

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

**Modernizace systému ochran elektrických zařízení ve vyvedení výkonu
energetických celků**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý

Autor: Jiří Buneš

Anotace:

Tato práce se zabývá modernizací systému ochran elektrických zařízení ve vyvedení výkonu energetických celků. Obsahuje stručný popis zařízení umístěných v uzlu elektrárenských zařízení. Srovnává doposud používané analogové soubory ochran zařízení ve vyvedení výkonu elektrárny s nově nastupujícími digitálními. Řeší uvedení nových souborů do provozu s důrazem na primární zkoušky zařízení jako celku. Dále je zpracován rozsah kontrol a zkoušek za provozu zařízení. Práce je zakončena vyhodnocením funkčnosti a provozuschopnosti stávajícího výkonového zařízení s novým souborem digitálních ochran.

Klíčová slova: primární zkoušky, soubor ochran, provozní kontrola.

Abstract:

This work deals with the modernizing of protective system of the electric arrangement in bring out achievement of the power units. It includes the description of arrangement placed in bundle of generating plants. It equates to till now used the analogue files of protections arrangements in bring out the power station capacity with the incoming digital ones. It solve the presentation of new file to the running with emphasis on prime testing of equipment entire. Further is processed the scrutiny rate and examinations in the working condition of the arrangement. The work is concluded by the evaluation of functionality and of serviceability of current wattage arrangement with the new file of the digital protections.

Keywords: primary test, a set of safety, traffic control.

Prohlašuji že předloženou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím uvedené (citované) literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, dne 23.4.2010

Jiří Buneš

Touto formou děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalovi Šerému za cenné rady a připomínky při zpracování mé práce Modernizace systému ochrany elektrických zařízení ve vyvedení výkonu energetických celků.

OBSAH

1	Úvod	8
2	Přehled zařízení v uzlu vyvedení výkonu	8
2.1	Běžné schéma vyvedení výkonu	8
2.1.1	Zařízení na výrobu elektrické energie	9
2.1.2	Transformátor	11
2.2	Vyvedení výkonu ETE.....	12
2.2.1	Zařízení na výrobu elektrické energie ETE	12
2.2.2	Transformátory	15
3	Současný systém chránění	17
3.1	Obecný popis ochran	17
3.1.1	Funkce ochran	17
3.1.2	Poruchové stavy	18
3.1.3	Typy ochran	20
3.1.4	Ochrany použité na ETE.....	24
4	Rozsah a popis modernizace.....	37
5	Primární zkoušky zařízení s novým systémem ochran.....	37
5.1	Cíl zkoušek	37
5.2	Bezpečnostní rizika a opatření	38
5.3	Výchozí stav	41
5.3.1	Druhy a umístění zkratů.....	41
5.3.2	Podmínky pro zahájení zkoušek	41
5.3.3	Úkony pro nastavení zařízení do výchozího stavu	42
5.4	Postup zkoušek	43
5.4.1	Způsob sledování parametrů	43
5.4.2	Část A zkoušky při provozu TBA na 3000 ot/min naprázdno.....	43
5.4.3	Část B zkoušky po prvním přifázování.....	53
5.4.4	Část C zkoušky na přifázovaném TBA v průběhu zvyšování výkonu ..	55
5.5	Konečný stav.....	56
6	Provozní kontroly	56
6.1	Popis zařízení.....	56
6.2	Účel.....	56
6.3	Výběr dat.....	56
6.3.1	Výchozí stav	56

6.3.2	Výběr kompletu ochran	56
6.3.3	Stažení dat.....	57
6.3.4	Čtení dat.....	57
6.3.5	Zpracování dat	58
6.3.6	Mazání dat.....	58
6.3.7	Ukončení práce	58
6.3.8	Souběžné načítání dat	59
7	Závěr, vyhodnocení	59
8	Seznam použité literatury	60

Seznam použitých zkratek a symbolů

a skalár

\vec{a}, \mathbf{a} fázor, vektor

$\sum_{j=1}^n a$ algebraický součet $a_1 + a_2 + \dots + a_n$

A_n jmenovitá hodnota

S zdánlivý výkon

P činný výkon

U svorkové napětí

I proud

PTP přístrojový transformátor proudu

PTN přístrojový transformátor napětí

TBA turboalternátor

NT nízkotlaký díl turbíny

VT vysokotlaký díl turbíny

RZV rychlozávěrný ventil turbíny

ZWO zpětná wattová ochrana

REG typové označení souboru ochran

ETE Elektrárna Temelín

YNd1 Způsob zapojení vinutí (Y – hvězda, N – vyvedený nulový bod, d – trojúhelník, 1 – hodinový úhel)

1 Úvod

Při výrobě elektrické energie je jedním z nejdůležitějších aspektů bezpečnost. Jednak bezpečnost a ochrana zdraví při práci a jednak také bezpečnost provozovaného zařízení. Tu lze zajistit použitím vhodných ochranných prvků, které při nárůstu sledovaných parametrů nad bezpečnou mez dají impuls k odstavení chráněného zařízení.

Jako každé odvětví, tak i oblast ochran pro průmysl a energetiku, prochází vývojem modernizace a vylepšováním. Doposud bylo v převážné míře využíváno elektromechanických ochran, ale v dnešní době jsou tyto zastaralé typy nahrazovány moderními digitálními ochranami. Digitalizace ochranných systémů přináší zvýšení účinnosti kvalitnějším a rychlejším zpracováním měřených signálů. Tím se sníží pravděpodobnost poškození chráněných, velmi nákladných zařízení.

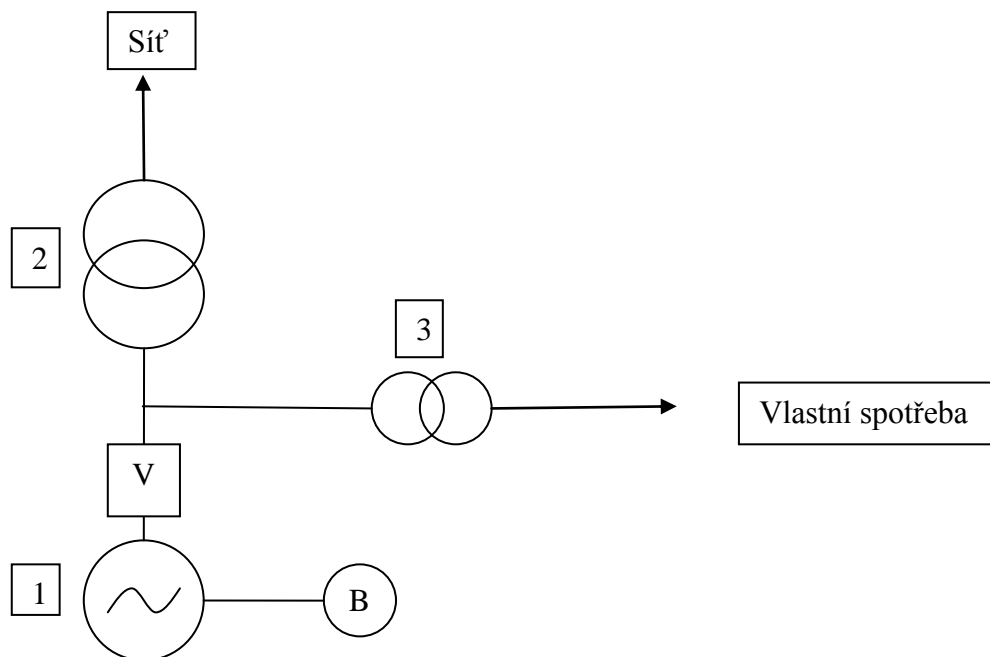
Energie vyráběná v jaderných elektrárnách tvoří většinový podíl na českém energetickém trhu. Státní energetická koncepce počítá s podporou dalšího rozvoje jaderné energetiky, vzhledem k její ekologické šetrnosti a také k obtížné výrobě elektrické energie z jiných zdrojů.

U obnovitelných zdrojů nejsme schopni dosáhnout dostatečné výkonnosti, naproti tomu u fosilních paliv se začínáme potýkat se snižujícími se zásobami. Rovněž provoz tepelných elektráren je i přes rozsáhlou modernizaci a nemalé investice do odsíření poměrně neekologický. Z těchto důvodů je tato práce z větší části zaměřena na jaderné zařízení.

2 Přehled zařízení v uzlu vyvedení výkonu

2.1 Běžné schéma vyvedení výkonu

Blok vyvedení výkonu velkých energetických celků - obrázek 1., bývá nejčastěji složen ze zařízení na výrobu elektrické energie (generátor, alternátor) 1, transformátoru pro vyvedení výkonu do sítě 2 a transformátoru pro vlastní spotřebu 3.



Obrázek 1.: Vyvedení výkonu velkých energetických celků

B – budič

V – vypínač

2.1.1 Zařízení na výrobu elektrické energie

Elektrická energie v energetických celcích vzniká přeměnou mechanické energie turbíny na energii elektrickou pomocí synchronního stroje. Synchronní stroj, jehož výstupem je střídavý proud, se nazývá **alternátor**. Synchronní stroj je elektrický točivý stroj, který se skládá ze statoru a rotoru. Rotor se otáčí synchronně s točivým elektromagnetickým polem vzniklým ve stroji a vytváří točivé magnetické pole. Ve statoru jsou umístěny cívky, ve kterých se indukují elektrické napětí.

Indukované napětí v cívce v rotačním magnetickém poli:

$$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N\Phi\omega \sin \omega t \quad (1)$$

N – počet závitů cívky

Maximální hodnota napětí:

$$U_{\max} = \omega N\Phi = 2\pi f N\Phi \quad (2)$$

Efektivní hodnota indukovaného napětí:

$$U_i = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 4,44 f N\Phi \quad (3)$$

STATOR

Ve statoru bývají nejčastěji uloženy tři sady střídavých statorových vinutí, které jsou vůči sobě posunuty o třetinu periody (120°). Ve zvláštních případech může být ve statoru i jednofázové vinutí. Statorové vinutí mnohofázových strojů je zpravidla dvouvrstvé se zkráceným krokem nebo jednovrstvé. Ukládá se do otevřených drážek. Trojfázová vinutí se spojují obvykle do hvězdy.

ROTOR

V rotoru je uloženo budící vinutí napájené stejnosměrným proudem ze sběracích kroužků a kartáčů. V některých případech se může v rotoru nacházet rovněž tlumící či rozběhové vinutí.

Rotory synchronních strojů jsou dvojího provedení:

- s hladkým rotorem. V tomto případě je budící vinutí tvořeno rozloženými cívkami, vloženými do drážek po obvodu rotoru a uchyceno kovovými klíny a v čelech bandážovými kruhy. Tohoto provedení se využívá u dvoupólových strojů i u velkých čtyřpólových strojů.
- rotor s vyniklými (vyjádřenými) póly. U tohoto druhu rotorů je vinutí uloženo na jádrech pólů. Jednotlivé póly jsou rovnoměrně rozloženy po obvodu rotoru na pólovou rozteč. Vinutí je uchyceno pólovými nástavci a rozpěrkami mezi póly. Tento druh vinutí je využíván u čtyřpólových strojů malých a středních výkonů, u strojů šesti a vícepólových.

SBĚRACÍ ZAŘÍZENÍ

Na rotoru stroje je umístěno budící vinutí, které je napájeno stejnosměrným budícím proudem z řízeného zdroje. Na rotoru jsou umístěny sběrací kroužky, přes

které je pomocí uhlíkových kartáčů realizován přívod budicího proudu k budicímu vinutí.

2.1.2 Transformátor

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který slouží ke změně parametrů elektrické energie. Je složen ze tří hlavních částí, kterými jsou magnetický obvod, vinutí (primární a sekundární) a izolační systém. Primárních i sekundárních vinutí může být větší počet. Do primárního vinutí se přivádí elektrická energie a převádí se zde na magnetickou energii (elektrický proud I je přeměněn na magnetický tok Φ). Tento magnetický tok je přes magnetický obvod přenášen k sekundárnímu vinutí, ze kterého se odebírá energie o přetransformovaných parametrech. Úkolem magnetického obvodu je zajistit, aby co nejvíce magnetických siločar procházelo současně primární a sekundární cívkou. V sekundární cívkě se na principu Faradayova indukčního zákona indukuje elektrické napětí:

$$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

Z tohoto důvodu pracuje transformátor pouze na střídavý proud, neboť derivace konstanty je nulová a na sekundární straně by při stejnosměrném proudu nevznikalo žádné napětí.

Rovnice ideálního transformátoru (beze ztrát) má tvar:

$$p = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (5)$$

p – převod transformátoru

U_1 – napětí na primární cívkě

I_1 – proud primární cívkou

N_1 – počet závitů primární cívkou

veličiny s indexem 2 charakterizují sekundární cívkou

Činný výkon ideálního transformátoru vypočítáme:

$$P = U_1 I_1 = U_2 I_2 \quad (6)$$

2.2 Vyvedení výkonu ETE

Pro výrobu elektrické energie je na každém bloku instalován turboalternátor o jmenovitých parametrech $S_n = 1111$ MVA, $P_n = 1000$ MW a $U_n = 24$ kV. Výkon alternátoru se z generátorového napětí transformuje na napětí přenosové soustavy 400 kV v blokovém transformátoru, který se skládá ze 3 jednofázových jednotek ($S_n = 3 \times 400$ MVA).

Mezi alternátorem a blokovým transformátorem je odbočka k dvojici odbočkových transformátorů (každý 63/31,5/31,5 MVA), které slouží jako pracovní zdroj vlastní spotřeby bloku. Z každého vinutí 6,3 kV odbočkových transformátorů je napájena jedna bloková rozvodna 6 kV, která se skládá ze dvou samostatných sekcí. Spojení mezi transformátorem a rozvodnou je provedeno zapouzdřenými vodiči se vzduchovou izolací ($U_n = 10$ kV, $I_n = 4$ kA).

Mezi alternátorem a odbočkou je generátorový vypínač výroby BBC. Spojovací vedení mezi alternátorem, blokovým transformátorem a odbočkovými transformátory je provedeno zapouzdřenými vodiči se vzduchovou izolací, aby byla maximálně omezena možnost vzniku svorkových zkratů. Zapouzdřený je i generátorový vypínač a měřicí transformátory napětí a proudu. Uzel alternátoru je uzemněn přes odpojovač a tlumivku.

Výkon každého bloku se vyvádí jednoduchou linkou 400 kV do rozvodny 400 kV Kočín, kde jsou rovněž vypínače bloku. Na straně ETE je rozvodné zařízení 400 kV maximálně redukováno a jsou zde pouze bleskojistky.

2.2.1 Zařízení na výrobu elektrické energie ETE

Na ETE je jako prostředek pro výrobu elektrické energie použit turboalternátor. Je to uzavřený dvoupólový, třífázový synchronní stroj s kombinovaným chlazením. Vinutí statoru, průchodky a nulová spojka jsou chlazeny demivodou, ostatní aktivní části stroje vodíkem a sběrací zařízení vzduchem.

Vnitřní kostra statoru stroje, v níž je uloženo železo statoru s vinutím, je pružně uložena ve dvoudílné vnější kostře, na jejíž obě strany navazuje dvoudílné víko. V každém víku jsou dvě dvoudílné sekce chladiče vodíku.

Vinutí statoru tvoří tyče uložené a zaklínované v drážkách železa (tj. magnetický obvod složený z dynamových plechů), které jsou na koncích propojené spojkami, tvořícími koš vinutí. Tyče jsou složené z měděných dutých vodičů.

Na víka vnější kostry statoru jsou připevněny štíty, v nichž jsou uloženy olejové ucpávky a ložiska rotoru. Olejové ucpávky těsní čepy rotoru proti úniku vodíku ze stroje.

Rotor stroje je jednodílný výkovek s nasazenou spojkou pro pevné spojení s posledním nízkotlakým rotorem turbíny. Na opačné straně je rotor spojen nakovanou spojkou s rotorem sběracího zařízení, který má na konci ložisko a spojkou pro spojení s rotorem budícího generátoru.

Vinutí rotoru je z dutých měděných vodičů, uložených a zaklínovaných v drážkách rotoru a protékaných chladícím vodíkem.

V drážkách pro vinutí rotoru a v mělkých drážkách v pólech rotoru jsou uloženy vodiče tlumiče, které jsou vodivě spojeny s drážkovými klíny a s obručemi rotoru. Obruče rotoru chrání čela vinutí před účinky odstředivých sil.

Tři fázové vývody proudu ze stroje jsou na spodku víka, tři nulové vývody s nulovou spojkou jsou na vrchu tohoto víka. Vývody jsou v zapouzdřeném provedení.

Budící energii dodává do turboalternátoru budící systém. Přenos budícího proudu z budícího systému do vinutí rotoru stroje umožňuje sběrací zařízení. Budící proud je přiveden na svorkovnici sběracího zařízení, odkud je veden pasovinou ke dvěma párům sběracích kroužků, kde na každém kroužku je po deseti trámcích. Na každém trámcí je připevněn vyjímatelný držák se čtyřmi kartáči.

NÁZEV	PARAMETRY
jmenovitý zdánlivý výkon	1111 MVA
jmenovitý činný výkon	1000 MW
jmenovitý účinník	0,9
jmenovitý kmitočet	50 Hz
jmenovité sdružené napětí statoru	24000 ± 5 % V
jmenovitý proud statoru	26730A
jmenovité otáčky	3000 ot./min
třída izolace vinutí statoru a rotoru	F (využití ve třídě B)
poměrný proud nakrátko	0,4
zapojení vinutí statoru	hvězda
počet vývodů vinutí statoru	6

smysl otáčení rotoru	vpravo při pohledu od turbíny
buzení (štitkové hodnoty):	
- pro chod naprázdno	2010 A, 122 V
- pro jmenovité zatížení	7280 A, 513 V
účinnost stroje včetně ztrát	98,78 %

Tabulka 1.: Základní parametry turboalternátoru

Hlavní konstrukční části turboalternátoru

- stator
- rotor
- sběrací zařízení

Stator se sestává:

- vnitřní kostra s magnetickým obvodem
- vinutí statoru
- vnější kostra s hliníkovými kryty a rozvodem statorové vody
- štíty s ucpávkami a ložisky
- chladič vodíku
- vývody proudu
- obvody měření

Rotor se sestává:

- vlastní rotor
- vinutí rotoru
- tlumič (amortizér)
- obruče rotoru
- přívod proudu k vinutí
- kompresorová kola

Sběrací zařízení se sestává:

- hřídel sběracího zařízení

- sběrací kroužky
- uhlíkové kartáče
- kartáčové držáky
- ložisko rotoru
- vzduchovody
- nástavba s filtry

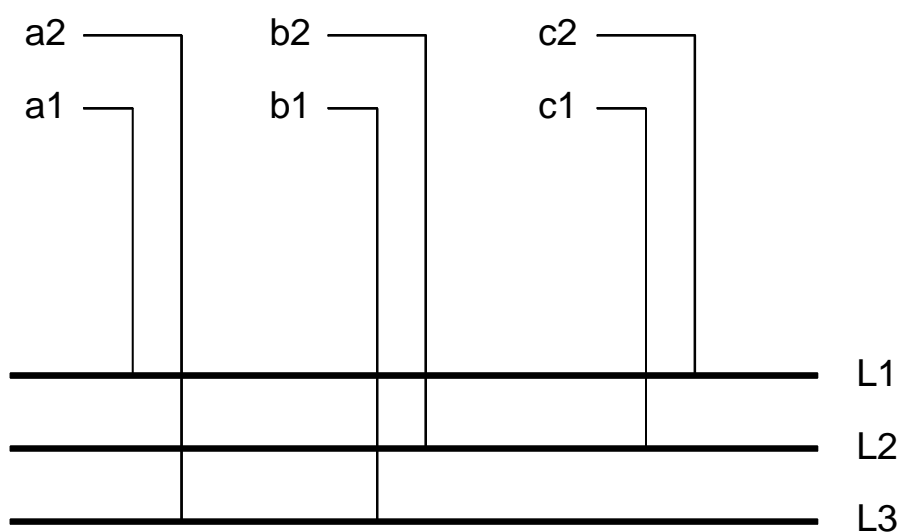
2.2.2 Transformátory

Blokové

Transformátor transformuje napětí 24 kV ze svorek turboalternátoru na napětí 400 kV elektrizační soustavy. Při odstaveném turboalternátoru transformuje napětí sítě 400 kV na napětí 24 kV pro odbočkové transformátory.

Blokový transformátor je rozdělen na tři jednofázové dvouvinuťové jednotky venkovního provedení umístěné na samostatných stanovištích. Přístrojové transformátory proudu jsou umístěny v průchodkách 420 kV, 24 kV a 123 kV (nulová průchodka).

Zapojení transformátoru je YN/d1 a na primární straně je provedeno pomocí nulové lanové přípojnice izolované na napětí 110 kV, která je přímo spojena se zemí. Na sekundární straně (24 kV) je zapojení d1 vytvořeno připojením zapouzďřených vodičů na jednotlivé průchodky transformátorových jednotek - viz Obrázek 2.



Obrázek 2.: Schéma připojení transformátorových jednotek k zapouzďřeným vodičům 24 kV. (Průchodky 24 kV jsou připojeny v a1, 2 - c1, 2.)

Transformátorová jednotka je složena z:

- aktivní části (vinutí, izolace, vývody, stahovací zařízení vinutí, transformátorové plechy atd.)
- nádoby transformátoru
- průchodek 420 kV, 123 kV, 24 kV
- zařízení systému chlazení
- měřících a kontrolních přístrojů a ochran

NÁZEV	PARAMETRY
Provedení	Jednofázový, dvouvinuťový
Výkon	400 MVA
Jmenovité napětí	420/24 kV
Jmenovitý proud	1650/16666 A
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Napětí nakrátko	14 +/-10 %
Zapojení	YNd1

Tabulka 2.: Základní parametry blokového transformátoru

Odbočkové

Na ETE zajišťuje pracovní napájení vlastní spotřeby každého výrobního bloku dvojice odbočkových transformátorů. Transformují napětí 24 kV ze zapouzdřených vodičů na napětí 6,3 kV a pomocí regulace napětí udržují požadovanou napěťovou hladinu v rozvodnách.

Transformátory jsou třífázové, třívinuťové stroje venkovního provedení s regulací napětí na straně vyššího napětí. Nádobu transformátoru je zvonového provedení, umístěná na transportním podvozku. Magnetický obvod je jádrový, složený z orientovaných vzájemně izolovaných plechů. Magnetický obvod a vinutí jsou chlazeny olejem s nucenou cirkulací.

Strana vyššího napětí transformátorů je napojena na zapouzdřené vodiče 18 kA, 24 kV. Strany nižšího napětí (dvě) jsou napojeny na zapouzdřené vodiče 4 kA, 10 kV.

NÁZEV	PARAMETRY
Provedení	třífázový, třívinitý, regulační
Výkon	63/31,5/31,3 MVA
Jmenovité napětí	24 ±4x4 %/6,3/6,3 kV
Jmenovitý proud	1516/2887/2887 A
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Napětí nakrátko	I-II - 9 %, I-III - 9 %, II-III- 18 %
Zapojení	D do/do

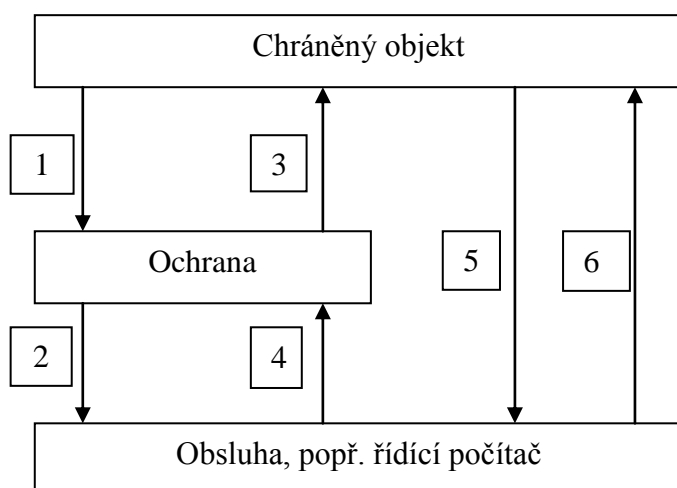
Tabulka 3.: Základní parametry odbočkového transformátoru

3 Současný systém chránění

3.1 Obecný popis ochran

3.1.1 Funkce ochran

Ochrana je zařízení, které zajišťuje provozní bezpečnost a spolehlivost určité části energetického systému, např. generátoru, transformátoru, vedení apod. Přes přístrojové transformátory proudu a napětí, popř. z dalších čidel získávají informaci o jednotlivých veličinách chráněného objektu. Ochrana musí rozlišit, je-li chráněný objekt v mezích normálního provozu nebo zda jde o poruchu. V případě poruchy uvnitř objektu ochrana zamezuje havárii chráněného zařízení vypnutím, odbuzením apod. Obsluha ochrany může nastavovat parametry ochrany, např. měnit její citlivost nebo časové zpoždění. [3, str. 12]



Obrázek 3.: Schéma vazeb mezi chráněným objektem a ochranou

- 1 – Informace o stavu objektu (přístrojové transformátory proudu, napětí)
- 2 – Signál o působení
- 3 – Ovládání (vypínače, odbuzovače atd.)
- 4 – Nastavení citlivosti a ostatních parametrů
- 5 – Ostatní signály (měření atd.)
- 6 – Ovládání objektu

3.1.2 Poruchové stavy

- „**zkrat** je vzájemné spojení dvou nebo více fází mezi sebou, popř. s uzlem. Má za následky elektrické poškození dielektrik a izolátorů a především tepelné poškození vodičů (tavení). Rovněž vlivem zkratu dochází k mechanickému poškození vlivem zkratových sil. Zkrat může být způsoben únavou izolace, mechanickým poškozením, špatnou manipulací apod.
- **přetížení** lze popsat jako průchod příliš velké energie zařízením. Způsobuje mechanické a tepelné poškození, což má za následek urychlení stárnutí izolací. Přetížení je nejčastěji způsobeno nedostatkem instalovaného činného výkonu, který neodpovídá okamžité spotřebě. Míra poškození je závislá na teplotě nebo jejím časovém integrálu:

$$I(\mathcal{G}) = \int_0^t \mathcal{G}(\tau) d\tau \quad (7)$$

Ten určuje míru poškození s přihlédnutím k době působení t zvýšené teploty.

- **nadpětí** (zvýšení napětí nad dovolenou mez) způsobuje poškození a stárnutí izolace a zvyšuje nebezpečí zkratu. Nadpětí může být způsobeno poruchou regulace napětí nebo kapacitní zátěží.
- **podpětí** má za následek především proudové přetěžování, odebírá-li připojené zařízení konstantní výkon:

$$p = ui \quad (8)$$

při snížení napětí u dochází podle vztahu (8) ke zvětšení proudu i a tím k proudovému přetížení. Podpětí může být způsobeno nedostatečnou kompenzací, přetížením nebo poruchou regulace napětí.

- **snížení frekvence** má za následek zvětšení magnetizačních proudů i_{mg} a následně zvětšení ztrát a oteplení:

$$i_{mg} = \frac{u}{2\pi f L_h} \quad (9)$$

- **zvýšení frekvence** způsobuje především mechanické poškození. Zvýšení frekvence bývá způsobeno poruchou regulace výkonu.
- **nesouměrnost proudu** je nebezpečná zvláště u točivých strojů. Při tomto poruchovém stavu vzniká ve statoru zpětná složka proudu i_2 , která vytváří magnetické pole, otáčející se v opačném smyslu a dvojnásobnou synchronní rychlostí $2\omega_N$ proti rotoru. Díky tomu vznikají v rotoru vířivé ztráty a ten se jejich působením nadměrně zahřívá. Nesouměrnost proudu může být způsobena přerušením vodičů nebo nesouměrností zátěže.
- **nesouměrnost napětí** vyvolává nesouměrnost proudu (např. při chodu motoru na dvě fáze). Vlivy způsobující nesouměrnost napětí jsou stejné jako u nesouměrnosti proudu.
- **zemní spojení** je spojení jedné fáze se zemí v izolovaných sítích. Je nebezpečné především pro velkou pravděpodobnost následného zkratu (druhé zemní spojení). Může být způsobeno stejnými vlivy jako zkraty.
- **zpětný tok výkonu** je přenos energie opačným směrem, než pro který je dané zařízení konstruováno, tj. přenos energie z generátoru do turbíny nebo z motoru do sítě. Zpětný tok výkonu je způsoben buď chybnou regulací výkonu nebo špatnou energetickou bilancí sítě.
- **ztráta buzení** synchronních točivých strojů je zmenšení budicího proudu pod mez statické stability. Má za následek jednak snížení napětí, což jednak ohrožuje

stabilitu sítě a jednak asynchronní chod stroje, což je u některých strojů nepřijatelné. Při ztrátě buzení stroj s vyniklými póly ztratí synchronismus, což může dále způsobit mechanické i elektrické poškození. Ztráta buzení a asynchronní chod může nastat při podpětí a při poruše budících obvodů.

- **ložiskové proudy** působí oteplení a mechanické poškození ložisek točivých strojů. Vznikají při magnetických nesouměrnostech ve statoru i rotoru.
- **kývání synchronního stroje** je periodický pohyb rotoru, který se připojuje k synchronní rotaci. Dochází k němu po vychýlení rotoru z rovnovážné polohy. Tak vzniká moment, který vrací rotor zpět. Ten setrvačností překývne na opačnou stranu.
- **dynamická stabilita** vyjadřuje schopnost stroje neztratit synchronismus při kývání.“
[3, str. 66-68]

3.1.3 Typy ochran

Rozdílová ochrana

určuje poruchu z rozdílu průchozích proudů chráněným objektem. V nominálním provozu platí vztah dle I. Kirchhoffova zákona:

$$\Delta i = \left| \sum_{j=1}^n \vec{i}_j \right| = 0 \quad (10)$$

Δi - rozdílový proud

i_j - průchozí proudy objektem

Při poruše platí:

$$\Delta i = \left| \sum_{j=1}^n \vec{i}_j \right| > 0 \quad (11)$$

Při zvětšení rozdílového proudu Δi nad hodnotu nastavení ochrany ochrana působí.

Nadproudová zkratová ochrana

Při přetížení nebo zkratu se zvyšuje proud protékající chráněným zařízením. Ochrana působí při překročení nastaveného proudu i_k .

$$i_k = \frac{u_i}{z} \quad (12)$$

i_k - zkratový proud

u_i - vnitřní napětí zdroje

z - impedance zkratové smyčky“

[3] str. 171

Plynové relé

Jde o „neelektrickou“ ochranu. Umisťuje se na olejové potrubí mezi nádobu transformátoru a nádobu konzervátoru (zásobník oleje sloužící pro vyrovnávání objemové dilatace vlivem tepla).

Signalizace zemního spojení

Pro určení vzniku zemního spojení, se používá napěťová ochrana, která měří napětí uzlu proti zemi. V nominálním provozu je napětí uzlu proti zemi téměř nulové a objevuje se zde až při poruchovém stavu (zemním spojení).

Zemní spojení rotoru alternátoru

Používají se dvě metody a to buď střídavá nebo stejnosměrná superpozice. Častější střídavá superpozice spočívá v působení ochrany při detekování zemního proudu.

Impedanční (distanční) ochrana

Využívá principu měření impedance zkratové smyčky. Ochrana měří velikost proudu i_k – proud v místě ochrany a napětí u_k – napětí v místě ochrany. Při zkratu vycházíme ze vztahu, kde z je impedance zkratové smyčky:

$$u_k = z \cdot i_k \quad (13)$$

Proudová ochrana

Měří velikost proudu. Při zkratu nebo přetížení se zvětší proud a nadproudová ochrana působí.

Nadpět'ová ochrana

Nadpět'ové ochrany pracují na obdobném principu jako proudové ochrany – při zvýšení hodnoty napětí ochrana působí. Používají se zejména jako ochrana izolace.

Podpět'ová ochrana

Působí při snížení hodnoty napětí pod nastavenou mez.

Frekvenční ochrana

Tento druh ochrany sleduje napětí nebo proud určité frekvence a vyhodnocuje její velikost. Využívá se k tomu čtyř způsobů:

1. Amplitudový komparátor - vstupní člen s filtrem vybírá veličiny určité frekvence, na které má ochrana působit.
2. Součinnový měřicí článek - na jeden vstup je přivedena měřená veličina, na druhý vstup napětí s frekvencí, na kterou má být ochrana selektivní.
3. Fázový měřicí člen - reaguje při změně smyslu fáze měřené frekvence.
4. Číslicový - počítáním kmitů vstupního napětí v nastaveném časovém úseku získáme frekvenci za použití vztahu:

$$n = t \cdot f \quad (14)$$

n – počet kmitů

t – doba čítání

f – frekvence“

[3] str. 224

Používají se buď ochrany **nadfrekvenční** nebo **podfrekvenční**.

Zemní spojení statoru

Zemní spojení statoru je porucha, která nemusí být tak nebezpečná jako např. zkrat. To platí samozřejmě za předpokladu, že zemní spojení je včas zjištěno a nedojde dlouhotrvajícím zemním proudem k přílišnému poškození.

Zemní spojení generátoru pracujícího v bloku s transformátorem:

V tomto případě lze zemní spojení statoru indikovat pomocí napěťové ochrany, která měří napětí mezi zemí a uzlem generátoru. Protože všechny vyšší harmonické napětí v násobcích tří se chovají vzhledem k svému posunu jako nulová složka, musí být ochrana necitlivá na vyšší harmonické.

Zemní rotoru

Jako ochranu při zemním spojení lze použít jedné z těchto dvou metod:

- Střídavá superpozice – proudová střídavá ochrana působí při průchodu zemního proudu i_G .
- Stejnoseměrná superpozice – pracuje podobně jako střídavá superpozice, ale k indikaci je použito přímo stejnosměrné napětí budiče.

Ochrana při prokluzu pólů

Dojde-li ke kývání v síti, dojde u stroje k této síti připojenému ke ztrátě synchronismu a k prokluzu pólů. Tento stav je nepříznivý z důvodu vzniku mechanických rázů, které se přenášejí přes hřídel stroje dále na turbínu.

Ochrana při nesouměrnosti

V normálním provozu jsou proudy a napětí trojfázových točivých elektrických strojů souměrné. Nesouměrnost způsobuje vznik zpětné složky proudu i_2 ve stroji. Protože nelze zjistit nesouměrný stav z napětí stroje, používá se ochrana pro proudovou nesouměrnost. Zpětná složka proudu i_2 vytváří točivé magnetické pole, které se otáčí synchronní rychlostí ω_N , ale opačným směrem než rotor točivého stroje. V rotoru vznikají přídatné ztráty úměrné integrálu:

$$,, K(T) = \int_0^T i_2^2(t) dt \quad (15)$$

T – doba nesouměrného provozu

i_2 – zpětný proud

$K(T)$ – poměrné teplo akumulované v rotoru“

[3, str. 225]

Ochrana při přesycení

Při změnách frekvence nezůstává konstantní magnetizační proud. Při poklesu frekvence (otáček stroje) dojde k přesycení:

$$I_{mg} = \frac{U}{X_M} = \frac{U}{\omega M} = \frac{U}{f} k \quad (16)$$

$$k = \frac{1}{2\pi M} \quad (17)$$

I_{mg} – magnetizační proud

U – napětí

X_M – reaktance naprázdno

ω – kruhová frekvence

k – koeficient

f – frekvence“

[3, str. 321]

Zpětný tok výkonu

Ochrana zamezuje zpětnému toku energie do chráněného stroje, který by jej mohl poškodit. Součástí těchto ochran je součinnový měřící člen, na jehož vstup je přivedeno napětí $u(t)$ a proud $i(t)$ a je měřena úroveň činného výkonu.

$$P = UI \cos \varphi \quad (18)$$

3.1.4 Ochrany použité na ETE

3.1.4.1 Ochrany turboalternátoru

Ochrana „Death machine“ (mrtvý stroj)

Pokud je vypnutý odbuzovač nelze nabudit turboalternátor a běžící stroj je odstaven, protože jeho asynchronní chod není dovolen.

Rozdílové ochrany

Jako hlavní ochrana turboalternátoru je použita dvoubodová rozdílová ochrana, která slouží k rychlému (mžikovému) a selektivnímu vypínání jeho vnitřních zkratů mezi PTP na začátku (svorky vyvedení výkonu) a konci (svorky nuly) statorového vinutí.

Rozdílová ochrana má nelineární proudově závislou charakteristiku a je stabilní při zkratech mimo chráněnou zónu.

Jako druhá hlavní ochrana turboalternátoru je použita další dvoubodová rozdílová ochrana, pracující obdobně jako hlavní ochrana.

Ochrana je stabilizovaná, tj. má nelineární proudově závislou vypínací charakteristiku a je tak necitlivá vůči velkým poruchovým proudům při blízkých zkratech mimo chráněnou oblast a při přesycení PTP. Ochrana je necitlivá vůči zapínacím rázům.

Nadproudová časově závislá ochrana

Ochrana proti proudovému přetížení turboalternátoru, která signalizuje proudové přetížení a při velkých přetíženích stroj odstavuje. Ochrana respektuje tepelnou charakteristiku stroje stanovenou dodavatelem.

1. stupeň $I >$ - ochrana je spouštěna popudovou úrovní 1,1 násobku I_n , která je se zpožděním 12 sec pouze signalizována a při nízkých hodnotách dává obsluze možnost např. odbuzením nebo přibuzením turboalternátoru snížit statorový proud a odlehčit tak turboalternátor.

2. stupeň $I >>$ - podle úrovně překročení I_n dochází k časování podle závislé charakteristiky a po dočasování ochrana odstavuje turboalternátor z provozu.

Impedanční ochrana

Je určena k vypínání zkratů v turboalternátoru, mezi alternátorem a blokovým transformátorem a záložnímu působení při zkratech na přípojnících nebo následném

vývodu vvn. Ochrana je třífázová dvoustupňová podimpedanční s kruhovou impedanční charakteristikou se středem v počátku a nadproudovou vazbou blokující v nastaveném čase působení 1. stupně distanční ochrany při nahodilé ztrátě střídavého napětí U_n (např. výpadek jističe PTN).

V prvním stupni $Z \ll t$ slouží jako záložní ochrana při zkratech v oblasti turboalternátoru, jeho zapouzdřených vodičů 24 kV a části blokového transformátoru a odbočkových transformátorů. Působení stupně je uvolněno nadproudem $I >$ a při kývání je působení stupně blokováno závorou proti kývání.

Ve druhém stupni $Z \ll t$ slouží jako záložní ochrana pro zkraty na lince 400 kV v rozvodně Kočín. Druhý stupeň ochrany může být stržen vypnutým stavem linky 400 kV nebo působením distančních ochrany linky 400 kV v rozvodně Kočín.

Ochrana zálohuje v různé míře rozdílové ochrany turboalternátoru, blokového a odbočkových transformátorů a linky 400 kV.

Nadpět'ová ochrana

Dvoustupňová nezávislá nadpět'ová ochrana turboalternátoru, která zajišťuje ochranu stroje před nadpětím na statoru v případě selhání omezovače statorového napětí primárního regulátoru napětí TBA.

První stupně ochran jsou spouštěny popudovou úrovní $1,15 U_n$ turboalternátoru, která se zpožděním 10 sec odstavuje turboalternátor.

Druhý stupeň ochran je spouštěn popudovou úrovní $1,30 U_n$ turboalternátoru, která odstavuje mžikově.

Podpět'ová ochrana

Jedná se o jednostupňovou nezávislou podpět'ovou ochranu, která slouží pouze k signalizaci podpětí.

Frekvenční

Na ETE je použito ochran založených na principu amplitudového komparátoru

Nadfrekvenční ochrana

Nadfrekvenční ochrana je určena k ochraně turboalternátoru při výskytu vyšších frekvencí v soustavě.

Podfrekvenční ochrana

Podfrekvenční ochrana slouží k provoznímu odstavení turboalternátoru při provozu v ostrovním režimu (stroj je odpojený od sítě a pracuje pouze pro pokrytí vlastní spotřeby elektrárny). Ochrana slouží k vlastní identifikaci poklesu výkonu po uzavření rychlozávěrných ventilů, která se projeví poklesem frekvence turboalternátoru.

Zemní statoru

Z1G je zemní ochrana statoru turboalternátoru na první harmonickou napětí v uzlu stroje. Ochrana měří napětí uzlu proti zemi, které je v normálním provozním stavu blízké nule a při zemním spojení vzniká $U_g > 0$ a ochrana působí. Ochrana chrání cca 80 % statorového vinutí od vývodových svorek směrem k nulovým svorkám. Zemní spojení v okolí nuly tato ochrana neindikuje. Ochrana může falešně působit při jednopólových zkratech v soustavě vvn a je při náběhu nadproudové ochrany v nule blokového transformátoru blokována.

Z2G je zemní ochrana statoru na třetí harmonickou připojená do uzlu a na svorky turboalternátoru. Úlohou této ochrany je detekce poklesu izolačního stavu nuly nebo zemních spojení v nule. Ochrana aktivuje napětí na svorkách stroje, které je za bezporuchového stavu blokováno napětím v nule. V případě zemního spojení v nule turboalternátoru napětí třetí harmonické v nule klesá popřípadě úplně mizí a napětí třetí harmonické ze svorek aktivuje ochranu. Ochrana chrání statorové vinutí v rozsahu 60-100 % od vývodových svorek směrem k nulovým svorkám. Na zemní spojení v blízkosti svorek turboalternátoru ochrana nepůsobí.

Kombinace obou ochran tak zajišťuje 100 % pokrytí statorového vinutí při indikaci zemního spojení.

Zemní rotoru

Ochrana zemní rotoru je základní ochranou a jedná se o soustavu dvou ochran. Každá z obou ochran obsahuje dva měřicí stupně. Jedná se o ochranu pro hlášení

zemního spojení rotoru včetně budícího obvodu, pracující na principu superpozice střídavého napětí.

První stupně slouží pro zjišťování zhoršeného izolačního stavu rotorového vinutí. Druhé stupně slouží pro zjišťování trvale porušeného izolačního stavu.

První stupeň první ochrany - $R_{\neq} <$ - je použit jako signalizační pro signalizaci poklesu pod hodnotu 12,3 k Ω . V soustavě zemních ochran rotoru je zařazen jako stupeň druhý.

Druhý stupeň první ochrany - $R_{\neq} <<$ - je použit jako signalizační pro signalizaci poklesu pod hodnotu 0,96 k Ω se zpožděním 0,1sec. V soustavě zemních ochran rotoru je zařazen jako třetí.

Druhá ochrana je doplňkovou ochranou, obsahující další dva měřící stupně.

První stupeň druhé ochrany - $R_{\neq} <$ - je použit jako signalizační pro signalizaci poklesu pod hodnotu 17,9 k Ω . V soustavě zemních ochran rotoru je zařazen jako stupeň první.

Druhý stupeň druhé ochrany - $R_{\neq} <<$ - je použit jako signalizační pro signalizaci poklesu pod hodnotu 0,98 k Ω se zpožděním 0,1 sec. V soustavě zemních ochran rotoru je zařazen jako třetí.

Podbuzení

Ochrana při podbuzení je určena pro signalizaci selhání hlídače meze podbuzení (HMP) v regulátoru budící soupravy a je proto nastavena s malou odchylkou za maximální nastavení HMP, aby bylo zabráněno nadbytečnému působení ochrany na signalizaci v reálných provozních stavech.

Signalizace podbuzení je součástí systému ochran před ztrátou buzení. Při podbuzení dochází u strojů s vyniklými póly k zániku synchronismu a stroj může přejít do asynchronního chodu při nadsynchronních otáčkách. Vzhledem k tomu, že rotor stroje je v tomto stavu v předstihu vůči synchronnímu poli statoru, vyvolává skluzová frekvence ohřev rotoru přidavnými ztrátami. Menší stroje mohou být v tomto stavu provozovány trvale při omezeném činném výkonu nebo pouze po určitou dobu, podbuzení a ztráta buzení proto mohou aktivovat automatiku pro omezení výkonu popř. v dalších stupních odstavovat. Na ETE není asynchronní chod stroje dovolen.

Ztráta buzení

Ochrana při ztrátě buzení je součástí systému ochran před ztrátou buzení. Ochranná funkce při ztrátě buzení detekuje nepřípustné provozní podmínky, způsobené podbuzením synchronního stroje a je určena pro odstavení stroje v případě skokové ztráty buzení.

Ochrana proti prokluzu rotoru

Ochranná funkce prokluz pólů reaguje na provozní podmínky, při kterých je v soustavě nesynchronně provozován generátor, který je k tomuto systému připojen. Ochrana je řešena jako speciální distanční funkce.

Nesymetrické zatížení

Závislá proudová ochrana při nesymetrii s logaritmickou charakteristikou. Ochrana chrání turboalternátor před oteplením, které vznikne v důsledku nesymetrického zatížení. Při nesymetrii je proud ve složkové soustavě možné rozložit na složku souslednou a zpětnou. Zpětná složka proudu má opačný směr točení než sousledná a frekvence zpětné složky vůči sousledné je 100 Hz. Točivé pole zpětné složky vyvolá přídatné oteplení stroje. Výrobce udává přípustné omezení doby provozu s určitou úrovní zpětné složky proudu.

Popud ochrany signalizuje překročení úrovně trvale dovolené nesymetrie a spouští závislý stupeň, který odstaví turboalternátor z důvodu přetížení nesymetrickou zátěží.

Ochrana proti přebuzení – při přesycení magnetickým tokem

Ochrana turboalternátoru proti přebuzení se používá k měření a vyhodnocení podílu napětí a frekvence, který je úměrný indukci (sycení) a umožňuje vyhodnotit nepřípustné stavy přebuzení, které mohou ohrozit především blokové a odbočkové transformátory. Nepřípustné stavy mohou vzniknout v důsledku nadpětí při konstantní síťové frekvenci nebo při poklesu otáček (frekvence sítě) při konstantním napětí sítě (v režimu ostrovního provozu, popř. při růstu napětí se současným poklesem otáček).

Na ETE je použita dvoustupňová nezávislá ochrana proti přesycení, která zajišťuje ochranu turboalternátoru při přesycení magnetickým tokem v případě selhání omezovače U/f primárního regulátoru napětí.

První stupeň ochrany je spouštěn úrovní $1,1 U_n / f_n$, která se zpožděním 0,5 sec signalizuje popud a se zpožděním 240 sec odstavuje a signalizuje působení.

Druhý stupeň ochrany je spouštěn úrovní $1,3 U_n / f_n$, která se zpožděním 0,5 sec signalizuje popud a se zpožděním 4 sec odstavuje a signalizuje působení.

Zpětná wattová ochrana

Zpětná wattová ochrana je měřicí systém činného výkonu a jeho směru určený k normálnímu provoznímu odpojení turbosoustrojí od sítě. Působení ochrany je trvale blokováno a je uvolněno pouze v případě, že z řídicího systému turbosoustrojí je přítomen uvolňovací signál uzavření rychlozávěrných ventilů turbíny. Ochrana v takovém případě provede vypnutí generátorového vypínače pouze v případě, že tok činného výkonu je směrem do stroje (turboalternátor by přešel do motorického režimu).

Ochrana musí zajistit, že nedojde k odpojení generátoru který dodává činný výkon do sítě (může nastat v důsledku špatně uzavřených rychlozávěrných ventilů. Po odepnutí v takovém případě může turbína přeběhnout přes otáčky).

Ochrana při selhání vypínače

Nedojde-li k odstavení zařízení jež vykazuje poruchový stav příslušným vypínačem, je nutné vypnout větší celek vypínačem nadřazeným. Tento problém řeší automatika selhání vypínače (ASV).

3.1.4.2 Ochrany budicího alternátoru

Rozdílová

Rozdílová ochrana budicího alternátoru je určena jako hlavní ochrana, zajišťující mžikovou ochranu při vnitřních zkratech ve stroji.

Ochrana porovnává proudy na začátku a konci jednotlivých fázových vinutí budiče a chrání fázová vinutí budicího alternátoru při zkratech mezi fázemi. Při zkratech mimo fázová vinutí (úseky vymezené PTP) by ochrana neměla působit.

Nadproudová zkratová

Jedná se o jednostupňovou nezávislou nadproudovou ochranu budicího alternátoru, která zálohuje rozdílovou ochranu budicího alternátoru a tvoří základní ochranu vývodu z budicího alternátoru.

Nadproudová časově závislá – při přetížení

Tato ochrana chrání proti proudovému přetížení budicího alternátoru, která signalizuje proudové přetížení budicího alternátoru a při velkých přetíženích odstavuje budicí alternátor i turboalternátor. Ve skutečnosti nadproudové přetížení budicího alternátoru příliš nehrozí, protože limitujícím prvkem jsou tepelné možnosti rotorového vinutí turboalternátoru.

Ochrana má dva stupně:

První stupeň je spouštěn popudovou úrovní 1,1 násobku I_n , která je se zpožděním 12 sec pouze signalizována a při nízkých hodnotách dává obsluze možnost, např. odbuzením turboalternátoru, snížit budicí proud a odlehčit tak budicí alternátor.

Mžikový stupeň - v závislosti na úrovni překročení I_n dochází k časování a po dočasování ochrana odstavuje budicí alternátor.

Podproudová

Podproudová ochrana na střídavé straně usměrňovače buzení. Při poklesu proudu odpadem kontaktů signalizuje příliš malý proud do buzení a tím i možnost podbuzení nebo ztráty buzení.

Nadpět'ová

Dvoustupňová nezávislá nadpět'ová ochrana budicího alternátoru, která zajišťuje ochranu budicího alternátoru před nadpětím na statoru v případě selhání primárního regulátoru napětí budicího alternátoru.

První stupeň ochrany je spouštěn popudovou úrovní 1,16 U_n budicího alternátoru, která se zpožděním 10 sec odstavuje budicí alternátor.

Druhý stupeň ochrany je spouštěn popudovou úrovní 1,32 U_n budicího alternátoru, která mžikově odstavuje budicí alternátor.

Zemní rotoru

Jde o dvoustupňovou ochranu, sloužící pro signalizaci prvního zemního spojení vinutí rotoru budicího alternátoru včetně budicího obvodu pracující na principu superpozice střídavého napětí.

První stupeň slouží pro zjištění zhoršeného izolačního stavu rotorového vinutí, druhý stupeň pak pro zjištění trvale porušeného izolačního stavu.

3.1.4.3 Ochrana zapouzdřených vodičů 24 kV

Nadproudová zkratová ochrana

Nadproudová zkratová ochrana odbočení zapouzdřených vodičů je určena pro rychlé vypínání zkratů v odbočce zapouzdřených vodičů (ZV) k odbočkovým transformátorům, protože tato oblast není kryta působením třibodové rozdílové ochrany bloku. V případě zkratu v této oblasti je ochrana aktivována příspěvkem zkratového proudu ze sítě 400 kV a za chodu turboalternátoru i příspěvkem z něho.

Signalizace zemního spojení

Ochrana pro signalizaci zemního spojení v zapouzdřených vodičích 24 kV je připojená na otevřený trojúhelník PTN. Ochrana měří napětí otevřeného trojúhelníku pomocných vinutí U_g , které je v normálním provozním stavu blízké nule a při zemním spojení vzniká $U_g > 0$ (cca 100V) a ochrana signalizuje.

ASV generátorového vypínače

ASV (Automatika Selhání Vypínače) zajišťuje odstavení turboalternátoru a vypnutí všech zkratových příspěvků, které mohou v případě selhání generátorového vypínače téct do místa zkratu.

3.1.4.4 Ochrany blokového transformátoru

Dvoubodová rozdílová ochrana

Tato ochrana je hlavní ochranou blokového transformátoru 420 / 24 kV a slouží k mžikovému vypínání jeho vnitřních zkratů všech tří jednotek mezi PTP na začátku (v průchodce 420 kV) a konci (v zapouzdřených vodičích 24 kV) transformátorového vinutí.

Třibodová rozdílová ochrana

Ochrana je určena jako záložní ochrana blokového transformátoru 400 / 24 kV a turboalternátoru zajišťující mžikovou ochranu všech tří jednotek blokového transformátoru a zapouzdřených vodičů 24 kV v chráněné oblasti. Slouží k vypínání

vnitřních zkratů v chráněné oblasti porovnáváním primárních proudů blokového transformátoru, proudu na svorkách turboalternátoru a proudu odbočky pro napájení odbočkových transformátorů vlastní spotřeby.

Nadproudová zkratová ochrana

Jednostupňová nezávislá nadproudová ochrana, která je určena pro chránění blokového transformátoru a zapouzdřených vodičů 24 kV před zkraty v této oblasti při vypnutém generátorovém vypínači.

Nadproudová ochrana v nule transformátoru

Ochrana je určena jako záložní ochrana linky 400 kV zajišťující mžikovou ochranu všech tří jednotek blokového transformátoru a připojené linky před 1-f zkraty kontrolou proudu v nule blokového transformátoru. Ochrana je schopna postihnout případné přeskoky na průchodkách 400 kV, ale není schopna indikovat případné dvoufázové nebo třífázové zkraty, při kterých nevzniká zemní složka proudu.

Nadproudová ochrana nádoby transformátoru

Nádoba transformátoru je spojena se zemí pouze přes jediné uzemnění (nádobu je nutno jinak od země izolovat), které prochází průvlekovým PTP a při přeskoku na průchodkách nebo jiném zkratu, při kterém prochází zemní proud kostrou transformátoru, ochrana působí. Aby ochrana nepůsobila chybně na zkraty v pomocných obvodech (ventilátor, osvětlení apod.), je nutné přívody k těmto zařízením protáhnout rovněž stejným průvlekovým PTP (zkratový proud pomocných obvodů se vzájemně odečítá I.KZ).

Nadproudová relé automatiky chlazení

Systém řízení chlazení blokového transformátoru je ovládán proudovými úrovněmi a stavem generátorového vypínače. Proudové úrovně jsou kontrolovány pomocí třífázových nezávislých nadproudových ochran. Tato ochrana má dvě úrovně:

1. ochrana sloužící jako proudové čidlo úrovně 40 % I_n turboalternátoru pro automatiku chlazení blokového transformátoru.

2. ochrana sloužící jako proudové čidlo úrovně 75 % I_n turboalternátoru pro automatiku chlazení blokového transformátoru.

Neelektrické ochrany

Plynové relé

Jedná se o dvoustupňovou ochranu:

- první „**signalizační**“ stupeň plynového relé signalizuje přítomnost plynu v transformátorovém oleji. Plyny se v transformátoru vyvíjejí při vnitřní poruše. Principem 1. stupně je komora zaplněná olejem, jehož hladina klesá po zachycení plynu procházejícího z transformátoru směrem do konzervátoru. Pokles hladiny pod přípustnou úroveň je signalizován plovákovým kontaktem.
- druhý „**vypínací**“ stupeň plynového relé reaguje při poruchách doprovázených prudkým prouděním oleje mezi nádobou transformátoru a konzervátorem, které může být vyvoláno např. závitovým zkratem na jednotce.

Nebezpečná teplota

Je realizována pomocí ochranných termostatů, které jsou aktivovány od překročení nebezpečné teploty oleje. Jsou určeny jako záložní ochrana elektrických ochran jednotek blokového transformátoru při poruchách doprovázených vysokou teplotou olejové náplně transformátoru, která může být vyvolána např. selháním chladicího systému na jednotce. Sleduje teplotu oleje v každé nádobě zvlášť a pokud dojde k náběhu alespoň na jedné jednotce působí ochrana jako celek.

Požár blokového transformátoru

Ochrana je určena jako záložní ochrana elektrických ochran a plynových relé jednotek blokového transformátoru pro omezení následků poruch doprovázených požárem zařízení. Po zjištění požáru ochrana spouští systém stabilního skrápěcího zařízení příslušné jednotky.

3.1.4.5 Ochrany odbočkových transformátorů

Tříbodová rozdílová ochrana

Ochrana je určena jako hlavní mžiková ochrana odbočkového transformátoru 24 / 6,3 / 6,3 kV a slouží k mžikovému vypínání vnitřních zkratů v chráněné oblasti porovnáváním primárních proudů odbočkového transformátoru a proudu přívodu rozveden 6 kV napájených sekundárními vinutími.

Impedanční (distanční) ochrana

Impedanční ochrany odbočkového transformátoru jsou záložní ochranou rozdílové ochrany odbočkového transformátoru a zajišťují ochranu odbočkového transformátoru, vývodových zapouzdřených vodičů 6 kV a přípojnic rozveden 6 kV. Každý odbočkový transformátor je chráněn celkem šesti impedančními ochranami (dvě pro každé vinutí). Ochrany jsou dvoustupňové, ale pro funkci v ETE je využit pouze první mžikový stupeň se dvěma stupni časového zpoždění.

Nadproudová ochrana

Ochrana je určena pro odblokování působení impedanční ochrany odbočkového transformátoru při zkratech v oblasti odbočkového transformátoru, na jeho zapouzdřených vodičích 6 kV a na přípojnicích blokované rozvodny 6 kV.

Neelektrické ochrany

Plynová relé

viz plynové relé blokovaného transformátoru, kapitola 3.1.4.4.

Pojistný tlakový ventil

Ventil je určen jako záložní ochrana elektrických ochrany odbočkového transformátoru při poruchách doprovázených přetlakem oleje v nádobě transformátoru, který není dostatečně rychle kompenzován průtokem oleje do konzervátoru. Přetlak může být vyvolán vnitřním zkratem v transformátoru a pokud není kompenzován, hrozí roztržení nádoby, rozstříknutí oleje a případný požár.

Nebezpečná teplota

Ochranný termostat sleduje překročení nebezpečné teploty oleje a je určen jako záložní ochrana elektrických ochrany odbočkového transformátoru při poruchách doprovázených vysokou teplotou olejové náplně transformátoru, která může být vyvolána např. selháním chladicího systému na jednotce. Sleduje teplotu oleje na vrchní straně nádoby.

3.1.4.6 Ochrany linky 400 kV

Rozdílová ochrana linky

Podélná rozdílová ochrana linky 400 kV je hlavní ochranou, zajišťující mžikové odpojení při zkratech na této lince porovnáváním proudů na obou koncích vedení.

Odpojení od soustavy

Tato ochrana zabezpečuje odpojení energetického zařízení při potížích v rozvodné síti. K odpojení dojde v nadřazené rozvodně (v případě ETE v rozvodně 400 kV Kočín). Turboalternátor omezí provoz na pokrytí vlastní spotřeby energetického celku.

ASV vypínačů linky 400kV

ASV (Automatika Selhání Vypínače). Při selhání vypínače je nutné zajistit likvidaci poruchového stavu vypnutím vypínacího prvku, který je nadřazen vypínači, který neodpojil zařízení, na němž se vyskytla porucha.

3.1.4.7 Technologické vazby a automatika rychlého řízení ventilů

Vypnutí z dozorny

Jde o odstavení turboalternátoru signálem z blokované dozorny.

Strojní ochrany

Odstavují turboalternátor signálem „působení strojních ochran“.

Tlačítko nebezpečí

Tlačítko „Nebezpečí alternátoru“ je souhrnný signál poruch z řídicího systému turboalternátoru vyžadujících odstavení turbosoustrojí od sítě.

Automatika rychlého řízení ventilů (dále RŘV)

Automatika provádí rychlé dočasné omezení přívodu páry na turbínu při blízkých zkratech v soustavě 400 kV, aby bylo možné dočasným omezením činného výkonu turboalternátoru zajistit stabilitu provozu elektrárny a soustavy. Je provedena dvěma samostatnými rovnocennými obvody.

Impedanční ochrany pro RŘV

Dvoustupňová třífázová impedanční ochrana turboalternátoru s kruhovou charakteristikou a rozlišením postižené fáze pro logiku automatiky RŘV v případě blízkého zkratu. První stupeň ochrany je mžikový, druhý stupeň je zpožděný. Využit je pouze první stupeň, který indikuje blízké zkraty za rozvodnou 400 kV Kočín.

Podpět'ové ochrany pro RŘV

Podpět'ová ochrana turboalternátoru pro ověření vstupních podmínek logiky automatiky RŘV v případě blízkého zkratu.

4 Rozsah a popis modernizace

Na prvním hlavním výrobním bloku ETE proběhne změna systému ochran vyvedení výkonu a pracovního napájení vlastní spotřeby. Původní souboru ochran typu GTX je nahrazován novým souborem ochran typu REG 216 firmy ABB. Modernizaci si vyžádala již značná zastaralost původního systému GTX, který byl vyvinut již před mnoha lety. Modernizován bude celý systém chránění vyvedení výkonu, tj. systém ochran pro turboalternátor, budič, blokový transformátor, odbočkové transformátory, zapouzdržené vodiče 24 kV a vedení 400 kV. Záměna bude zakončena primárními zkouškami celého zařízení, při kterých bude ověřována funkčnost nového systému ochran.

5 Primární zkoušky zařízení s novým systémem ochran

5.1 Cíl zkoušek

Cílem primárních zkoušek je prověření elektrických ochran 1. bloku po celkové rekonstrukci při využití turboalternátoru 1000 MW. Bude prověřováno správné zapojení ochran budiče, turboalternátoru, blokového transformátoru, odbočkových transformátorů a linky vyvedení výkonu. Z technických důvodů nelze realizovat primární zkoušky jako celek, ale budou rozděleny na několik etap pro dílčí celky vyvedení výkonu. Rozsah této práce neumožňuje podrobnější popis všech dílčích primárních zkoušek a proto se detailněji zaměřím pouze na hlavní část, což jsou

primární zkoušky ochran turboalternátoru a budiče. Cílem této části je ověření ochran turboalternátoru a budiče při proudových a napěťových zkouškách.

Část A – Zkoušky při provozu stroje na 3000 ot/min naprázdno

Zahrnuje proudové a napěťové zkoušky turboalternátoru a budiče. Předpokládá se realizace zkoušek při stabilizaci na výkonu 30 % pro realizaci fyzikálních testů. TBA je po většinu doby zkoušek provozován na 3000 ot/min naprázdno. Vlastní spotřeba bloku je při chodu turboalternátoru napájena z rezervního napájení vlastní spotřeby linkou 110 kV a transformátory rezervního napájení 110/6,3/6,3 kV.

Po ukončení této části zkoušek bude TBA odstaven na natáčecí zařízení (26 ot/min). Linka 400 kV bude vypnuta v rozvodně Kočín.

Část B – Zkoušky po prvním přifázování

První přifázování proběhne při výkonu reaktoru <40 % (cca 38 %) pomocí vypínače 400 kV

v rozvodně Kočín. Tím současně dojde k zapnutí linky 400 kV. Bezprostředně po přifázování bude TBA opět odstaven uzavřením RZV a bude odzkoušena funkce zpětné wattové ochrany a provedena směrová kontrola ochrany na prokluz pólů rotoru. Linka 400 kV zůstává pod napětím ze soustavy 400 kV. Poté bude napájení VS převedeno na pracovní napájení (synchronizací rozvoden).

Část C – Zkoušky na přifázovaném TBA v průběhu zvyšování výkonu

Druhé (a poslední) přifázování proběhne již standardně v souladu s provozními předpisy (pomocí generátorového vypínače, na základní zatížení cca 250 MW, výkon reaktoru cca 50 %). Po přifázování (v průběhu zvyšování výkonu) bude pak provedena kontrola ochran na podbuzení a ztrátu buzení (bez vlivu na technologický režim bloku).

5.2 Bezpečnostní rizika a opatření

V částech A a B zkoušek je neprovozoschopné pracovní napájení vlastní spotřeby. Výkon reaktoru v těchto částech zkoušek (A a B) musí být menší než 40 %. V případě výpadku rezervního napájení vlastní spotřeby (výpadek linky 110 kV) budou napájení bezpečnostních systémů zajišťovat příslušné dieselgenerátory (DG). Všechny DG musí

být v provozuschopném stavu. Po celou dobu realizace zkoušek platí následující obecné zásady:

- Manipulace na elektrickém zařízení a montáž zkratů bude provádět personál ČEZ- ETE, montáž/demontáž zkratu č.1 provede I&C (dodavatelská firma).
- Budou dokončeny veškeré montážní práce na zkoušeném zařízení.
- Na zkoušeném zařízení jsou zkontrolovány izolační stavy sad PTN.
- V průběhu zkoušek bude zajištěno spolehlivé spojení mezi jednotlivými pracovišti.
- Na vlastní zkoušky bude vystaven „B“ příkaz.
- Manipulace v silové části budou dokladovány/zaznamenávány vedoucím zkoušky.
- Účastníci budou seznámeni s programem a postupem zkoušek.
- Při zkouškách bude k dispozici příslušná dokumentace skutečného provedení.

Část A

Zkoušky této části následují až po zrealizování dovyvážení TBA a po měření dynamického namáhání lopatek (chod stroje na 1400 a 1600 ot/min). Pro provoz TBA budou uplatněna následující omezení:

- Maximální doba provozu povolena na 3,5 hod za podmínek zvýšených kontrol hodnot statorového a rotorového chvění, prodloužení VT rotoru, teplot ložisek TBA a hodnot radiálních vůlí 4. NT kol.
- Stanovené meze vybraných veličin:
 - „*Excentricita rotorů* $< 120 \mu\text{m} > 180 \mu\text{m}$
 - *Statorové chvění* $< 6,6 \text{ mm/s} > 10 \text{ mm/s}$
 - *Relativní prodloužení VT rotoru* $-1,8 \div +3,5 \text{ mm} < -2,3 > + 4,0 \text{ mm}$
 - *Teploty ložisek* $< 110 \text{ }^\circ\text{C} > 120 \text{ }^\circ\text{C}$
 - *Radiální vůle 4 NT kol* $\text{cca } 5,0 \text{ mm} < 2,0 > 8,0 \text{ mm}$ “
- [7]
- V případě dosažení limitní meze kontrolovat automatické odstavení TBA, resp. odstavit tlačítkem Nebezpečí.
- Časová omezení zatížení zkratu č.4 (uzemňovače v rozvodně Kočín) jsou následující:

- pro proudové zatížení 10 % In - max. 5 minut
- pro proudové zatížení 50 % In - max. 5 minut
- pro proudové zatížení 100 % In (max. 1600A) - max. 3 minuty

Část B

Hlavním smyslem části B zkoušek je odzkoušení funkce zpětné wattové ochrany. Potenciální riziko této části zkoušek je eventuální nezapůsobení ZWO. Pokud by po uzavření RZV nedošlo k působení ZWO v důsledku její nesprávné funkce, nedojde k vypnutí generátorového vypínače a TBA bude v motorickém chodu. V takovém případě bude nutné TBA odstavit tlačítkem *Nebezpečí generátoru*, které zajistí vypnutí generátorového vypínače i odbuzení stroje. Před použitím tlačítka *Nebezpečí generátoru* však musí být důsledně ověřen motorický chod TBA – musí být splněny obě následující podmínky:

- zpětný tok výkonu dle indikace na blokové dozorně musí být zápornější než -10 MW
- všechny RZV jsou uzavřeny, což nám signalizuje ztráta tlaku rychlozávěrného oleje.

V rámci části B se fázíje TBA prostřednictvím vypínače 400kV v rozvodně Kočín. Doba provozu TBA na 3000 ot/min v této části by neměla překročit 30 minut, krajní omezení je 45 minut. Během celé doby musí být sledovány posuvy rotorů, vibrace ložiskových podpor, teploty páry na výstupech z NT dílů, radiální vůle za 4. oběžnými koly. Při jejich odchýlení směrem k mezním hodnotám je nezbytné neprodleně odstavit turbosoustrojí.

Část C

Tato část zkoušek nepředstavuje významná rizika pro provoz bloku a zařízení. V rámci této části zkoušky bude TBA provozován po omezenou dobu na mezi podbuzení.

5.3 Výchozí stav

5.3.1 Druhy a umístění zkratů

Budič:

Zkrat č. 1 - Třífázový izolovaný na statoru budiče před budicí soupravou dimenzovaný min. na 7000 A (Cu pasovina namontovaná předem).

Zkrat č. 2a - Zkrat na + svorce rotorového vinutí budiče (předem nastavené odpory pro kontrolu náběhů ochrany s tvrdým zemním spojením na závěr).

Zkrat č. 2b - Zkrat na - svorce rotorového vinutí budiče (předem nastavené odpory pro kontrolu náběhů ochrany s tvrdým zemním spojením na závěr).

Turboalternátor:

Zkrat č. 3 - Třípólový zemní zkrat zkratovačem na vývodu turboalternátoru (od cca 15000 A musí být zapnuto vodní chlazení).

Zkrat č. 4 - Třípólový zkrat mimo chráněnou oblast rozdílové ochrany linky 400 kV (realizován zemními noži vývodu linky 400 kV v rozvodně Kočín).

Zkrat č. 5 - Jednopolové zemní spojení na vývodu turboalternátoru a na zapouzdřených vodičích sepnutím jedné fáze zkratovače na vývodu TBA (současně při zapnutém generátorovém vypínači).

Zkrat č. 6 - Zemní spojení v uzlu turboalternátoru pomocí zkratovací soupravy na odpojovači TBA.

Zkrat č. 7a - Zkrat na + svorce rotorového vinutí turboalternátoru (předem nastavené odpory pro kontrolu náběhů ochrany s tvrdým zemním spojením na závěr).

Zkrat č. 7b - Zkrat na - svorce rotorového vinutí turboalternátoru (předem nastavené odpory pro kontrolu náběhů ochrany s tvrdým zemním spojením na závěr).

Zkraty v chráněném úseku diferenciálních ochran se provedou simulací vykrácením proudů v sekundárních obvodech proudových transformátorů.

5.3.2 Podmínky pro zahájení zkoušek

- Je provedena kontrola izolačních stavů zkoušených zařízení.
- Na nově instalovaném zařízení je provedena revize.
- Je odzkoušena poruchová signalizace ochran.

- Je provedena kontrola rotorových ochran turboalternátoru.
- Linka 400 kV je vypnuta a odpojena v Kočině.
- Vlastní spotřeba bloku je převedena na rezervní napájení – linka 110 kV. Vypínače pracovních přívodů rozveden 6 kV jsou vysunuty do revizních poloh. Můstky pracovních přívodů jsou zasunuty.
- Vodíkové hospodářství, systém těsnícího oleje a systémy chlazení turboalternátoru je funkční.
- Turbína je na natáčecím zařízení nebo 480 ot/min nebo 1400 ot/min a je připravena k vyjetí na 3000 ot/min pro tyto zkoušky.
- Je provedena kontrola regulátoru napětí, odzkoušeno ovládání buzení, připraveno servisní napájení pro zkoušky budiče.
- Kartáče jsou zasunuty na hřídeli rotoru turboalternátoru.
- Napájení ochran bloku je zapnuto a je dokončena kontrola zemní ochrany statoru při zapnutém generátorovém vypínači (následné vypnutí generátorového vypínače).

5.3.3 Úkony pro nastavení zařízení do výchozího stavu

1. Kontrola vysunutí kartáčů sběracího ústrojí TBA.
2. Kontrola vysunutí kartáčů sběracího ústrojí budiče.
3. Kontrola vypnutého stavu generátorového vypínače, odpojovač generátorového vypínače rozepnut.
4. Zajištění ovládacích obvodů generátorového vypínače.
5. Zazkratování uzemňovače TBA – zkrat č.3 - zkratovač na vývodu turboalternátoru .
6. Zajištění ovládacích obvodů uzemňovače na vývodu TBA.
7. Uzavření vodního chlazení uzemňovače.
8. Zapnutí jističů PTN uzlu TBA.
9. Kontrola vypnutí stykače odbuzovače budiče.
10. Vypnutí odbuzovačů pomocného budiče včetně ovládacího napětí.
11. Zapnutí napájení pro filtr napětí rotoru (220 V střídavých).
12. Zapnutí injektážního napětí zemních ochran .
13. Kontrola sepnutí odpojovače uzlu TBA.
14. Zapnutí jističů PTN uzlu TBA.
15. Zkontroluj osazení/montáž těžkého zkratu č. 1.

16. Vypnutí všech vypínačů pracovního napájení rozvoden 6 kV vlastní spotřeby bloku, včetně ovládacího napětí, a jejich vysunutí do revizní polohy.
17. Odpojení vedení 400 kV v rozvodně Kočín.
18. Zajištění obou spojovacích cest pro přenos dat mezi ETE a rozvodnou Kočín .
19. Přípravení zkratu č. 4 v rozvodně Kočín.

5.4 Postup zkoušek

5.4.1 Způsob sledování parametrů

Předmětem zkoušek je prověření ochran budiče a turboalternátoru vlastním turboalternátorem 1000 MW. Parametry turboalternátoru, buzení a ochran REG se budou vyhodnocovat pomocí multimetrů, klešťových převodníků, systému sledování NEMES a na souboru číslicových ochran REG pomocí PC.

5.4.2 Část A zkoušky při provozu TBA na 3000 ot/min naprázdno

Výchozí stav bloku pro část A

1. Výkon reaktoru je dostatečný pro provoz TBA na 3000 ot/min naprázdno (min. 15 %, provedení části A zkoušek se předpokládá na výkonové hladině 30 %).
2. Napájení vlastní spotřeby bloku je převedeno na rezervní napájení přes linku 110 kV.
3. Linka 400 kV je vypnuta v rozvodně Kočín, vypínače pracovních přívodů rozvoden vlastní spotřeby 6 kV jsou vypnuty a vysunuty do revizních poloh, generátorový vypínač je vypnut a připraven k zapnutí.
4. TBA je na natáčecím zařízení nebo 480 ot/min nebo 1400 ot/min, TBA včetně pomocných systémů je připraven k provozu na 3000 ot/min.
5. Stav ostatních systémů a zařízení je v souladu s provozními předpisy platnými pro daný režim.

5.4.2.1 Postup primárních zkoušek ochran budiče

Proudové zkoušky hlavního budiče

Výchozí podmínky :

1. Zkrat č.1 ve vývodu budiče namontován předem na stojícím stroji.

2. Připraveno servisní napájení pro řízený můstek buzení budiče kompletu A.
3. Zablokováno působení ochran budiče (softwarově v REG216).
4. Ovládání buzení pro potřebu proudových zkoušek budiče bude prováděno místně.
5. TBA najet na 3000 ot/min.

Nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Zasunutí kartáčů sběracího ústrojí.
2. Zapnutí jističů PTN pro obvody budiče.

Kontrola proudových obvodů a vyrovnaní rozdílové ochrany budiče

- kontrola zkratu č.1
- zapnutí jističe kompletu a zajištění proti vypnutí
- nabuzení na hodnoty cca 10-12 % I_n (372/0,46 A)
- při zvyšování proudu v oblasti 10 % zachycení odblokování a náběhu impedanční ochrany budiče
- kontrola uzavřenosti proudových obvodů PTP 4000/5 A budiče
- zvýšit postupně proud na 50 % I_n (1859/2,32 A)
- při zvyšování proudu v oblasti 20 % zachycení odpadu podproudové ochrany budiče
- kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany budiče
- zvýšení proudu na 100 % I_n (3718/4,65 A)
- kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany budiče
- postupné zvyšování proud do náběhu popudu nadproudové ochrany budiče na hodnotu cca 6512 /4,7 A.
- odbuzení na 0 A
- provedení vykrácení a odpojení proudů na zkušební zásuvce do rozdílové ochrany budiče

Kontrola rozdílové ochrany budiče při zkratu v chráněné oblasti

Připravena simulace zkratu v chráněné oblasti rozdílové ochrany budiče.

- zvolna budit do náběhu rozdílové ochrany, provést záznam hodnot
- odbudit na 0 A, vypnout jistič kompletu A

- demontáž těžkého zkratu č. 1

Napět'ová zkouška ochrany hlavního budiče

1. Zkontrolovat nastavení a odblokovat působení proudových ochran budiče, rozdílové a distanční.
2. Softwarově v REG216 snížit nastavení 1. stupně nadpět'ové ochrany budiče z $1,1 U_n$ na $1,0 U_n$ a 2. stupně nadpět'ové ochrany budiče z $1,3 U_n$ na $1,05 U_n$ a zablokovat působení nadpět'ové ochrany.
3. Uvést do provozu zemní rotorovou ochranu budiče.
4. Provést kontrolu odstranění zkratu č.1 před napět'ovou zkouškou.
5. Připravit měření na nadpět'ové ochraně budiče.
6. Nabudit na 25, 50, 100 % U_n budiče (172,5/24,6 V; 345/49,3 V; 690/98,6 V), na napět'ových hladinách zkontrolovat stav silového zařízení.
7. Provést kontrolu působení prvního stupně nadpět'ové ochrany ve sníženém nastavení $1,0 U_n$ (tj. cca 700/100 V) a druhého stupně při sníženém nastavení na $1,05 U_n$ (tj.cca 735/105 V).
8. Při jmenovitém napětí budiče provést kontrolu náběhu zemní rotorové ochrany a tvrdým zemním spojením na + pólu kartáčů rotoru budiče realizovat zkrat č.2a.
9. Při jmenovitém napětí budiče provést kontrolu náběhu zemní rotorové ochrany a tvrdým zemním spojením na - pólu kartáčů rotoru budiče realizovat zkrat č.2b.
10. Odbudit na 0 V, vypnout jistič kompletu A.
11. Zkontrolovat správné nastavení ochran budiče a odblokovat jejich působení do buzení.
12. Přepnout režim buzení budiče z „ručně“ do nominálního stavu a vypnout napájení servisního přívodu budiče kompletu A.

Úkony pro nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Vypnutí odbuzovačů pomocného budiče, včetně zajištění ovládacího napětí.
2. Ověření beznapět'ového stavu a osazení zkratovací soupravy v bezprostřední blízkosti těžkého zkratu č.1.
3. Demontáž těžkého zkratu č. 1.
4. Demontáž zkratovací soupravy v bezprostřední blízkosti těžkého zkratu č.1.

5.4.2.2 Postup primárních zkoušek ochran turboalternátoru

Proudové zkoušky turboalternátoru

Výchozí podmínky :

1. Zkrat č.3 – realizován třípólový zemní zkrat ve vývodu turboalternátoru a spuštěno chlazení uzemňovače.
2. Zkrat č.4 – realizován třípólový zemní zkrat linky 400 kV zemními noži v rozvodně Kočín a zablokováno nežádoucí působení ochran na vypnutí zkratu vypínači linky 400 kV.

Poznámka: Časová omezení zatížení zkratu č.4 (uzemňovače v rozvodně Kočín) jsou následující:

- pro proudové zatížení 10 % I_n - max. 5 minut
 - pro proudové zatížení 50 % I_n - max. 5 minut
 - pro proudové zatížení 100 % I_n (max. 1600 A) - max. 3 minuty.
3. Výkonové usměrňovače buzení turboalternátoru připraveny k provozu.
 4. Zapnuty jističe všech měřících transformátorů napětí.
 5. Zasunuty uhlíky rotoru turboalternátoru.
 6. Zablokováno působení ochran turboalternátoru a blokového transformátoru (softwarově v REG216).
 7. TBA v provozu na 3000 ot/min.
 8. Chlazení statorového vinutí turboalternátoru v provozu (voda, vodík).
 9. Chlazení zapouzdřených vodičů 24 kV v provozu.
 10. Provozní schopné chlazení blokového transformátoru.

Kontrola proudových obvodů turboalternátoru a vyrovnání rozdílových ochran

1. Kontrola uzavřenosti obvodů PTP.

Poznámka:

Pro rozdílové ochrany turboalternátoru a blokového transformátoru je zkrat č.3 uvnitř chráněného úseku a proto je třeba při nabuzování zachytit jejich náběhy. Obdobně tomu bude rovněž v případě impedančních ochran TBA a ochrany selhání generátorového vypínače. Působení lze očekávat v případě impedančních ochran při cca 0,5 A, u rozdílové ochrany blokového transformátoru při cca 1 A, u rozdílové ochrany turboalternátoru a u ochrany selhání generátorového vypínače při cca 1,25 A.

2. Kontrola připravenosti zkratu č.3, spuštěno chlazení uzemňovače turboalternátoru.
3. Přítomen pracovník s termovizní kamerou pro kontrolu ohřevu zapouzdřených vodičů 24 kV.

Úkony nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Zasunutí kartáčů sběracího ústrojí budiče.
2. Zasunutí kartáčů sběracího ústrojí turboalternátoru.
3. Zprovoznění vodního chlazení uzemňovače turboalternátoru.
4. Zapnutí výkonového usměrňovače buzení turboalternátoru.
5. Zrušení blokování impedančních ochran turboalternátoru.
6. Zapnutí odbuzovače turboalternátoru.
7. Nabuzení turboalternátoru na hodnoty v sekundárních obvodech PTP cca 2160/0,4 A.
8. Provedení kontroly uzavřenosti proudových obvodů PTP.
9. Zvýšení proudu na cca 25 % tj. cca 6750/1,25 A.
10. Při zvyšování zaznamenat náběhy ochran:
impedanční TBA
 1. Impedanční pro RŘV
 2. Impedanční pro RŘVrozdílové pro blokový transformátor
rozdílové pro turboalternátor
proudový popud pro automatiku při selhání vypínače.
11. Zvýšení proudu na 50 % (cca /13500/2,5 A).
12. Kontrola proudových obvodů ochran a kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany turboalternátoru.
13. Kontrola náběhu rozdílové ochrany turboalternátoru vykrácením proudových obvodů PTP.
14. Nabuzení na jmenovitý proud turboalternátoru (26730/4,95 A).
15. Kontrola proudových obvodů a kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany turboalternátoru.
16. Při nastavení na hodnotu cca $1,02 I_n$ provést kontrolu působení nadproudové časově závislé ochrany proti přetížení statoru turboalternátoru (27260/5,05 A).
17. Odbudit na 0 A.

Simulace zkratu v chráněné oblasti pro rozdílovou ochranu turboalternátoru a ochranu při nesymetrii

1. Připravit simulaci zkratu v chráněné zóně rozdílové ochrany turboalternátoru vykrácením proudů na zkušební zásuvce.
2. Nabudit do zapůsobení rozdílové ochrany turboalternátoru na cca 5400/1 A.
3. Odbudit na 0 A, zrušit simulaci pro rozdílové ochrany turboalternátoru.
4. Zkontrolovat chlazení zemničů turboalternátoru.
5. Připravit simulaci nesymetrického zatížení vykrácením jedné fáze pro kontrolu ochrany nesymetrie turboalternátoru.
6. Připravit měření pro ochranu nesymetrie.
7. Plynule bez přerušení nabudit na I_n turboalternátoru a kontrolovat zapůsobení ochrany.
8. Po odečtu hodnot odbudit na 0 A, vypnout odbuzovač.
9. Zrušit simulované zkraty.
10. Kontrola provedení zkratu č.4 – kontrola namanipulování cesty k uzemňovacím nožům a kontrola sepnutí zemnicích nožů linky 400 kV v rozvodně Kočín, vypínače zablokovány proti vypnutí, odpojovače a uzemňovače blokovány proti náhodné manipulaci, zablokováno ASV vypínačů linky 400 kV.

Úkony pro kontrolu a nastavení zařízení do výchozího stavu :

1. Kontrola vypnutí stykače pro odbuzovač budiče.
2. Odjištění ovládacích obvodů uzemňovače.
3. Odstavení vodního chlazení uzemňovače.
4. Rozpojení uzemňovače turboalternátoru - kontrola vysunutí jehel na stavoznaku jednotek (L1,L2,L3).
5. Zajištění ovládacích obvodů uzemňovače.
6. Odjištění ovládacích obvodů generátorového vypínače.
7. Ruční zapnutí generátorového vypínače.
8. Zablockování generátorového vypínače.

Kontrola proudových obvodů a vyrovnaní rozdílových ochran turboalternátoru, blokového transformátoru a rozdílové ochrany linky 400 kV

1. Kontrola uzavřenosti obvodů PTP.

2. Přípravení výchozího stavu podle odstavce „Simulace zkratu v chráněné oblasti pro rozdílovou ochranu turboalternátoru a ochranu při nesymetrii“.
3. Zapnutí odbuzovače a jeho zablokování proti vypnutí.
4. Nabuzení turboalternátoru na hodnoty v sekundárních obvodech PTP cca 2160/0,4 A.
5. Provedení kontroly uzavřenosti proudových obvodů PTP a ochran.
6. Zvýšení proudu na 50 % (cca 13500/2,5 A).
7. Při zvyšování proudu kontrola náběhu ochrany nadproudové relé zatížení 40 % I_n pro spínání chladicí automatiky blokového transformátoru.
8. Kontrola proudových obvodů a kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany turboalternátoru, rozdílových ochran blokového transformátoru a rozdílové ochrany linky 400 kV.
9. Kontrola náběhu rozdílových ochran turboalternátoru, blokového transformátoru a linky 400 kV vykrácením proudových obvodů PTP.
10. Nabuzení na jmenovitý proud turboalternátoru (26730/ 4,95 A).
11. Při zvyšování proudu kontrola náběhu ochrany nadproudové relé zatížení 70 % I_n pro spínání chladicí automatiky blokového transformátoru.
12. Kontrola proudových obvodů a kontrola vyrovnaní rozdílové ochrany turboalternátoru, rozdílových ochran blokového transformátoru a rozdílové ochrany linky 400 kV.
13. Vzhledem k tomu, že na turboalternátorové straně bude již měřitelné napětí nakrátko blokového transformátoru, provede se kontrola shodnosti fází měřících transformátorů napětí.
14. Odbudit na 0 A, při snižování kontrolovat odpad ochran - nadproudová relé zatížení 40 %
i 70 % I_n pro spínání chladicí automatiky blokového transformátoru.
15. Provedení simulace zkratu v chráněné oblasti rozdílové ochrany blokového transformátoru.
16. Nabudit do náběhu ochrany rozdílové ochrany blokového transformátoru.
17. Odbudit, vypnout odbuzovač.

Úkony pro kontrolu a nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Kontrola vypnutí stykače pro odbuzovač budiče.

2. Zrušení zkratu č. 4 v rozvodně 400 kV Kočín.
3. Odpojení vedení 400 kV v rozvodně Kočín.
4. Odjištění ovládacích obvodů uzemňovače turboalternátoru.
5. Sepnutí uzemňovače ve fázi L1 – zkrat č. 5 - kontrola zasunutí jehly uzemňovače na stavoznaku jednotky.
6. Zajištění ovládacích obvodů uzemňovače turboalternátoru.

Poznámka:

Při primárních zkouškách bude zasouván jeden nůž uzemňovače při najetém TBA na jmenovitých otáčkách. Je to v rozporu s provozním předpisem. Jedná se o zkoušku ochran, při které musí být tato podmínka porušena.

18. Zrušit zkrat č.4 vypnutím vypínače linky 400 kV v rozvodně Kočín.
19. Generátorový vypínač zůstává zapnutý.
20. Odblokovat působení ochran.
21. Zablokovat zemní statorovou ochranu turboalternátoru.

Napět'ové zkoušky turboalternátoru

Kontrola zemní ochrany statoru turboalternátoru 95 % a zemní ochrany zapouzdřených vodičů 24 kV

1. Zapnutí odbuzovače budiče.
2. Nabuzení do náběhu zemních ochran statoru turboalternátoru a zemní ochrany zapouzdřených vodičů 24 kV.
3. Zaznamenání náběhu ochran a napětí otevřeného trojúhelníku.
4. Odbuzení a vypnutí odbuzovače budiče.
5. Odblokování zemní ochrany turboalternátoru 95 % a zablokování zemní ochrany turboalternátoru 100 %.

Úkony pro kontrolu a nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Kontrola vypnutí stykače pro odbuzovač budiče.
2. Odjištění ovládacích obvodů uzemňovače turboalternátoru.
3. Rozepnutí uzemňovače ve fázi L1 – zkrat č. 5- kontrola vysunutí jehly uzemňovače na stavoznaku jednotky.
4. Zajištění ovládacích obvodů uzemňovače.

5. Vypnutí všech jističů PTN uzlu turboalternátoru.
6. Ověření beznapětového stavu a osazení zkratu č. 6.
7. Zapnutí všech jističů PTN uzlu turboalternátoru.

Kontrola zemní ochrany statoru turboalternátoru 100 %.

Poznámka:

Protože kontrola ochrany byla provedena v rámci sekundárních zkoušek, provede se pouze kontrola náběhu při tvrdém zemním spojení v uzlu.

1. Zapnutí odbuzovače budiče.
2. Nabuzení do náběhu zemní ochrany statoru turboalternátoru 100 %.
3. Zaznamenání náběhu ochrany.
4. Odbuzení a vypnutí odbuzovače turboalternátoru.
5. Odblokování zemní ochrany turboalternátoru 100 %.

Úkony pro kontrolu a nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Kontrola vypnutí stykače pro odbuzovač budiče.
2. Vypnutí všech jističů PTN pro uzel turboalternátoru.
3. Demontáž zkratu č.6.
4. Zapnutí všech jističů PTN uzlu turboalternátoru.
5. Provedení vizuální kontroly zařízení před najetím na napětí.
6. Zapojení blokovacích vstupů obou impedančních ochran RŘV, zablokování působení napětových a frekvenčních ochran, ochrany na přesycení a zemní ochrany rotoru, snížení nastavení nadpětových ochran.

Kontrola napětových obvodů, napětových ochran, frekvenčních ochran turboalternátoru, ochrany proti přesycení a kontrola ochran hlídání napětové nesymetrie, kontrola fázovací soupravy turboalternátoru.

Poznámka:

Pokud byla provedena kontrola napětových obvodů při napětí nakrátko blokového transformátoru ($U > 10\%$), provede se první nabuzení na cca $50\% U_n$.

1. Zapnutí odbuzovače budiče.
2. Nabuzení turboalternátoru na cca $50\% U_n$, tj. 12000/50 V.
3. Při nabuzování zachytit odpad obou podpětových ochran pro RŘV.

4. Provedení kontroly přítomnosti napětí, shodnosti fází, „pravotočivosti“ systému v obvodech ochran, měření buzení ve fázovací soupravě.
5. Provedení kontroly zařízení před zvýšením napětí na 100 %.
6. Nabuzení na jmenovité napětí 24000/100 V.
7. Opětovné provedení kontroly měření napětí.
8. Při jmenovitém napětí turboalternátoru provedení kontroly náběhu zemní rotorové ochrany turboalternátoru tvrdým zemním spojením na + pólu kartáčů rotoru budiče - realizovat zkrat č.7a.
9. Při jmenovitém napětí turboalternátoru provést kontrolu náběhu zemní rotorové ochrany turboalternátoru tvrdým zemním spojením na - pólu kartáčů rotoru budiče - realizovat zkrat č.7b.
10. Při nastavení na $1,05 U_n$ (25 200/105 V) postupně odzkoušet náběhy obou stupňů ochran.
11. Snížení napětí na U_n (24000/100 V).
12. Snižováním napětí provést kontrolu náběhů podpět'ových ochran turboalternátoru při $0,6 U_n$ (14400/60 V).
13. Snižováním napětí provést kontrolu podpět'ových ochran pro RŘV $0,28 U_n$ (6720/0,28 V).
14. Odbuzení a vypnutí odbuzovače budiče.
15. Upravení nastavení nadpět'ových ochran a odblokování jejich působení a působení zemní ochrany rotoru.
16. Zapnutí generátorového vypínače, odzemnění linky 400 kV.

Poznámka:

Kontrola napět'ových obvodů v zapouzdřených vodičích za turboalternátorem byla provedena v rámci zkoušek transformátorů včetně kontroly napětí a sledu fází v synchronizační soupravě turboalternátoru.

17. Postupné nabuzení na U_n (24000/100 V).
18. Provedení kontroly měření napětí.
19. Provedení kontroly shodnosti napětí ve fázovací soupravě a měření napětí v sychrotactu, regulátoru napětí turboalternátoru.
20. Provedení kontroly ochran hlídání napět'ové nesymetrie postupným odpojováním napětí na zkušebních zásuvkách.
21. Snižováním otáček na 2800 ot/min a udržováním napětí postupně provést kontrolu nastavení podfrekvenčních ochran a rovněž i ochrany na přesycení.

22. Zvýšením otáček na 3150 ot/min provést kontrolu nadfrekvenčních ochran.
23. Upravení otáček na jmenovité (3000 ot/min).
24. Odblokování působení všech ochran.
25. Provedení kontroly uvolnění blokad vypínacích cest z ETE do rozvodny Kočín.
26. Provedení zkušebního odstavení turboalternátoru např. rozdílovou ochranou TBA.

Tím je ukončena část A zkoušek.

Úkony pro kontrolu a nastavení zařízení do výchozího stavu:

1. Odjištění ovládacích obvodů generátorového vypínače.
2. Zajištění obou spojovacích cest pro přenos dat mezi ETE a rozvodnou Kočín.

5.4.3 Část B zkoušky po prvním přifázování

Výchozí stav bloku pro část B

1. Výkon reaktoru cca 38 %.
2. Napájení rozveden 6 kV vlastní spotřeby bloku je převedeno na rezervní napájení 110 kV.
3. Linka 400 kV je vypnuta (vypínače v rozvodně Kočín jsou připravené k fázování linky 400 kV/ TBA ETE), vypínače pracovních přívodů rozveden 6 kV jsou vypnuty a vysunuty do revizní polohy.
4. Generátorový vypínač je zapnut (místně ručně) a odjištěn.
5. TBA je na natáčecím zařízení nebo na 480 ot/min, TBA včetně pomocných systémů je připraven k najetí a fázování.
6. Všechny ochrany turboalternátoru, budiče, blokového transformátoru, odbočkových transformátorů a linky 400 kV jsou v nominálním stavu, jsou demontovány všechny zkraty a jiná nestandardní nastavení použitá při zkouškách v části A.
7. Stav ostatních systémů a zařízení je v souladu s provozními předpisy.

První přifázování a zkoušky zpětné wattové ochrany (ZWO)

Fázování turboalternátoru pomocí vypínače 400 kV v rozvodně Kočín, kontrola ZWO a kontrola směrování ochrany proti prokluzu rotoru

1. Provedení kontroly správné parametrizace ochran, doplnění softwarové funkce pro kontrolu směrování ochrany proti prokluzu rotoru.

2. Provedení najetí TBA na fázovací otáčky (3000 ot/min).
 3. Nabuzení turboalternátoru na nominální budící napětí.
 4. Provedení přifázování linky 400 kV/TBA ETE v rozvodně Kočín:
 - prostřednictvím manipulanta Ústřední elektrické dozorny ETE a Technického dispečinku České energetické přenosové soustavy
 - přizpůsobení fázovacích podmínek provádí personál ETE – napětí prostřednictvím změny žádané hodnoty v regulátoru buzení, frekvence prostřednictvím změny žádané hodnoty otáček TBA
 - podmínkou fázování je dosažení předepsané teploty na vstupech NT dílů
 - po přifázování následuje vyjetí na základní zatížení (stejně jako při fázování prostřednictvím generátorového vypínače) – hodnotu základního zatížení je nutné volit s ohledem na aktuální výkon reaktoru cca 100 MW.
 5. Provedení kontroly správné funkce regulátoru napětí.
 6. Odstavení TBA tlačítkem „Nebezpečí turbíny“ (zavřením RZV) a kontrola:
 - směrování ochrany na prokluz pólů rotoru
 - zásah obou ZWO - vypnutí generátorového vypínače, provozní odbuzení TBA.
- VÝSTRAHA**
- Pokud by nedošlo k aktivaci ani jedné ZWO, potom bude postupováno následovně:*
- *Ověření motorického chodu - zpětný tok výkonu musí být zápornější než - 10 MW, všechny RZV musí být uzavřeny.*
 - *Pokud je ověřen motorický chod, vypnout generátorový vypínač / odbudit pomocí tlačítka „Nebezpečí generátoru“.*
7. Převedení napájení rozveden 6 kV vlastní spotřeby bloku na pracovní napájení dle platného provozního předpisu.

Koncový stav bloku pro část B

1. Napájení rozveden 6 kV vlastní spotřeby bloku je z pracovního napájení (linka 400 kV), rezervní napájení provozuschopné, na rozvodnách 6 kV navolen automatický záskok rezervy.
2. Generátorový vypínač je vypnut a odjištěn.

5.4.4 Část C zkoušky na přifázovaném TBA v průběhu zvyšování výkonu

Výchozí stav bloku pro část C

1. Výkon reaktoru je cca 50 % .
2. Napájení rozvoden 6 kV vlastní spotřeby bloku je z pracovního napájení (linka 400 kV), rezervní napájení je provozuschopné, na rozvodnách 6 kV navolen automatický záskok rezervy.
3. TBA je na natáčecím zařízení nebo na 480 ot/min, TBA včetně pomocných systémů je připraven k najetí a fázování.
4. Všechny ochrany turboalternátoru, budiče, blokového transformátoru a linky 400 kV se nacházejí v nominálním stavu.
5. Stav ostatních systémů a zařízení je v souladu s provozními předpisy.

Kontrola ochran na podbuzení a ztráty buzení

Provede se standardní přifázování TBA. Bude provedeno zvýšení výkonu na 300 MW a budou provedeny následující činnosti (stejně činnosti budou zopakovány i na výkonové hladině 600 MW):

1. Zablokování vypnutí od ochrany na ztrátu buzení a snížení nastavení ochrany podbuzení TBA. Postupným odbuzováním při automatické regulaci zkontrolovat zásahy hlídače meze podbuzení.
2. Při snížené citlivosti ochrany podbuzení TBA provést odbuzováním kontrolu signalizace podbuzení.
3. Kroky 1. a 2. provést rovněž u ochrany ztráty buzení.
4. Provést nastavení parametrů ochran REG216 do nominálního stavu.

Koncový stav bloku pro část C

1. Výkon reaktoru je cca 60 % nebo vyšší, TBA na odpovídajícím výkonu.
2. Napájení rozvoden 6 kV vlastní spotřeby bloku je z pracovního napájení (linka 400 kV), rezervní napájení je provozuschopné, na rozvodnách 6 kV je navolen automatický záskok rezervy.
3. Všechny ochrany turboalternátoru, budiče, blokového transformátoru a linky 400 kV jsou v nominálním stavu.
4. Stav ostatních systémů a zařízení je v souladu s provozními předpisy.

5.5 Konečný stav

Nově instalované zařízení je po provedených zkouškách popsaných v programu v nominálním stavu, je uvolněno pro trvalé provozování a odzkoušeno. Plní všechny funkce stanovené projektovou dokumentací. Na základě úspěšných zkoušek bude vystavena revizní zpráva včetně příloh (protokoly, atesty, osvědčení).

6 Provozní kontroly

6.1 Popis zařízení

Soubor ochran pro vyvedení výkonu je realizován digitálními ochranami REG 216. Pro snadnou identifikaci jejich působení je ve společném rozváděči umístěn počítač s instalovaným software MS Windows NT a SMS 510 společnosti ABB.

6.2 Účel

Provozní kontroly souboru ochran se omezí na kontrolu napájení systému ochran a na výběr dat ze souboru ochran a jejich čtení pro rychlou orientaci provozního personálu v případě jejich působení.

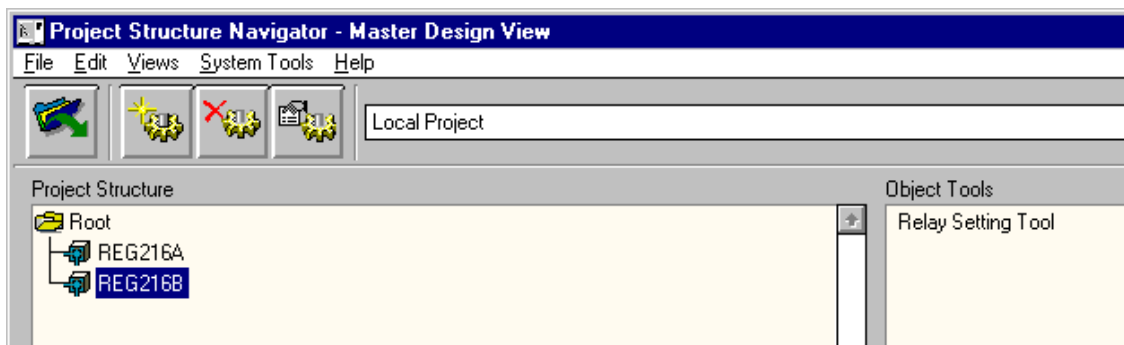
6.3 Výběr dat

6.3.1 Výchozí stav

Na pozadí, popřípadě v základním okně je spuštěna aplikace **SMS 510**. Maximalizovat aplikaci lze ikonou *“Project Structure Navigator”* v panelu nástrojů Start v případě, že je spuštěna na pozadí. Spuštění aplikace, např. po restartování systému, vyžaduje zadání hesla.

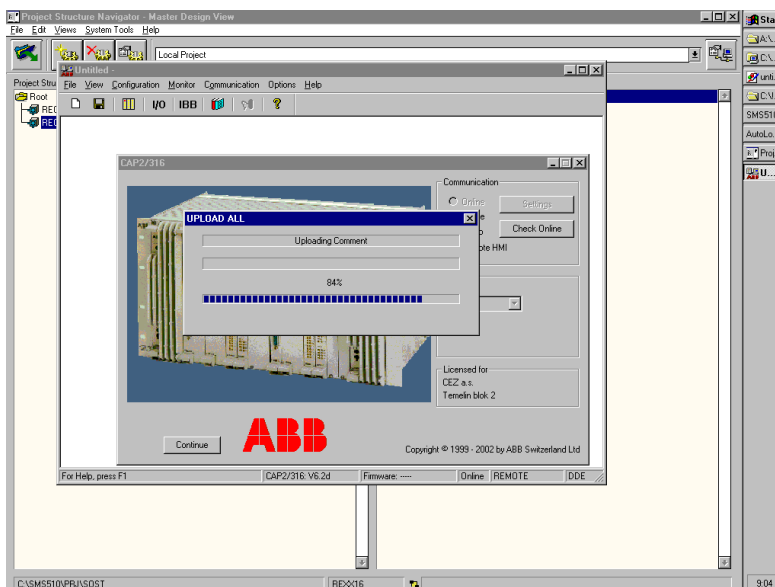
6.3.2 Výběr kompletu ochran

V levém okně aplikace **SMS 510** označte požadovaný komplet ochran REG 216A nebo REG 216B, poté potvrďte výběr dvojklikem v pravém okně na nápisu *“Relay Setting Tool”*:



6.3.3 Stažení dat

Po předchozím kroku následuje automatické spuštění programu **CAP 2/316**. Stahování požadovaných dat bude zahájeno potvrzením tlačítka **“Continue”**.

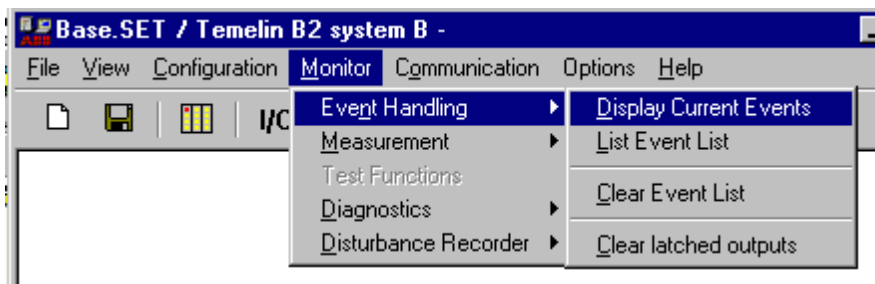


Konec stahování je třeba potvrdit v dialogovém okně **“Upload”**.

6.3.4 Čtení dat

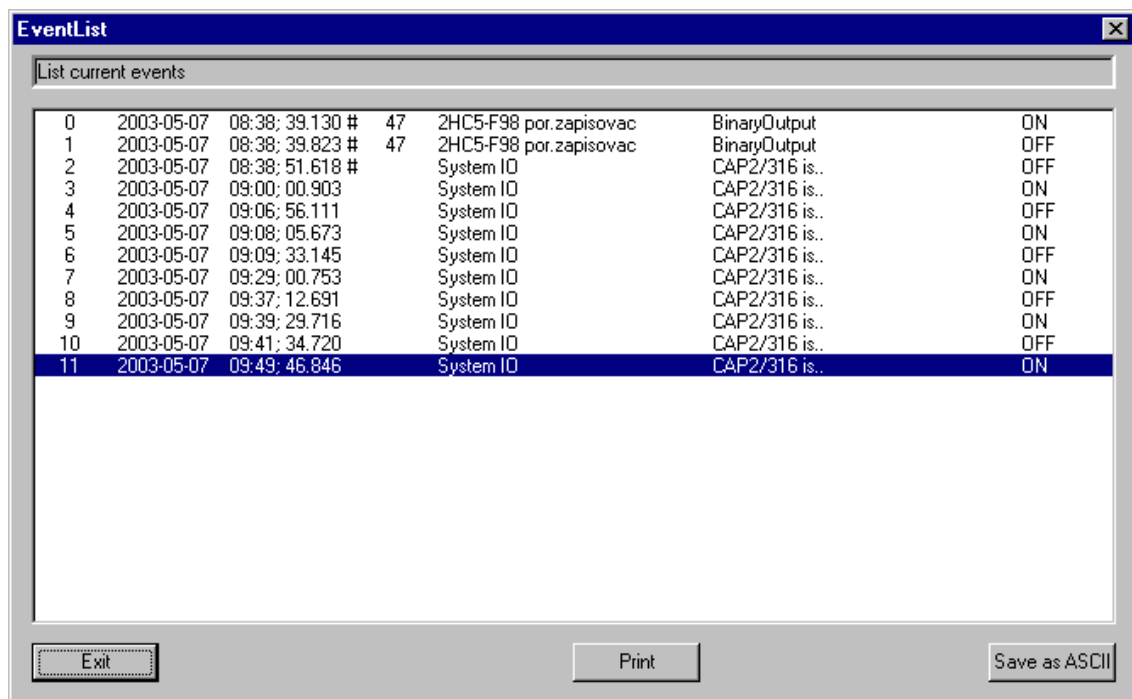
Data je možno přečíst v novém okně **Base.SET**. Zde zvolte záložku **“Monitor”**. Lze zvolit výběr ze dvou nabídek:

1. **“Display Current Events”** - zobrazí aktuálně načtená a dosud nezobrazená data, vyprázdní se po uzavření okna.
2. **“List Event List”** - zobrazí data načtená od posledního smazání dat.



6.3.5 Zpracování dat

Data z okna **Event List** lze vytisknout stiskem **“Print”**. Stiskem **“Save as ASCII”** lze též data uložit na přenosný disk a následně zpracovat či prohlédnout na jiném počítači (např. programem WordPad).



6.3.6 Mazání dat

Načtená data nemažte! Důvodem je jejich případná další analýza.

6.3.7 Ukončení práce

Po ukončení práce aplikaci SMS 510 neukončujte! Při jejím spuštění je nutné totiž zadání vstupního hesla, které je vázáno na licenci a z tohoto důvodu nelze heslo masově rozšiřovat.

6.3.8 Souběžné načítání dat

Data druhého kompletu lze načíst až po uzavření okna **Base.SET** a následným výběrem požadovaného kompletu v úvodním okně **Project Structure Navigator** dle bodu Výběr kompletu ochran.

7 Závěr, vyhodnocení

Tato práce řeší problematiku modernizace systému ochran elektrických zařízení ve vyvedení výkonu energetických celků. Tato oblast je řešena jak z pohledu obecného, tak z pohledu konkrétního elektrárenského zařízení (elektrárna Temelín). Popis systému ochran je zpracován takovým způsobem, aby byla použitelná jen s malými úpravami pro jakákoli jiná zařízení obdobného charakteru. Důvodem je skutečnost, že schéma vyvedení výkonu elektrárny Temelín je realizováno dle obecně rozšířených forem, je i tato část použitelná, s poměrně malými úpravami, pro jakékoli jiné zařízení obdobného charakteru.

Tato modernizace je vynucena již značnou zastaralostí současného souboru ochran. Instalace nového systému bude mít za následek zvýšení spolehlivosti, přesnosti a snížení neoprávněných odstavení zařízení z důvodu falešného působení ochrany. Zlepšením a zpřesněním vyhodnocení poruchových dějů se výrazně sníží počet poruch, kdy nelze jednoznačně určit jejich příčinu. V rámci této práce byl zpracován podrobný popis primárních zkoušek nově instalovaného zařízení, který je nezbytný pro zapracování nového zařízení do provozního celku a také popis provozních kontrol při provozu nového souboru ochran, včetně získání dat z obslužného softwaru.

8 Seznam použité literatury

- [1] Beran, M.: Elektrické ochrany strojů a zařízení elektrizační soustavy. Vysoká škola strojní a elektrotechnická, Plzeň, 1980.
- [2] Janíček, F. et al.: Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2004.
- [3] Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL, Praha 1991.
- [4] Dohnálek, P.: Provoz a údržba ochrany v energetice, SNTL, Praha 1989.
- [5] Petrov, G. N.: Elektrické stroje 1, Transformátory, Academia, Praha, 1980.
- [6] Petrov, G. N.: Elektrické stroje 2, Asynchronní stroje, Academia, Praha, 1980.
- [7] 1TS201 provozní předpis pro turbínu 1000 MW - Provozní předpis ETE
- [8] 1TS421 provozní předpis pro systém elektrických ochrany vyvedení výkonu - Provozní předpis ETE

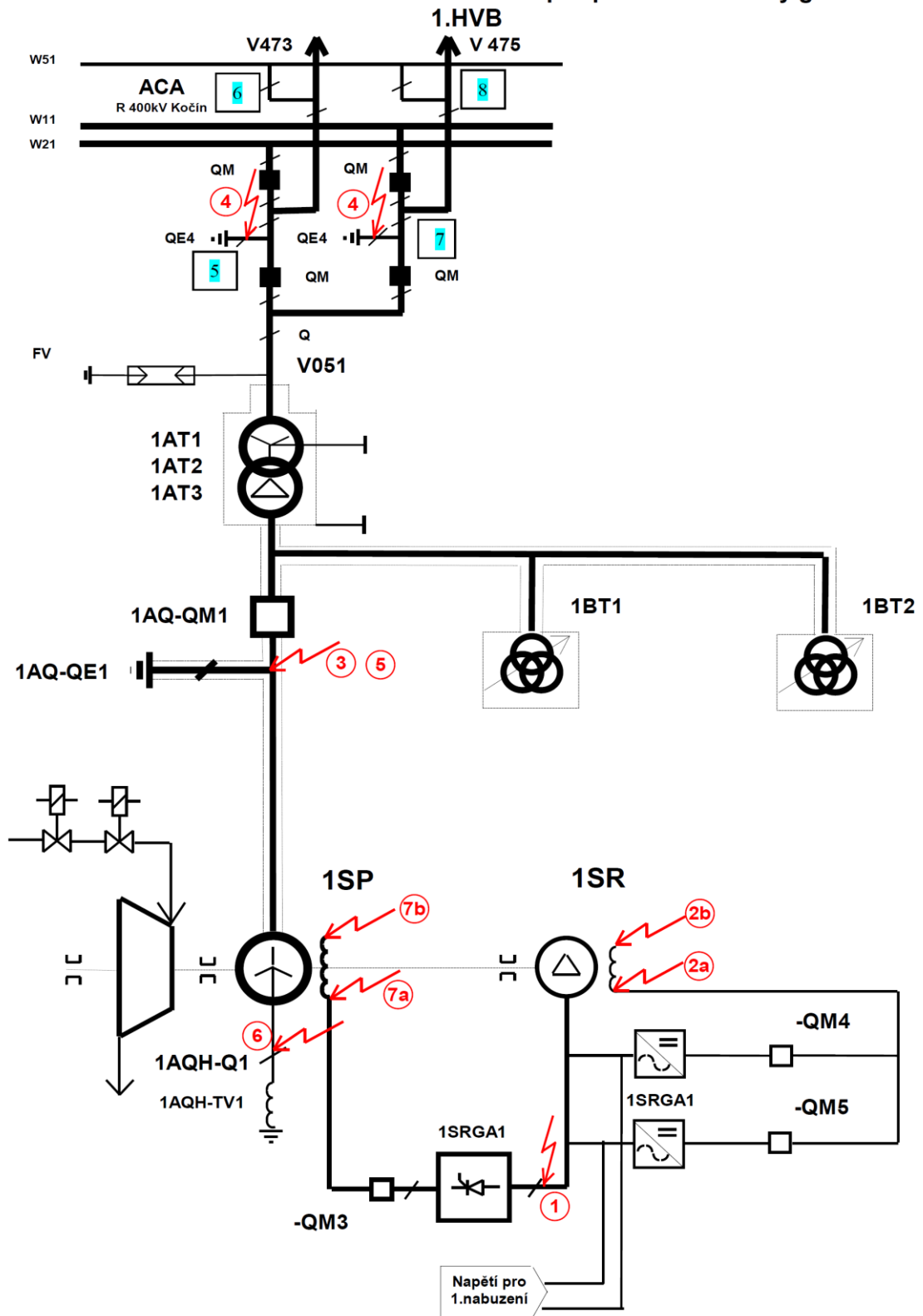
Seznam příloh

Příloha 1: Přehledové schéma umístění zkratů pro primární zkoušky generátoru

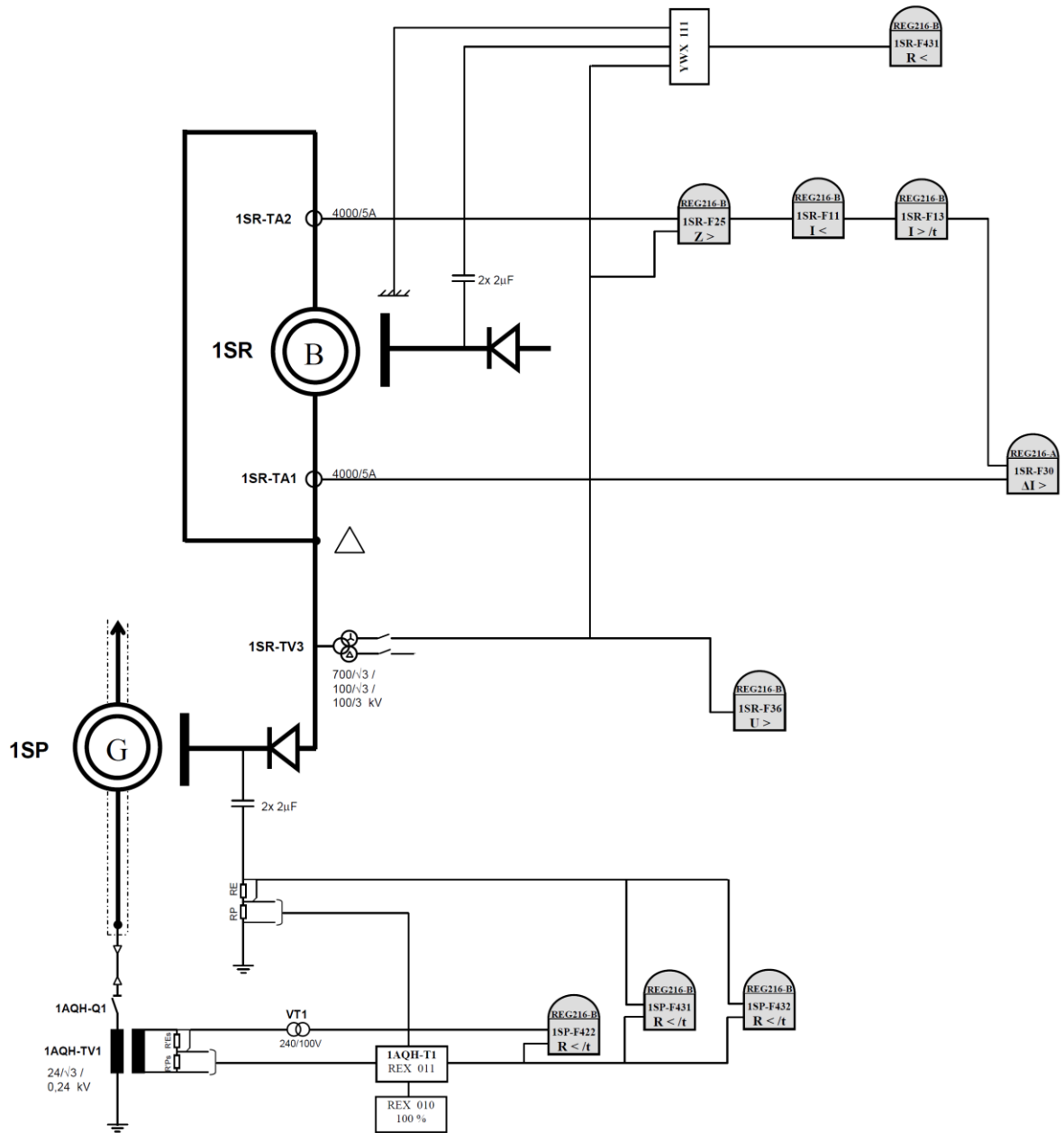
Příloha 2: Jednólové schéma ochran budiče

Příloha 3: Jednólové schéma ochran alternátoru

Příloha 1: Přehledové schéma umístění zkratů pro primární zkoušky generátoru



Příloha 2: Jednopolové schéma ochran budiče 1SR



Příloha 3: Jednopolové schéma ochran alternátoru 1SP

