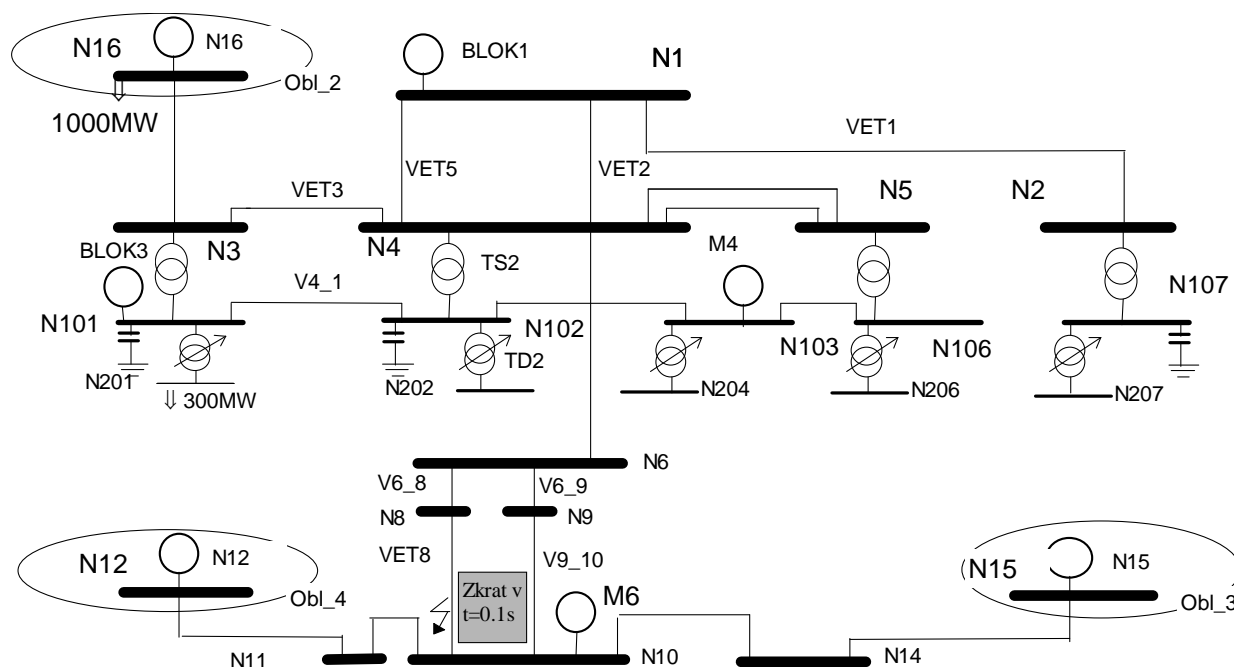
režimu regulace otáček (přídavnou automatikou regulátoru přeběhu) zajistilo, že výkon turbíny byl rychle snížen. U regulátorů typu EHS je nutno z režimu regulace otáček do režimu regulace výkonu přepnout ručním zásahem. V modelu to zajistíme zásahem 'STRC' s parametrem 1.

U bloku M4 však ke ztrátě přechodové stability a odpojení došlo přesto, že přídavná automatika frekvenčního relé přepnula také do regulace otáček. Vysvětlení spočívá v tom, že parní a vodní turbína mají odlišnou dynamiku zavírání regulačních orgánů a tedy i snižování výkonu. To je i vidět na časových průbězích výkonu turbíny. Zatímco zdvih regulačních a záchytných ventilů parní turbíny je řádově centimetry, u vodní turbíny jsou rozměry regulačních orgánů (průměr rozvodného a oběžného kola) řádově metry. Z toho plyne, že regulační ventily se uzavírají v desetinách sekund, zatímco rozvodné a oběžné kolo v sekundách.

Čítatel si může sám vyzkoušet vliv regulátoru přeběhu tím, že blokuje jeho činnost. To se provede prakticky tím, že zadáme vysoký trend, takže regulátor přeběhu nezapůsobí. V modelu to prakticky provedeme tak, že typový parametr trend v úseku přídavných automatik turbíny katalogu TYP_BLOK.CAT. Najdeme řádek označený EHS (tyto parametry má přiřazen blok BLOK1, jak se čítatel přesvědčí v databázi BLOK.DTB) a hodnotu trendu 0.04 přepíšeme na 0.4. Po spuštění programu zjistíme, že blok byl odpojen automatikou akc_7a, která vyhodnotila zrychlení. Pokud automatiky proti ztrátě stability zablokujeme (zadáním poč.stavu 0), zjistíme po opětovném spuštění programu ztrátu stability u bloku BLOK1, která se přenesla i na blízký blok BLOK3 a následně způsobí kolaps sítě. Jedná se případ, kdy původně lokální porucha se rozšířila do celé sítě a způsobila by pravděpodobně její rozpad.

3.4. Modelování ochran pomocí logik

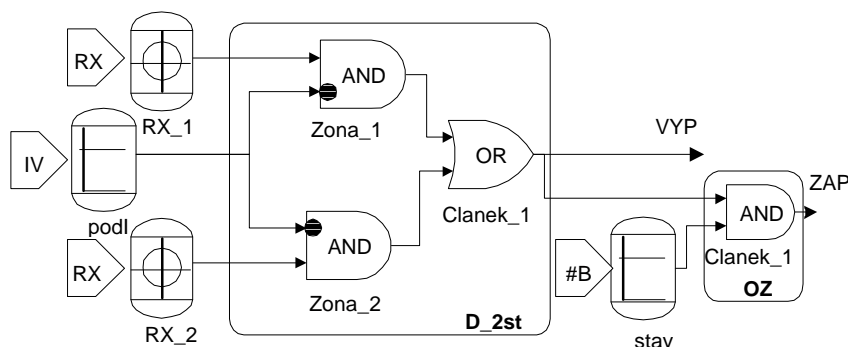
Logiky tvoří nadstavbu automatik a umožňují simulovat složitější algoritmy pomocí logických funkcí - součtu (OR) a součinu (AND). Detailní popis činnosti logik najde čtenář v [1]. Zde si ukážeme dvě konkrétní použití logik pro modelování dvoustupňové distanční ochrany s opětovným zapnutím a modelování čochkovité charakteristiky měřícího článku distanční ochrany. Logiky budou použity k ochraně větví VET8 a V9_10 (viz následující schéma).



Sch. 2 Schéma zkratu v zauzlené síti - na větví VET8

Zkrat budeme simulovat nejprve na vedení VET8 pomocí scénáře. Všechny potřebné změny ve scénáři a grafice jsou připraveny v **případu** Zkrat_V8, takže stačí tento **případ** otevřít.

Proti zkratu na větví VET8 budeme vedení chránit dvoustupňovou distanční ochranou, která bude simulována logikou pojmenovanou D_2st. Ochrana bude doplněna opětovným zapnutím, které bude simulováno logikou pojmenovanou OZ. Schéma logik je na následujícím obrázku.



Sch. 3 Schéma logik simulujících dvoustupňovou distanční ochranu

První logika obsahuje tři logické články. Článek Zona_1 vyhodnocuje polohu měřeného fázoru v oblasti, která odpovídá impedanci chráněného vedení VET8. Druhý článek Zona_2 má oblast zvětšenou, takže chrání i část vedení V6_8. Jako doplňkový vstup těmto článkům slouží výstup podproudového relé. Jelikož je vstup negován (ve schématu znázorněno černou tečkou a v zadání článku hvězdičkou před jménem), články působí jen od určité meze proudu. Zadání vstupů logických článků se provede ve vstupním souboru AUTOMAT.DAT, podle následujícího výpisu:

| Poc. stav | Jmeno autom. | Per. [s] | Merena Symbol | hodn. Objekt | Merena Symbol | hodn. Objekt | Klic | Op. | XNast/X0 | Y0 R/K | N | Tkon [s] | Tzas [s] | Tblok [s] | Zasah Kod | Obj | Par Nautx |
|-----------|--------------|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------|------|----------|----------|---|----------|----------|-----------|-----------|--------|-----------|
| 0 | 'RX_1' | 0.01 | 'RV' | 'VET8K' | 'XV' | 'VET8K' | 'CIRC' | 'LT' | 10. | 10. 20.0 | 0 | .0 | .0 | 10 | 'FICT' | 'RX_1' | 1 |
| 0 | 'RX_2' | 0.01 | 'RV' | 'VET8K' | 'XV' | 'VET8K' | 'CIRC' | 'LT' | 15. | 1. 40.0 | 0 | .5 | .0 | 10 | 'FICT' | 'RX_2' | 1 |
| 0 | 'podl' | 0.01 | 'IV' | 'VET8K' | '''' | '''' | 'LIMT' | 'LT' | 1. | 0. 0.0 | 0 | .0 | .0 | 10 | 'FICT' | 'podl' | 1 |
| 0 | 'stav' | 0.01 | '#B' | 'VET8' | '''' | '''' | 'IIMT' | 'EQ' | 0 | 0. 0.0 | 0 | .0 | .0 | 10 | 'FICT' | 'stav' | 1 |

Výp. 5 Aktivace automatik jako vstupů pro logiky v souboru AUTOMAT.DAT

Všechny automatiky mají definovaný zásah 'FICT', což signalizuje jejich použití jako vstupů pro logické články a jsou ve výchozím stavu blokovány. Odblokování se provede v čase t=0 scénářem. Parametrem 1 se nastaví logická hodnota na pravdu („true“). Za pozornost stojí vstupní proměnná automatiky stav definované symbolem #B. Značí stav větve - seznam symbolů těchto stavů (včetně možných hodnot), které mohou vstupovat jako vstupy automatik je v Příručce [2].

Zadání logik se provede ve vstupním souboru LOGIC.DAT, jehož výpis pro první dvě logiky následuje spolu s definicí vícenásobného zásahu pomocí makra :

| V souboru LOGIC.DAT jsou seznam automatik a jejich působení | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|---------|----------|-----------|-----------|--------|-------|------------------|---------|---|--|--------|---------|---|--|--|
| Nlog-pocet logik, Diag-diagnostika:0(NE)/1(viz LOGIC.DIA)/2(+mapa zasahu v AKCE.HLA) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3, 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Poc. stav | Jmeno autom. | Per. [s] | Nclanku | Tzas [s] | Tblok [s] | Zasah Kod | Objekt | Param | Nlogx(1+Nclanku) | | | | | | | | |
| 1 | 'D_2st' | 0.01 | 3 | .1 | 0 | \$(CLER:) | | | 'BRAN' | 'VET8' | 0 | | 'BRAN' | 'VET8' | 1 | | |
| | 'Zona_1' | | | | | | | | 'LOGC' | 'OZ' | 1 | | 'LOGC' | 'OZ' | 0 | | |
| | 'Zona_2' | | | | | | | | 'LOGC' | 'D_2st' | 0 | | 'LOGC' | 'D_2st' | 1 | | |
| 0 | 'OZ' | 0.01 | 1 | . | 3 | \$(RECL:) | | | | | | | | | | | |
| | 'Clan_1' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 'Clan_2' | | | | | | | | | | | | | | | | |

Výp. 6 Definice logiky simulující dvoustupňovou distanční ochranu

Každá logika je (podobně jako automatika) definována výchozím stavem, svým jménem, periodou kontroly, zpožděním zásahu a dobou blokování. Podobně jako automatika je zde definice **zásahu**. Oproti automatice chybí definice měřícího článku. Místo toho je definice počtu logických článků. Ze řádkem logiky pak následuje definice logických článků. Každý článek má svůj řádek, kde je uvedeno unikátní jméno článku, jeho typ (logický součet - OR, logický součin AND) a jména vstupů. Jako vstupy složí automatiky, které mají definovaný zásah 'FICT' nebo jiné články. Jelikož logika provádí vícenásobný zásah je potřeba definovat příslušná makra uložená ve zvláštním

souboru MAKRA.DAT. V našem případě logika D_2st provede vypnutí větve VET8, aktivace logiky OZ a blokování sebe sama. Logika OZ provede inverzní zásahy, tedy zapne větev VET8, aktivuje logiku OZ provede a zablokuje sebe sama.

Při zadání parametrem Diag=1 vznikne ve výstupním podadresáři diagnostický soubor LOGIC.DIA (dostupný příkazem **Hlášení | Diagnostika logik**) se seznamem automatik se definovaným zásahem 'FICT' a mapou logických článků podle následujícího výpisu:

| Pořadové číslo automatiky | Seznam automatik pro vstupy články logiky | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------|-----------------------------|---------|
| | Cislo | Automa | | |
| | 13 | RX_1 | | |
| | 14 | RX_2 | | |
| | 15 | podl | | |
| | 16 | stav | | |
| | Mapa článku logik a jejich vstupu | | | |
| Pořadové číslo logického článku | Logika | Cislo Clanku | Odkazy na cisla aut./clanku | |
| | logic.D_2st | 9 | Zona_1 | 15F 13T |
| | | 20 | Zona_2 | 15F 14T |
| | | 21 | Clan_1 | 19T 20T |
| | logic.OZ | 24 | Clan_2 | 16T 23T |

Seznam vstupů
s pořad. číslem objektu
F znamená negaci vstupu

Hla. 5 Hlášení o působení uživatelských a přídavných automatik

Diagnostika je vhodná při ladění logik, při rutinních výpočtech ji vypneme zadáním parametru Diag=0.

Po spuštění výpočtu vidíme modře charakteristiky distanční ochrany. Menší tmavě modrá patří 1.stupni (Zona_1) a větší světle modrá patří 2.stupni (Zona_2). Tmavě modrá čára ukazuje trajektorii impedance viděné měřícími články (automatiky RX_1 a RX_2). Pro porovnání je zeleně zobrazena charakteristika distanční ochrany dmh_2a na větvi VET2. Je vidět odpojení zkratu včetně postižené větve.

Činnost 2.stupně můžeme zkontrolovat tím, že zablokujeme měřící článek 1. Stupně. V souboru AUTOMAT.DAT, zadáme pro automatiky RX_1 počáteční stav roven 0. Po spuštění uvidíme opět vypnutí zkratu, tentokrát ovšem za 610 ms, což je dáno nastaveným zpožděním měřícího článku automatiky RX_2.

Správnou funkci logiky poznáme podle kývavé trajektorie v pravé části komplexní roviny a podle výpisu v prvním horním rohu grafiky. Pochopitelně hlášení jsou i ve výstupním souboru AKCE.HLA.

Doposud jsme zakázali části komplexní roviny pro charakteristiky distančních ochrany definovali jako kružnice nebo poloroviny. Složitější tvary je možno simulovat pomocí složení ze dvou nebo více jednoduchých měřících článků typu LINE nebo CIRC. Jako příklad může sloužit logika Lens, která simuluje distanční ochranu s čočkovitou charakteristikou. Charakteristika se dostane průnikem dvou vysunutých kružnic. Její činnost vyzkoušíme zadáním zkratu na větvi V9_10, kde je nainstalována.

Všechny potřebné změny ve scénáři (variace SCENAR.012) a grafice (variace VYSTUP.010) jsou připraveny v **případu** ZkV9_10, takže stačí tento **případ** otevřít. Po spuštění simulace nám grafika ukáže charakteristiku logiky (respektive charakteristiku dvou automatik circ_1 a circ_2', jejichž logické výstupy tvoří dva vstupy jediného logického článku Clan_3) trajektorie zdánlivé impedance viděné na koncích větví VET8 a V9_10. Logika poruchu správně vyhodnotí a odepne postiženou větev. Ochrana na větvi VET8 nepůsobí. V daném případě je zkrat vzdálen 70% od konce větve (od uzlu N10). Pokusem zjistíme, že ještě při 10% vzdálenosti ochrana na větvi VET8 nepůsobí. Zadáme-li však zkrat v těsné vzdálenosti uzlu vyzkoušíme N10 (zásah 'FOUL' s parametry 100 a 0) dojde k neselektivnímu působení logiky D_2st a je nutno ji opatřit také směrovým článkem.

Za povšimnutí stojí zadání statických objektů do grafiky - v našem případě dvou kružnic. Uživatel může ve vstupním souboru VYSTUP.### definovat obecný statický objekt - kružnici nebo přímku klíčovými slovy CIRC nebo LINE nebo přímo definovat příslušnou automatiku, která má jako měřící článek kružnici nebo přímku. V dialogovém režimu je zadávání ulehčeno výběrem statického objektu.

✍ Důležité body:

- Pro simulaci složitějších ochran lze použít **tandémové automatiky**
- **Tandémová automatika** se skládá z blokovací (blokuje výkonnou) a výkonné (provádí zásah)
- **Proměnná 'DIV'** obsahuje rozdíl fází proudů na počátku a konci vedení
- **Proměnná 'THET'** obsahuje vnitřní zátěžný úhel mezi osou rotoru a fázorem svorkového napětí
- Pomocí parametru N_gr¹ volíme počet grafů na displeji (možné jsou volby 1, 2 nebo 4)
- Seznam všech **proměnných** je v katalogu SYMBOL . CAT
- Součástí modelů systémů buzení a pohonu jsou **přídavné automatiky**
- Pro model turbíny 'ST_A'² jde o přeběhu, který přepíná do poruchové regulace otáček
- K zapůsobení regulátoru přeběhu dojde, překročí-li zrychlení rotoru zadaný trend³
- Režim poruchové regulace otáček parní turbíny má proporcionální charakter⁴
- Přepnutí zpět do základního režimu regulace se provede **zásahem** 'STRC' s parametrem 1
- Pro model turbíny 'HYDR'⁵ jde o přepnutí do regulace otáček při vybočení frekvence z mezí⁶
- Ztrátu přechodové stability generátoru lze vyhodnotit pomocí vnitřního zátěžného úhlu
- Pro ochranu proti ztrátě stability lze také využít akcelerační relé
- Polohu zkratu na větvi lze měnit prvním parametrem zásahu 'FOUL'
- Složitější ochrany lze simulovat pomocí logik
- Automatiky mohou sloužit jako vstupy logických článků logiky definováním zásahu 'FICT'
- Jako vstupy měřicích článků automatiky mohou sloužit i proměnné stavu objektů
- Zadáním parametru Diag=1 ve vstupním souboru LOGIC . DAT lze zadat diagnostiku logik, která do výstupního souboru LOGIC . DIA vypíše přehled článků (včetně jejich vstupů) a časový průběh logických stavů vstupů a výstupů článků.
- V grafice je možné zobrazovat obecné statické objekty (kružnice nebo přímky) nebo charakteristiky měřicích článků automatik.

☹ Potenciální problémy:

- ◆ Při zadání **tandémové automatiky** musí blokovací automatika předcházet výkonnou
- ◆ Tkonc ve vst. souboru RIZENI . DAT, který musí být větší než časy definované ve **scénáři**.
- ◆ Logický článek, který slouží jako vstup jiného článku musí být v tabulce logik již definován (tj. umístěn výše).

Předchozí kapitoly prezentovaly opatření, která brání šíření následků poruchy typu zkratu do okolní sítě. Jednalo se o tuto hierarchii prostředků a opatření:

- řádné selektivní⁷ odpojení poruchy v čase menším, než je mezní doba trvání zkratu
- dočasné snížení výkonu turbíny⁸
- záložní odpojení poruchy
- ochrana proti ztrátě synchronismu⁹.

Tyto prostředky mohou být použity při tvorbě např. havarijních plánů proti šíření poruch.

4. VÝPOČTY STŘEDNĚDOBÉ STABILITY

Zatímco v prvním díle jsem se soustředili na modelování bloků při odchylkách frekvence, v této části se budeme zabývat zatížením, zejména tzv. frekvenčním odlehčováním. Otevřeme projekt MIDDLE.

¹ ve vstupním souboru VYSTUP.DAT

² pro jednotlivé bloky se modely zadávají v databázi BLOK.DTB

³ trend je typový parametr z úseku přídavných automatik regulátoru turbíny v katalogu TYP_BLOK.CAT

⁴ je popsán v kapitole Model regulátoru turbíny ve zvláštních režimech v Popisu [1]

⁵ nelineární model vodní turbíny s nepružným vodním sloupcem

⁶ meze jsou definovány typovými parametry df1 a df2 z úseku přídavných automatik regulátoru turbíny

⁷ např. blokování distanční ochrany srovnávacím článkem

⁸ působení regulátoru přeběhu nebí tzv. rychlého řízení ventilů

⁹ na základě měření vnitřního zátěžného úhlu nebo akcelerace

4.1. Simulace frekvenčního odlehčování zátěže

Program MODES obsahuje model tzv. systémového frekvenčního odlehčování (FO) ve čtyřech stupních. Pro každý **uzel** lze definovat procentní objem odlehčené zátěže vztažené na výchozí ustálený stav. Parametry modelu se zadávají podobně jako u modelu turbíny pomocí odkazu do katalogu typových parametrů, který je však umístěn v souboru TYP_SIT.CAT.

Definice se provede v **databázi** UZLY.DTB příkazem **Modifikovat| Modely uzlů**. V této **databázi** je nutno (na rozdíl od **databáze bloků**) zadat počet záznamů Nuzl. Tím lze jednoduše specifikovat, zda zatížení bude modelováno standardně (konstantní admitancí bez frekvenčního odlehčování) nebo jestli si uživatel přeje specifikovat model zátěže v jednotlivých **uzlech**.

■ V textovém režimu se změní parametr Nuzl. z 0 na 13, takže výpis vypadá např. takto:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soubor UZLY.DTB obsahuje data pro modelovani zateze a frekvencniho odlehcovani | | | | | | | | | | | | | | |
| pocet uzlu Nuzl: | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Jmeno Podil: Podb Qodb Sodb Fr.odlehzeni Typ.parametry - odkaz do katalogu | | | | | | | | | | | | | | |
| uzlu [%] lk Gk Term lk Bk SVC Stat Mot F1 F2 F3 F4 Stat Motoru FrOdI Term SVC | | | | | | | | | | | | | | |
| NUzlX | | | | | | | | | | | | | | |
| 'N201 ' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 'OBECA' | ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' |

Výp. 7 Databáze uzlů s definicí procentních objemů pro frekvenční odlehčování zátěže

- ☑ V dialogovém režimu se otevře **dialog Databáze modelů uzlů**. V seznamu uzlů *List of Nodes* vybereme např. uzel N202, stiskneme tlačítko **Load Frequency Shedding**. V tabulce typových parametrů se stane aktuálním záznam UCPTE a jezdcy vedle tabulky ukazují objem jednotlivých stupňů frekvenčního odlehčování přiřazené uzlu N202. Pro zaktivizování FO postačí změnit počet aktivních modelů v textovém poli *Number of Active Models in Modification* z 0 na 13.

Dialog vyzve k potvrzení změny a pak lze **dialog** opustit obvyklým způsobem, který vytvoří modifikaci UZLY.002. Na následujícím obrázku jsou popsány prvky **dialogu**:

Informace o umístění záznamu

Seznam uzlů

Zadání počtu aktivních záznamů v modifikaci a základní databázi

Tlačítka pro výběr modelu zatížení a FO

Procentní rozdělení zatížení mezi jednotlivé modely

Tabulka typových parametrů

Tlačítkem se aktualizuje rozdělení podle jezdců

Objemy stupňů FO

Tlačítkem se aktualizují objemy FO podle jezdců

Aktuální sada typových parametrů

Dial. 1 Popis prvků dialogu Databáze modelů uzlů

Tímto máme tedy definováno frekvenční odlehčení zátěže ve vybraných uzlech při poklesu frekvence na mez 49Hz, trvajícím déle než 0.1s a s dobou odepnutí 0.2s. Od splnění podmínky k odepnutí zatížení uplyne prodleva 0.2s. Tato prodleva simuluje dobu vypínačů.

Pro testování fungování prvního stupně frekvenčního odlehčování je nutno zvětšit velikost výpadku nad hodnotu primární regulační rezervy.

☐ To provedeme jednoduchou opravou ve **scénáři**, které bude po změně **bloku** BLOK3 za BLOK1 vypadat takto:

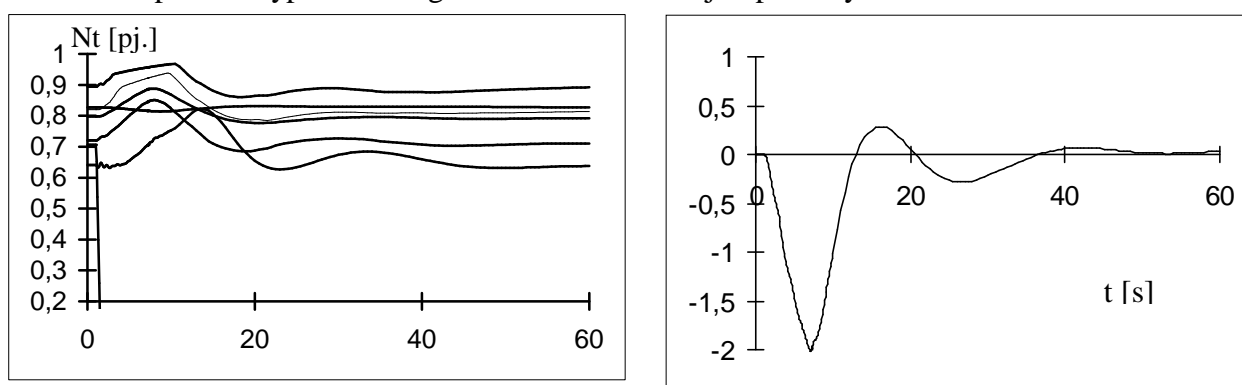
`$(out_unit:unit_1=BLOK1)`

Výp. 8 Přepsání makra ve scénáři pro zadání výpadku bloku BLOK3

Ve vstupním souboru RIZENI.DAT ještě prodloužíme koncový čas výpočtu Tkon na 60s. Ve vstupním souboru VYSTUP.DAT rozšíříme rozsahy os závisle proměnných na 0.2, 1.0 pro první graf a -2., 1. pro druhý.

Výše uvedené změny jsou připraveny v **případu** FrekOdl.

Po spuštění výpočtu nám grafika ukáže následující průběhy:



Obr. 3 Průběhy výkonů turbíny a frekvence při působení 1.st. frekvenčního odlehčování

Je vidět, že pro zvolenou velikost výpadku nám frekvenční odlehčování (spolu s tzv. regulačním efektem zátěže) zajistilo obnovení téměř jmenovité hodnoty frekvence. Je to dáno tím, že velikost výpadku cca 1350 MW se přibližně rovná velikosti sumárního objemu 1.stupně FO tj. cca 1373 MW. Kde jsou uloženy tyto informace? Primárně v tabulce uzlů UST.DAT (dodávaný výkon do uzlu odpovídá zatížení bloku¹ pro napájecí uzly² a odebíraný výkon) a databázi UZLY.DTB (definice uzlů s frekvenčním odlehčováním spolu s objemem odlehčované zátěže).

Program však na požádání provádí analýzu stavu sítě. Analýza spočívá v tom, že program vytvoří výstupní soubory obsahující přehled:

- toků výkonu, proudy a ztráty **větví**
- napětí a výkony v **uzlech**
- sumární výkony a salda **oblastí** (pro výchozí stav)
- přehled objemů frekvenčního odlehčování po **uzlech** a **oblastech**.

Požadavek na analýzu se provede příkazem **Modifikovat| Analýza**. V textovém režimu se zadá parametr Anal roven 4.

☑ V dialogovém režimu se na kartě *Network Overview* zaškrtně *Create Output Files* a zvolí *Branch +Nodes* a *All Network*. Na kartě je možno zvolit jen analýzu nově vzniklých ostrovů během simulace (volbou *New Island*). Dále je možno zadat kontrolu překročení odchylky napětí od jmenovité hodnoty a mezní hodnoty proudu pro napěťové hladiny. V případě překročení odchylky napětí a mezního proudu program vypíše u příslušného **uzlu** nebo **větve** hvězdičku a příslušný řádek přepíše i do samostatného souboru SIT_PRET.ANA³.

¹ Program automaticky zatíží blok tak, aby do uzlu dodával právě výkon odpovídající počátečnímu stavu

² Napájecí uzly mají přiřazeny bloky v tabulce bloků GEN.DAT

³ Překročení odchylky a meze je prováděno na začátku a konci simulace na rozdíl od průběžné kontroly zadávané v souboru KONT.DAT příkazem **Modifikovat | Kontrola**

Při tomto zadání program automaticky vytvoří ve výstupním adresáři VYST automaticky vytvoří tři výstupní soubory SIT_POC, SIT_KON a SIT_ROZ.ANA. První obsahuje analýzu počátečního stavu sítě (na začátku výpočtu), druhý analýzu koncového stavu. Třetí pak rozdíl počátečního a koncového stavu. Kromě toho výstupní soubor SIT_POC.ANA, dostupný příkazem **Analýza| Sít| Počáteční**, obsahuje úseky přehledů zadaného frekvenčního odlehčování jednotlivých uzlů a sumárně po oblastech. Úsek se sumárním přehledem oblastí vypadá tedy takto:

| OBLAST | F1 [MW,%] | F2 [MW,%] | F3 [MW,%] | F4[MW,%] |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Obl1 , | 495.0,11.7, | 495.0,11.7, | 495.0,11.7, | 495.0,11.7 |
| Obl2 , | 158.3,12.0, | 158.3,12.0, | 158.3,12.0, | 158.3,12.0 |
| Obl3 , | 600.0,12.0, | 600.0,12.0, | 600.0,12.0, | 600.0,12.0 |
| Obl4 , | 120.0,12.0, | 120.0,12.0, | 120.0,12.0, | 120.0,12.0 |
| celkem , | 1373.3,11.9, | 1373.3,11.9, | 1373.3,11.9, | 1373.3,11.9 |

Ana. 1 Úsek výstupního souboru SIT_POC.ANA s přehledem frekvenčního odlehčování

Z tabulky je vidět, že takto zvolené frekvenční odlehčování odpovídá požadavku UCPTE, tedy každý stupeň odlehčuje přibližně 12% zátěže v každém ze čtyř stupňů.

Ve výstupním souboru AKCE.HLA (**Hlášení| Události**) jsou pak informace kolik stupňů FO skutečně zapůsobilo a kdy:

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Hlasení o udalostech: | |
| "CIGRE Belgium Test System | " |
| Cas [s] Objekt Udalost | |
| 7.0 N207 | 1 .st. odlehčil: 15 % |
| . | . |
| 7.050 N14 | 1 .st. odlehčil: 12 % |
| 7.050 N10 | 1 .st. odlehčil: 17 % |

Hla. 6 Hlášení o působení frekvenčního odlehčování v jednotlivých uzlech

Z hlášení je vidět, že k frekvenčnímu odlehčování nedochází najednou, neboť okamžitá hodnota frekvence se může vlivem elektromechanických kyvů jednotlivých generátorů lišit od střední hodnoty. Jelikož zvolené relé je rychlé (má zadánu dobu kontroly 0.1s), je schopno tyto elektromechanické kyvy superponované na střední hodnotu frekvence vyhodnotit. Pokrytí výpadku 1350.3 MW nám nejlépe přiblíží analýza rozdílu počátečního a koncového stavu sítě uložená ve výstupním souboru SIT_ROZ.ANA (**Analýza| Sít| Rozdíl počátek-konec**):

| analýza jednotlivých oblastí | | | | | | | |
|------------------------------|---------|----------|---------|----------|--------|-------------|--------|
| jmeno oblasti | Pd [MW] | Qd[MVAr] | Po [MW] | Qo[MVAr] | Pz[MW] | Qkomp[MVAr] | saldoP |
| Obl1 | 1353.4 | 293.3 | 581.8 | 268.7 | -16.77 | 28.4 | 788.4 |
| Suma | 1421.3 | 546.7 | 1440.4 | 666.7 | -16.77 | 28.4 | -2.3 |

Ana. 2 Rozdíl počáteční a koncové dodávky, odběru, ztrát, kompenzace a salda oblastí

Bilanční výkonová rovnice je:

1350.3 (vypadlý výkon) = 1440.4 (změna zatížení) - 71.0 (primární regulace) - 16.8 (změna ztrát).

V horním výpisu Pd značí sumární změnu dodávaného výkonu a skrývá v sobě jednak výkon vypadlého bloku (1350.3 MW - je v řádce uzlu N1 v úseku uzlů) a jednak změnu výkonu ostatních bloků vlivem regulace (zejména primární regulace).

Ve změně zátěže Po^1 jsou zahrnuty opět dva vlivy. Jednak je to činnost frekvenčního odlehčování působícího ve vybraných uzlech.. Jednak je to tzv. regulační efekt zátěže². Tento efekt závisí na zvoleném modelu zátěže.

¹ Hodoty Pd i Po jsou kladné, neboť počáteční hodnoty jsou větší než koncové (Rozdíl = Počáteční - Koncová)

² Závislost výkonu odebraného zátěží na hodnotě amplitudy a frekvence napětí v uzlu

Program umožňuje rozdělit sumární odebíraný výkon na podíl zátěže modelovaný:

- konstantní admitancí Gk/Bk (odběr závisí na kvadrátu amplitudy napětí v uzlu)
- konstantní činnou/jalovou složkou proudu (odběr závisí lineárně na amplitudě napětí v uzlu)
- statickou charakteristikou (odběr je funkcí amplitudy a frekvence napětí v uzlu)
- ekvivalentním asynchronním motorem.

Podíly jednotlivých modelů zatížení se zadávají v základní **databázi** UZLY.DTB nebo v **modifikaci**. Program přednostně prohledává **modifikaci** a pokud nenajde odkaz v **modifikaci**, začne prohledávat základní **databázi**. V obou databázích se dá nastavit počet aktivních záznamů. Pokud **uzel** není v **databázích** nalezen, použije se „standardní“¹ model. Pokud je v **databázi** definován statický a motorický model, je nutné definovat typové parametry pomocí odkazu do katalogu TYP_SIT.CAT.

Změna zátěže je tedy účinkem regulačního efektu (zejména od napětí) poněkud větší než by byl čistý efekt odepnutí zátěže frekvenčním odlehčováním při nezměněném napětí. Bližší analýzou výstupního souboru SIT_ROZ.ANA v úseku uzlů zjistíme, že v uzlech N1- N9 (obdobně jako v uzlech N201 - N207) napětí pokleslo vlivem výpadku bloku BLOK1. Tím se podpořil efekt frekvenčního odlehčování, neboť zátěž odebrala při nižším napětí menší výkon. Naopak v uzlech N12 - N15 vlivem frekvenčního odlehčení napětí stoupl a zátěž odebrala výkon větší. Tím se částečně vykompenzoval efekt frekvenčního odlehčování. Celkově pak převážil první vliv, způsobený poklesem napětí výpadkem bloku. Tento efekt je pouze dočasný, neboť regulace napětí, ať již tzv. skupinová² regulace nebo činnost automatické změny odboček regulačních traf na nižších napěťových hladinách se pokusí napětí vrátit do zadaných mezí, čímž se odběr výkonu obnoví. Tyto děje však nejsou v střednědobé dynamice modelovány a vrátíme se k nim u dlouhodobé dynamiky.

Ke změně ztrát dochází vlivem přerozdělení toků výkonů. V počátečním stavu oblast Obl1 pracovala s přebytkem výkonu cca 381 MW a exportovala ho do oblasti Obl3, která naopak pracovala s deficitem 436 MW. Po výpadku výkonu 1350 MW v oblasti Obl1, začala tato oblast výkon dovážet z ostatních oblastí. Tyto oblasti poskytují nyní postižené oblasti tzv. havarijní výpomoc skládající se jednak z činnosti primární regulace bloků a jednak z výkonu uvolněného frekvenčním odlehčováním.

Pozorný čtenář si jistě povšiml, že obě strany bilanční výkonové rovnice z předchozí strany se přesně nerovnájí a na pravé straně přebývá cca 3.2 MW. Je to způsobeno tím, že jsou zadány tzv. nestandardní modely zátěže v uzlech N201 - N207. Výpočet napětí v takových uzlech probíhá iteračním cyklem, který se ukončí při určité předem definované chybě epsU, zadávané ve vstupním souboru RIZENI.DAT. Jelikož je tedy napětí spočítáno s určitou chybou, neplatí zcela přesně Kirchhoffův zákon a sumární chyba pak dává uvedenou nerovnováhu.

Bližší analýzu výkonové nerovnováhy je možno zadat ve vstupním souboru ANAL.DAT zadáním parametru Anal=6 v textovém režimu nebo volbou přepínače *Power Balance* v rámci *Objects*. Analýza je pak provedena ve výstupním souboru SIT_BIL.ANA, dostupném příkazem **Analýza| Sít| Výkonová rovnováha**. Největší nerovnováha je v uzlu N15 1.06 MW, což při dodávaném výkonu 4.5 GW dává relativní chybu 0.23%.

Jak již bylo řečeno odběr v uzlu záleží na modelu zátěže. Pokud např. čtenář vymění stávající záznam v databázi UZLY.DTB pro uzel N202 za nový podle následujícího výpisu:

| Jmeno uzlu | Podil: [%] | Podb Ik | Qodb Gk | Sodb Bk | Fr.odlehčení SVC | Typ.parametry - odkaz do katalogu |
|------------|------------|---------|---------|---------|------------------|-----------------------------------|
| | | Term | Stat | Mot | F1 F2 F3 F4 | Stat Motoru FrOdl Term SVC |
| 'N202 ' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 0 |
| | | | | | | 15 15 15 15 |
| | | | | | | 'defaul' '' |
| | | | | | | 'UCPTE' '' |

Výp. 9 Změna záznamu modelu zátěže v databázi UZLY.DTB

bude objem odlehčené zátěže přesně 45 MW, jak je zadáno, neboť velikost odběru je konstantní.

¹ pomocí admitance, což odpovídá odporové zátěži pro činný odběr nebo tlumivce/kondenzátoru pro jalovinu

² Skupinová regulace řídí napětí v pilotních uzlech pomocí regulace buzení bloků a změny odboček síťových traf

4.2. Přidání bloku a statické charakteristiky primární regulace

V předchozím případě se výkon vypadlého bloku rovnal přibližně výkonu odlehčované zátěže. Pokusíme se simulovat případ, kdy sice zapůsobí frekvenční odlehčování (výpadek je vyšší než primární regulační rezerva), ale výkonová bilance nebude vyrovnaná (výpadek bude např. nižší než objem odlehčovaného výkonu). Matematicky vyjádřeno platí pro výkon v MW: $372 < P_{vyp} < 1373$. Jak zjistíme zatížení jednotlivých bloků? O jedné možnosti již byla zmínka - ve výstupním souboru PRIM_REG.ANA jsou uvedeny pracovní body výkonu turbín Nt. Tato záležitost však vyžaduje podrobnější vysvětlení.

Program MODES umožňuje zadávat výkon bloku¹ dvojím způsobem. Jednak jako počet fyzických bloků (musí to být celé číslo typu INTEGER - bez desetinné tečky) a nebo jako sumární jmenovitý zdánlivý výkon bloku (pak to musí být číslo typu REAL - s desetinnou tečkou). V prvním případě pak program zjistí jmenovitý výkon vynásobením počtu bloků a jmenovitého zdánlivého výkonu z typových parametrů generátoru. Pojmenované hodnoty proměnných vyjadřující výkony (v MVA, MW, MWAr) pak platí pro jeden fyzický blok! Obdobně hodnoty zadávaného regulačního rozsahu turbíny ve vstupním souboru GEN.DAT (**Modifikovat Modely bloků**) platí v tomto případě pro jeden fyzický blok². Pro druhý způsob zadávání pak tyto pojmenované hodnoty vyjadřují již sumární výkony celého ekvivalentního bloku (program nezná skutečný počet fyzických bloků, které jsou modelovány jako jeden blok). Ve výstupním souboru PRIM_REG.ANA jsou výkony již za celý ekvivalentní blok, takže na způsobu zadávání výkonu bloku nezáleží.

Druhou možností získat informace o výkonu bloků dává výstupní soubor UST.INI, který vzniká automaticky při každém spuštění programu v režimu výpočtu počátečních podmínek³ a je dostupný příkazem **Hlášení! Počáteční podmínky**:

| Přehled dodávky výkonu do uzlu (podle UST.DAT) a pohotového výkonu generatoru/přikonu as.motoru | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|-----------|--------|-----------|--|
| Typ | Jmeno | Cislo | Pdod | Ppoh/Pmot | Qdod | Qpoh/Qmot | |
| uzlu | uzlu | uzlu | [MW] | [MW] | [MVar] | [MVar] | |
| odberovy | N2 | 2 | -0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| napajeci | N15 | 15 | 4564.4 | 5593.0 | 2493.9 | 3466.2 | |
| aktivni | N13 | 13 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

Výp. 10 Výpis zatížení bloků - dodávky výkonu do napájecích uzlů v souboru UST.INI

V tomto souboru jsou ve sloupci Pdod již sečteny činné dodávky všech bloků připojených do uzlu. Takže tento výstupní soubor dává informaci o zatížení bloku pouze v případě, že do uzlu je připojen pouze jeden blok. Uzly jsou zde rozděleny do tří kategorií:

- napájecí s připojeným blokem
- aktivní s nestandardním model zátěže nebo frekvenčním odlehčováním
- odběrové - ostatní uzly.

Pro činný i jalový výkon jsou vypsány dva sloupce s dodávaným výkonem (odpovídá počátečnímu stavu sítě z vstupního souboru UST.DAT) a pohotovým výkonem (odpovídá sumárnímu jmenovitému výkonu bloků připojených do uzlu). Pohotové hodnoty výkonů by měly být větší než dodávané, aby blok byl schopen pokrýt požadavky sítě (program vypisuje varování při nesplnění této podmínky).

Porovnáním pracovních bodů Nt (např. v souboru PRIM_REG.ANA, který se pro tento účel hodí nejlépe⁴) jednotlivých bloků se přesvědčíme, že výše uvedené nerovnosti nevyhovuje žádný blok. Pohledem do vstupního souboru GEN.DAT však zjistíme, že blok BLOK1 se skládá ze dvou fyzických bloků. Pokud by se modeloval každý zvlášť, nerovnost by byla splněna.

¹ jednotlivé bloky včetně jejich výkonu jsou definovány ve vstupním souboru GEN.DAT

² při modifikaci vstupního souboru pak stačí pouze upravovat počty bloků, ostatní údaje zůstávají stejné

³ Volí se parametrem Ipoc=1 ve vstupním souboru RIZENI.DAT

⁴ musí být ovšem provedena volba Ana2=1 ve vstupním souboru ANAL.DAT

Provedení této úpravy v souboru GEN.DAT (rozdělení ekvivalentního bloku na více bloků) je vzhledem ke způsobu zadávání velice jednoduchý. Postačí zkopírovat řádek z původním ekvivalentním blokem, opravit počty fyzických bloků (celkový součet musí pochopitelně odpovídat počtu fyzických bloků původního ekvivalentního bloku), přejmenovat jména nových bloků a upravit údaj o počtu bloků v hlavičce souboru. Tento soubor po uvedených úpravách bude vypadat :

V souboru GEN.DAT jsou uloženy údaje o blocích

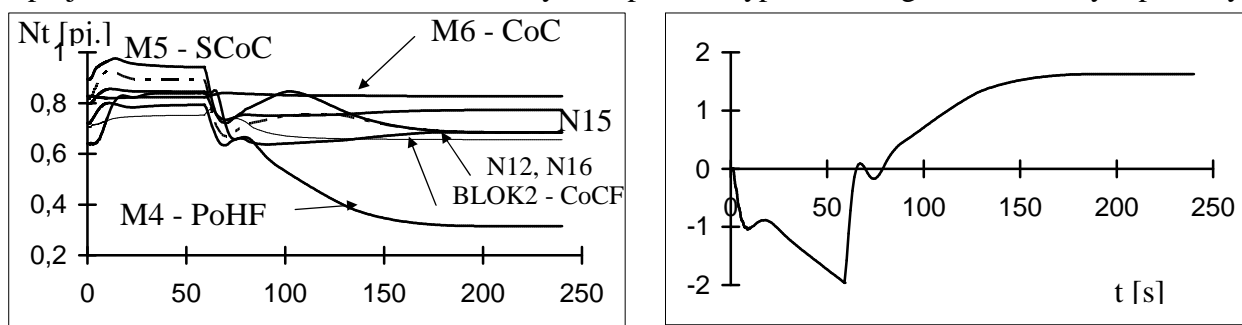
Ngen-pocet bloku, Nmot-pocet motoru: (Ngen+Nmot<200)

| porad. cislo | stav 1/0 | nazev bloku | nazev uzlu | Pocet/Sn [Integ/MVA] | Ntmin [MW] | Ntmax [MW] | Xd" [p.j.] | Pt | Xt | Part. [-] | Nrmin [MW] | Nrmax [MW] | PRR [%] |
|--------------|----------|-------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|------|-------|-----------|------------|------------|---------|
| Ngenx | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 'BLOK1' | 'N1' | 1 | 450 | 950 | 0.000 | 1.00 | 0.000 | .000 | 0 | 0 | 2.0 |
| 9 | 1 | 'BLOK2' | 'N1' | 1 | 450 | 950 | 0.000 | 1.00 | 0.000 | .000 | 0 | 0 | 2.0 |

Výp. 11 Rozdělení původního bloku BLOK1 na dva bloky BLOK1 a BLOK2

Z výpisu je vidět, že původnímu bloku BLOK1 jsme ponechali stejné jméno. Jméno uzlu se nezměnilo, protože program umožňuje připojení více bloků do jednoho uzlu. Počet bloků Ngen se zvětšil z 8 na 9. Jelikož v databázi BLOK.DTB je již pro blok BLOK2 příslušný záznam připraven (kromě jména bloku je naprosto totožný jako u bloku BLOK1, takže se získá snadno zkopírováním).

Vrátíme se zpět k simulaci výpadku s výslednou výkonovou nerovnováhou. Přechodný děj bude nyní delší, prodloužíme koncový čas výpočtu Tkon na 240s v souboru VYSTUP.DAT. V souboru VYSTUP.DAT rozšíříme rozsahy os závisle proměnných na -2, 2 pro druhý graf. Místo bloku BLOK1 necháme vypisovat průběh výkonu pro BLOK2. Jelikož jsme blok BLOK1 nepřejmenovali, scénář zůstane beze změny. Po spuštění výpočtu nám grafika ukáže tyto průběhy:



Obr. 4 Průběh přechodného děje při frekvenčním odlehčování s přebytkem výkonu

Na průběhu frekvence je vidět, že vlivem přebytku výkonu došlo po frekvenčním odlehčení k nárůstu frekvence, který musel být zastaven činností primární regulace (která nyní působí v opačném smyslu než při výpadku bloku). Je zde vidět i proporcionální charakter primární regulace, která zanechává ustálenou odchylku frekvence kolem 813 mHz. Tato ustálená odchylka je pak odstraněna sekundární regulací P a f, o které bude pojednávat následující oddíl. K frekvenčnímu odlehčování došlo později, neboť pokles frekvence byl zpomalován vlivem přítomnosti regulátorů otáček na blocích M5, N12, N15 a N16. Chování těchto bloků se liší po frekvenčním odlehčení.

Zatímco blok N15 (žlutý průběh) odreguloval o předpokládaných -2.5 % jak mu přikazoval korektor frekvence, ostatní bloky snížily výkon mnohem více. Vysvětlení spočívá ve vzájemné interakci regulátoru výkonu¹ a regulátoru otáček². Vzhledem k velké kladné odchylce frekvence dává regulátor otáček povel ke snižování výkonu. Regulátor výkonu tuto skutečnost vyhodnotí kladnou regulační odchylkou (skutečný výkon je menší než zadaná korigovaná hodnota výkonu - korekce je však omezena na $\pm 2.5\%$ jmenovitého výkonu³). Regulátor výkonu se tedy snaží výkon zvyšovat a působí proti regulátoru otáček. V určitém okamžiku výstup regulátoru výkonu dosáhne hodnoty

¹ Regulátor výkonu má PI charakter a udržuje zadanou hodnotu výkonu korigovanou odchylkou frekvence

² Regulátor otáček má P charakter a jeho výstup se přičítá k výstupu regulátoru výkonu viz Popis [1]

³ což při statické 5% (zesílení kCor) odpovídá odchylce kmitočtu 62.5 mHz, takže v oblasti velkých odchylek je korektor nasycen

maximálního otevření regulačních ventilů a dále hodnotu nezvyšuje - dojde k nasycení. Otevření je pak určováno regulátorem otáček.

Zbývá vysvětlit odlišné chování bloku N15. To spočívá v tom, že tento blok má nastavenou větší statiku regulátoru otáček, a to 10%¹ oproti 5% u ostatních bloků. Účinek regulátoru otáček není tak výrazný a vliv regulátoru výkonu převládá.

Ostatní bloky bez regulátorů otáček se chovají podle předpokladů. Blok M6 (červený průběh) na změnu frekvence nereaguje, neboť není vybaven ani regulátorem otáček ani korektorem frekvence. Přesto jsou na průběhu výkonu vidět mírné změny výkonu turbíny, které jsou však opačného smyslu, než odpovídá správnému fungování primární regulace. Je to způsobeno tím, že při komutaci v síti (výpadek bloku nebo větve, změna zatížení) dochází k tzv. rázu činného výkonu, na který reaguje regulátor výkonu. Při výpadku bloku došlo ke kladnému rázu činného výkonu - regulátor výkonu tedy snižoval výkon turbíny. Po frekvenčním odlehčení došlo k zápornému rázu výkonu generátoru a regulátor výkonu zvýšil výkon turbíny, aby pokles výkonu kompenzoval.

Blok BLOK2 odreguloval 5% výkonu, což odpovídá definovanému omezení korektoru frekvence zadané hodnoty výkonu. Obdobně blok M4 (vodní turbína) odreguloval 32.5% svého výkonu, což odpovídá odchylce frekvence a statice 5 % ($32.5=100*\{0.813/50\}/\{5/100\}$). Obě turbíny pracují v režimu regulace výkonu (klasická regulace) s korektorem frekvence.

Havarijní příspěvky primární regulace jednotlivých oblastí zjistíme ze souboru SIT_KON.ANA (**Analýza| Sítí| Koncová**) tím, že od hodnoty dodávky jednotlivých oblastí Pd odečteme hodnotu vypadlého výkonu v dané oblasti (to se týká oblasti Obl1, kde došlo k výpadku bloku BLOK1 o výkonu 675.5MW). Dostaneme tak hodnoty v MW dle následující tabulky:

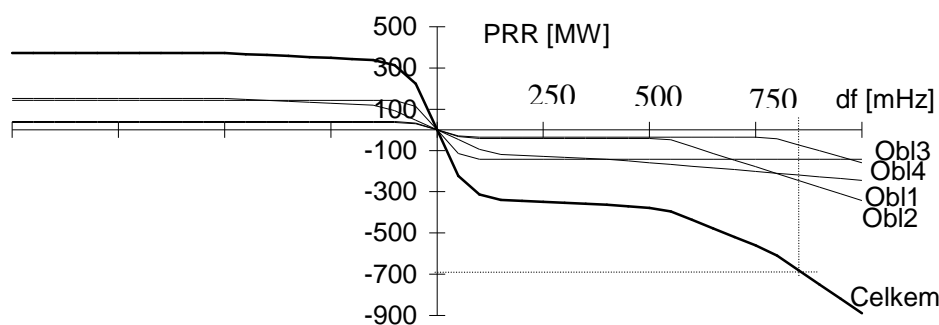
| Oblast | Obl1 | Obl2 | Obl3 | Obl4 | Celkem |
|-----------------------------|------|------|------|------|--------|
| Příspěvek primární regulace | -206 | -220 | -143 | -51 | -620 |

Jelikož ke konci přechodného děje došlo k ustálení je možné porovnat uvedené hodnoty ze statickými charakteristikami primární regulace, které program na požádání vytvoří a uloží do výstupního souboru STAT_PRR.GRF. Požadavek se zadá ve vstupním souboru ANAL.DAT:

```
Analyza primarni regulace
Ana2-priznak analyzy {NE:Ana2=0,prehled v PRIM_REG.ANA:Ana2=1, stat.char v STAT_PRR.GRF:Ana2=2}
2
dfmin-min.odchylka frekvence,dfmax-max.odchylka frekvence,df-krok vypisu [mHz]
1x-pro Ana2=2
-1000,1000,50
```

Výp. 12 Úsek vstupního souboru ANAL.DAT se zadáním tvorby statických charakteristik

V dialogovém režimu se proškrtne $P=function(f)$ na kartě *Primary f Control*. Pokud zobrazíme obsah souboru STAT_PRR.GRF graficky dostaneme tyto charakteristiky:



Obr. 5 Statické charakteristiky primární regulace

Je vidět, že svislice z ustálené hodnoty odchylky frekvence (cca 813 mHz) nám protne jednotlivé statické charakteristiky na hodnotách odpovídajících příspěvkům primární regulace z předchozí tabulky. Opačně pokud známe výkonovou nerovnováhu, určíme ze součtové charakteristiky (označená celkem) hodnotu ustálené hodnoty odchylky frekvence.

¹ statiky se v programu zadávají v typových parametrech pomocí zesílení - platí: zesílení = 100/statika [p.j., %]

Důležité body:

- Přehled stavu sítě je uložen ve výstupních souborech SIT_POC, SIT_KON a SIT_ROZ . ANA
- Obsah výstupních souborů závisí na volbě parametru Ana1 ve vstupním souboru ANAL . DAT
- Výstupní soubor SIT_POC . ANA obsahuje přehled frekvenčního odlehčování uzlů a oblastí
- Pro každý uzel lze určit objemy zátěže pro čtyřstupňové frekvenční odlehčování v databázi UZLY . DTB
- Závislost odebíraného výkonu na napětí a frekvenci je určena typem modelu zátěže
- Pro uzel lze určit podíl zátěže modelované konstantní admitancí/proudem a staticky/motoricky v databázi UZLY . DTB
- Jmenovitý výkon bloku je určen počtem fyzických bloků (FB) nebo sumárním výkonem v MVA¹
- U zadání počtem FB odpovídají pojmenované proměnné výkonu jednoho fyzického bloku
- Jmenovitý výkon bloku definovaného počtem FB je určen součinem počtu a S_n^2
- Regulační rozsah $N_{tmin} N_{tmax}^3$ odpovídá jednomu FB nebo celému ekvivalentnímu bloku⁴
- Program identifikuje režim regulace pohonu a zapisuje jeho kód ve souboru PRIM_REG . ANA
- Změny dodávky (činnost primární regulace) a odběru (FO) je ve výst.souboru SIT_ROZ . ANA
- Statické charakteristiky primární regulace program ukládá⁵ do výst.souboru STAT_PRR . GRF

☹ Potenciální problémy:

- ◆ **Proměnná** odchylky frekvence je přiřazena uzlu, skluz generátoru je přiřazen bloku
- ◆ Při zadání frekvenčního odlehčování zátěže je nutné nejen definovat procentní podíl jednotlivých stupňů, ale i parametry odkazem do katalogu typových parametrů TYP_SIT . CAT .
- ◆ Výpis odchylky frekvence je možný jen pro napájecí (s připojeným blokem) a aktivní uzly⁶
- ◆ Odchylka frekvence a skluz se vynášejí v grafech v % -ostatní proměnné v poměrných hodnotách
- ◆ Přehled FO ve výstupním souboru SIT_POC . ANA platí pro počáteční napětí
- ◆ Skutečná změna zatížení po FO se skládá z regulačního efektu zátěže a vlastní činnosti FO
- ◆ Je-li v databázi UZLY . DTB zadán nestandardní model zátěže je nutné určit typ.parametry odkazem do katalogů typových parametrů
- ◆ Výkony ve výstupním souboru PRIM_REG . ANA odpovídají ekvivalentnímu bloku

5. VÝPOČTY DLOUHODOBÉ DYNAMIKY

Zatímco v 1.díle Průvodce jsme se soustředili na dlouhodobou dynamiku elektrizační soustavy z hlediska deficitu činného výkonu (který může vést k tzv. frekvenčnímu kolapsu), budeme se v této části zabývat dlouhodobou dynamikou soustavy při deficitu jalového výkonu (který může vést k tzv. napěťovému kolapsu). Otevřeme **projekt LONG**.

¹ Definuje se v tabulce bloků GEN.DAT

² Definuje se v katalogu typových parametrů v úseku generátorů

³ Definuje se v tabulce bloků GEN.DAT

⁴ pro zadání sumárním výkonem v MVA

⁵ Při volbě Ana2=2 ve vstupním souboru ANAL.DAT

⁶ má definovaný nestandardní modelem zátěže (jiný než konstantní admitance) a/nebo frekvenční odlehčování

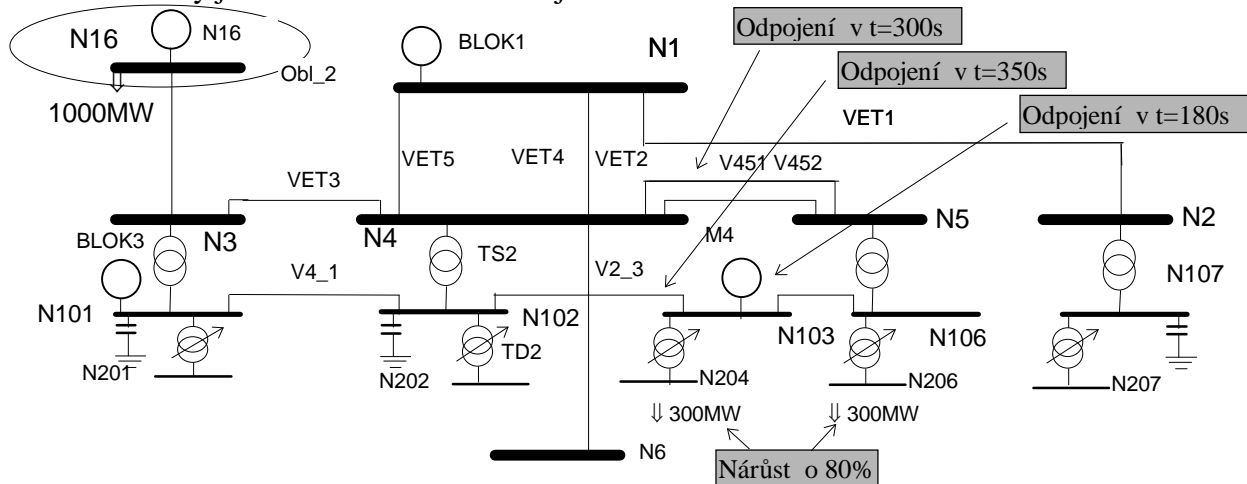
5.1. Simulace dlouhodobé dynamiky z hlediska napětí

Program může simulovat činnost automatické regulace odboček traf. Regulační trať jsou zadány v samostatném úseku vstupního souboru varianty chodu REGT_00.VET. Typové parametry pro model regulačního trať se zadávají v databázi SIT.DTB.

Pro simulaci napětového kolapsu změníme **scénář**:

1. zadána rampová změna zatížení v uzlech N204 a N206 o 80% rychlostí 20%/min.
2. v 3. minutě vypadne **blok M4**
3. v 5. minutě vypadne dvojité vedení V451 a V452
4. v 6. minutě vypadne vedení V2_3.

Poruchy jsou naznačeno na následujícím schématu:



Sch. 4 Popis scénáře pro vyvolání napětového kolapsu

Pro zavedení závislosti zatížení na napětí byl změněn model uzlu v uzlech N204 a N206. Poloviční objem zátěže tvoří statický model a druhou polovinu tvoří ekvivalentní asynchronní motor. úprava je provedena v modifikaci UZLY.001. Model **bloku** M5 byl pozměněn tím, že byly upraveny parametry omezovače rotorového proudu, byla snížena mez na 90%, čímž je simulováno chybné nastavení omezovače. Úprava je provedena v modifikaci BLOKY.001.

Všechny úpravy jsou připraveny, takže stačí otevřít **případ** NapetKol.

Po spuštění simulace je možno pozorovat:

- nárůst zatížení v uzlech N204 a N206 v 4. grafu, signalizované zhnědnutím piktogramu uzlu F4
- skokové změny napětí v 2. grafu způsobené přepínáním odboček regulačních traf, signalizované zrůžověním piktogramu trať F2
- kmitavý průběh budícího napětí v 3. grafu způsobený působením omezovače rotorového proudu na bloku M5, signalizované zrůžověním piktogramu bloku F6

Všechny tyto činnosti jsou vypisovány průběžně do výstupního souboru AKCE.HLA.

Po výpadku vedení V2_3 se výpočet ukončí, protože nezkonverguje výpočet sítě. Výstupní soubor

KROK.HLA obsahuje následující hlášení:

Informace o automatické změně kroku a diagnostika

"CIGRE Belgium Test System"

cas[sec] jmeno bloku max.chyba hlášení

| | | | | |
|---------|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| 317.400 | N105 | ;puleni kroku | : Prekrocen pocet iteraci | ;Chyba,krok 0.1321, 0.0500 |
| 320.500 | N105 | ;puleni kroku | : Prekrocen pocet iteraci | ;Chyba,krok 0.0035, 0.0250 |
| 320.500 | N205 | Sit:preiterovano_D;Iter,chyba: | 10 ,0.0523 | |
| 320.500 | N105 | ;puleni kroku | : Prekrocen pocet iteraci site;Chyba,krok 0.0035, 0.0125 | |
| 320.500 | N205 | Sit:preiterovano;Iter,chyba: | 10 ,0.0313 | |
| 320.500 | N105 | ;nelze pulit krok: | Prekrocen pocet iteraci site;Chyba,krok 0.0035, 0.0125 | |

Výp. 13 Výpis informací o změně integračního kroku

Program třikrát zmenšil velikost integračního kroku až na minimální hodnotu. Ani pak nebylo dosaženo na povolený počet 10 iterací povolené chyby, což je příznak napětového kolapsu.

Minimální velikost kroku, povolené iterační chyby eps a epsU a povolený počet iterací se zadávají ve vst.souboru RIZENI.DAT, který je dostupný příkazem **Modifikovat| Řízení**.

Podrobnější informace o průběhu kontroly přesnosti výpočtu lze získat volbou parametru Diagn=1 v textovém režimu nebo zaškrtnutím *Craete a diagnostic file* na kartě *Dynamic calculation*..Konec iteračního procesu pak bude následující:

```

320.5000 N206      Sit:iterace;lter,chyba:      1 ,0.0402

320.500 N206      Sit:iterace;lter,chyba:      5 ,0.0024
320.500 N206      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 5 ,0.0013
320.500 N105      Blok:iterace;lter,Chyba 1 ,0.4814
320.500 N205      Sit:iterace;lter,chyba:      1 ,0.0296

320.5000 N206      Sit:iterace;lter,chyba:      4 ,0.0024
320.5000 N206      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 4 ,0.0015
320.500 N105      Blok:iterace;lter,Chyba 2 ,0.2774

320.5000 N206      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 3 ,0.0015

320.5000 N206      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 0 ,0.0005
320.500 N105      Blok:iterace;lter,Chyba 10 ,0.0054
320.5000 N205      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 0 ,0.0002
320.500 N105      ;pulení kroku : Prekrocen pocet iteraci ;Chyba,krok 0.0034, 0.0250
320.5000 N205      Sit:iterace;lter,chyba:      1 ,0.1155
320.5000 N206      Sit:iterace;lter,chyba:      2 ,0.0520

320.5000 N205      Sit:iterace;lter,chyba:      10 ,0.0523
320.5000 N205      Sit:preiterovano_D;lter,chyba:      10 ,0.0523
320.5000 N205      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 10 ,0.0523
320.500 N105      ;pulení kroku : Prekrocen pocet iteraci site;Chyba,krok 0.0034, 0.0125
320.5000 N205      Sit:iterace;lter,chyba:      1 ,0.0358

320.5000 N205      Sit:iterace;lter,chyba:      10 ,0.0313
320.5000 N205      Sit:preiterovano;lter,chyba:      10 ,0.0313
320.5000 N205      Uzel:konvergence;Pocetlter,Maxchyba: 10 ,0.0313
320.500 N105      ;nelze pulit krok: Prekrocen pocet iteraci site;Chyba,krok 0.0034, 0.0125

```

Výp. 14 Podrobnější výpis informací o iteračním procesu při zadané diagnostice

Program provádí dva iterační procesy -jednak při výpočtu napětí sítě (tzv. síťový) a jednak při integraci. Síťový iterační proces probíhá při nestandardní definici modelů zatížení, kdy se predikují hodnoty napětí, aby se určil výkon odebíraný zatížením. Po síťovém výpočtu se zpětně kontroluje, jestli chyba predikce nebyla větší než zadaná hodnota epsu. Tento iterační proces lze nazvat malou iterační smyčkou, protože se iteruje v rámci algebraických síťových rovnic a diferenciální rovnice jsou nedotčeny. Při integraci diferenciálních rovnic bloku je nutno predikovat i pomalu se měnící stavové proměnné. Po síťovém výpočtu a řešení soustavy diferenciálních rovnic zpětně kontroluje, jestli chyba predikce nebyla větší než zadaná hodnota eps. Jelikož tato predikce ovlivňuje i výpočet síťových rovnic nazývá se velkou iterační smyčkou.

V našem případě iterační problémy začaly v čase 320.5s, kdy byl nejprve proveden povolený počet 10 iterací ve velké smyčce, aniž by bylo dosaženo dovolené chyby eps=0.002. V každé velké smyčce program iteroval v malé smyčce, přičemž počet síťových iterací se postupně snižoval z 5 na 0. Jelikož po 10. iteraci byla chyba ještě 0.0034 zmenšil program krok na 0.025 s. Pak došlo k 10 síťovým iteracím v malé smyčce, aniž by byla dosažena požadovaná přesnost epsU=0.002. Program tedy opět snížil integrační krok na minimum 0.0125s, ale ani pak se nepodařilo dosáhnout přesnosti. Další zmenšování kroku už nebylo možné, takže se výpočet ukončil.

☞ Důležité body:

- Pro modelování regulačních traf je nutno je definovat v úseku traf vstupního souboru VET.DAT
- Parametry automatického přepínání odboček jsou definovány v databázi SIT.DTB odkazem do katalogu typových parametrů TYP_SIT.CAT.

☹ Potenciální problémy:

- ◆ Pro zadání trendové změny zatížení je nutno definovat nestandardní model zatížení (např. konstantní proud nebo statickou charakteristiku) v databázi UZLY.DTB.
- ◆ Při zadání statické charakteristiky zátěže (ekvivalentního asynchronního motoru) je nutné nejen definovat procentní podíl, ale i parametry odkazem do katalogu typových parametrů TYP_SIT.CAT (TYP_BLOK.CAT).

6. VÝPOČTY PŘECHODNÝCH DĚJŮ VE VLASTNÍ SPOTŘEBĚ BLOKU

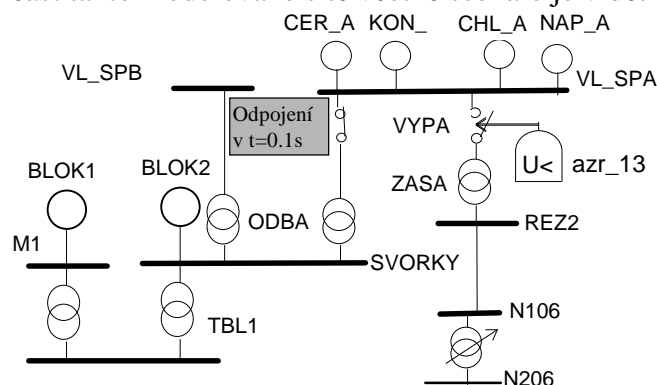
Tyto výpočty bezprostředně souvisí s modelováním asynchronních motorů, konkrétně jejich spouštěním a samonajížděním¹. V této kapitole si ukážeme příklad simulace samonajíždění pohonů vlastní spotřeby bloku po ztrátě pracovního napájení z odbočkového trafa. Záskok na rezervní napájení se provede automaticky.

¹ odpojení od sítě spojené s doběhem motorů a následným zapnutím spojené s rozběhem motoru

6.1. Simulace samonajíždění pohonů vlastní spotřeby

Známým způsobem otevřeme projekt nazvaný MOTOR, který obsahuje připravená vstupní data pro simulaci. Schéma sítě bylo pro účely této simulace upraveno:

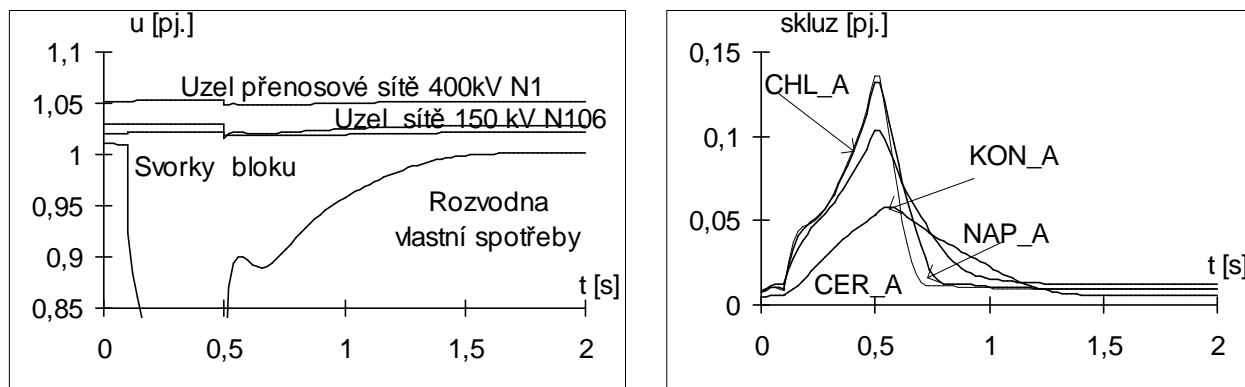
- blokové trafo bloků BLOK1 a BLOK2 se stala součástí sítě (jsou modelovány svorky generátoru)
 - jsou modelovány dvě rozvodny vlastní spotřeby (uzly VL_SPA a VL_SPB)
 - do uzlů vlastní spotřeby (VS) jsou připojeny čtyři asynchronní motory simulující pohony VS
 - uzel VL_SPA má připojeno rezervní trafo (odepnuto ze strany VS) napájené ze uzlu N106
- část takto modelované sítě včetně scénáře je vidět na následujícím schématu:



Sch. 5 Část sítě modelující vlastní spotřebu bloku

Každá z rozvodnů vlastní spotřeby má připojeny čtyři asynchronní motory. Tyto motory se zadávají ve vstupním souboru GEN.DAT v úseku motorů. Podobně jako u synchronních bloků jsou jejich modely definovány v databázi BLOK.DTB v úseku motorů.

Vlastní porucha - výpadek pracovního napájení s odbočkového trafo je simulována pomocí scénáře vypnutím větve ODBA. Záskok napájení - zapnutí vypínače VYPA na sekundáru záskokového trafo ZASA se provede automatickou, která měří napětí. Při poklesu napětí pod zadanou hodnotu dá povel k sepnutí vypínače. Jelikož všechny data jsou připravena pro výpočet stačí otevřít případ ZASKOK a spustit simulaci. Grafika nám ukáže přibližně toto.



Obr. 6 Časové průběhy napětí a skluzu motorů při automatickém záskoku rezervy

Na levém obrázku je vidět beznapěťovou pauzu v rozvodně vlastní spotřeby. Napětí zde neklesá na nulu, neboť motor CER_A přechází do generátorického režimu a napájí při doběhu ostatní motory, které se brzdí více. To je vidět na průbězích skluzů, kdy v závislosti na setrvačnosti pohonu se některé zpomalují více - červené a zelené průběhy NAP_A a KON_A, jiné méně CHL_A a zmíněný CER_A. Po automatickém zapnutí rezervního trafo se pohony začnou znovu rozbíhat, napětí vlastní spotřeby se zotaví z hodnoty cca 90 % na jmenovitou hodnotu. Záskok proběhne úspěšně.

Projekt motor obsahuje i jiný způsob automatického záskoku a to pomocí zařízení „synchrotact“. Na něm si ukážeme nový koncept tzv. hromadných (zásah provedený na více objektů stejného typu) a násobných zásahů (provedených na jedno působení automatiky nebo logiky).

6.2. Simulace hromadných a násobných zásahů

Záskok bude simulován automatikou testOZ a logikou Scheck. Model aktivujeme tím, že zablokujeme automatiku azr_13 zadáním jejího počátečního stavu jako 0 dle následujícího výpisu:

| V souboru AUTOMAT.DAT jsou seznam automatik a jejich pusobeni | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|----------|--------|---------------|---------------|--------|--------|----------|----|-----|-----|------|------|-------|--------------------|-----------------|
| Naut- pocet automatik: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Poc. | Jmeno | Per. | Merena hodn.X | Merena hodn.Y | Klic | Op. | XNast/X0 | Y0 | R/K | N | Tkon | Tzas | Tblok | Zasah | |
| stav autom. | [s] | Symbol | Objekt | Symbol | Objekt | | | | | | [s] | [s] | [s] | Kod | Obj Par |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nautx |
| 0 | 'azr_13' | 0.02 | '/U/' | 'VL_SPA' | ' ' | 'LIMT' | 'LT' | 3 | 0.0 | 0.0 | 0 | .0 | .1 | 1000 | 'BRAN' 'VYPA' 1 |
| 1 | 'testOZ' | 0.1 | '#B' | 'ODBA' | ' ' | 'LIMT' | 'EQ' | 0 | 0. | 0.0 | 0 | 1. | .1 | .1 \$(Vyp:) | |
| 1 | 'testTr' | 0.1 | 'TREL' | ' ' | ' ' | 'LIMT' | 'GT' | 5 | 0. | 0.0 | 0.04 | .1 | 1111 | 'STOP' '' 0 | |
| 0 | 'check-' | 0.01 | 'DFV' | 'VYPA' | ' ' | 'LIMT' | 'LT' | 5 | 0. | 0.0 | 0.04 | .1 | 0.5 | 'FICT' 'check-' 1 | |
| 0 | 'check+' | 0.01 | 'DFV' | 'VYPA' | ' ' | 'LIMT' | 'GT' | -5 | 0. | 0.0 | 0.04 | .1 | 0.5 | 'FICT' 'check+' 1 | |
| 1 | 'Vypnut' | 0.01 | '#B' | 'VYPA' | ' ' | 'LIMT' | 'EQ' | 0 | 0. | 0.0 | 0.02 | .1 | 0.1 | 'FICT' 'Vypnut' 11 | |

Výp. 15 Výpis souboru AUTOMAT.DAT pro simulaci „synchrochecku“

Jednodušší způsob je použití připraveného případu SYNCHRO, kde se automatika azr_13 deaktivuje pomocí variace scénáře. Zároveň se prodlouží doba výpočtu a rozšíří se osa závislé proměnné v pravém grafu. K záskok totiž dojde později, takže motory se zpozdí více, jak je vidět po spuštění simulace.

Výchozí automatika testOZ měří stav větve ODBA. Při výpadku větve provede vícenásobný zásah, který je zadán pomocí makra Vyp. Ve vstupním souboru MAKRA.DAT toto makro zadává dva zásahy. Jednak odblokuje automatiky check- a check+ (jedná se tedy o tzv. hromadný zásah) a jednak zablokuje sama sebe. Automatiky check- a check+ měří fázový rozdíl mezi napětími na začátku a konce větve VYPA, tedy vypínače, který uskuteční automatický záskok. Ozásaj automatik je použit jako vstup pro měřicí články logiky Scheck (mají definovaný zásah 'FICT').

Automatika testTr jenom ukazuje použití tzv. relativního času jako měřené proměnné a zásah STOP, který zastaví výpočet. Relativní čas (má symbol TREL) má stejnou hodnotu jako běžný čas výpočtu do doby než je proveden zásah TIME, který nastaví novou hodnotu relativního času.

Vlastní logika se definuje ve vstupním souboru LOGIC.DAT:

V souboru LOGIC.DAT jsou seznam automatik a jejich pusobeni
Nlog-pocet logik, Diag-diagnostika:0(NE)/1(viz LOGIC.DIA)/2(+mapa zasahu v AKCE.HLA)

1, 0

| Poc. stav | Jmeno autom. | Per. [s] | Nclanku | Tzas [s] | Tblok [s] | Zasah Kod | Objekt | Param |
|-----------|--------------|----------|----------|----------|-----------|--------------|--------|-------|
| 1 | 'Scheck' | 0.1 | 1 | .1 | 2 | \$(Synchro:) | | |
| | 'Check' | 'AND' | 'check-' | 'check+' | 'Vypnut' | | | |

'BRAN' 'VYPA' 1
'AUTO' 'check-' 0 'check+' 0
'LOGC' 'Scheck' 0
'TIME' ' ' 0

Výp. 16 Definice logiky simulující dvoustupňovou distanční ochranu

Jestliže jsou splněny podmínky sepnutí (rozdíl fázi měřený automatikami check- a check+ je dostatečně malý) a současně je vypnut vypínač VYPA (měřený automatikou Vypnut), provede logika vícenásobný zásah definovaný makrem Synchro: zapne vypínač VYPA, zablokuje automatiky check- a check+ a současně zablokuje sama sebe (tím se vlastně uvede do stavu očekávání odblokování). Poslední zásah vynuluje relativní čas (jako objekt se zadává prázdný řetězec). To způsobí, že automatika testTr ukončí výpočet za 5s po tomto zásahu.

Poslední ukázkou je rozběh stojícího motoru. Tento motor STR_A je zadán ve vstupním souboru GEN.DAT v úseku motorů s počátečním stavem 0. Rozběh je zadán pomocí scénáře.

Po otevření případu START a spuštění výpočtu vidíme v pravém grafu průběh skluzu spouštěného motoru. Celý rozběh trvá kolem 8 sekund a v levém grafu jsou vidět veličiny motoru. Zajímavý je zelený průběh jalového výkonu, odebíraného během rozběhu. Je mnohem větší než tmavomodrý průběh činného výkonu, potřebného na urychlení pohonu. Červený průběh je moment motoru a světlomodrý protimoment poháněného zařízení. Po celou dobu rozběhu je moment motoru větší než zatěžovací protimoment, což zaručuje úspěšný rozběh.

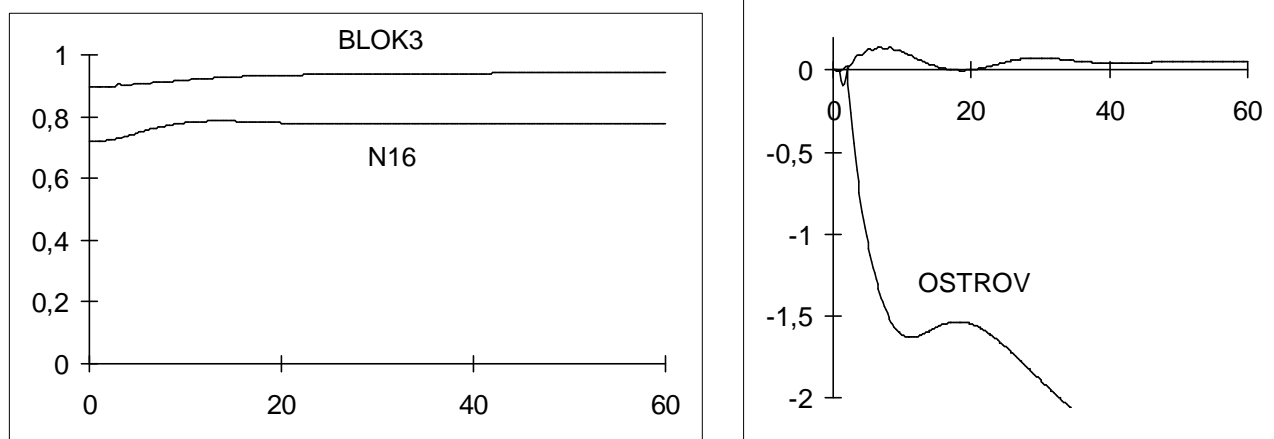
☞ Důležité body:

- Asynchronní motory jsou definovány ve vstupním souboru GEN.DAT v úseku motorů
- Pokud chceme modelovat motory jako bloky, zadává se jejich odběr jako záporná dodávka v souboru UST.DAT
- Čas jako měřená veličina může vstupovat do automatiky jako absolutní nebo relativní hodnota
- Automatiku je možno aktivovat (uvádět do činnosti) pomocí zásahu 'AUTO'
- ☹ Potenciální problémy:
 - ◆ Skluz motorů je kladný pro otáčky menší než synchronní (opačně jako u skluzu generátorů)
 - ◆ Hromadné a násobné zásahy se zadávají pomocí makra

Účelem výpočtů dynamiky napájení vlastní spotřeby je hlavně zjistit bezpečný průběh přechodných dějů při samonajíždění pohonů a spouštění největšího pohonu. Tyto děje výrazně ovlivňují bezpečnost a spolehlivost provozu elektrárny.

Některé výpočty dynamiky vlastní spotřeby bloku byly publikovány v [6], [7], [8], [10] a [11] a [12].

Po otevření případu ISLAND a spuštění programu nám grafika vykreslí průběhy podobné těmto:



Obr. Chyba! Neznámý argument přepínače. **Průběhy výkonu turbín BLOK3 a N16 a frekvencí oblasti OSTROV a zbytku ES**

Před rozborem děje se přesvědčíme v souboru AKCE.HLA (**Hlášení**| **Events**) k čemu došlo:

```
Hlaseni o udalostech:
"CIGRE Belgium Test System - Mid-Term Dynam"
Cas [s] Objekt Udalost
1.000 VET3 vypnuto dle scenare
2.000 V4-1 vypnuto automatikou:nadi_9
2.000 V4-1 vypadkem vznikl novy ostrov
```

Hla. 7 Hlášení o vypnutí vedení VET3 podle scénáře a odepnutí vedení V4_1

Výpadkem prvního vedení došlo k přetížení zbylého, které bylo rozpojeno automatikou simulující ochranu proti přetížení. V pravém grafu vidíme průběhy odchylky frekvence v obou částech rozdělené soustavy. Zatímco v oblasti OSTROV dochází vlivem deficitu výkonu k poklesu frekvence, ve zbytku soustavy je patrný růst, který je činností primární regulace zastaven na odchylce 25 mHz.

Deficit výkonu v odpojené oblasti činí 92MW¹. Naproti tomu velikost primární regulační rezervy v oblasti OSTROV je 46MW, jak vyplývá z výpisu souboru PRIM_REG.ANA:

```
Analyza primarni regulacni rezervy po oblastech a blocich
Jmeno Kod PRR+ PRR- DRR Ntmin Nt Ntmax Ntn Pn
bloku Staticka Dynam. [MW]
N16 ,SCoCF , 35.9, -35.9, 401.0, 960.,1034.,1320., 1435.,1402.,
BLOK3 , CoCF , 9.8, -9.8, 0.0, 80., 175., 195., 196., 195.,
Prehled modelovani zdroju jednotlivych oblasti [MW]
Jmeno Konstantni Statickou Dynamicky Celkem Prim.regul.rezer.
oblasti admitanci charakt. blokem cerpani [MW] [MW] [%]
OSTROV 0. 0. 1209. 0. 1209. 46. 3.8
```

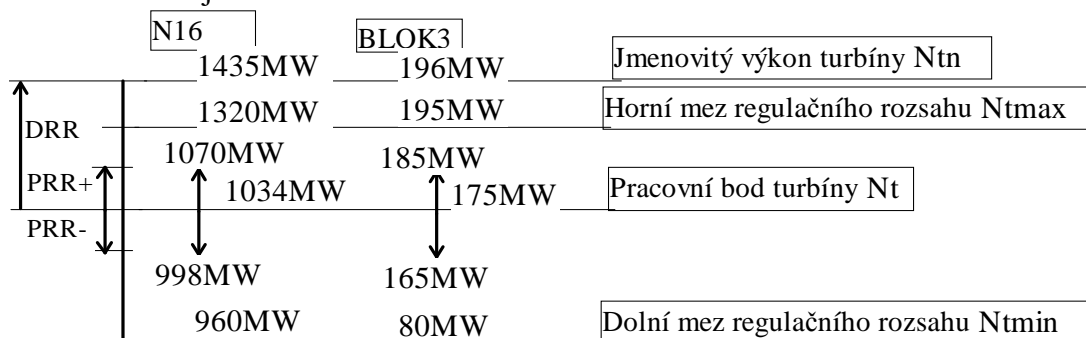
Ana. 3 Analýza primární regulace jednotlivých bloků a sumární přehled oblasti

Výkonový deficit je větší než velikost primární regulační rezervy, což vysvětluje pokles frekvence. V 33. sekundě frekvence klesne pod hodnotu 49 Hz, což je mez pro 1.stupeň frekvenčního odlehčování (FO). Jelikož oblast OSTROV nemá FO definováno a primární regulační rezerva je vyčerpána, pokles frekvence není bržděn a hrozí frekvenční kolaps.

¹ rovná se hodnotě salda oblasti OSTROV na počátku výpočtu, které lze zjistit ve výst.souboru SIT_POC.ANA

Proveďme nyní analýzu regulace výkonu turbín bloků v oblasti OSTROV tj. N16 a BLOK3. Základní představu o způsobu regulace nám poskytují charakteristiky uvedené v předchozím výpisu. Kvalitativní popis vyjadřuje Kod¹. U bloku N16 znamená SCoCF klasickou regulaci (turbína je řízena regulátorem výkonu a kotl je regulován na konstantní tlak, zadaná hodnota výkonu je korigována odchylkou tlaku - jedná se o tzv. koordinovanou regulaci). Regulační schéma obsahuje i korektor výkonu od odchylky frekvence a funkční proporcionální regulátor otáček. Jeho výstup se přičítá k signálu z výstupu regulátoru výkonu². U bloku BLOK3 chybí regulátor otáček.

Kvantitativní představu o členění regulačního rozsahu nám dávají ostatní údaje graficky znázorněné na následujícím obrázku:



Obr. 8 Znázornění výkonových rozsahů turbín bloků N16 a BLOK3

Okamžité hodnoty výkonů turbín na konci výpočtu (z levého grafu) ukazují 184 a 1113 MW. U bloku BLOK3 je hodnota 184 MW přibližně rovna součtu pracovního bodu (odpovídá zadané hodnotě výkonu v počátečním stavu) a primární regulační rezervy (PRR+). To ukazuje správnou činnost regulace výkonu s korekcí od frekvence. U bloku N16 je však hodnota 1113 MW větší než uvedený součet, který činí 1070MW. Rozdíl 43 MW je dán interakcí mezi regulátorem výkonu a regulátorem otáček. Regulátor výkonu se snaží udržet zadanou hodnotu 1070 MW, naproti tomu přídatný signál z regulátoru otáček (přičítá se k výstupu regulátoru výkonu) zvyšuje požadované otevření ventilů. Výsledkem je dynamická rovnováha, kdy účinek poklesu frekvence zprostředkovaný regulátorem otáček je eliminován klesajícím výstupem z proporcionálně - integračního regulátoru výkonu. Tento stav bude trvat do doby, než výstup z integračního členu neklesne na hodnotu Ntmin. Tím bude výstup regulátoru výkonu nasycen (zablokován) a řízení převezme regulátor otáček.

Jednou z možností jak pozastavit pokles frekvence je zvětšení primární regulační rezervy. Doporučení UCPTE však stanoví sumární primární regulační rezervu o velikosti 2.5 % z vyráběného výkonu. Z důvodů ekonomie provozu není vhodné tuto rezervu překračovat, je však možné přerozdělit její velikost mezi jednotlivými bloky. Změníme nyní blok BLOK3 na vodní turbínu z rozšířenou primární regulační rezervou. To se provede změnou modelu turbíny na HYDR a změnou typových parametrů regulátoru na PoHF3 s omezením na korektoru frekvence ± 20 % jmenovitého výkonu v databázi modelů bloků BLOK.DTB. Všechny změny jsou již v připraveny v případě PRIMREG, takže stačí jej otevřít.

Po spuštění výpočtu je vidět zmenšení rychlosti poklesu frekvence, protože vodní turbína je nyní na plném výkonu. Zároveň je možno pozorovat jev tzv. vodního rázu, kdy vodní turbína na otevření regulačního orgánu reaguje nejprve poklesem výkonu. Je to způsobeno tím, že je nutné nejprve urychlit vodní sloupec v přívodním potrubí.

Ani teď však pád frekvence není zastaven a sumární primární regulační rezerva nestačí. O způsobech uvolnění celého regulačního rozsahu pojednáme v dalších kapitolách. Nejprve se však zmíníme o regulačním účinku zátěže.

¹ popsáný v oddílu o střednědobé dynamice

² bloková schémata regulace jsou uvedena v Popisu [1]

7.2. Zpřesnění modelu zátěže

Zabývejme se nyní vlivem modelování zátěže. V dosavadním modelu bylo zatížení nahrazeno konstantní admitancí¹, takže odběr výkonu (regulační efekt zátěže) závisí pouze na kvadrátu napětí (to odpovídá čistě odporové zátěži - žárovkám a pecím). Vlivem toho modelu došlo k nárůstu zatížení v oblasti OSTROV po dělení asi o 4MW, protože napětí vzrostlo. To ovšem neodpovídá realitě, neboť skutečné zatížení je tvořeno množstvím spotřebičů nejrozličnějšího charakteru a podstatnou část tvoří motorická zátěž.

Zpřesnění je možné použitím statických charakteristik zátěže, kdy velikost odebíraného výkonu je závislá na okamžitých hodnotách napětí a frekvence. Vlastní závislost se určuje identifikací z naměřených statických měření. Zadání takového modelu v programu MODES se provede v databázi UZLY.DTB, kde je již připravený záznam pro uzel N201. Tento záznam však nebyl dosud aktivní, protože počet záznamů Nuzl byl zadán 0. Jestliže čtenář změní tuto hodnotu na 1, bude 100% odběru výkonu v uzlu N201 (tj. 300 MW) modelováno statickou charakteristikou s parametry OBECNA z katalogu TYP_SIT.CAT. Je možné otevřít připravený případ STAT_ZAT. Po spuštění výpočtu je vidět, že pokles frekvence je zpomalen, ne však zastaven. Z výstupního souboru SIT_KON.ANA zjistíme, že zdroje dodávají do oblasti OSTROV výkon 1290 MW, zatímco sumární výkon turbín je 1285 MW. Rozdíl těchto výkonů určuje pokles trvalý pokles frekvence.

Druhý způsob zohlednění frekvenčního regulačního efektu zátěže je modelování části zátěže jako ekvivalentní asynchronní motor.

Jak již bylo řečeno odběr v uzlu záleží na modelu zátěže. Pokud např. čtenář vymění stávající záznam v databázi UZLY.DTB pro uzel N201 za nový podle následujícího výpisu:

| Typ.parametry - odkaz do katalogu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|------|----|------|------|----|-----|------|-----|------------|----|----|----|-----------------------------------|---------|-------|------|-----|--|
| Jmeno Podil: | | Podb | | | Qodb | | | Sodb | | Fr.odlehce | | | | Typ.parametry - odkaz do katalogu | | | | | |
| uzlu | [%] | Ik | Gk | Term | Ik | Bk | SVC | Stat | Mot | F1 | F2 | F3 | F4 | Stat | Motoru | FrOdl | Term | SVC | |
| NUzlX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 'N201 | ' | 0 | 64 | 0 | 0 | 64 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | ' | 'CIGRE' | ' | ' | ' | |

Výp. 17 Změna záznamu modelu zátěže v databázi UZLY.DTB

Podle zadání bude 36% zatíženo modelováno jako ekvivalentní asynchronní motor a zbytek jako konstantní admitance. Motor bude mít parametry 'CIGRE' z katalogu TYP_BLOK.CAT. Pokud se pracuje v uživatelském rozhraní MODMAN stačí nahrát připravený případ EKVMOTOR.

Po spuštění výpočtu vidíme, že pokles frekvence je pomalejší, nicméně ani teď regulační efekt zátěže (tvoří asi 9 MW - viz. výstupní soubor SIT_ROZ.ANA) nestačí na pokrytí výkonového deficitu. Pokusíme se tedy provést opatření na straně zdrojů. Tím se budeme zabývat v následující kapitole.

7.3. Přejít do režimu regulace otáček

Cílem této operace je dát k dispozici celý regulační rozsah turbíny jako odezvu na změny frekvence v síti. V běžném provozu se totiž z technických a ekonomických důvodů omezuje pro tyto účely pouze primární a sekundární regulační rezerva. Přepnutí se provede od podfrekvenčního relé, nastaveného ve velké propojené soustavě na hodnotu 49.8Hz. Tato mez představuje bezpečný příznak přechodu části ES do ostrovního režimu. V dynamickém modelu proto použijeme automatiku, která po zadaném poklesu frekvence provede zásah 'STRC', který přepne regulátor parní turbíny na bloku N16 do režimu regulace otáček². V souboru AUTOMAT.DAT je připravena automatika pof_10, která je v počátečním stavu neaktivní. Aktivace se provede pomocí scénáře. Nezbytné operace jsou již připraveny v případě OTACREG, takže jej postačí otevřít.

Po spuštění výpočtu je rychlý patrný pokles frekvence stejný jako v předchozích případech.

V čase 2.7 s dojde k přepnutí do regulace otáček na bloku BLOK3 a o sekundu později na bloku N16, což se v grafice projeví zeleným probliknutím piktogramu turbíny (F8). Zatímco na prvním bloku s vodní turbínou je přepnutí iniciováno přídatnou automatikou regulátoru turbíny,

¹ je použit standardní model, pokud uživatel nedefinuje jiný v databázi UZLY.DTB

² rozlišujeme režim regulace otáček od režimu primární regulace popsán v první kapitole tohoto oddílu

kteřá je součástí modelu regulátoru, u bloku s parní turbínou je přepnutí iniciováno výše uvedenou automatikou.

Rozdíl je i v zadané hodnotě otáček (proměnná WZAD v levém grafu na obrazovce). Na vodní turbíně se jedná o tzv. beznárazové přepnutí, kdy v režimu regulace výkonu se neustále mění zadaná hodnota otáček, tak aby v okamžiku přepnutí do regulace otáček se žádaná hodnota otevření regulačního orgánu nezměnila. Proto je zadaná hodnota otáček 104%, tedy nad jmenovitou hodnotou. U modelu parní turbíny se beznárazové přepínání neprovádí a zadaná hodnota otáček je jmenovitá a musí se případně změnit zásahem 'TURB'. Tím je vysvětleno proč právě parní turbína na sebe nabere většinu zatížení.

Průběh frekvence se zotaví. Je však vidět velká odchylka tlaku PTUR na parní turbíně, způsobená pomalostí kotelní regulace, která pomocí změny dodávky paliva reguluje admisní tlak. Aby turbína lépe zvládla přechod do ostrovního provozu provádí se v regulátoru úpravy spočívající v přepnutí:

1. regulace turbíny do režimu regulace otáček s korekcí na záporné odchylky tlaku (pokles tlaku)
2. regulace kotle na udržování množství páry odpovídající elektrickému zatížení generátoru zvýšenému o rezervu, která je přepouštěna vysokotlakými přepouštěcími stanicemi (tzv. „bypass“).

Přechod do tohoto režimu - tzv. ostrovního regulátoru se v modelu provede zásahem 'ISLN' iniciovaný automatikami pof_RO a pof+RO při překročení odchylky frekvence ± 200 mHz. V propojené soustavě (v synchronním provozu se soustavou UCPTE) je tato odchylka považována za příznak přechodu do ostrovního provozu. Příslušné automatiky jsou definovány ve vstupním souboru AUTOMAT.DAT, takže je stačí aktivovat pomocí scénáře.

Po otevření případu OSTRREG a spuštění výpočtu je vidět, že odchylka tlaku páry PTUR dosáhla 4%. Je to způsobeno tím, že korektor tlaku zmenšuje otevření regulačních ventilů požadované regulátorem otáček.

Dosud jsme simulovali přechod do deficitního ostrova, kdy zatížení bylo větší než výkon turbín, takže docházelo k poklesům frekvence. Nyní se budeme zabývat přechodem do přebytkového ostrova, kdy naopak bude zatížení menší, než výroba. Přebytek výkonu v ostrovu se dosáhne tím, že současně s výpadkem vedení VET3 se provede i výpadek trafa TD1 napájecího zatížení 300 MW (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Nejprve budeme zkoumat přechod do přebytkového ostrova v režimu regulace otáček. Otevřeme případ OTACREGP a spustíme výpočet. V pravém grafu je vidět odchylka frekvence s maximem 1.8 % (0.9 Hz) s doregulováním na poloviční hodnotu. V levém grafu je vidět, že odchylka tlaku dosáhla 8 %. Tlak páry je regulován dodávkou paliva do kotle.

Pro zamezení růstu tlaku je parní turbína opatřena přepouštěcími stanicemi, které odvádějí páru při nárůstu tlaku mimo turbínu. Činnost těchto stanic si ukážeme v případě OSTRREGP. Po spuštění výpočtu je vidět, že odchylka tlaku nepřevyší 3%. Regulaci tlaku převzala přepouštěcí stanice, kterou protéká množství páry VTPS. V ustáleném stavu (po doregulování tlaku na jmenovitou hodnotu) tvoří toto množství 10% jmenovitého průtoku, což je zadaná hodnota rezervy, kterou kotel natopí nad výkon určený zatížením bloku. Velikost této rezervy se zadá typovým parametrem NR z úseku přídatných automatik regulace pohonu v katalogu TYP_BLOK.CAT. Případný nárůst zatížení (náhodnými změnami zatížení ostrova) může být hrazen z této rezervy.

Modely přepouštěcích stanic a regulátoru ostrova tvoří tzv. alternativní modely. Program rozpozná tyto modely pomocí počtu typových parametrů v katalogu TYP_BLOK.CAT. V daném případě má blok N16 přiřazeny typové parametry P_PS v úseku turbín a PSK v úseku přídatných automatik regulátorů turbín. V prvním případě je na řádce 21 parametrů místo obvyklých 17 a v druhém případě 19 místo obvyklých 7.

Vrátíme se zpět k deficitnímu ostrovu. Dalším prostředkem pro pokrytí výkonové nerovnováhy je najetí rychle dosažitelné rezervy. Tím se bude zabývat následující kapitola.

7.4. Najetí rezervního zdroje

Přifázování nového bloku je v programu jednoduché, neboť rezervní bloky mohou být v tabulce generátorů ve vstupním souboru GEN.DAT již zadány. Tam je i blok REZER s počátečním vypnutým stavu 0. Najetí bloku provedeme pomocí scénáře, čímž budeme simulovat činnost dispečera.

☐ Pro simulaci najetí rezervy stačí provést tyto úkony:

- ☞ prodloužit dobu výpočtu na 180 s změnou Tkon ve vstupním souboru RIZENI.DAT
- ☞ přidat symbol výkonu turbíny 'NT' bloku REZER do 1.grafu ve vstup.souboru VYSTUP.DAT
- ☞ zkopírujeme úsek označení Synchronisationza výpadek VET3 v souboru SCENAR.DAT:

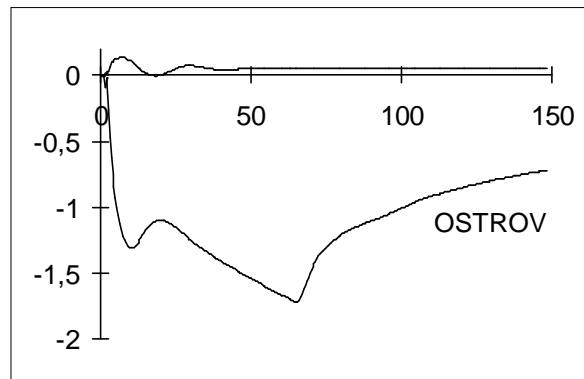
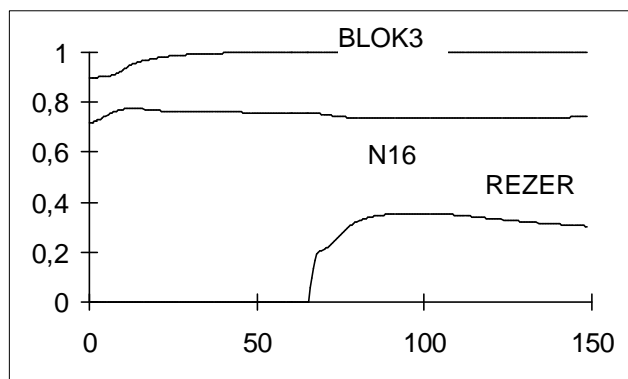
```
1,'BRAN'
1
'VET3',0
60,'SYNC'
1
'REZER',1
61,'UNIT'
1
'REZER',1
10000,'END'
```

Výp. 18 Scénář pro synchronizaci a přifázování rezervního bloku REZER

Po zásahu 'SYNC' provede program tyto činnosti:

- vyrovná rozdíl napětí na svorkách generátoru a napětí sítě na nulu (amplitudy i fáze)
 - vyrovná skluž generátoru s odchylkou frekvence v síti
 - zadaná hodnota otáček bude odpovídat frekvenci v síti,
- čímž bude blok připraven na nafázování, které se provede zásahem 'UNIT'.

Z prostředí MODMAN postačí otevřít případ STARTREZ. Po spuštění programu nám grafika vykreslí průběhy podobné těmto:



Obr. 9 Průběhy výkonů turbín a odchylky frekvencí při najetí rezervního zdroje

Po spuštění programu uvidíme v 61s nárůst výkonu rezervního bloku, který je výsledkem činnosti regulátoru výkonu¹. Zadaná hodnota výkonu činí $N_{tmin}=20$ MW (definuje se ve vstupním souboru GEN.DAT) a tato hodnota je korigovaná odchylkou frekvence.

Proměnné turbíny v poměrných hodnotách (tak jak jsou vynášeny v grafice nebo do uživatelských výstupních souborů) jsou vesměs vztaženy na jmenovitý výkon turbíny N_{tn} (na rozdíl od činného výkonu generátoru, který je vztažen na zdánlivý výkon generátoru S_{gn}). Vztažný výkon turbíny je programem vypočítán pomocí vztahu $N_{tn}=S_{gn}/K_n$, kde k_n je typový parametr dané turbíny (z katalogu parametrů TYP_BLOK.CAT). Pro blok REZER platí $N_{tn}=117$ MW. Příspěvek korekce dává při odchylce 0.49 Hz a statice 5% 20 MW². Výsledkem je pak výkon turbíny 40 MW.

¹ po nafázování je automaticky zapnuta základní regulace - zde regulace výkonu s korektorem frekvence

² Primární regulační rezerva je omezena na 20 % pro odchylky frekvence větší než -500 mHz dojde k nasycení korektoru -vyčerpání rezervy

7.5. Synchronizace ostrova

Zatímco v předchozích kapitolách jsme simulovali přechod části ES do ostrovního režimu, v této kapitole se budeme zabývat opačným přechodem - zpětnému přifázování ostrova ke zbytku ES.

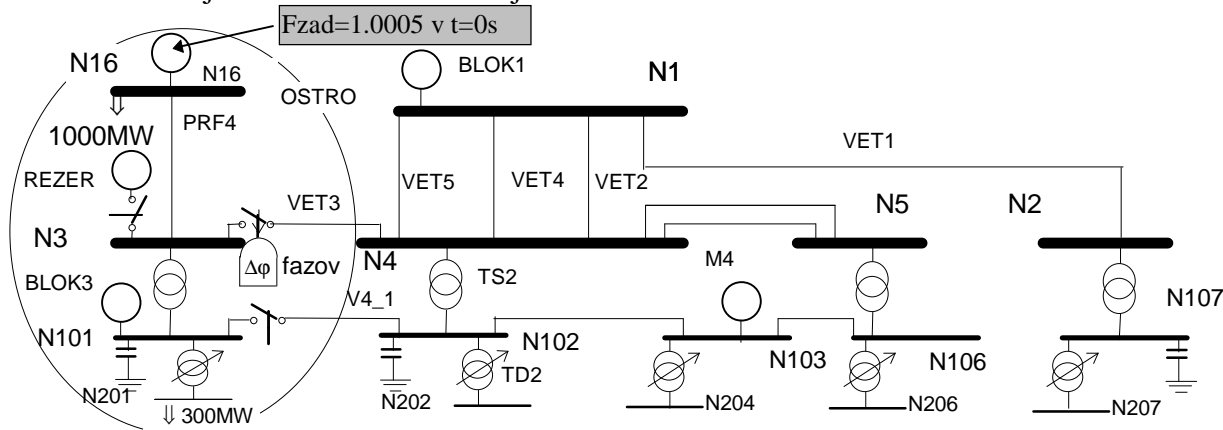
Všechna potřebná data jsou připravena v případě FAZOVANI, takže ho otevřeme. Tyto data odrážejí stav na konci předchozí simulace s tím rozdílem, že proběhly sekundární případně terciární regulační děje spočívající v tom, že:

1. veškerý deficitní výkon převzal blok N16, který plní v oblasti OSTROV úlohu regulační elektrárny vyregulující frekvenci na jmenovitou hodnotu.
2. blok REZER je odstaven do rezervy.

V jednotlivých vstupních souborech jsou provedeny následující změny:

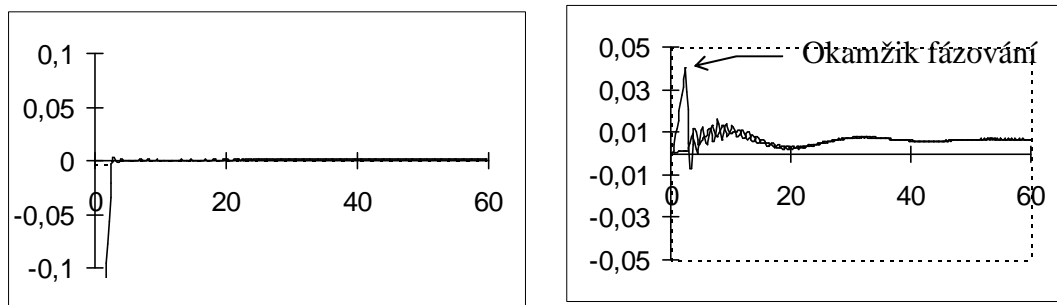
- v souboru UST.DAT jsou definována dvě čísla referenčního uzlu¹
- v souboru VET.DAT dvě hraniční vedení - VET3 a V4-1 jsou vypnuty
- je definována automatika² fazov, která sepne vedení VET3, jestliže fázovací úhel překročí mez -3°
- v scénáři SCENAR.DAT se změní zadaná hodnota frekvence v korektoru frekvence bloku N16.

Situace je naznačena na následujícím schématu:



Sch. 7 Schéma části ES s vyznačením oblasti OSTROV

Automatika fazov simuluje fázovač, který kontroluje pouze jednu fázovací podmínku a to rozdíl fází napětí na počátky a konce fázovacího vedení VET3. Fázovací podmínku nulového rozdílu napětí budeme považovat za splněnou. Vzhledem k tomu, že dynamická simulace vychází z předem vypočítaného ustáleného stavu, je v obou systémech téměř nulová odchylka frekvence. Abychom dosáhli změny fázovacího úhlu a tím i vhodného fázovacího okamžiku, změníme zadanou hodnotu frekvence pro blok N16 o $+25\text{mHz}$. Tím nám rozdílový fázovací úhel začne růst z počáteční hodnoty -10° . Jakmile dosáhne nastavené hodnoty -3° (počítá se zpoždění vypínače), automatika fazov provede přifázování. Časový průběh zobrazovaný bude podobný těmto:



Obr. 10 Průběhy fázov. úhlu, rozdílu napětí a odchylek frekvencí OSTROVa a zbytku ES

Na pravém grafu je vidět splynutí obou frekvencí po sfázování.

¹ tento údaj má význam pro výpočet chodu, kde je nutno v každém ostrovu zadat tzv. bilanční uzel

² definice automatik je umístěna ve vstupním souboru AUTOMAT.DAT

Na závěr shrneme poznatky ze simulace ostrova pomocí programu MODES.

☞ Důležité body:

- Přejít do ostrovního režimu lze simulovat výpadky větví (poruchou a/nebo činností ochrany)
- V tabulce bloků mohou být některé bloky v počátečním stavu vypnuty (stav=0 v GEN.DAT)
- Počáteční režim regulace turbíny určují stav spínače¹ regulátoru a parametry regulátoru pohonu²
- Program identifikuje počáteční režim regulace turbíny pomocí kódu v souboru PRIM_REG.ANA
- Přepnutí do regulace otáček během výpočtu se provede zásahem 'STRC'
- Přepnutí do regulace ostrova se provede zásahem 'ISLN'
- Regulační efekt zátěže je určován modelem zátěže (např. pomocí statických charakteristik)
- Asynchronní motory mohou být zadány jako bloky v tabulce motorů v souboru GEN.DAT
- Synchronizace bloku se sítí se provede zásahem 'SYNC'
- Přifázování bloku k síti se provede zásahem 'UNIT'
- Při existenci nesouvislých oblastí v ES - ostrovů, je nutné v každé definovat bilanční uzel³
- Pro úspěšné fázování je nutno splnit fázovací podmínky⁴
- Pro kontrolu fázovacích podmínek poskytuje MODES proměnné 'DUV' a 'DFV'⁵
- Pro řízení frekvence ostrova lze použít zásah 'FREQ' pro blok vybavený korektorem frekvence⁶
- Pro dosažení beznárazového spínání je vhodné dát povel k fázování s předstihem⁷

☹ Potenciální problémy:

- ◆ Výstupní soubor PRIM_REG.ANA vzniká při volbě Ana2=1 ve vstupním souboru ANAL.DAT
- ◆ Před přifázováním bloku je nutné provést jeho synchronizaci
- ◆ Pro simulaci přepouštěcích stanic a regulace ostrova je nutno zadat příslušný počet typových parametrů - 21 pro úsek turbín a 19 pro úsek přídatných automatik regulace pohonu.
- ◆ Skluzovou frekvenci volíme podle velikosti počátečního fázovacího uhlu $\Delta\varphi$ ⁸
- ◆ Pro kladnou hodnotu $\Delta\varphi$ zvolíme změnu zadané hodnoty korektoru frekvence Δf zápornou a naopak

Kontrola ostrovních režimů sítě tvoří jednu z hlavních částí havarijních plánů. Vznikají při nich velké odchylky provozních veličin (napětí a frekvence), které ohrožují bezpečnost provozu. Mezi hlavní obranné opatření patří způsob regulace turbíny (uvolnění regulačního rozsahu přechodem do regulace otáček), najetí rezervního zdroje a frekvenční odlehčování zátěže.

Zpětné fázování částí ES se provádí v moderních sítích pomocí automatických zařízení, kontrolujících splnění fázovacích podmínek (např. typ SYNCHROCHECK). Tyto zařízení musí mít zadány mezní hodnoty rozdílového úhlu a napětí, skluzu a pod. Určení těchto hodnot je možné při zadání kritérií (nepůsobení distančních ochrany, ráz činného výkonu na blízké generátory a pod.) pomocí simulačních výpočtů. Příklady podobných výpočtů budou náplní pokročilých témat.

Některé výpočty ostrovních režimů byly publikovány v [6] , [7] , [8] [9] a [14] .

¹ je definován v databázi BLOK.DTB ve sloupci Turbína - Stav

² jsou definovány v katalogu TYP_BLOK.CAT v úseku regulátoru pohonu a přídatných automatik

³ provede se ve vst.souboru UST.DAT - bod platí pro výpočty ustáleného stavu pomocným programem UST

⁴ mezi ně patří „nulový“ rozdíl fází, amplitud a frekvencí obou fázovaných systémů

⁵ jedná se o rozdíl fáze a amplitudy napětí počátečního a koncového uzlu vedení

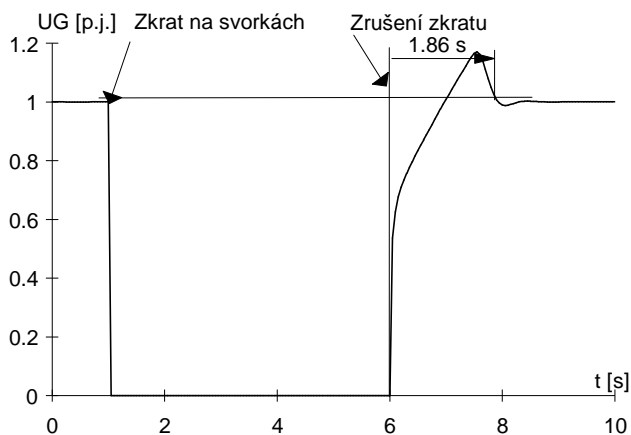
⁶ korektor frekvence koriguje zadanou hodnotu výkonu podle odchylky frekvence od zadané hodnoty

⁷ tento předstih kompenzuje zpoždění způsobené dobou sepnutí vypínače

⁸ ten je dán výpočtem ustáleného stavu

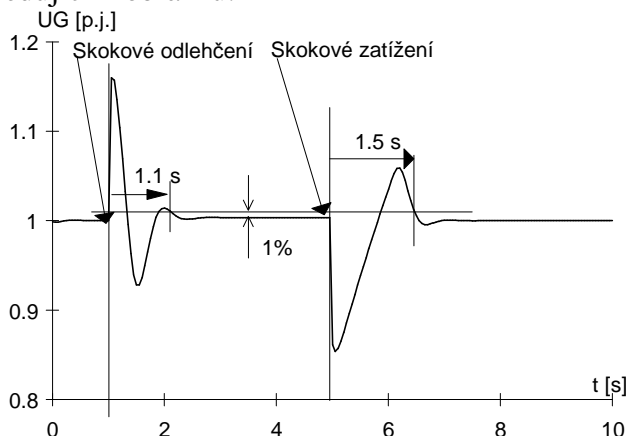
8. SIMULACE VZNĚTOVÉHO MOTORU

V tomto oddílu se budeme zabývat analýzou dynamického chování záložního zdroje - dieselgenerátoru napájejícího izolovanou zátěž. Pro zahájení práce otevřeme projekt DIESEL. Otevřeme nejprve případ USTAV, který ukazuje ustálený stav dieselgenerátoru naprázdno. Další případ ZKRATKOM ukazuje chování soustrojí při zkratu na svorkách trvajícím 5s. Na následujícím obrázku je průběh napětí na svorkách, který odpovídá modrému průběhu v druhém grafu:



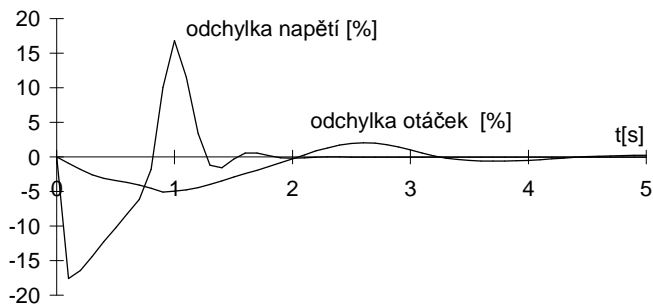
Obr. 11 Průběh svorkového napětí při zkratu na svorkách dieselgenerátoru

V prvním grafu je vidět detail s návratem do pásma odchylky napětí $\pm 1\%$ Un do dvou vteřin. Další případ SKOKQZAT ukazuje skokovou změnu jalového zatížení. Průběh napětí je opět na následujícím obrázku:



Obr. 12 Průběh svorkového napětí při skokové změně jalového zatížení dieselgenerátoru

Podobně jako v předchozím případě došlo k rychlé stabilizaci napětí. Start reálného asynchronního motoru je v případě ROZBEHAS. Následující obrázek zobrazuje v jednom grafu průběh odchylek otáček a svorkového napětí generátoru:



Obr. 13 Průběh odchylek svorkového napětí a otáček při rozběhu asynchronního motoru

Podrobnosti o modelování dieselgenerátoru najde čtenář v [13] a [14].

9. LITERATURA

- [1] K.Máslo: Popis modelování přechodných dějů v elektrizační soustavě, Popis modelů v programu MODES 2.2
- [2] K.Máslo: Používání programu MODES pro výpočet přechodných dějů v elektrizační soustavě, Uživatelská příručka
- [3] Long Term Dynamics Phase II, CIGRE TF 38-02-08 Final Report, January 1995
- [4] Švejnar, Máslo, Vnouček: Dynamická odezva ES na deficit činného výkonu; ENERGETIKA č.6/94
- [5] Máslo, Feist: Power system dynamic behaviour; Proceedings of Intern. workshop on control centres, Alghero 1993
- [6] Švejnar, Máslo, Vnouček: Spuštění bloku ze stavu bez napětí a obnova napětí v ES; ENERGETIKA č.2/97
- [7] Máslo, Fantík: Dynamic analysis of the power system; Pre-prints of International Conference ECPS'96, Bratislava
- [8] Máslo, Vnouček, Fantík: Unit black start and power system restoration; Intern. Symposium MEPS'96, Wroclaw
- [9] Máslo, Petružela, Piroutek: Nuclear power plant in island operation; UPEC 1997, Manchester
- [10] Máslo, Anděl: Dynamic simulation of Nuclear Power Plant Auxiliaries; APSCOM '97, Honkong
- [11] Máslo, Fantík: Electromechanical and electromagnetic phenomena during power system restoration; EE '98, Stará Lesná
- [12] Karel Máslo: Model asynchronního motoru pro dynamické výpočty; dosud nepublikováno
- [13] Karel Máslo: Model diesel generátoru pro dynamické výpočty; bude publikováno v časopise EE
- [14] Karel Máslo: Extended models for simulation of island operation; zasláno na Power System Computation Conference 1999

OBSAH 2. DÍLU

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. PŘÍPRAVA ZÁKLADNÍHO MODELU ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY..... | 2 |
| 2.1. Ladění ustáleného stavu sítě..... | 2 |
| 2.2. Přiřazení bloků do napájecích uzlů | 2 |
| 3. VÝPOČTY KRÁTKODOBÉ STABILITY | 3 |
| 3.1. Skupiny automatik a aktivace/blokování | 3 |
| 3.2. Selektivita ochran v zauzlené síti - tandémové automatiky | 4 |
| 3.3. Ochrana před ztrátou stability | 6 |
| 3.4. Modelování ochran pomocí logik..... | 8 |
| 4. VÝPOČTY STŘEDNĚDOBÉ STABILITY | 12 |
| 4.1. Simulace frekvenčního odlehčování zátěže | 13 |
| 4.2. Přidání bloku a statické charakteristiky primární regulace | 17 |
| 5. VÝPOČTY DLOUHODOBÉ DYNAMIKY | 20 |
| 5.1. Simulace dlouhodobé dynamiky z hlediska napětí | 21 |
| 6. VÝPOČTY PŘECHODNÝCH DĚJŮ VE VLASTNÍ SPOTŘEBĚ BLOKU | 23 |
| 6.1. Simulace samonajíždění pohonů vlastní spotřeby | 24 |
| 6.2. Simulace hromadných a násobných zásahů..... | 25 |
| 7. VÝPOČTY PŘECHODU DO OSTROVNÍHO REŽIMU..... | 27 |
| 7.1. Přechod do ostrovního režimu | 27 |
| 7.2. Zpřesnění modelu zátěže..... | 30 |
| 7.3. Přechod do režimu regulace otáček..... | 30 |
| 7.4. Najetí rezervního zdroje..... | 32 |
| 7.5. Synchronizace ostrova | 33 |
| 8. SIMULACE VZNĚTOVÉHO MOTORU | 35 |
| 9. LITERATURA | 36 |