

# Zajistění systémové služby sekundární regulace bloku EDU

Stanislav Roubal  
Ivan Petružela  
Jaroslav Rubek  
Jan Kubica

**Příspěvek prezentuje realizaci systémové služby sekundární regulace na bloku jaderné elektrárny Dukovany. Popisuje vzájemnou integraci jednotlivých hardwarových komponent včetně softwarového vybavení a algoritmů realizujících režim sekundární regulace. Je uveden průběh regulačního procesu výkonu bloku v dálkovém řízení bloku.**

## Úvod

Bloky jaderné elektrárny Dukovany (EDU) byly využívány především v provozu základního zatížení. V důsledku změn skladby zdrojů v elektrizační soustavě ČR vznikl požadavek ve společnosti ČEZ na provoz bloků v regulaci frekvence a výkonu. V roce 1999 byl zaveden nový provozní režim – primární regulace frekvence se změnou elektrického výkonu bloku do  $\pm 11$  MW a bylo dosaženo odolnosti při mimořádných hodnotách frekvence, v tzv. ostrovním režimu.

Dalším krokem je vytvoření podpůrné služby sekundární regulace (SR) při plnění technických parametrů provozu bloku. Sekundární regulaci se rozumí automatická změna žádané hodnoty výkonu elektrárenského bloku podle požadavku centrálního regulátora, ÚD ČEPS. Provoz jaderného bloku je z hlediska poskytování podpůrné služby SR omezen oproti bloku klasické elektrárny rozsahem povolených změn, počtem dovolených výkonových změn podle technických podmínek na zařízení a palivo (např. povolený počet cyklů změny výkonu), způsobem realizace změny výkonu, způsobem realizace změny výkonu reaktoru a z toho plynoucího maximálního dosažitelného výkonu v režimu SR a prostředky pro sledování stavu bloku a vyhodnocování provozu. Při režimu SR se reguluje výkon turbogenerátoru, přičemž omezujícím faktorem z uvedených důvodů je výkon reaktoru. Dalším omezujícím prvkem jsou stávající regulační systémy; režim SR předpokládá součinnost hlavních regulátorů bloků (regulátor reaktoru ARM, regulátor turbíny TVER).

Tyto skutečnosti musely být vzaty v úvahu při vytváření algoritmu režimu SR, při výběru komponent a realizaci služby SR. Realizovaná služba SR tak odráží specifikaci bloku s reaktorem VVER 440, kterou se odlišuje od režimu SR na klasických elektrárnách.

## 1. Provozní režim SR

EDU bude podle možností jednotlivých bloků nabízet tuto službu, která bude podle přípravy provozu realizována z ÚD přes terminál elektrárny (TELEDU). Propojení bloků s tímto terminálem je realizováno přes nově instalovaný hardware – Organizátor sekundární regulace (OSR). Pro dálkové ovládání (DO) výkonu bloku jsou stanoveny horní a dolní meze zadávání výkonu a maximální rychlost změny výkonu bloku tak, aby změny technologických parametrů byly přijatelné a odpovídaly technologickým a bezpečnostním podmínkám. Pro meze změn výkonu bloku je určující výkon reaktoru. Změna výkonu je realizována rovnoměrným vytěžováním obou turbogenerátorů (TG) nebo výjimečně může být využit jen jeden turbogenerátor. Změna výkonu se zadává v dohodnutém regulačním pásmu a dovoleném trendu, přičemž v OSR se vypočítává horní a dolní mez výkonu v závislosti na stavu bloku. Tyto požadované parametry jsou posílány na ÚD, kde jsou v centrálním regulátoru využívány pro regulaci a pro informaci.

EDU nabízí SR v rozsahu výkonu 20 – 30 MW (max. rozsah změn výkonu reaktoru 7 %  $N_{nom}$ ). Regulační pásmo výkonu reaktoru

je 94 – 98 % při nutnosti respektovat omezení ze strany reaktoru a zajištění nepřekročení výkonu nad 100 %  $N_{nom}$ , tj. stanovení maximální hodnoty reaktoru v režimu SR na 98 %. Trend změny výkonu bloku je od 2 do 4,4 MW/min, tj. do 1 %  $N_{nom}/min$ . Tyto hodnoty je možno nastavovat na terminálu APT 2100G.

V podstatě jde o následující odchylky od dnes standardního řízení klasického bloku v dálkovém ovládní:

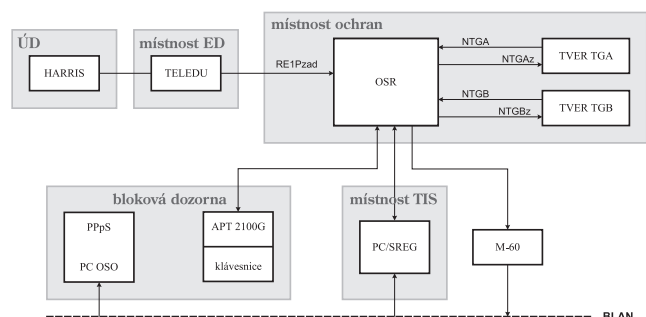
1. všechny manipulace týkající se bloku musí být prováděny personálem blokové dozorny, a ne tzv. manipulatem na společné elektrodozorně,
2. prioritní pro omezení okamžitých mezí regulace je výkon reaktoru, a tento je potřebné přepočítávat na elektrický výkon dvou turbogenerátorů v závislosti na změnách odběrů tepla pro vlastní spotřebu elektrárny, na změnách účinnosti bloku ve vazbě na teplotě chladicí vody nebo nastavení zařízení bloku ap.

Režim SR předpokládá součinnost tří hlavních regulátorů bloku (regulátor reaktoru ARM a 2 x regulátor turbíny TVER), kde je zadaná hodnota výkonu přepnuta do režimu DO (dálkového ovládní). Zadanou hodnotou tlaku páry je nominální hodnota. Kromě těchto podmínek musí být splněna řada dalších technologických a logických podmínek (např. požadovaná hodnota výkonu turbogenerátorů, funkční komunikace, zapnutí generátorových vypínačů apod.). Splněním těchto podmínek je vytvořen signál „Nabídka bloku do režimu SR – RE1 DO,“ který je odeslán ÚD. Odezvou ÚD je signál „Povel ÚD do režimu SR – RE1 M/Dpov“. Po zobrazení tohoto signálu na terminálu OSR jako poslední manipulaci přepíná operátor regulátor reaktoru ARM do režimu regulace tlaku, čímž je blok přepnut do režimu SR (vytvořen signál RE1 M/D) a od tohoto okamžiku je schopen regulovat výkon bloku podle zasláného žádaného výkonu RE1 Pzad zadaného z ÚD.

Všechny činnosti obsluhy blokové dozorny týkající se provozu SR se provádějí podle nových Provozních instrukcí, které byly v této souvislosti vypracovány.

## 2. Integrace komponent SR

Zajištění služby SR je realizováno pomocí řady hardwarových a softwarových komponent. Obr. 1 poskytuje přehled základních komponent včetně jejich lokality na bloku.



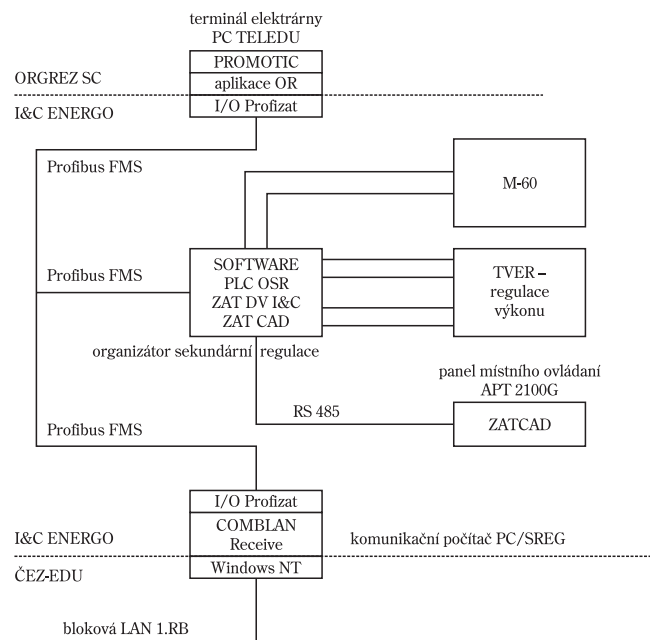
Obr.1 Základní integrace komponent SR a jejich umístění

### 3. Algoritmus OSR

Činnost zařízení OSR je plně automatická. Algoritmus je tvořen jednotlivými dílčími algoritmy a řadou logických podmínek. Základní koncepce algoritmu OSR je následující: vstupními daty jsou hodnoty vybraných technologických veličin získaných z blokové LAN přes počítač PC/SREG, hodnoty výkonů NTGA, NTGB jednotlivých TG získaných z regulátoru TVER a hodnota žádaného výkonu RE1 Pzad zasílaná z ÚD ČEPS přes terminál elektrárny TELEDU. Na základě těchto hodnot jsou prováděny výpočty následujících algoritmu a výsledkem je zadaný výkon bloku NBLZ, který je rozpočítáván na zadané výkony NTGAz, NTGBz pro jednotlivé TG. Regulační smyčka je uzavřena přes ÚD, kde žádaný výkon RE1 Pzad je vypočítáván systémem HARRIS na základě parametrů, které jsou z OSR zasílány prostřednictvím terminálu TELEDU na ÚD.

Mezi algoritmy patří:

- vytváření signálu RE1 DO „Nabídka bloku do DO“,
- tvorba signálu RE1 M/D „Přepnutí bloku do DO“,
- výpočet mezi výkonu bloku „NSRmx“, „NSRmn“,
- výpočet zadaného výkonu bloku „NBLZ“,
- korekce výkonu od ochranné funkce regulátoru reaktoru ARM,
- kontrola rozsouhlasení výkonu,
- výpočet zadaného výkonu pro jednotlivé TG „NTGAz“, „NTGBz“,
- kalibrace zadaného výkonu bloku z důvodů převodníků,
- vysledování výkonu v závislosti na aktuálním stavu bloku,
- korekci tlaku páry v hlavním parním kolektoru při vybraných stavech zařízení bloku.



Obr.2 Softwarová integrace komponent SR

V rámci výpočtů je ověřována věrohodnost signálů, splnění logických podmínek, vzájemná komunikace mezi komponenty SR. Vyskytne-li se při ověřování poruchový stav, je o tom okamžitě vydáno alarmové hlášení včetně světelné a zvukové signalizace. Nedojde-li během definované doby zádrže k odstranění závady, je blok automaticky odpojen z režimu dálkového ovládní SR a přechází zpět na místní řízení bloku. Je-li známá příčina poruchy a neohroží-li se bezpečnost provozu bloku, je možno po odstranění závady při splnění všech ostatních podmínek režimu SR automaticky pokračovat v režimu SR.

### 4. Integrace komponent SR

Tato kapitola poskytuje přehled o komunikaci, použití softwaru a prostředí pro realizaci programového propojení mezi jednotlivými komponenty SR.

#### 4.1 Softwarová integrace TELEDU

Terminál elektrárny TELEDU je umístěn v elektrodozorně (ED) a slouží k přenosu dat elektrárnou ÚD ČEPS. Terminál používá OS Windows NT 4.0 a provozní funkce zajišťuje systém pro řízení a simulaci PROMOTIC. Pro komunikaci se sběrnici PROFIBUS FMS je použit komunikační server I/O Profizate. Výměnu dat mezi DDE I/O serverem a systémem PROMOTIC provádí program Aplikace OR. Hlavní úlohou terminálu TELEDU v režimu SR je přenos mezních hodnot výkonu bloku spočtených v OSR (NSRmx, NSRmn) a hodnot skutečného výkonu bloku (NBs), které slouží pro výpočet žádané hodnoty výkonu bloku (RE1 Pzad) řídicím systémem HARRIS na ÚD ČEPS. Dalšími funkcemi terminálu TELEDU jsou:

- přenos signálů z ÚD do OSR,
- přenos signálů z OSR do ÚD,
- zobrazování parametrů SR pro obsluhu terminálu,
- tisk sestav,
- archiv,
- přepínání na náhradní měření činného výkonu bloku při přerušení spojení s OSR.

#### 4.2 Softwarová integrace OSR

Aplikace řídicího systému OSR je vytvářena na bázi řídicího systému ZAT-Plant Suite MP. Celkový výpočtový a řídicí systém je připravován v grafickém prostředí ZATCAD a po odladění překompileován do PLC tvořeného procesorem M68060 pracujícím pod operačním systémem OS9. Komunikaci s ostatními komponentami zajišťuje sběrnice PROFIBUS a RS 485.

OSR realizuje následující algoritmy a funkce:

- algoritmy uvedené v kapitole 4,
- snímání skutečného výkonu TG,
- zasílání napočtených parametrů do terminálu TELEDU,
- získávání parametrů z blokové LAN,
- zasílání vybraných parametrů přes jednotku M-60 do informačního systému bloku IVS,
- zobrazování vybraných parametrů včetně alarmových hlášení poruchových stavů režimu SR na terminálu APT umístěný na pultu BD,
- čtení parametrů z terminálu APT 2100G.

Pro napojení TELEDU na OSR čtyř bloků bude použit komunikační protokol PROFIZATE, realizace bude obsahovat dvě komunikační karty (jedna pro HVB I, druhá pro HVB II).

#### 4.3 Softwarová integrace blokové LAN

Pro softwarovou integraci je použit počítač PC/SREG. Využívá OS Windows NT 6.0. Pro komunikaci je použita sběrnice PROFIBUS FMS, I/O serveru Profizate a modul pro příjem dat RECEIVE, Výměnu dat mezi DDE I/O serverem a modulem RECEIVE provádí program COMBLAN\_T. Počítač PC/SREG zajišťuje následující činnosti:

- čtení signálů z blokové LAN a jejich zobrazení,
- přenos dat do OSR,
- možnost čtení a ovládní tzv. testovacího souboru pro účely testu režimu SR (příp. certifikace služeb SR) v rámci energetického spouštění bloku.

#### 4.4 Softwarová integrace terminálu APT

Terminál APT 2100G je zabudován v panelu BD a je používán operátory pro zadávání základních parametrů režimu SR a ke sledování informací o stavu bloku v režimu SR. Softwarová integrace je provedena na bázi vývojového prostředí ZATCAD a je připojena k OSR sběrnici RS 485. Implementované funkce terminálu jsou:

- zadávání hlavních parametrů (analogových a diskretních) režimu SR,
- zobrazování analogových a diskretních veličin režimu SR,
- zobrazování textových alarmů při výskytu poruchových stavů režimu SR,

- světelná a zvuková signalizace poruchových stavů a stavu režimu SR. Signalizace poruchových stavů je dána jednak obecnou signalizací vyjadřující výskyt jakékoliv poruchy, jednak signalizací konkrétní poruchy.
- ovládání tzv. testovacího režimu. Testovací režim umožňuje provádět testování režimu SR v rámci energetického spouštění, aniž by byla vyžadována součinnost s ÚD ČEPS. Podmínkou je opět uvedení bloku do režimu SR a funkčnost všech komponent SR.

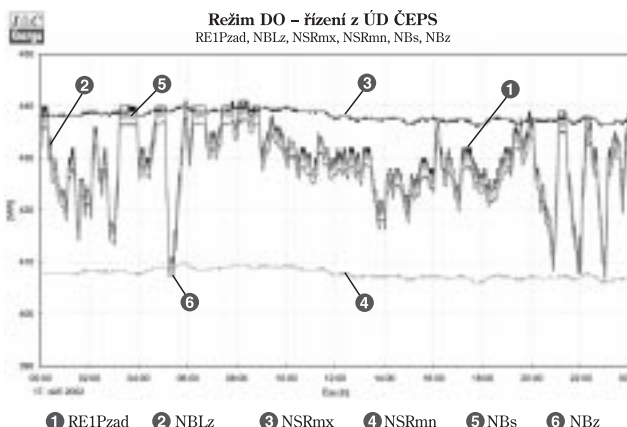
#### 4.5 Integrace IVS, TVER

Dále je zajištěna D/A a A/D převodníky integrace s informačním systémem (IVS) pro archivaci technologických veličin a pro získání hodnot skutečného výkonu NTGA, NTGB jednotlivých TG a vypočteného zadaného výkonu bloku NBS na jednotlivé výkony NTGAz, NTGBz pro jednotlivé TG.

V rámci stávajícího regulátoru turbíny TVER bylo nutné provést odpovídající úpravy v regulaci výkonu TG (úprava na připojení zadaného výkonu do DO) a úpravy na BD pro připojování TG do režimu DO z pultu operátora. Dále byly z TVER vyvedeny signály skutečných a zadaných výkonů obou TG, stav přepnutí do dálkového ovládání a stav přepnutí korektoru frekvence, tj. zapnutí do primární regulace. Opačně se vedou signály požadovaných výkonů z DO pro oba TG. Přepnutí do dálkového ovládání ve TVER je zajištěno logikou TVER a přidáním impulsního tlačítka DO na mozaice panelu BD.

#### 5. Provoz

V současné době je režim sekundární regulace realizován na všech blocích EDU. Spolu s uvedenými komponenty SR slouží personálu BD program poskytování podpůrných služeb (PPpS) nainstalovaný na PC umístěných na pultu operátorů. Tento program poskytuje pomocí přepínatelných obrazovek vizualizaci technologických parametrů a alarmových hlášení. Slouží ke sledování změn výkonu bloku a k vyhodnocování provozu v SR. Grafické výstupy umožňují obsluze BD posoudit soulad výkonu reaktoru a obou TG, sledování udržování tlaku v hlavním parním kolektoru a na základě simulačních modelů technologických celků predikovat přechodo-



**Obr.3** Přechodový proces výkonu bloku v režimu dálkového řízení z ÚD ČEPS

vý proces, a tím poskytovat potřebné informace k zásahům operátora do provozu bloku.

Obr. 3 zobrazuje přechodový proces regulace v režimu sekundární regulace v automatickém módu (base mode).

#### Literatura

- [1] KREJČÍ, P., PETRUŽELA, I., ROUBAL, S., ŠIMAN, V.: Zajištění systémové služby – SR EDU. Zpráva ICE 4/10654/TD/B14-4870\*4, 2001.

#### I & C Energo, s. r. o.

Ing. Stanislav Roubal  
 Ing. Ivan Petružela, CSc.  
 Ing. Jaroslav Rubek, CSc.  
 e-mail: sroubal@ic-energo.cz

#### ČEZ-EDU, a. s.

Ing. Jan Kubica  
 e-mail: kubicj1.edu@mail.cez.cz

2