

## ÚVOD

Tento průvodce slouží uživatelům programu MODES verze 2.2/7 pro základní seznámení s možnostmi a pracovními postupy tohoto balíku programů pro analýzu elektrizační soustavy.

Průvodce seznamuje uživatele se základními koncepty práce s programem (projekty, případy, variace, varianty chodů sítě), způsobem modelování (základní a modifikované databáze, globální a lokální katalogy, scénář) a s koncepty automatik a logik.

Průvodce je členěn do oddílů, řešících dílčí problémy dynamického chování elektrizační soustavy (ES). Jedná se o tyto okruhy (v závorce je uvedeno jméno vzorového **projektu**):

- 1) krátkodobá dynamika - řeší přechodovou stabilitu synchronního stroje po zkratech v síti (SHORT)
- 2) střednědobá dynamika - řeší otázky frekvenčního kolapsu po poruchách typu výpadku bloků (MIDDLE)
- 3) dlouhodobá dynamika - řeší činnost sekundární regulace P/f a otázky napěťového kolapsu (LONG)
- 4) přechodné děje ve vlastní spotřebě - řeší samonajíždění a spouštění asynchronních pohonů (MOTOR)
- 5) ostrovní režimy - řeší otázky přechodu částí ES do ostrovního provozu a jejich resynchronizace (ISLAND)
- 6) modelování záložních zdrojů (DIESEL)
- 7) simulace nesymetrických poruch v síti (NESYMETR a PHASEVAL).

Průvodce tak pokrývá řadu problémů analýzy ES, které je třeba řešit při:

- výuce a studiu přechodných dějů
- návrhu a testování ochranných a řídicích prvků
- provozních studiích (např. tvorba havarijních a obnovovacích plánů).

Doporučuje se probírat oddíly postupně, neboť jednotlivé rysy programu jsou popsány podrobně pouze pokud se na ně narazí poprvé (postupy v uživatelském rozhraní MODMAN jsou v textu v rámečku).

Stručný průvodce ukazuje možnosti programu MODES. Všechna vstupní data jsou připravena ve formě tzv. **projektů a případů**. Průvodce tedy neřeší otázku sběru a zpracování vstupních dat, nicméně ukazuje, která vstupní data jsou pro řešení potřebná. Průvodce se také nezabývá přípravou a laděním vstupního ustáleného stavu, ten je popsán ve dvou dílech podrobného průvodce, který je uložen v adresáři DOKUMENTACE na instalačním CD. Zde je uložena i ostatní dokumentace - Popis modelování, Příručka uživatele a instrukce k výpočtu parametrů dynamických modelů.

Vstupní data programu lze rozdělit na:

- 1) ustálený stav sítě - tzv. **chod** a jeho varianty, s daty o uzlech, větvích, oblastech, profilech a blocích
- 2) základní a modifikované **databáze** dynamických modelů bloků, zatížení a síťových prvků
- 3) **tabulky** automatik, logik, přídatných stabilizátorů a centrálních regulátorů P a f.
- 4) parametry výpočtu uložené ve variacích **formulářů**.
- 5) typové parametry dynamických modelů uložené v lokálních a globálním katalogu.

Jako výchozí **chody** sítě byl zvoleny:

- testovací případ úkolu CIGRE 38-02-08 Dlouhodobá dynamika
- příklady z knihy P.M.Anderson: Analysis of faulted power system
- příklady ze skriptu Z. Trojánek, M.Chladová: Přechodné jevy v ES.

**Databáze** spojují jednotlivé objekty sítě s knihovnou hotových modelů a typovými parametry těchto modelů, které jsou uloženy v samostatných **katalogích**. Katalogy jsou součástí jednotlivých projektů (tzv. lokální) a jeden tzv. globální katalog je společný pro všechny projekty.

**Automatiky a logiky** se používají pro simulaci reálných ochranných a řídicích prvků, které určitou činnost (tzv. **zásah**) vykonávají automaticky při splnění definované podmínky. Pomocí externích **stabilizátorů** lze připojit do regulátoru buzení a pohonu signál odvozený od určité proměnné a tlumit kyvy. Centrální regulátor P/f zajišťuje výkonovou rovnováhu oblasti a regulaci frekvence na jmenovitou hodnotu.

Výše uvedené složky modelu soustavy doplňují data pro vlastní program, které definují parametry výpočtu, **scénář**, vzhled obrazovky (tzv. **grafika**), výstupy programu (tzv. **uživatelské výstupní soubory**) a další funkce kontroly a analýzy. **Scénáře** se používají pro simulaci poruch a činnosti obsluhy, které je potřeba uskutečnit v určitém čase<sup>1</sup> a pro aktivaci předdefinovaných **automatik, logik, stabilizátorů** a regulace P/f.

Ve výkladu se používá následující tiskové konvence:

**Projekt| Otevřít** značí z menu Projekt zvolte příkaz Otevřít

**OK**

**Popis** značí tlačítko a název nebo popis prvku v dialogu

☐ **PRIPAD** seznam s názvy případů.

<sup>1</sup> jinak se pro simulaci zásahů obsluhy uživatelem během výpočtu používají horké klávesy F1 - F8

## Práce v uživatelském rozhraní MODMAN

MODMAN je součástí standardní dodávky balíku programů MODES a plní tyto funkce:

- přehled o uložených **projektech** v Prohlížeči
- správu **projektů** a **případů** (Menu **Projekt** a **Případ**)
- úpravy vstupních dat (Menu **Modifikovat** nebo tlačítka pro editory chodu a modelů, **grafiku** a **scénář**)
- prohlížení standardních a uživatelských výstupních souborů (Menu **Hlášení**, **Analýza** a **Výsledky**)
- spouštění MODESu, pomocných a přídatných programů z menu **Spust'** a **Nástroje** nebo tlačítka
- správu servisních balíčků, které aktualizují obsah balíku MODES (Menu **Soubor**)
- zobrazení kontextové (klávesou F1), bublinkové (při přejetí kurzorem nad prvkem rozhraní), celkové nápovědy (Menu **Nápověda**) a nápovědy Co je to? (stiskem tlačítka ? v titulku a kliknutí nad prvkem)
- zobrazování dokumentace pomocí stromové struktury v Prohlížeči po kliknutí na záložku **Dokumentace**.
- přístup k souborům (DOC/XLS) v podadresáři DOC otevřeného projektu (**Soubor/Dokumenty projektu**)
- zobrazení archivu všech těchto dokumentů (Menu **Soubor/Archiv dokumentů**)
- přístup k dokumentaci programu (Popis a Příručka) (Menu **Soubor/Dokumenty programu**)
- informování o doporučených akcích a neuložených vstupních datech ve stavovém řádku.

Uživatelské rozhraní se spustí kliknutím na ikonu MODMAN v adresáři, kde je program nainstalován (dále je **pracovní adresář**). Pracovní plochu tvoří (viz také obrázek v Příloze 2):

- titulkový pruh s názvem otevřeného projektu a případu
- menu a tlačítková lišta
- strom **projektů** a **případů** s názvy uložených projektů - kliknutím na projekt se zobrazí vnořené případy
- strom dokumentace viditelný v Prohlížeči po kliknutí na záložku **Dokumentace**
- seznam vstupních souborů vybraného případu, kliknutím na soubor se obsah vypíše v textovém okně
- textové okno pro výpis souborů
- rámeček s identifikací projektu/případu doplněný jménem chodu případně tlačítkem pro jeho zobrazení
- stavový řádek zobrazující doporučené akce, vhodná tlačítka a informace o neuložených editacích..

Základní funkcí MODMANu je správa projektů a případů. **Případ** je sestava vstupních dat programu MODES (skládající se z varianty **chodu sítě**, modifikace databáze modelů a variace parametrů výpočtu) doplněná o vlastní identitu skládající se z:

- jména případu (osmimístný řetězec bez diakritiky a bez mezer) a autora
- data vzniku a poslední manipulace
- popisu případu.


Každý **případ** má záznam v archivu případů. Příbuzné případy se sdružují do tzv. **projektu**, který má obdobnou identitu jako případ.

Přehled o uložených projektech- případech poskytuje Prohlížeč případů, který se skládá ze stromu projektů, seznamu vstupních souborů, textového okna a z popisu identity projektu/případu. MODMAN zobrazuje stromovou strukturu **projektů** (uložených v archivu PROJEKT.ARC) a po kliknutí na ikonu projektu i seznam **případů** (uložených v archivu CASES.ARC). **Projekt** a **případ**, který je právě aktivní je zvýrazněn zřůžověním ikony ve stromové struktuře.


Pokud je v ikoně **případu** symbol schématu znamená to, že případ má připravený obrázek (soubor se stejným jménem jako jméno případu ve formátu WMF umístěný v podadresáři DOC projektového adresáře) a po kliknutí na ikonu se obrázek objeví místo textového okna. Obdobně je-li změněná ikona u souboru s tabulkou uzlů v seznamu souborů (soubor se stejným jménem jako jméno příslušného souboru ve formátu WMF, EMF nebo JPG umístěný v podadresáři DOC projektového adresáře) zobrazí se tlačítko po jehož stisknutí se zobrazí jednopólové schéma chodu místo prohlížeče projektů.



Po kliknutí na ikonu projektu ve stromu **projektů** se rozbalí seznam **případů**. Po kliknutí na ikonu případu ve stromu **projektů** se naplní seznam datových souborů vybraného případu. Po kliknutí na ikonu daného souboru se vypíše jeho obsah v textovém okně. Obsah rámečku se aktualizuje podle vybraného projektu nebo případu. Uvedené operace slouží pouze k brouzdání po uložených (hotových projektech). Pouze jeden projekt a případ je aktivní. Je zvýrazněn zčervenáním ikony **projektu** a zřůžověním ikony **případu**. Zároveň jsou jejich jména vypsány v titulku. Aktivní projekt má vstupní/výstupní data zkopírovány v podadresářích VST/VYST. Tyto data jsou pak používány programy balíku MODES.

Je-li vybrán projekt nebo případ (jeho jméno je ve stromu na modrém pozadí) je možné ho otevřít stisknutím tlačítka na nástrojové liště. Pokud chceme zachovat změny a výsledky aktivního projektu, je nutno projekt uložit nebo uložit projekt pod novým jménem (příkazem **Projekt| Uložit** nebo **Uložit jako**).





Otevření projektu se provádí příkazem **Projekt| Otevřít** nebo stiskem tlačítka . Příslušný projekt musí být vybrán kliknutím na jméno projektu ve stromu projektů. Stisknutím tlačítka se vstupní a výstupní soubory vybraného projektu (uložené v podadresářích VST a VYST projektového adresáře, který má stejné jméno jako projekt) zkopírují do podadresářů VST a VYST v **pracovním adresáři**.

**Projekt** se může skládat z jednoho nebo více **případů**.

Otevření případu se provádí příkazem **Případ| Otevřít** nebo stiskem tlačítka . Příslušný případ musí být vybrán kliknutím na jméno případu v rozbaleném stromu projektů. Stisknutím tlačítka se informace o vstupních souborech vybraného případu (uložené v archivu CASES.ARC) zkopírují do archivu EDIT.ARC.

Druhá skupina tlačítek na tlačítkové liště umožňuje spouštění výkonných programů UST (chod sítě) a MODES (dynamickou simulaci) pomocí tlačítek  a . Lze použít i menu (**Spust| Chod sítě** a **Simulace**).


Editace vstupních dat se provádí jednak pomocí třetí skupiny tlačítkové lišty a jednak z menu **Modifikovat**. Zrychlený přístup k editaci přes tlačítka je možný pro:

- Dialogy pro scénář a grafiku (dostupné prvním a druhým tlačítkem )
- Editor chodů sítě spouštěný tlačítkem , který umožňuje i ladění počátečních podmínek
- Editory modelů bloků a zátěže spouštěné tlačítky  a 



Pro správnou dialogů MODMANu je nutno mít v prostředí WINDOWS nastavenou **tečku** jako oddělovač desetinných míst (viz instrukce u instalačního CD nebo dokumentaci WINDOWS).

Z menu **Modifikovat** je možné editovat vstupní data v dialogovém režimu nebo textovém režimu. Při volbě **Dialogy** nebo **Databáze** se použije dialogový režim pomocí dialogových oken, editoru chodu a editoru databází a je možno tvořit nové variace/varanty/modifikace. Nejsou-li tato volby použity (položka v padacím menu není zaškrtnuta), jedná se o textový režim pomocí zvoleného externího textového editoru. Jméno tohoto editoru (případně i cesta) se zadává příkazem **Volby**. Tímto příkazem se zadává i implicitně používané jméno uživatele a mění fonty v textovém okně.

Prohlížení **uživatelských výstupních souborů** se provádí příkazy z menu **Výsledky** a následnou specifikací souboru v dialogu „*Výběr uživatelského souboru*“ nebo přímo tlačítky na liště.

Podmínkou ovšem je, že jsme typ souboru zadali před spuštěním simulace příkazem **Modifikovat| Uživatelské soubory** a ponechali standardní přípony. Pro pojmenování souborů se používá jmenovací konvence. Buď se zadá generického jména pro **uživatelské soubory** v textovém poli *Generic Name for User Files* a nebo se ponechá pole prázdné (pak se soubory převezmou automaticky jméno **případu**). Tato konvence lze přepsat pro konkrétní soubor zrušením zaškrtnutí boxu *Use the Generic name* a zadáním specifikace souboru. Pro prohlížení časových průběhů je vhodné nezadávat ani generické jméno ani nezadávat specifikaci souboru. Po skončení prvního simulačního výpočtu se klikne na tlačítko  a na liště se objeví tlačítka pro zrychlený přístup k uživatelským výstupním souborům typu GR1-GR4.


Prohlížení probíhá v grafickém nebo textovém režimu: Při zaškrtnuté volbě **Graficky** (z menu **Výsledky**) se otevře okno s časovými průběhy předchozí simulace.

Stisknutím tlačítek  a  se v textovém okně vypíše souhrnné hlášení o průběhu výpočtu a hlášení o výpočtu počátečních podmínek (inicializaci dynamických modelů). Další informace jsou ve standardních výstupních souborech, dostupných příkazy z menu **Hlášení**:

- **Inicializace** ⇒ vypíše hlášení o načítání vstupních dat
- **Události** ⇒ vypíše hlášení o zásazích provedených scénářem, automatikami a logikami
- **Změny kroku** ⇒ vypíše hlášení o změnách integračního kroku a diagnostice
- **Počáteční podmínky** ⇒ vypíše hlášení o výpočtu počátečních podmínek
- **Inicializace Motorů** ⇒ vypíše hlášení o výpočtu počátečních podmínek u motorů
- **Kontrola** ⇒ vypíše hlášení o překročení mezí síťových veličin zadaných příkazem **Modifikovat| Kontrola**
- **Diagnostika logik** ⇒ vypíše hlášení o působení automatik a logik
- **Chod sítě** ⇒ vypíše hlášení pomocného programu UST

Prohlížení souborů s analýzou se provádí příkazy z menu **Analýza** - požadavek na vznik těchto souborů je potřeba zadat před výpočtem příkazem **Modifikovat| Analýza**.

Sestavení nového **projektu** se provádí příkazem **Projekt| Nový**. Nový **případ** v rámci aktivního **projektu** je možné vytvořit příkazem **Případ| Nový**.

Stavový řádek jednak obsahuje instrukci o možných/doporučených činnostech a jednak informaci o neuložených **variacích**, **variantách** a **modifikacích**, které nejsou uloženy jako **případ** a které by se po otevření jiného **projektu** ztratily. Ukončení práce v uživatelském rozhraní se provede příkazem **Soubor| Uzavřít** nebo kliknutím na tlačítko  v pravém horním rohu.

## VÝPOČTY KRÁTKODOBÉ STABILITY

Krátkodobá dynamika řeší otázky přechodové stability synchronního stroje, tj. schopnost zůstat v synchronním provozu se sítí. K ohrožení přechodové stability dochází po poruchách typů zkratů, takže hlavní náplní tohoto oddílu bude simulace zkratů. Cílem výpočtů je většinou zjištění, jestli při určité době trvání zkratu (dané dobou ochrany a dobou vypnutí) je provoz generátorů stabilní. Další možností je zjištění mezní doby trvání zkratu („Critical Clearing Time“), tedy maximální doby trvání zkratu, která neohrozí stabilitu. Ztrátou stability se rozumí přechod generátoru do asynchronního chodu. Na mezi stability leží případ, kdy dojde k jednomu nebo více prokluzům - tedy k dočasnému přechodu do asynchronního chodu s následným vtažením do synchronismu. Pro kontrolu nastavení ochran, které zajišťují odpojení zkratu je užitečné zjištění trajektorie impedance viděné ochranou. Jedná se o zobrazení časového průběhu koncového bodu podílu fázorů napětí a proudu (měřených v určitém místě) v komplexní rovině. Pomocí této kontroly lze zjistit selektivitu nastavení ochran tak, aby chránily určenou část sítě.



V projektu SHORT, kde je uloženo několik **případů**:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> UST_STAV | průběh výchozího ustáleného stavu bez zadání poruchy                                |
| <input type="checkbox"/> ZKRAT_3F | třífázový kovový zkrat na začátku větve vypnutý po 100 ms podle <b>scénáře</b>      |
| <input type="checkbox"/> CCT_15   | zjištění mezní doby trvání zkratu mechanismem návratu                               |
| <input type="checkbox"/> CCT_5    | to samé s vějířovitým zobrazením průběhů a automatickou kontrolou stability         |
| <input type="checkbox"/> ZKRATAUT | třífázový kovový zkrat na začátku větve vypnutý <b>automatikou</b>                  |
| <input type="checkbox"/> KOMPLEX  | to samé se zobrazením v komplexní rovině včetně charakteristiky <b>automatiky</b> . |

V stromu projektů vybereme kliknutím **projekt** SHORT a stiskem tlačítkem  se data projektu zkopírují do pracovních podadresářů VST/VYST.

Předtím se však objeví dotazovací okno, varující před přepsáním stávajících dat uložených v pracovních podadresářích VST/VYST. Pokud uživatel nechce o data přijít, klikne na tlačítko **Cancel** a pomocí příkazu **Projekt| Uložit jako...** si stávající data uloží do samostatného **projektu**, jehož jméno se zadá spolu s doplňkovými informacemi do textového pole v dialogovém okně *Uložit projekt*. Druhou možností je použít příkaz **Projekt| Uložit**, který přepíše původní data v projektových podadresářích stávajícími daty v pracovních podadresářích.

Jako výchozí zvolíme **případ** se jménem UST\_STAV. Postup je obdobný jako při otevírání **projektů**. Také můžeme vidět doplňující informace o **případu**: jméno autora, datum vzniku a poslední manipulace a popis. Tyto informace (pokud jsou zadány při předchozím uložení **případu** a **projektu**) usnadňují pozdější orientaci v **případech** a **projektech**.

Po otevření případu tlačítkem  a spuštění simulace tlačítkem  ukáže **grafika** časové průběhy ustáleného stavu - tj. přímky rovnoběžné s osou času. To svědčí o správné inicializaci dynamického modelu a můžeme tedy přistoupit k simulaci zkratu.

**Grafika** zobrazuje na obrazovce jeden, dva nebo čtyři grafy, každý až se sedmi proměnnými (celkový přehled všech proměnných dává příkaz **Modifikovat| Katalog symbolů**). V horní části obrazovky jsou dva nápisy. V levém se zobrazuje text zadáný uživatelem nebo jméno projektu a případu. V pravém se zobrazuje text zadáný uživatelem nebo hlášení o posledním zásahu provedeném scénářem, automatikou nebo uživatelem pomocí horkých klíčů F1-F9. Pod nápisy se zobrazuje lišta s informacemi o proměnných. Na modrém pozadí se vypisuje symbol proměnné, jednotka a objekt, kterému proměnná patří. Na černém pozadí se vypisuje okamžitá pojmenovaná hodnota proměnné a barva patřící časovému průběhu v grafu. Pod každým grafem jsou dvě textová pole s měřítky os závisle a nezávisle proměnné (času nebo reálné osy při komplexním zobrazení). Červeně je měřítko času v sekundách - stejné pro všechny grafy. Modře jsou měřítka os závisle proměnných, pro každý graf mohou být jiná v závislosti na rozsahu os zadáných uživatelem. Proměnné se do grafů zobrazují v poměrných hodnotách (mimo odchylek frekvence, která je v procentech a úhlů v radiánech).

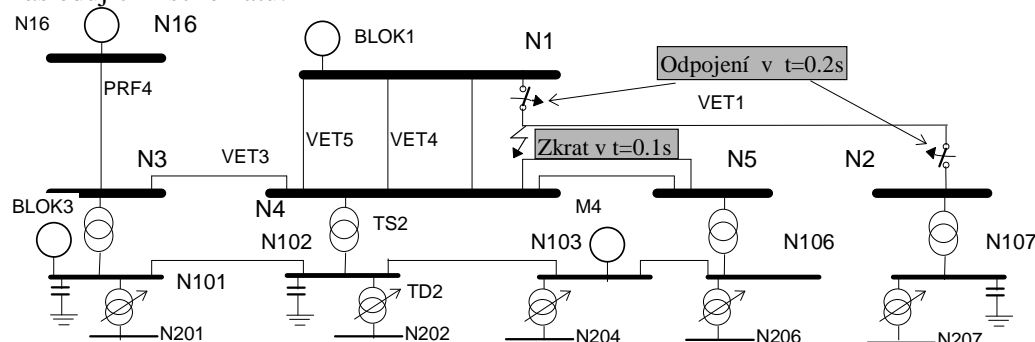
Zadání textových popisů, rozsahů os a výběr proměnných se provádí příkazem **Modifikovat| Grafika** před začátkem simulace. Zaškrtnutím boxu *Skokové změny* se zobrazují skokové změny proměnných (pokud jsou fyzikálně možné) tj. zaznamenávají se hodnoty v čase  $t+$  (před zadání poruchy) a provádí v čase  $t-$  (po poruše). Zaškrtnutím boxu *Zobraz jméno případu...* se zobrazují jméno projektu a případu v levé horní části obrazovky. Přidání proměnné se provede tlačítkem **Přidat proměnnou**. V následujícím dialogu *Variable selection* lze ze seznamu *Proměnné vybrat* příslušnou proměnnou (obsah seznamu závisí na vybraném objektu v rámečku *Výběr objektu*). Vybírat proměnnou lze i tlačítkem na obrázku objektu.

V dolní části obrazovky je umístěno devět piktogramů. Barevným problikáváním signalizují piktogramy provedení zásahů, činnost přídatných automatik regulátorů buzení a pohonu, automatické změny

### Stručný průvodce programem MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

odboček regulačních traf a trendovou změnu zatížení uzlů. Stiskem horkých kláves uvedených pod piktogramy lze běh programu zastavit a zadat zásah. Podrobněji viz Průvodce uživatele. Výpočet lze zastavit stiskem klávesy ESC a znovu spustit klávesou P. Opuštění grafiky a ukončení výpočtu se provede stiskem klávesy K.

Po výkladu **grafiky** budeme pokračovat praktickou simulací třífázového zkratu. Data jsou připravena, takže stačí otevřít **případ** ZKRAT\_3F. Porucha zadaná **scénářem** je zjednodušeně znázorněna na následujícím schématu:



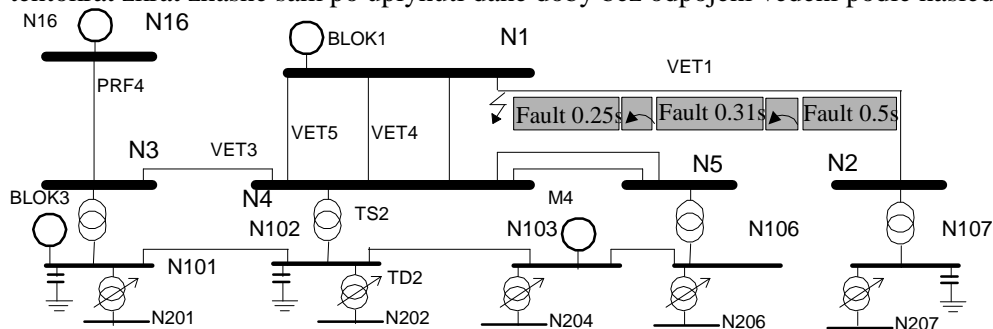
**Sch. 1 Schéma zkratu a jeho odpojení pro případ ZKRAT\_3F**

**Scénář** výpočtu se zadává příkazem **Modifikovat| Scénář**. V čase  $t_1=0.1$  s je zadán třífázový kovový zkrat klíčovým slovem FOUL na vedení VET1 v blízkosti uzlu N1. V čase  $t_2=0.2$  s je zadáno odpojení zkratu i s vedením klíčovým slovem CLER. Popis všech možných zásahů s příslušnými parametry specifikujícími zásah jsou v Příloze.

Po spuštění výpočtu je vidět stabilní průběh po vypnutí zkratu. Doba vypnutí zkratu je dána **scénářem**, v našem případě byla  $t_2-t_1=0.1$  s. Tok činného výkonu PV větví VET1 během zkratu je nulový, jelikož jsme definovali třífázový kovový zkrat, takže napětí v místě zkratu kleslo na nulu. Po zkratu bude nulový rovněž, protože větev byla odpojena podle scénáře.

Dosud jsme ve scénáři zadali pevný čas, za který bude porucha odepnuta. Doba trvání poruchy byla zvolena ze zkušenosti tak, aby nedošlo ke ztrátě stability. Simulační program ovšem umožňuje určit mezní dobu trvání zkratu, při které ještě nedojde ke ztrátě stability. Tento údaj má velký praktický význam, neboť ochrany a automatiky musí zajistit odpojení poruchy do této doby. Program MODES používá k nalezení mezní doby trvání zkratu tzv. mechanismus návratu, který podle scénáře zásahem SNAP napřed uloží stav soustavy a později se k tomuto stavu vrací i opakovaně (cyklicky).

Mechanismus ukazuje předdefinovaný **případ** CCT\_15, kde je změněn i způsob odpojení zkratu - tentokrát zkrat zhasne sám po uplynutí dané doby bez odpojení vedení podle následujícího obrázku.



**Sch. 2 Schéma cyklického zkratu pro výpočet kritického času v případě CCT\_15**

Po otevření tohoto případu a spuštění simulace nám grafika ukáže dva grafy s postupně provedenými zkraty podle scénáře s dobou trvání 0.25, 0.31 - 0.5 s. První cyklus je stabilní bez prokluzu, o čemž svědčí průběh zátěžného úhlu DELT. Druhý cyklus vykazuje jeden prokluz (úhel DELT přesáhne  $2\pi$ ) a třetí je nestabilní průběh s trvalým nárůstem zátěžného úhlu -asynchronní chod.

Program MODES umožňuje při návratu použít i jiný způsob zobrazení v **grafice**, kdy se po **návratu** vrací i čas do zapamatované hodnoty. Způsob toku času může uživatel definovat příkazem **Modifikovat| Řízení**, při proškrtnutém boxu *Keep the Time...* na kartě *Dynamic Calculation*.

Tento způsob je ukázán v **případu** CCT\_5. Po spuštění simulace jsou časové průběhy stejné jako v předchozím **případě**. Situace se změní po prvním **návratu**, kdy se časové průběhy vrací k nule (přesněji do času uloženého předchozím **zásahem** ‘SNAP’ s parametrem 0). Časové průběhy získávají věřňovitý charakter.

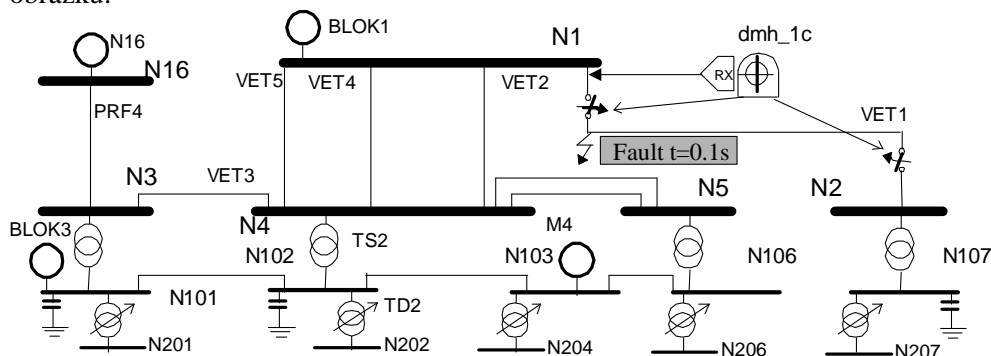
Při druhém a třetím návratu lze pozorovat červené probliknutí piktogramu generátoru, který signalizuje ztrátu stability (přesněji prokluz generátoru). Program automaticky kontroluje relativní zátěžný úhel generátorů. Je to úhel mezi osou q jednotlivého generátoru a fázorem rotujícím rychlostí odpovídající střední hodnotě frekvence.

Tuto funkci je nutno před spuštěním výpočtu zadat příkazem **Modifikovat|Kontrola**, kde se zadá nenulová hodnota úhlu v textovém poli *Threshold Angle* v rámečku *Check the Transient Stability*.

Zároveň se hlášení o tom zapisuje i do výstupního souboru KONT.HLA, který je dostupný příkazem **Hlášení1 Kontrola během výpočtu**. Z výpisu je vidět, že došlo ke ztrátě stability všech generátorů.

Doposud byla porucha likvidována v předem zadaném čase podle scénáře. Program umožňuje i simulaci činností ochran, které v reálné soustavě tuto činnost provádějí. K tomu se používá zobecněný model tzv. **automatik** a **logik**. Model **automatiky** se skládá z článku měřicího zadanou proměnnou. Automatiky jsou definovány v tabulce automatik dostupné příkazem **Modifikovat|Automatiky**. Při splnění zadaných podmínek pak automatika provede definovaný zásah. Jestliže místo zásahu se zadá klíčové slovo FICT mohou automatiky sloužit jako vstupy tzv. logik. **Logiky** tvoří nadstavbu **automatik**. Skládají se z logických článků typu logického součtu OR a součinu AND a z výkonné část provádějící zásah obdobně jako automatiky.

V případě ZKRATAUT je zadána scénářem stejná porucha jako dosud. Místo odpojení v definovaném čase je však scénářem aktivována automatika dmh\_1c, jak je naznačeno na následujícím obrázku:



**Sch. 3 Schéma zkratu vypnutého automatikou v případě ZKRATAUT**

Po otevření případu a spuštění simulace se časový průběh přechodného děje příliš neliší od případu ZKRAT\_3F. Zkrat byl však odpojen autonomní činností modelu automatiky simulující distanční ochranu měřící polohu fázoru impedance vzhledem ke kružnici vysunutě v komplexní rovině mimo počátek souřadnic (mho charakteristika).

V předchozích výpočtech se v grafice zobrazoval časový průběh proměnných. Program MODES umožňuje i jiný druh zobrazení a to v komplexní rovině. V komplexní rovině se zobrazují koncové body vybraných proměnných komplexního charakteru (trajektorie) a statické (v čase neměnné) kružnice nebo přímky. Tím je možno v grafice zobrazit i charakteristiky měřících článků automatik.

V komplexní rovině není informace o čase. Tuto nevýhodu odstraňuje zásah MARK, který provede číselnou značku na zadané trajektorii. Tento zásah je možné provést jak **scénářem** tak **automatikou**.

Požadavek na zobrazení v komplexní rovině se zadává příkazem **Modifikovat| Grafika.** a zaškrtnutím boxu *Komplexní rovina*. Statické kružnice a přímky se zadávají po stisknutí tlačítka **Přidat proměnnou** v dialogu *Selection of Static Objects*.....

Komplexní **grafika** je v **případu** KOMPLEX. Porucha je stejná jako v předchozím **případě**. Po otevření případu a spuštění simulace uvidíme charakteristiku měřícího článku automatiky simulující distanční ochranu, trajektorii impedance a značku 0, která je do grafu zaslána 50 ms po vzniku zkratu scénářem.

Tímto ukončíme kapitolu o krátkodobé dynamice. V podrobném Průvodce nalezne uživatel popis dalších připravených případů, které ukazují zadávání různých typů zkratů a uživatelských výstupních souborů.



## VÝPOČTY STŘEDNĚDOBÉ DYNAMIKY

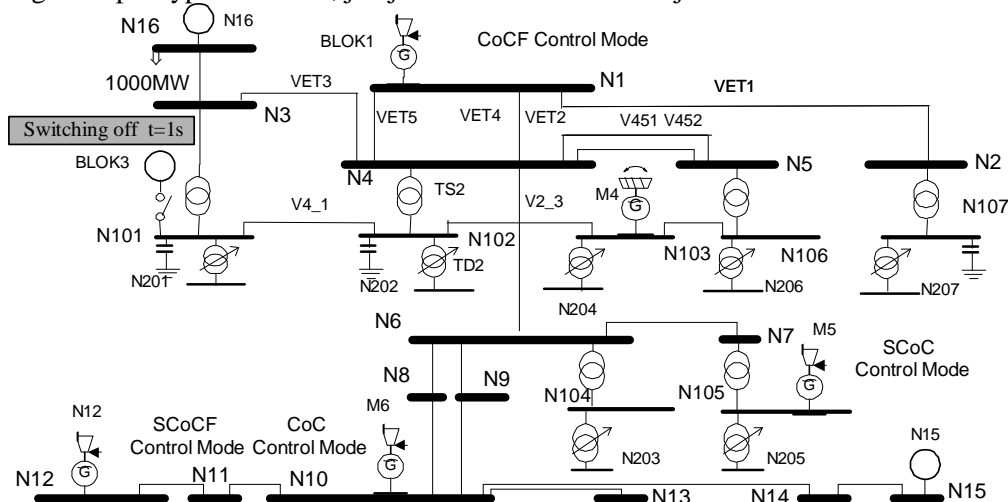
Střednědobá dynamika je charakterizována časovým rozsahem několika desítek sekund. Z poruch se vyšetřují výpadky zdrojů (případně změna zatížení) a zkoumá se odezva soustavy z hlediska frekvenční stability (hrozba frekvenčního kolapsu). Frekvence v elektrizační soustavě musí být udržována v úzkých mezích. Vyžaduje to bezpečný provoz zdrojů a spolehlivý chod spotřebičů. V běžném provozu je frekvence udržována činností primární a sekundární regulace P a f. V této kapitole se budeme zabývat primární regulací. Sekundární regulace P a f bude popsána v následující kapitole.

Primární regulace zajišťuje odezvu výkonu turbíny na odchylky frekvence sítě od jmenovité hodnoty. Tato odezva musí být dosažena během několika sekund a musí mít trvalý charakter (pokud odchylka frekvence trvá). Pro primární regulaci se vyhraduje z regulačního rozsahu turbíny tzv. primární regulační rezerva. Primární regulace má proporcionální charakter (tzv. statický podle sklonu statické charakteristiky  $N_t = \text{funkce}(f)$ ) takže zanechává trvalou odchylku frekvence. Protože na odchylku frekvence reagují všechny bloky s primární regulací (má tudíž decentralizovaný charakter) je tak realizována dočasná havarijní výpomoc postiženému systému podle tzv. principu solidarity. Primární regulace může být realizována:

- regulátorem výkonu (pomocí tzv. korektoru frekvence)
- proporcionálním regulátorem otáček
- kombinací předchozích v tzv. sériovém nebo paralelním uspořádání.

Při poklesech frekvence dochází ke změně regulačního režimu turbín (z režimu primární regulace do režimu regulace otáček) a k frekvenčnímu odlehčování zátěže. Tato kapitola pojednává o primární regulaci a frekvenčním odlehčování. Regulačními režimy se bude zabývat kapitola o ostrovních režimech.

Otevřeme projekt nazvaný MIDDLE a v něm případ ZAKLADNI, který ukazuje činnost primární regulace při výpadku bloku, jak je naznačeno na následujícím obrázku:



Sch. 4 Schéma výpadku bloku a činnosti primární regulace frekvence v případě ZAKLADNI


V obrázku je u každého bloku zobrazen kód regulace (Control mode). Pokud je funkční regulátor otáček má kód regulace na prvním místě S,. Další dvě písmena popisují souhru regulace turbíny a zdroje pohonného media (Po klasická regulace Pr předtlaková regulace Co regulace výkonu s korekcí tlaku). Další písmeno určuje způsob určení zadané hodnoty tlaku páry (C konstantní tlak, V variabilní tlak) a písmeno H značí vodní turbínu. Písmeno F na posledním místě určuje korekci frekvence.

Po spuštění simulace je v pravém grafu průběh odchylek frekvence napětí 'SU' v uzlu a skluzu generátoru 'SG' bloku. Obě proměnné téměř splývají, neboť blok N16 je připojen do uzlu N16 (je zde shoda jmen, jinak ovšem záleží na uživateli, jak si pojmenuje uzly a bloky). Vzhledem k tomu, že v běžném provozu jsou odchylky frekvence a skluz generátoru malé, jsou v grafice vynášeny v procentech, tj. 100x zvětšené proti ostatním proměnným, které jsou v grafice vynášeny v poměrných jednotkách. Jednomu dílku v grafice odpovídá 0.01 pj. tedy 500 mHz. Koncová hodnota frekvence v čase 40s tedy činí  $-0.76 \times 0.1 \times 500 = -38 \text{ mHz}$ , což přibližně odpovídá údajům okamžité hodnoty v horní části grafiky.

V levém grafu jsou časové průběhy mechanického výkonu turbín vybraných bloků. Průběhy mají odlišnou dynamiku podle toho, jak je realizována primární regulace. Červený průběh bloku M6 odpovídá parní turbíně v klasické regulaci bez korektoru frekvence a bez regulace otáček. Regulační režim je definován příslušnými typovými parametry regulátoru pohonu -  $A1=1$  (klasická regulace),  $kSp=0$  (bez regulace otáček) a  $kCor=0$  (bez frekvenčního korektoru). Tento blok tedy udržuje regulačními ventily zadaný výkon bez

### Stručný průvodce programem MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

ohledu na frekvenci. Přehled použitých parametrů dynamických modelů získáme pomocí Editoru modelů bloků.

Editor databází bloků prohlíží a upravuje dynamické modely. Spouští se tlačítkem . Při volbě *Generátory* se v *Seznamu bloků* vypíší všechny synchronní generátory definované v tabulce bloků. Kliknutím na identifikátor (jméno) bloku v seznamu se v rámečku *Výběr komponenty* zobrazí ve výběrových seznamech klíčová slova modelů generátoru, budiče, turbíny a zdroje pohonného media daného bloku. Zároveň se v tabulce přesune šipka na levém okraji na řádek typových parametrů generátorů přiřazených v databázi modelů danému bloku. Pokud chceme zobrazit i typové parametry pro budiče, pohony a jejich regulační systémy, stiskneme příslušné barevně rozlišené tlačítko. Současně se sada typových parametrů příslušná danému bloku (ze seznamu bloků) a komponentě modelu vybrané tlačítkem přepisuje do dvouřádkové tabulky, kde první řádek obsahuje názvy parametrů. Tlačítkem **Schéma** se místo tabulky zobrazí blokové schéma modelu.

Horní světlomodrý průběh bloku M5 odpovídá sériovému uspořádání hydraulického regulátoru otáček a elektronického regulátoru výkonu bez korektoru frekvence. Regulační režim je definován příslušnými typovými parametry regulátoru pohonu -  $A1=1$  (klasická regulace),  $kSp \neq 0$  (s regulací otáček) a  $kCor=0$  (bez frekvenčního korektoru). Je vidět, že v tomto případě se nejedná o primární regulaci ve smyslu definice v úvodu kapitoly, neboť odezva výkonu turbíny na odchylku frekvence je pouze dočasná. Je to způsobeno tím, že regulátor výkonu turbíny, který má proporcionálně integrační charakter (a tedy nulovou ustálenou regulační odchylku) srovná po dočasném zvýšení regulátorem otáček výkon turbíny na zadanou hodnotu.

Další případy již ukazují funkci primární regulace ve smyslu definice v úvodu kapitoly. Spodní (zelený) průběh patří vodní turbíně bloku M4 (v režimu regulace výkonu s korektorem frekvence) - je vidět pomalejší odezva oproti ostatním blokům (parní turbíny). Je to způsobeno pomalejším otevíráním regulačního mechanismu vodní turbíny, jehož rozměry jsou řádově metry oproti řádově centimetrům zdvihu regulačních ventilů parní turbíny. V prvních okamžicích dokonce vodní turbína výkon snižuje, což je způsobeno rázem vodního sloupce po otevírání rozvodného mechanismu, kdy vodní sloupec se musí nejprve urychlit.

Nejrychlejší odezvu má blok N16 (tmavomodrý průběh), který pracuje v režimu paralelního uspořádání elektronického regulátoru výkonu s korektorem frekvence a regulátoru otáček. Regulační režim je definován příslušnými typovými parametry regulátoru pohonu -  $A1=1$  (klasická regulace),  $kSp \neq 0$  (s regulací otáček) a  $kCor \neq 0$  (s frekvenčním korektorem). Změna frekvence se tedy v regulaci projeví dvakrát. Jednak korektor frekvence opraví zadanou hodnotu pro regulátor výkonu a jednak změnu otáček zaregistruje regulátor otáček. Výstupy obou regulátorů se sčítají a přes rychlý elektrohydraulický převodník ovládají tlak regulačního oleje (rychlost elektrohydraulického převodníku je určena typovým parametrem TEH).

O něco pomalejší odezvu má blok N12 (fialový průběh), který pracuje v režimu sériového uspořádání elektronického regulátoru výkonu s korektorem frekvence a hydraulického regulátoru otáček. Regulátor výkonu mění přes elektromechanický převodník zadanou hodnotu hydraulického regulátoru otáček, který vytváří tlak regulačního oleje. Ještě pomalejší odezvu má blok BLOK1 (modrý průběh), který je řízen elektronickým regulátorem výkonu s korektorem frekvence bez regulátoru otáček.

Předchozí tři bloky měly primární regulační rezervu omezenou na  $\pm 5\%$  jmenovitého výkonu turbíny, jak je běžné pro naše parní turbíny. Vodní turbína toto omezení nemá a může tedy měnit výkon v celém regulačním rozsahu. Poslední blok N15 má primární regulační rezervu omezenou na  $\pm 2.5\%$ , takže její příspěvek v přechodné části děje je menší. Koncové hodnoty výkonu pro regulační bloky jsou ve všech případech vyšší než počáteční ustálené hodnoty asi o  $1.5\%$ , což odpovídá stejné statické primární regulaci ( $5\%$ ) pro všechny bloky a požadavku trvalé odezvy výkonu turbíny na odchylku frekvence.

V následující tabulce jsou vypsány hodnoty typových parametrů regulátoru pohonu, které ovlivňují kvalitu primární regulace.

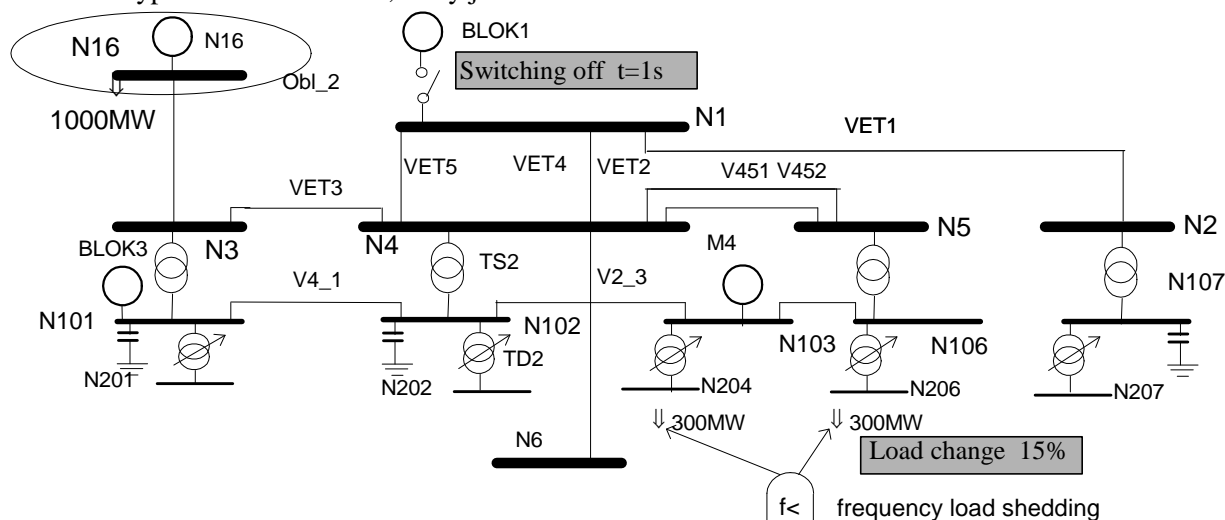
Blok	A1	TEH	kSp	kCor	Nfmax	Nfmin	Charakter	Kód
M6	1	10	0	0			nereaguje na odchylku frekvence	CoC
M5	1	10	20	0			dočasné působení regulátoru otáček	SCoC
M4	0	0.2	0	20	20	-90	primární regulace korekcí frekvence	PoH
N16	1	0.1	20	20	2.5	-2.5	paralelní uspořádání	SCoCF
N12	1	10	20	20	5	-5	sériové uspořádání	SCoCF
BLOK1	1	10		20	5	-5	korekce frekvence v rozsahu $\pm 5\%$	CoCF

Požadavek na analýzu primární regulace je možno zadat před spuštěním simulace příkazem **Modifikovat| Analýza** zaškrtnutím boxu *Create Output File*: na kartě *Primary f Control*. Přehled primární regulace bloků lze prohlížet po skončení výpočtu příkazem **Analýza| Primární regulace**.



### Stručný průvodce programem MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

V předchozím případě byl výpadek menší než sumární hodnota primární regulační rezervy, takže mohl být pokryt činností primární regulace turbín. V případě, že výpadek je větší je nutno učinit opatření na straně zatížení - frekvenční odlehčení zátěže (FO), jak je ukázáno v případě FREKVODL, kde je změněn scénář na výpadek bloku BLOK1, který je zatížen na 1350 MW.:



**Sch. 5 Schéma výpadku bloku a činnosti frekvenčního odlehčení zátěže v případě FREKVODL**

Program MODES obsahuje model tzv. systémového FO ve čtyřech stupních. Pro každý uzel lze definovat procentní objem odlehčené zátěže vztažené na výchozí ustálený stav spolu s dynamickými modely.

Dynamické modely zatížení lze upravovat Editorem databází pomocí tlačítka . Kliknutím na identifikátor (jméno) uzlu v *Seznamu uzlů* se mění obsah rámečků *Podíly jednotlivých modelů a/nebo Objemy frekvenčního odlehčování*. Zároveň se v tabulce přesune šipka na levém okraji na řádek přiřazených typových parametrů (význam jednotlivých parametrů je v Popisu modelů). Podmínkou je, aby uzel měl záznam v databázi, což se pozná v textovém boxu *Aktivní databázový soubor*, kde je jméno příslušné databáze nebo modifikace nebo noRecord, pokud uzel záznam nemá. V případě, že blok má definovaný podíl zátěže je tabulka nejprve naplněna sadami pro modely zatížení. Pro zjištění parametrů FO je potřeba stisknout příslušné barevně odlišené tlačítko. Změnit podíly/objem lze potažením jezdce a pak stisknutím tlačítka **Změnit podíly** nebo **Změnit objem**.

Obdobně jako u Editoru modelů bloků lze měnit přiřazené typové parametry a přidávat nové sady do katalogu. Také lze pomocí tlačítek **Přidat** a **Smazat záznam** přidávat a mazat záznam z databáze.

Po otevření případu a spuštění simulace 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, kde dodávaný výkon do uzlu odpovídá zatížení bloku<sup>1</sup> pro napájecí uzly<sup>2</sup> a odebíraný výkon z uzlu odpovídá zátěži. Tabulku lze prohlédnout Editorem chodů tlačítkem . V databázích uzlů jsou definice uzlů s frekvenčním odlehčováním spolu s objemem odlehčované zátěže v procentech výchozího výkonu.

Program však na požádání provádí analýzu stavu sítě s přehledem:

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

Požadavek na analýzu je nutno zadat před spuštěním simulace příkazem **Modifikovat| Analýza**. Analýza sítě se zadává zaškrtnutím boxu *Create Output File:* na kartě *Network Overview*. Je možné zadat rozsah a obsah analýzy v rámečcích *Scope* a *Objects*. Soubory s analýzou lze prohlížet po skončení výpočtu příkazem **Analýza| Sít| Počáteční |Rozdíl počátek - konec**.

<sup>11</sup> Program automaticky zatíží blok tak, aby do uzlu dodával právě výkon odpovídající počátečnímu stavu

<sup>2</sup> Napájecí uzly mají přiřazeny bloky v tabulce bloků

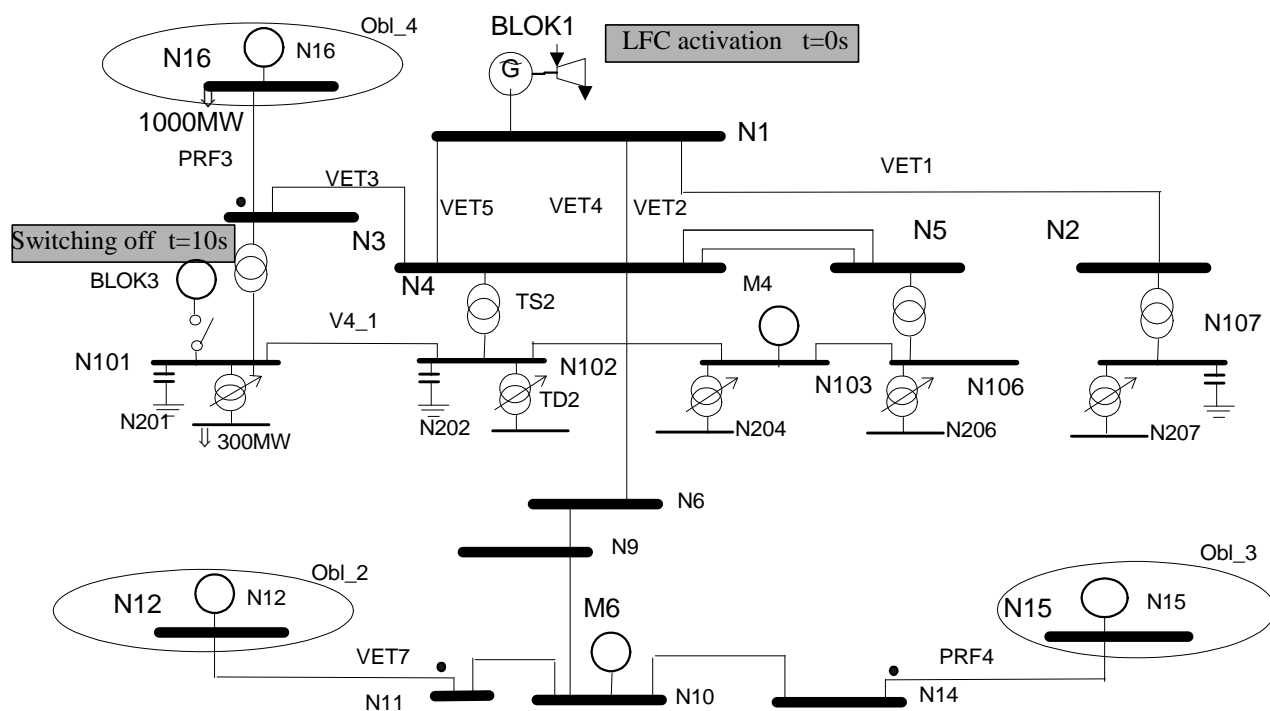
## VÝPOČTY DLOUHODOBÉ DYNAMIKY

Dlouhodobá dynamika je charakterizována časovým rozsahem jednotek až desítek minut. Je možné vyšetřovat dynamické chování z hlediska sekundární regulace P a f a jednak hrozbu napětového kolapsu.

Z prvního hlediska je dlouhodobá dynamika pokračování střednědobé dynamiky, která byla popsána v předchozí kapitole. Primární regulace zanechává trvalou odchylku frekvence. Její odstranění je úkolem sekundární regulace P a f. Tuto funkci plní centrální regulátory v jednotlivých oblastech. Sekundární regulace má proporcionálně - integrační charakter (říkáme také astatický) takže vyrovná saldo předávaných výkonů na nulu a vrátí frekvenci na jmenovitou hodnotu. Toto musí být uskutečněno během několika minut. Bloky zařazené do sekundární regulace (regulační bloky) mají vyhrazeno v regulačním rozsahu tzv. regulační pásmo. Sekundární regulace pracuje podle tzv. síťových charakteristik, takže se jí zúčastňují pouze regulační bloky v postižené soustavě (kde došlo k nerovnováze mezi výrobou a spotřebou). Takto je realizován tzv. princip neintervence - každá soustava je povinná pokrývat svou výkonovou bilanci.

Vstupní data centrálních regulátorů P a f jednotlivých oblastí a regulačních bloků jsou uloženy v tabulkách přístupných příkazem **Modifikovat| Regulate P/f**.

Ukážeme napřed simulaci dlouhodobé dynamiky z hlediska frekvence. Známým způsobem otevřeme projekt nazvaný LONG a v něm případ AKTIVLFC, který obsahuje připravená vstupní data pro simulaci výpadku bloku v dlouhodobé dynamice. Modelovaná soustava je rozdělena do čtyř oblastí, jak je naznačeno na následujícím schématu:



**Sch. 6 Rozdělení modelované soustavy do oblastí a aktivace regulace P/f v případě AKTIVLFC**

Většina uzlů spadá do oblasti Obl\_1, která není na schématu explicitně vyznačena. Zbylé tři oblasti jsou označeny elipsami s názvem oblasti. Příslušnost uzlu k oblasti je definovaná v tabulce uzlů (přístupné pomocí Editoru chodu sítě) číslem oblasti. Oblasti jsou pak definovány jménem v samostatné tabulce (přístupné příkazem **Zobrazit| Oblasti**).

Po spuštění výpočtu si povšimneme nejdříve pravého grafu s průběhy odchylek frekvence napětí 'SU'. Je vidět vliv činnosti centrálních regulátorů, které podle tzv. síťových charakteristik<sup>1</sup> vyregulují odchylku frekvence. V našem případě se podařilo dostat odchylku frekvence do mezí  $\pm 5$  mHz a to během přibližně 7 minut, což lze považovat za přijatelný výsledek.

Průběhy výkonu turbíny jsou odlišné podle toho, jestli se jedná o regulační blok v postižené části systému, nebo naopak v části poskytující havarijní výpomoc (činnosti primární regulace) podle principu solidarity. V prvním případě se jedná o bloky BLOK1, M4, M5 a M6 zapojené na centrální regulátor postižené oblasti a přebírající zatížení vypadlého bloku podle principu neintervence.

<sup>1</sup> Regulátor vyhodnocuje regulační odchylku  $ACE = \text{Saldo} + K_{\text{sys}} \cdot \Delta f$ , kde  $K_{\text{sys}}$  odpovídá výkonovému číslu oblasti

### Stručný průvodce programem MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

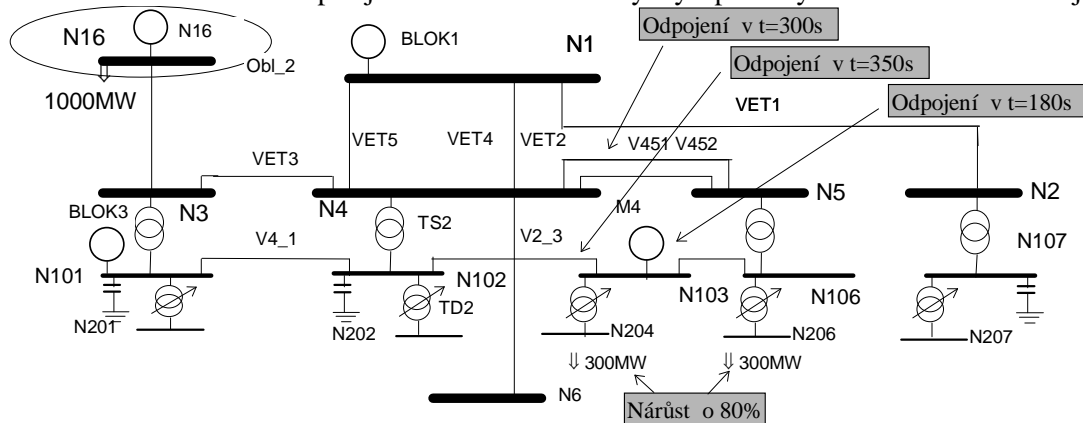
Naopak sekundární regulace nepostižených oblastí by neměla reagovat (při správném seřízení - zesílení odchylky frekvence přesně odpovídá výkonovému číslu oblasti). a nechat postiženou oblast vyregulovat saldo (rozdíl plánovaného a skutečného exportu/importu výkonu dané oblasti) i odchylku frekvence. Výkon turbíny se mění pouze činností primární regulace a jelikož odchylka frekvence je odstraněna, vrátí se výkon turbín bloků nepostižené oblasti na původní hodnotu před poruchou.

Fialový, žlutý a tmavomodrý průběh výkonů turbín bloků N12, N14 a N16 se skutečně vrací ke své počáteční hodnotě, takže sekundární regulace funguje dobře podle již zmíněnému principu neintervence.

Ve třetím grafu jsou zobrazovány toky profilů. MODES rozeznává dva druhy profilů. Standardní profily obsahují větve mezi jednotlivými oblastmi a jsou vygenerovány automaticky po spuštění výpočtu chodu sítě. Tyto profily jsou definované v úseku profilů tabulky uzlů a jsou dostupné v Editoru chodů příkazem **Zobrazit| Profily**. Druhým typem jsou uživatelem zadané profily, které jsou předdefinovány příkazem **Modifikovat| Kontrola**. V našem případě jsou definovány pro každou oblast profily, obsahující všechny hraniční větve (spojující danou oblast se sousedními oblastmi). Kladné hodnoty toků profilů znamenají export a záporné importy výkonu. Ve čtvrtém grafu jsou pak vidět odchylky exportů-importů od zadané hodnoty, tzv. salda. Je vidět správná funkce sekundární regulace, která salda vyregulovala.

Dále se budeme zabývat dlouhodobou dynamikou soustavy při deficitu jalového výkonu (který může vést k tzv. napětovému kolapsu). Tento děj ovlivňují zejména omezovače rotorového proudu<sup>1</sup> a přepínání odboček regulačních traf. Program může simulovat činnost automatické regulace odboček traf. Regulační trafa jsou zadány v samostatném úseku v tabulce větví a jsou dostupné v Editoru chodů příkazem **Zobrazit| Regulační trafa**. Typové parametry pro model regulačního trafa se zadávají v databázi SIT.DTB (přístupné příkazem **Modifikovat| Modely sítě**).

Pro simulaci kolapsu jsou ve **scénáři** zadány čtyři poruchy naznačené na následujícím schématu:



**Sch. 7 Popis scénáře pro vyvolání napětového kolapsu v případě NAPETKOL**

Jsou zadány následující zásahy:

1. 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.

Pro zavedení závislosti zatížení na napětí byl změněn model zatížení v uzlech N204 a N206. Poloviční objem zátěže je modelována statickým modelem a druhá polovina ekvivalentním asynchronním motorem. Změny jsou uloženy v modifikované databázi modelů uzlů 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. Změny jsou uloženy v modifikované databázi modelů bloků BLOK.001.

Otevřeme případ NAPETKOL. Po spuštění simulace je možno pozorovat:

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

Všechny tyto činnosti jsou vypisovány průběžně do výstupního souboru AKCE.HLA (přístupný příkazem **Hlášení| Události**). Po výpadku vedení V451 a V452 se výpočet ukončí, protože nezkonverguje výpočet sítě. Výstupní soubor KROK.HLA (přístupný příkazem **Hlášení| Změny kroku**) obsahuje hlášení, že nelze púlit krok a je překročen dovolený počet iterací.

<sup>1</sup> Jsou to přidavné automatiky regulátoru buzení - viz Popis modelování

## VÝPOČTY PŘECHODNÝCH DĚJŮ VE VLASTNÍ SPOTŘEBĚ BLOKU

Tyto výpočty bezprostředně souvisí s modelováním asynchronních motorů, konkrétně jejich spouštěním a samonajížděním (odpojení od sítě spojené s doběhem motorů a následným zapnutím spojené s rozběhem motoru). V této kapitole si ukážeme příklad simulace samonajíždění pohonů vlastní spotřeby po ztrátě pracovního napájení z odbočkového trafa po automatickém záskok na rezervní napájení.

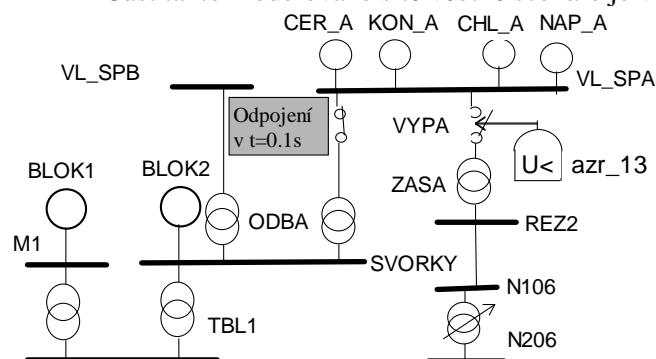
Znáмым způsobem otevřeme projekt nazvaný MOTOR, který obsahuje tyto připravené případy:

- ☐ ZASKOK záskok napájení vlastní spotřeby - přepnutí na rezervní napájení pomocí podpět'ového relé
- ☐ SYNCHRO dtto s přepnutím na rezervní napájení pomocí zařízení „synchrocheck“
- ☐ START rozběh asynchronního pohonu.

Schéma sítě bylo pro účely této simulace upraveno:

- blokové trafa bloků BLOK1 a BLOK2 se stala součástí sítě (jsou modelována 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. 8 Záskok napájení vlastní spotřeby bloku pomocí podpět'ového relé v případě ZASKOK**

Každá z rozveden vlastní spotřeby má připojeny čtyři asynchronní motory. Tyto motory se zadávají v úseku motorů tabulky bloků, která je přístupná v Editoru chodů sítě příkazem **Zobrazit| As.motory**.

Přehled dynamických modelů bloků dává Editor modelů bloků. Při volbě *As.motory* se v seznamu *Seznam bloků* vypíše všechny asynchronní motory definované v tabulce bloků. Kliknutím na identifikátor (jméno) bloku v seznamu se v rámečku *Výběr komponenty* zobrazí ve výběrových seznamech klíčová slova modelů motoru a poháněného zařízení.

Otevřeme nejprve případ ZASKOK. Vlastní porucha - výpadek pracovního napájení s odbočkového trafa je simulována pomocí **scénáře** vypnutím větve ODBA. Záskok napájení - zapnutí vypínače VYPA na sekundáru záskokového trafa ZASA se provede **automatikou** azr\_13, která měří napětí. Při poklesu napětí pod zadanou hodnotu dá povel k sepnutí vypínače.

Po spuštění uvidíme na levém obrázku beznapět'ovou pauzu v rozvodně vlastní spotřeby. Napětí U 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 SR, 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 trafa se pohony začnou znovu rozbíhat, napětí vlastní spotřeby se zotaví z hodnoty cca 90 % na jmenovitou hodnotu. Záskok proběhne úspěšně.

**Projekt** obsahuje i případ SYNCHRO s jiným způsobem automatického záskoku a to pomocí zařízení „synchrocheck“. 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). Původní automatiku azr\_13 deaktivujeme tím, že v čase t=0 ji zablokujeme scénářem.

Otevřeme případ Synchro a spustíme výpočet. V okamžiku vypnutí pracovního napájení z trafa ODBA provede automatika testOZ hromadný zásah: aktivuje automatiky check+ a check- (měří rozdíl fází napětí na vypínači VYPA) a sama se zablokuje. Vlastní záskok provede logika Scheck při splnění podmínek rozdílu úhlu menším než  $\pm 5^\circ$  a vypnutím vypínače. Zároveň vynuluje relativní čas, zablokuje automatiky check+ a check- a aktivuje automatiku testOZ. Za 5s po synchronizaci automatika testTr ukončí výpočet.

Poslední případ START ukazuje rozběh asynchronního motoru. Po otevření a spuštění vidíme v pravém grafu proběh skluzu motoru měnící se ze 100% při stojícím motoru na 2% při rozběhnutém motoru.

## VÝPOČTY PŘECHODU DO OSTROVNÍHO REŽIMU

V této kapitole se budeme zabývat analýzou dynamického chování části elektrizační soustavy, která po výpadcích síťových prvků přechází do ostrovního režimu. Budeme podrobněji analyzovat jak chování zdrojů, tak i zátěže při větších odchylkách frekvence.

U zdrojů budeme řešit změnu regulačního schématu turbíny - z režimu primární regulace do režimu regulace otáček nebo regulace ostrova.

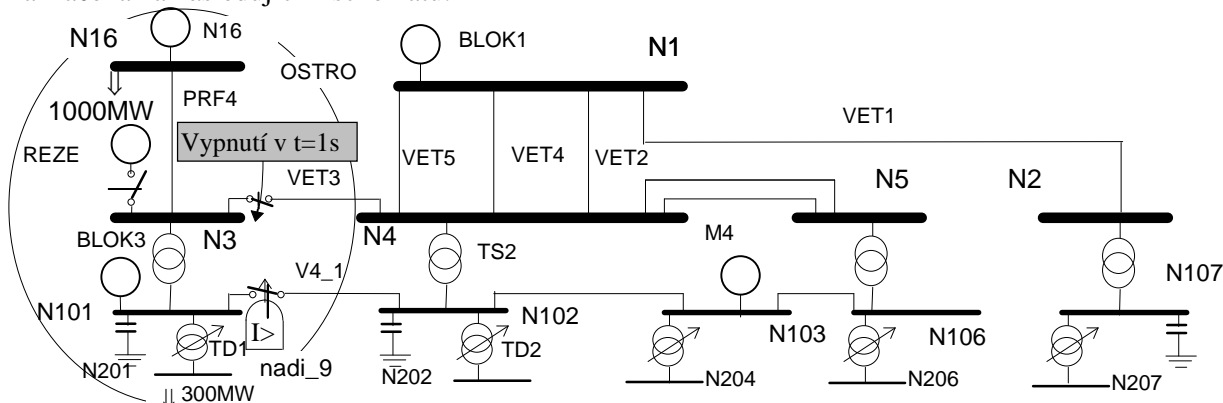
Otevřeme projekt ISLAND. V projektu je šest případů přechodu do ostrova:

- ☐ ISLAND v primární regulaci
- ☐ PRIMREG jako výše, ale u BLOKU3 je nahrazena parní turbína vodní
- ☐ OTACREG v otáčkové regulaci
- ☐ OSTRREG v regulaci ostrova
- ☐ OTACREGP v otáčkové regulaci při přebytku výkonu
- ☐ OSTRREGP v regulaci ostrova při přebytku výkonu

Kromě toho jsou tam specifické případy:

- ☐ STARTREZ start rychle startujícího bloku
- ☐ FAZOVANI zpětné fázování ostrova k soustavě pomocí jednoduchého synchročku.

Ve všech případech dojde k přechodu do ostrova výpadkem vedení VET3 a následným přetížením vedení V4\_1 a odpojením tohoto vedení automatikou nadi\_9. První tři případy simulují přechod do deficitního ostrova, tedy ostrova s nedostatkem výkonu (před výpadkem oblast označená jako OSTROV importovala výkon). Zbývající dva případy simulují přechod do přebytkového ostrova. Toho je dosaženo tím, že současně s výpadkem vedení VET3 se odpojuje i trafo TD1 napájející zatížení 300 MW. Situace je naznačena na následujícím schématu:



**Sch. 9 Schéma části ES s vyznačením oblasti OSTROV**

V případě ISLAND dojde k frekvenčnímu kolapsu, neboť regulace obou bloků není schopna zvýšit výkon turbíny tak, aby nerovnováha byla pokryta.

V případě OTACREG dojde k přepnutí do otáčkové regulace na obou blocích. U bloku N16 s parní turbínou je přepnutí provedeno automatikou pof\_10, která je v čase  $t=0$  odblokována scénářem. U bloku BLOK3 s vodní turbínou je přepnutí provedeno přídatnou automatikou, která je součástí modelu turbíny. Hodnota mezní frekvence pro přepnutí je dána typovým parametrem přídatných automatik turbíny df1 pro vzrůst frekvence a df2 pro pokles. Hlášení o těchto akcích se zobrazí příkazem **Hlášení| Události**. Frekvence se zotaví, ale dochází k odchylce tlaku až o 6% (červený průběh tlaku páry v levém grafu), neboť kotelní regulace je pomalá.

V případě OSTRREG dojde k přepnutí do otáčkové regulace na vodní turbíně a u parní turbíny dojde k přepnutí do režimu ostrovní regulace. Tento režim je charakterizován:

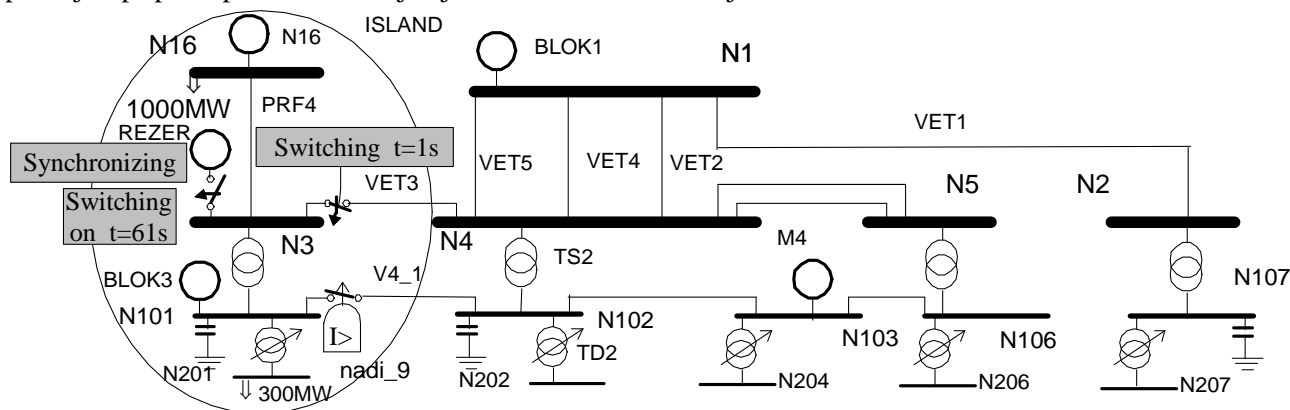
- 1) turbínou v režimu regulace otáček s korekcí na záporné odchylky tlaku (pokles tlaku)
- 2) kotlem v režimu regulace průtoku páry na zadanou hodnotu zvýšenou o rezervu, která je přepouštěna vysokotlakými přepouštěcími i stanicemi (tzv. „bypass“).

U tohoto případu dochází k rychlejšímu odstranění regulační odchylky tlaku. V případě OTACREGP - přechodu do přebytkového ostrova v otáčkové regulace dojde k nárůstu tlaku o 8%, který je doregulován kotelní regulací. V případě OSTRREG je záporná regulační odchylka tlaku (tlak větší než zadaný) odregulována přepouštěcí stanicí, která část páry odvádí mimo turbínu, jak je vidět na fialovém průběhu průtoku páry přepouštěcí stanicí. Odchylka tlaku se snížila na 3%. I při odregulování tlaku zůstává

### Stručný průvodce programu MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

přepouštěcí stanici otevřena pro odvod přebytečné páry, kterou vyrábí natopený kotel. Tím je blok připraven na náhlé změny zatížení. O velikosti natopení rozhoduje typový parametr přídatných automatik turbíny NR.

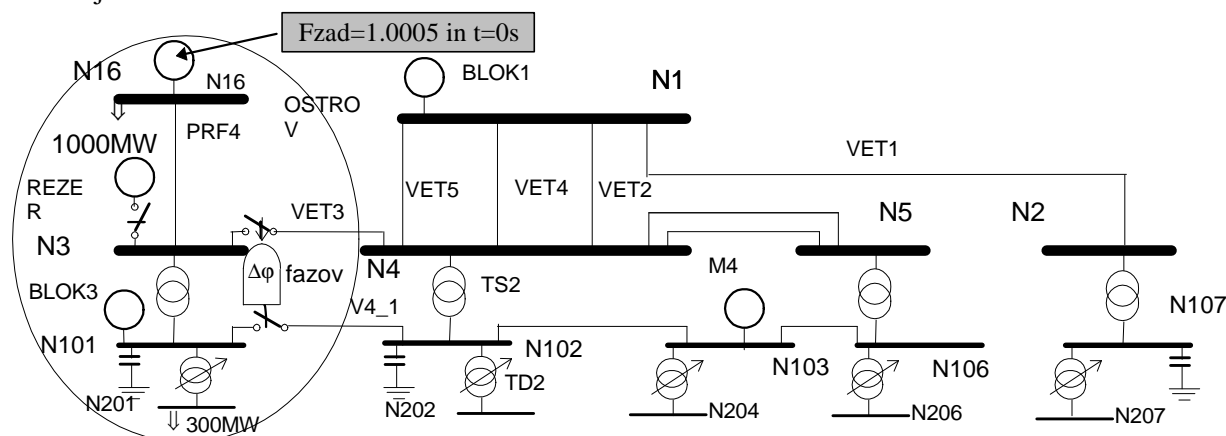
V případě STARTREZ dojde napřed v 60s k synchronizaci odpojeného bloku REZER a o sekundu později k připnutí podle scénáře, jak je naznačeno na následujícím obrázku:



**Sch. 10 Start rezervy zadaný scénářem v případě STARTREZ**

Po otevření případu a spuštění je vidět, že po připnutí je blok automaticky zatížen na minimální výkon 20 MW a zároveň zařazen do primární regulace, čímž výkon naroste na 43 MW. Tento výkon zastaví pokles frekvence ostrova a způsobí její zotavení nad hodnotu frekvenčního odlehčování.

Provoz ostrova by měl být ukončen zpětným přirázováním k soustavě. To je provedeno v případě FAZOVANI. Vlastní fázování provede automatika fázov, simulující jednoduchý syncrocheck, kontrolující rozdíl fází napětí na vypínači větve VET3. Je-li rozdíl menší než 3 stupně, provede se sepnutí. Aby se dosáhlo fázového rozdílu (ostrov i soustava před fázováním pracovaly s jmenovitou frekvencí), je změněna frekvence ostrova změnou zadané hodnoty frekvence na bloku N16 pomocí scénáře. Případ je schématicky naznačen na následujícím obrázku:



**Sch. 11 Zpětné fázování ostrova k soustavě pomocí automatiky fázov v případě FAZOVANI**

Po otevření případu a spuštění se v levém grafu zobrazuje rozdíl napětí a fází napětí na obou koncích rozepnutého fázovaného vedení VET3. Změna fázového rozdílu je způsobena nárůstem frekvence ostrova, jak ukazuje modrý průběh SU v pravém grafu. Po zapůsobení automatiky a sepnutí větve dojde k sladění obou frekvencí během přechodného děje. Frekvence je lehce nad jmenovitou hodnotou vlivem nastavení zadané hodnoty na korektoru frekvence bloku N16.

## VÝPOČTY ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ

V této kapitole se budeme zabývat analýzou dynamického chování části elektrizační soustavy, která je napájena autonomním zdrojem - dieselgenerátorem.

Otevřeme projekt DIESEL. V projektu je sedm případů:

- ☐ USTSTAV výchozí ustálený stav sítě napájené jedním dieselgenerátorem
- ☐ ZKRATKOM zkrat na svorkách dieselgenerátoru
- ☐ SKOKQZAT skoková změna jalového zatížení
- ☐ STEPTTEST skoková změna činného zatížení
- ☐ ROZBEHAS rozběh asynchronního motoru napájeného z dieselgenerátoru
- ☐ ROZBBRZD rozběh asynchronního motoru s brzděním pomocí zavření přívodu paliva
- ☐ ROZBZMEN rozběh asynchronního motoru se změnou typových parametrů zásahem.

První případ USTSTAV prezentuje ustálený stav dieselgenerátoru při chodu naprázdno.

Další dva případy prezentuje schopnosti nového modelu - statického závislého komandovaného buzení. Jednak je to případ ZKRATKOM, který ukazuje dynamické chování při déletrvajícím zkratu na svorkách a případ SKOKQZAT, který ukazuje skokovou změnu jalového zatížení. V levém horním grafu je vidět modrý průběh svorkového napětí v rozsahu  $\pm 20\%$  a pravém grafu lupa s rozsahem  $\pm 1,5\%$  Un.

Případ STEPTTEST ukazuje schopnosti dieselgenerátoru při skokových změnách činného a jalového výkonu simulujících rozběh asynchronního motoru. V levém horním grafu je modře průběh odchylky otáček a v pravém opět průběh svorkového napětí.

Poslední tři případy prezentují rozběh asynchronního motoru s dieselgenerátoru. Jako v předchozím případě v ukazuje grafika v horních grafech průběh odchylku otáček a svorkového napětí, V pravém dolním grafu jsou proměnné asynchronního motoru.

## VÝPOČTY NESYMETRICKÝCH PORUCH

Kapitola se zabývá nesymetrickými poruchami v síti: jednopólovým, dvoupólovým a dvoupólovým zemním zkratem a rozpojením jedné nebo dvou fází. U těchto poruch MODES automaticky spočítá velikost poruchové impedance, kterou připojí mezi místo poruchy a zem (pro zkraty) nebo mezi místa přerušení (pro rozpojení fáze). Velikost poruchové impedance  $Z_{\Delta}$  se zjistí z následující tabulky:

Typ	Zkraty			Přerušení	
poruchy	jednofázový	dvoufázový	dvoufázový zemní	jedné fáze	dvou fází
$Z_{\Delta}$	$Z_{C2}+Z_{C0}$	$Z_{C2}$	$(Z_{C2}Z_{C0})/(Z_{C2}+Z_{C0})$	$(\zeta_{C2}\zeta_{C0})/(\zeta_{C2}+\zeta_{C0})$	$\zeta_{C2}+\zeta_{C0}$

Náhradních impedancí  $\zeta_C$  a  $Z_C$  vyjadřují celkovou impedanci příslušné složkové pasivní sítě měřenou mezi místy přerušení a mezi místem poruchy a zemí pro zkraty. Indexy 2 a 0 značí zpětnou a nulovou složku.

Data pro nulovou složku jsou uloženy ve vstupním souboru NESYM.DAT. Program také na požádání spočítá hodnoty zkratového proudu podle ČSN 33 3020. časová konstanta stejnosměrné složky se určí z poměru  $X/R$  podle následující tabulce:

Typ	Zkraty		
poruchy	trojfázový a dvoufázový	jednofázový	dvoufázový zemní
$X/R$	$X_{C1}/R_{C1}$	$(2X_{C1}+X_{C0})/(2R_{C1}+R_{C0})$	$(X_{C1}+2X_{C0})/(R_{C1}+2R_{C0})$

$X_C$  a  $R_C$  jsou imaginární a reálné části impedance  $Z_C$ . Spočtené hodnoty se zapisují do výstupního souboru se jménem případu a příponou SRC a jsou přístupné příkazem **Výsledky| Zkratové proudy**.

Před výpočtem je nutno zadat požadavek na vznik souboru příkazem **Modifikovat| Uživatelské soubory**, kde po stisknutí tlačítka **Add User File** na kartě **Branches** vybereme **Short circuit overview**.

Otevřeme projekt NESYMETR, který obsahuje řadu případů, které probereme po skupinách. První skupina případů ukazuje základní zadávání nesymetrických poruch na tříúrovňových soustavách podle Andersona (pro zkraty) a Trojánka (rozpojení fáze):

- ☐ FSLG jednopólový zkrat zadaný scénářem zásahem FSLG
- ☐ FDLG dvoupólový zemní zkrat zadaný scénářem zásahem FDLG
- ☐ F\_LL dvoupólový zkrat zadaný scénářem zásahem F\_LL
- ☐ FOUL3PH trojfázový zkrat zadaný scénářem zásahem FOUL
- ☐ ALLFAULT všechny předchozí poruchy v jednom výpočtu s návratem do výchozího stavu
- ☐ F\_LO rozpojení 1 fáze ve stavu naprázdno
- ☐ TROJ\_1LO rozpojení 1 fáze v zatížené soustavě.



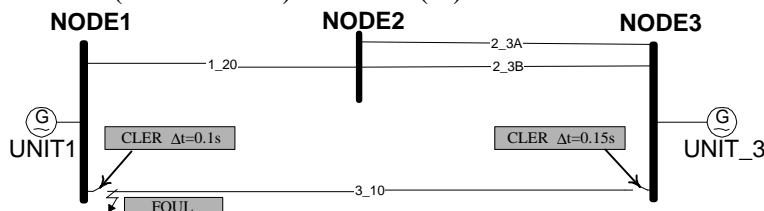
## Stručný průvodce programem MODES 2.2/7 při analýze dynamického chování ES

Další tři případy ukazují vliv zadání parametrů na výpočet časové konstanty stejnosměrné složky  $T_a$ .

- ☐ JEDNOSTR zařízení nemá zadán činný odpor, program vybere  $T_a$  podle napěťové hladiny  
☐ 1STR\_RS generátory mají zadán odpor statoru  $R_s$   
☐ 1STR\_RSO generátory mají zadán odpor statoru  $R_s$  a vedení mají zadán odpor

Dalších osm případů ukazuje schopnost program spočítat jednostranné napájení zkratu (v závorce jsou případy s jednofázovým zkratem)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> FCLERPOC (ZPOCVPOC) | 3f.(1f) zkrat v počátečním uzlu odpojený ze strany počátečního uzlu |
| <input type="checkbox"/> FCLERKON (ZPOCVKON) | 3f.(1f) zkrat v počátečním uzlu odpojený ze strany koncového uzlu   |
| <input type="checkbox"/> KCLERKON (ZKONVKON) | 3f.(1f) zkrat v koncovém uzlu odpojený ze strany koncového uzlu     |
| <input type="checkbox"/> KCLERPOC (ZKONVPOC) | 3f.(1f) zkrat v koncovém uzlu odpojený ze strany počátečního uzlu   |

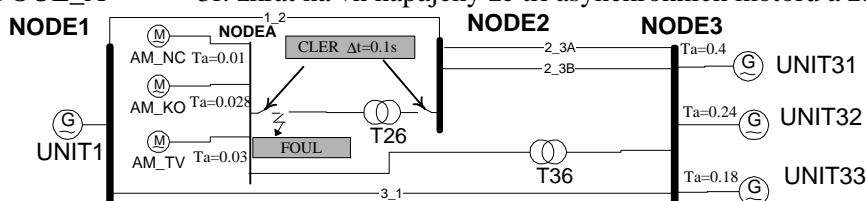


### Sch. 12 Schéma poruchy s postupným vypínáním zkratu v případě KCLERKON

Během prvních 100 ms mezi zásahem FOUL a CLER s parametrem -2 je zkrat napájen z obou stran a dalších 50 ms do zásahu CLER s parametrem 0 je zkrat napájen z počátečního uzlu NODE3. Program správně spočítá hodnotu ekvivalentního oteplovacího proudu výpočtem Joeleova integrálu v obou úsecích.

Následující případy jsou určeny pro testování programu ZKRATY, které je schopen určit příspěvky přímo připojených bloků do uzlu se zkratem.

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> T_FOUL_3 | 3f. zkrat na vvn napájený ze tří synchronních generátorů           |
| <input type="checkbox"/> T_FOUL_S | 3f. zkrat na vn napájený ze tří synchronních motorů                |
| <input type="checkbox"/> T_FOUL_A | 3f. zkrat na vn napájený ze tří asynchronních motorů               |
| <input type="checkbox"/> M_FOUL_A | 3f. zkrat na vn napájený ze tří asynchronních motorů a ze soustavy |

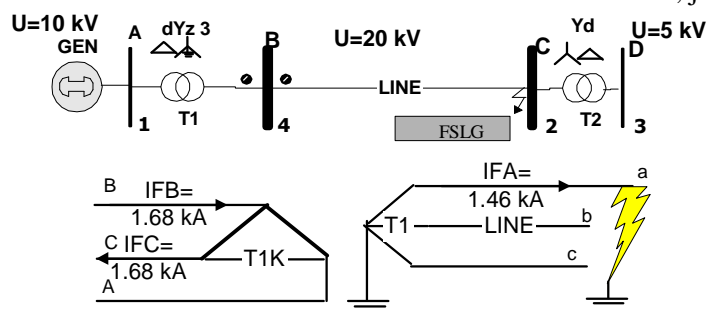


**Sch. 13 Schéma zkratu napájeného ze dvou stran a z asynchronních motorů**

Předěšlé verze MODESu zobrazovaly pouze veličiny v sousledné složkové soustavě. Od verze 2.2/6 je možné počítat průběhy fázových hodnot napětí v uzlech a proudech větví. To umožňuje používat MODES pro nastavení ochran u nesymetrických poruch. Tyto možnosti prezentuje projekt PHASEVAL („Phase Value“). Projekt obsahuje následující případy:

- ☐ FILO\_ABC Rozpojení jedné fáze na jednostrujové soustavě (Př. 5.11 podle Trojánka)
- ☐ F2LO\_ABC Rozpojení jedné fáze na jednostrujové soustavě (Př. 5.12 podle Trojánka)
- ☐ 3SLG\_ABC Zkrat na konci jednoho paralelního vedení se vzájemnou indukčností v netočivé složce
- ☐ 1SLG\_HO1 1f.zkrat na v blízkosti trafa Yd3 na straně hvězdy s výpočtem proudů na straně trojúhelníka
- ☐ 6SLG\_HOD 1f.zkrat na v blízkosti trafa Yd1 na straně hvězdy s výpočtem proudů na straně trojúhelníka

V posledních dvou případech program MODES respektuje fázový posun mezi vinutími Yd v závislosti na hodinovém úhlu zadaném v souboru NESYM.DAT, jak ukazuje schéma případu 1SLG HO1:



### Sch. 14 1f.zkrat na vedení s výpočtem proudů na straně trojúhelníka

Program správně vyhodnotí proudy ve fázích B a C trojúhelníka, ve fázi A proud neteče.

## Příloha 1 -Zásahy

Následující tabulka obsahuje seznam zásahů včetně jejich parametrů nastavovaných při tvorbě scénáře nebo automatiky. V prvním sloupci jsou uvedeny klíčová slova, pomocí nichž se zásah zadává ve scénáři nebo automaticce. Pokud lze zásah provést během výpočtu, je zde i název příslušné funkční klávesy.

Kód	Význam	Jméno	1.parametr	2.parametr
'AUTO'	Zapnutí (Iaut=1) nebo vypnutí (Iaut=0) <b>automatiky</b>	automatiky	Iaut	
'STAB'	Zapnutí (I=1) nebo vypnutí (I=0) <b>stabilizátoru</b>	stabilizátoru	I	
'LOGC'	Zapnutí (I=1) nebo vypnutí (I=0) <b>logiky</b>	logiky	I	
'BRAN' <b>F1</b>	vypíná -zapíná <b>větve</b> (0/1) odepíná v počátečním/koncovém uzlu (-4/4)	větve	Istavg	
'F_LO'	Rozpojení jedné/dvou fází(I=1/2)	větve	I	
'TRAN' <b>F2</b>	přírůstek poměrného převodu trafa	větve	abs{dPt}[pj]	
'STRC' <b>F8</b>	změna struktury regulátoru turbíny	bloku	I	
'EXCT' <b>F6</b>	změna zadané hodnoty regulátoru napětí/jal.výkonu	bloku	dU/dQ[pj]	
'TURB' <b>F7</b>	změna zadané hodnoty regulátoru výkonu/otáček	bloku	dN/dW[pj]	
'LOAD' <b>F4</b>	změna výkonu zátěže v <b>uzlu</b> o dPzat a dQzat	uzlu	dPzat[%]*	dQzat
'UNIT' <b>F5</b>	Zapnutí (Istavg=1) nebo vypnutí (Istavg=0) vypínače <b>bloku</b>	bloku	Istavg	
'LFCS'	změna zadané hodnoty salda cent.regulátoru <b>oblasti</b>	oblasti	Plan[MW]	
'LFCB'	vyřazení(I=0)/zařazení (I=0) <b>bloku</b> do sek. regulace P/f	bloku	I	
'PUMP'	přechod do čerpadlového režimu pro 'HYDR' I=1	bloku	I	
'VALV'	aktivace/vypnutí rychlého zavření ventilu turbíny I=1/0	bloku	I	
'FREQ'	změna zadané hodnoty korektoru frekvence o df	bloku	df[pj]	
'SYNC'	synchronizace <b>bloku</b>	bloku	1	
'ANAL'	provede se analýza zadané <b>oblasti</b>	oblasti		
'FOUL'	zkrat na <b>větví</b> ve vzdálenosti od poč.uzlu Vzdal	větve	Vzdal[%]	Xboc[Ω]
'FSLG','FDLG'	jednopolový, dvoupolový zemní a dvoupolový zkrat	větve	Vzdal[%]	Xboc[Ω]
'F_LL'	na větví ve vzdálenosti od poč.uzlu Vzdal			
'CLER'	odpojení zkratu I=3;zkratu+1 fáze 1;Zkratu+3fází 0, počát./kon. <b>uzlu</b> -2/2	větve	I	
'EXCH'	zavedení přídavného harmon. signálu do regulátoru buzení	bloku	amplituda[pj]	ω[rad/s]
'TURH'	zavedení přídavného harmon. signálu do regulátoru pohonu	bloku	amplituda[pj]	ω[rad/s]
'EXCS'	zavedení přídavného skokového signálu do regulátoru buzení	bloku	skok[pj]	
'TURS'	zavedení přídavného skokového signálu do regulátoru pohonu	bloku	skok[pj]	
'MARK'	napiše číslo na i-té trajektorii v grafice	'i'	číslo [1-9]	
'FICT'	Nastaví logický výstup <b>automatiky</b> na hodnotu Ilog	automatiky	Ilog	
'RAMP'	rampová <b>změna</b> zátěže o dS rychlostí v	uzlu	dS [%]	v[%/m]*
'ISLN'	přepnutí do regulace ostrova pro I=1	bloku	I	
'PAR#'*'	Změna typových parametrů modelu <b>bloku</b>	bloku	i ***	
'OLTC'	Změna zadané hodnoty napětí regulačního trafa	regulovaný uzel	dUzad[pj]	
'EXTR'	Zap.(I=1) nebo vyp.(I=0) externího regulátoru	regulátoru	I	
'SETR'	Změna zadané hodnoty externího regulátoru	regulátoru	dZad	
'TERC'	Změna regulačního pásma bloku nahoru /dolů pro I=-1/1	regulačního bloku	I	

\* procentní přírůstek z počáteční hodnoty odběru uvedené ve vstupním souboru UST.DAT

\*\* za # se doplní pořadové číslo úseku v katalogu typových parametrů TYP\_BLOK.CAT

\*\*\* za i se doplní pořadové číslo sady typových parametrů , přičemž 1 přísluší prvním (tzv. „default“ záznamu v globálním katalogu, pak následuje pořadí záznamů v lokálním katalogu a nakonec zbývající záznamy v globálním katalogu

## Příloha 2 - Uživatelské rozhraní MODMAN

