

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Modernizace elektrických ochran vybraných vývodů ve
vlastní spotřebě výrobního bloku elektrárny**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan TIMKO**
Osobní číslo: **E17N0023K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Téma práce: **Modernizace elektrických ochran vybraných vývodů ve vlastní spotřebě výrobního bloku elektrárny**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky**

Zásady pro vypracování

1. Provedte teoretický popis dotčených rozvodných zařízení a chráněných spotřebičů, jejich funkce související s výrobou elektrické energie, rozbor ochran a automatik vybraných vývodů vlastní spotřeby výrobního bloku elektrárny, zajišťující bezpečný a plynulý provoz napájené technologie. Diskutujte nad tématem investiční akce modernizace elektrických ochran vybraných vývodů hlavního výrobního bloku.
2. Provedte návrh nové konfigurace ochran včetně selektivity jištění a parametrizace ochranných terminálů.
3. Stanovte harmonogram záměny včetně zajišťování zařízení a programu funkčních zkoušek.
4. Zpracujete potřebnou výkresovou dokumentaci.
5. Zhodnoťte provedené záměny nového zařízení. Uveďte případně další možnosti vylepšení či jiných investičních akcí vedoucích k postupné modernizaci a zvýšení spolehlivosti zařízení v provozu.


Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Interní dokumentace Jaderné elektrárny Temelín
2. Kolektiv autorů: Elektrická část JE VVER1000, Brno 2015
3. GRYM Rudolf; HOCHMAN Petr; BERMAN Jiří Chránění II: elektrická zařízení vysokého napětí. Havířov: IRIS, 2004 ISBN 80-903540-0-9
4. Elektronické informační zdroje, katalogy a technické manuály výrobců
5. Ochrany pro průmysl a energetiku, Dohnálek, SNTL 1991

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Jiříčková, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **9. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2021**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 9. října 2020

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na záměnu elektrických ochran vybraných vývodů ve vlastní spotřebě hlavního výrobního bloku JE Temelín, konkrétně digitálních dvoubodových ochran RET316*4 za digitální elektrické ochrany výrobce ABB REG670 u vývodu hlavního cirkulačního čerpadla.

Dále práce obsahuje harmonogram prováděné záměny, zpracovanou výkresovou dokumentaci a popisuje prováděné konfigurace, zkoušky a měření. Je zde uvedeno zajištění zařízení dle příkazu „B“, provedení demontáže stávajícího a montáže nového bloku ochran spolu s vyhodnocením a odjištěním zařízení.

Nové elektrické ochrany REG670 jsou v závěru zhodnoceny a jsou zde uvedeny další možnosti investičních akcí stávajícího zařízení.

Klíčová slova

Elektrické ochrany; hlavní výrobní blok; hlavní cirkulační čerpadlo; rozvodna; vlastní spotřeba; bezpečnost; výroba; modernizace; záměna.

Abstract

The presented diploma thesis is focused on the replacement of electrical protections of selected outlets in the own consumption of the main production unit of NPP Temelín, specifically digital two-winding protections RET316 * 4 with digital electrical protections manufactured by ABB REG670 at the outlet of the main circulation pump.

Furthermore, the thesis contains a schedule of the performed replacement, processed drawing documentation and it describes the performed configurations, tests and measurements. There is a provision of equipment according to command "B", dismantling of the existing and installation of a new block of protection, along with evaluation and unlocking of equipment.

The new REG670 electrical protections are evaluated in the end and other possibilities of investment projects of the existing equipment are presented here.

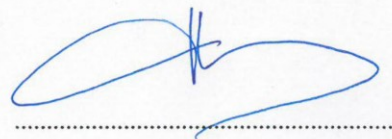
Key words

Electrical protection; main production unit; main circulation pump; substation; own consumption; safety; production; modernization; replacement.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.



podpis

V Plzni dne 24.5.2021

Bc. Jan Timko

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Janě Jiříčkové, Ph.D. za užitečné připomínky a rady k jednotlivým částem této práce.

Dále bych rád poděkoval Ing. Miroslavu Součkovi za věcné informace, Ing. Ondřeji Trubkovi a Ing. Vlastovi Staudemu za odborné vedení této diplomové práce, provoznímu personálu skupiny elektro, pracovníkům firmy I&C Energo a operátorům reaktorového bloku 1 a 2 za užitečné zkušenosti z provozu a vstřícné odpovědi na mé dotazy.

V neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině, která mi byla nepřetržitou oporou při tvorbě této diplomové práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	12
1 JADERNÁ ELEKTRÁRNA A JEJÍ HLAVNÍ VÝROBNÍ BLOKY	15
1.1 PROVOZ JADERNÉ ELEKTRÁRNY	15
1.2 HISTORIE A SOUČASNOST	16
1.3 POLOHA JE TEMELÍN.....	18
1.4 VENKOVNÍ OBJEKTY.....	19
1.4.1 Čerpací stanice Hněvkovice a vodojem	19
1.4.2 Úpravná chladicí vody.....	19
1.4.3 Chemická úpravná vody	20
1.4.4 Chladicí věže	20
1.4.5 Chladicí nádrže s rozstříkem	20
1.4.6 Nízkotlaká kompresorová stanice	20
1.4.7 Sklad vodíku a redukční stanice H ₂	21
1.4.8 Budova aktivních a pomocných provozů	21
1.4.9 Systémová a společná dieselgenerátorová stanice	22
1.4.10 Sklad vyhořelého jaderného paliva.....	22
1.4.11 Další objekty ETE.....	23
1.5 HLAVNÍ VÝROBNÍ BLOKY	23
1.5.1 Budova reaktoru	24
1.5.2 Strojovna.....	26
1.5.3 Blokovaná výměňková stanice.....	26
1.5.4 Rozvodna	27
1.5.5 Venkovní transformátory	27
1.6 JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGICKÉ CELKY HVB	27
1.6.1 Primární okruh	27
1.6.2 Sekundární okruh.....	30
1.7 VYVEDENÍ VÝKONU	34
1.7.1 Zapouzdřené vodiče.....	34
1.7.2 Generátorový vypínač.....	35
1.7.3 Blokované olejové transformátory 3x400 MVA.....	35
1.7.4 Odbočkové olejové transformátory 63 MVA.....	36
1.7.5 Rezervní olejové transformátory 63 MVA	37
1.7.6 Vlastní spotřeba hlavního výrobního bloku	38
1.7.7 Režimové automatiky	41
1.7.8 Elektrické ochrany.....	45
2 ELEKTRICKÉ OCHRANY VÝVODŮ HCČ	50
2.1 VÝVOD NA HCČ A POLE MĚŘENÍ.....	50
2.1.1 Pole měření vývodu HCČ - rozvaděče III. kategorie NN.....	50
2.1.2 Pole vypínače vývodu HCČ - rozvaděče III. kategorie NN.....	51
2.2 NÁVRH ELEKTRICKÝCH OCHRAN.....	53
2.2.1 Zásady pro návrh elektrických ochran	53
2.2.2 Odůvodnění potřeby modernizace elektrických ochran.....	54
2.2.3 Rozsah záměny elektrických ochran	55
2.3 REG670.....	56
2.4 HARMONOGRAM ZÁMĚNY ELEKTRICKÝCH OCHRAN U VYBRANÝCH VÝVODŮ VS HVB ETE	56
2.4.1 Předprojektová příprava	57
2.4.2 Projektová příprava.....	58
2.4.3 Realizace.....	58
2.4.4 Aktivace nákladů.....	61

3	REALIZACE ZÁMĚNY STÁVAJÍCÍCH ELEKTRICKÝCH OCHRAN ZA NOVÉ.....	62
3.1	SEKUNDÁRNÍ ZKOUŠKY A TESTOVACÍ ČÁST	62
3.1.1	Připojení nového terminálu ochran.....	62
3.1.2	Zkouška binárních vstupů ochran.....	66
3.1.3	Generování hodnot a zkoušení ochranných funkcí	66
3.1.4	Protokol o zkoušce.....	72
3.2	ELEKTRICKÉ ZAJIŠTĚNÍ PRACOVNÍHO MÍSTĚ NA PŘÍKAZ „B“.....	72
3.2.1	I. kapitola příkazu „B“ – popis zajišťovaného zařízení.....	73
3.2.2	II. kapitola příkazu „B“ – zajištění zařízení.....	74
3.2.3	III. kapitola příkazu „B“ – kontrola a předání zajištěného zařízení	75
3.2.4	IV. a V. kapitola příkazu „B“ – předávání zařízení VP.....	75
3.2.5	VI. a VII. kapitola příkazu „B“ – ukončení prací a odjištění zařízení.....	76
3.3	MONTÁŽNÍ ČÁST	76
3.3.1	Demontáž původního bloku ochran	77
3.3.2	Montáž a připojení elektrické ochrany REG670 do rozvaděče 2BB.....	79
3.3.3	Odkoušení	81
4	ZÁVĚR.....	86
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	89
	PŘÍLOHY	1

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na realizaci generační záměny elektrických ochran vybraných vývodů vlastní spotřeby hlavního výrobního bloku VVER 1000 JE Temelín.

Text je rozdělen do tří kapitol.

První kapitola se zabývá teoretickým úvodem do historie JE Temelín a uvedením elektrárny do provozu. Dále je přiblížen provoz jaderné elektrárny v elektrizační soustavě a význam její polohy. V další části této kapitoly je rozebráno dispoziční uspořádání JE Temelín, včetně jejích širších součástí, jako jsou podpůrné provozy, které mají přímý vliv na hlavní výrobní blok a jeho zařízení, stručný popis objektů těchto podpůrných provozů a aktuální stav, ve kterém jsou provozovány. Tyto objekty jsou dále uváděny jako venkovní objekty, vzhledem k tomu, že dispozičně přímo nesouvisí s hlavními výrobními bloky. Po části věnované venkovním objektům jsou přiblíženy hlavní výrobní bloky. Zde jsou technicky zmapovány základní součásti bloku, tedy budova primárního okruhu, budova sekundárního okruhu, neboli strojovna, dále rozvodna a další celky. V podkapitolách je zde blíže popsán primární a sekundární okruh bloku tak, aby byla pochopena souvislost se zařízením, které je napájeno z vybraných vývodů, řešených v této diplomové práci. U řešených rozvaděčů a jejich vývodů bude vysvětlen účel a použití elektrických ochran. V poslední části této kapitoly je teoreticky popsáno zařízení vyvedení výkonu hlavního výrobního bloku a návaznosti na elektrizační síť, režimové automatiky a elektrické ochrany dotčeného zařízení vlastní spotřeby hlavního výrobního bloku VVER 1000 elektrárny Temelín.

Druhá kapitola pojednává o již konkrétních rozvaděčích a jejich vývodech na vybrané pohony, na kterých bude modernizace elektrických ochran prováděna. Je zde popsán elektrický rozvaděč 6,3 kV nezajištěného napájení s vývodem na hlavní cirkulační čerpadlo. Spolu s rozvaděčem je probrána stávající elektrická digitální ochrana RET316*4 v poli měření a terminály typu REC670 a SPAM 150 C v poli výkonového vypínače. Dále jsou v této kapitole uvedeny zásady návrhu nových bloků elektrických ochran REG670 a důvody záměny ochran RET316*4, o kterých bude pojednávat třetí kapitola. V dalších částech druhé kapitoly bude teoreticky přiblížena funkce nového terminálu elektrických

ochran REG670. V poslední části této kapitoly je zpracován harmonogram záměny elektrických ochran u hlavních cirkulačních čerpadel na rozvodně druhého hlavního výrobního bloku a jsou zde jednotlivě popsány jeho základní části.

Třetí kapitola se zaměřuje na praktickou část záměny elektrických ochran. Podkapitoly jsou krok po kroku věnovány jednotlivým fázím záměny a tomu, jak se s blokem ochran v každé fázi pracovalo, aby mohl být nasazen do ostrého provozu. V první části je továrně naprogramovaná ochrana prvotně testována, přičemž je vyhodnocena její funkčnost. Dále pokračuje realizační část, kdy je zajištěna rozvodna podle zajišťovacího příkazu „B“ pro práce na elektrickém zařízení, na kterém bude ochrana v rámci odstávky bloku zaměňována, tedy rozvodna 6,3 kV vlastní spotřeby nezajištěného napájení. Další část se věnuje montážním pracím, kde proběhne demontáž stávající ochrany, montáž ochrany nové, její zapojení a konečné odzkoušení. V poslední fázi této kapitoly bude probráno odjištění a uvedení zařízení do provozu.

V závěru bude provedeno vyhodnocení záměny elektrických ochran ve vlastní spotřebě bloku, sumace jednotlivých kapitol a jejich zaměření, význam této diplomové práce v praxi a proběhne zde diskuse na téma investičních akcí JE Temelín.

Seznam symbolů a zkratek

<i>I_f, 2_f, 3_f</i>	Počet fází
<i>L1, L2, L3</i>	Fázové vodiče napájecí soustavy
<i>AC / DC</i>	Střídavý / stejnosměrný proud
<i>I.O.</i>	Primární okruh
<i>II.O.</i>	Sekundární okruh
AAC.....	Additional source of alternating current – Náhradní střídavý zdroj
APS.....	Automatika postupného spouštění
ASV	Automatika selhání vypínače
BAPP	Budova aktivních a pomocných provozů
BI	Binary in – Binární vstup
BO.....	Binary out – Binární výstup
BÚK.....	Bloková úpravna kondenzátu
BVS	Bloková výměňiková stanice
CAB	Centrální automatika bloku
CASTOR	Cask for storage and transport of radioactive material
ČR.....	Česká republika
DG	Dieselgenerátor
DGS	Dieselgenerátorová stanice
DR.....	Disturbance recorder
ES	Elektrizační soustava
ETE.....	Elektrárna Temelín
GO	Generální odstávka (např. 2GO20 – GO 2. bloku roku 2020)
HAZR	Hromadný automatický zások rezervy
HČČ.....	Hlavní cirkulační čerpadlo
HRT	Hladinový regulátor transformátoru
HVB.....	Hlavní výrobní blok
IRF	Internal relay fault – Vnitřní porucha ochrany
JE	Jaderná elektrárna
JETE	Jaderná elektrárna Temelín
KO	Kompenzátor objemu

MPBI	Místní provozní bezpečnostní instrukce
NEMES.....	Nestandardní monitorovací systém
NN	Nezajištěné napájení
NT.....	Nízkotlaký
NTKS.....	Nízkotlaká kompresorová stanice
NVS	Nebloková výměňková stanice
P-J-B.....	Pre-Job Briefing – Porada před prací
PG.....	Parogenerátor
PNVS.....	Pracovní napájení vlastní spotřeby
PNZ.....	Požadavek na zajištění
PSA.....	Pojistný systém do atmosféry
PTN.....	Převodní transformátor napětí
PTP	Převodní transformátor proudu
PV	Podpěťové vypínání
RNVS	Rezervní napájení vlastní spotřeby
ROR.....	Rychlé odstavení reaktoru
SBO	Station blackout
SHZ.....	Stabilní hasicí zařízení
SKŘ	Systém kontroly řízení
SMEL	Směnový mistr elektro
SSZ	Stabilní skrápěcí zařízení
SZCH.....	Stanice zdroje chladu
TBN	Turbo napájecí čerpadlo
TG.....	Turbogenerátor
TOP.....	Technicko – operační postup
TP-IE	Technický pracovník – inspekční elektrikář
TUV	Teplá užitková voda
TVD.....	Technická voda důležitá
TV.....	Teplá voda
ÚCHV.....	Úpravna chladicí vody
ÚED.....	Ústřední elektrická dozorna
úPP.....	Úkol pracovního příkazu
ÚZN.....	Úplná ztráta napájení
VN	Vysoké napětí

VOP	Vyhodnocení operativního programu
VP	Vedoucí práce
VS	Vlastní spotřeba
VT	Vysokotlaký
VVER 1000	Vodovodní energetický reaktor 1000 MWe
VVN	Velmi vysoké napětí
ZN	Zajištěné napájení
ZV	Zapouzdřené vodiče
ZVN	Zvlášť vysoké napětí
ZZB	Ztráta zdrojů bloku

1 Jaderná elektrárna a její hlavní výrobní bloky

1.1 Provoz jaderné elektrárny

Pod pojmem provozování elektráren, ať už klasických, jaderných či dalších, se skrývá soubor mnoha činností, které slouží k zajištění bezpečného, spolehlivého, ekologicky nezávadného a hospodárného provozu zařízení. Takovýto provoz je zajištěn dodržováním limitů a podmínek dle platné řídicí technické dokumentace. U provozu jaderných elektráren je tato řídicí dokumentace rozšířena o požadavky na zajištění jaderné bezpečnosti a radiační ochrany. [2]

Provoz zařízení podle řídicí dokumentace, jako jsou např. provozní předpisy, místní provozní bezpečnostní instrukce, metodiky a další řízená dokumentace, je neměnný a musí probíhat právě tak, jak je v této dokumentaci stanoveno. Tedy všechny prováděné manipulace pro zajištění bezpečného chodu elektrárny jsou přesně uvedeny v daných postupech a obsluha dotčeného zařízení má za povinnost se těmito kroky řídit.

Jaderné elektrárny v tomto ohledu kladou nejvyšší důraz na bezpečnost a je to jejich nejvyšší prioritou. Proto jsou bezpečnostní normy s ohledem na dopady případné havárie daleko přísnější a mnohem více diskutované. Takové rozsáhlé zařízení, jakým je jaderná elektrárna, tedy vyžaduje velmi nákladnou investici do bezpečnostních systémů, což jsou např. elektrické ochrany. Zde vzniká poměrně velký tlak na provozovatele elektrárny, aby svým přístupem zajistil rychlou návratnost vložené investice. [2]

Právě případy nesprávného manipulování na zařízení a jeho provozu, kdy nejsou dodrženy postupy dle platné řídicí dokumentace či nedodržení daných kontrol a revizí zařízení, mohou vést ke zvýšené poruchovosti zařízení, což dále může způsobit výpadek výrobního bloku a následnou neplánovanou odstávku. V tomto případě je přerušena výroba a dodávka elektrické energie a již samotné odstavení výrobního bloku nebo jeho nepřipojení do elektrizační soustavy je finančně ztrátové. V případě poruchy zařízení podílejícího se na výrobě elektrické energie, vzrostou finanční náklady ještě o případné opravy.

Snaha provozu a provozního personálu je tedy minimalizace poruchových stavů tak, aby byla zajištěna bezpečná, bezporuchová a plynulá výroba elektrické energie a aby byly uspokojeny požadavky odběratele.

Hlavní výrobní blok JE Temelín je jedním z klíčových prvků celého komplexu budov, které se v areálu elektrárny nachází. Na důležitosti to samozřejmě neubírá ani pomocným objektům, které slouží jako podpůrné prostředky bezpečného provozu hlavního výrobního bloku. Tyto objekty budou probrány pouze okrajově, k pochopení jednotlivých provozních návazností.

1.2 Historie a současnost

Historie JE Temelín sahá až do roku 1979, kdy byl vydán záměr na výstavbu jaderné elektrárny u města Týn nad Vltavou. Roku 1980 byl tento záměr k výstavbě schválen vládou tehdejší Československé socialistické republiky. V roce 1983 začaly přípravné práce na staveništi a o čtyři roky později, roku 1987, začala vlastní výstavba JE Temelín, viz Obr. 1.1 a Obr. 1.2[1]



Obr. 1.1: Budova reaktoru - výstavba kontejnmentu [24]



Obr. 1.2: Budova reaktoru - osazení kopule kontejnmentu [24]

Po revoluci v roce 1990 rozhodla vláda České a Slovenské Federativní Republiky o zastavení výstavby 3. a 4. bloku. Od roku 1990 se elektrárna stavěla dále, ale nebylo zcela jisté, zda se vůbec kompletně dostaví. Rozuzlení přišlo až v roce 1993, kdy vláda České republiky rozhodla o dostavbě 1. a 2. bloku JE Temelín. 3. a 4. blok měl již hotové základy a budovy venkovních pomocných provozů i objekty čerpací stanice Hněvkovice byly již dimenzovány pro čtyři hlavní výrobní bloky. [1]

Po několika neúspěšných blokáдах demonstrantů proti spuštění JE Temelín vláda roku 1998 rozhodla o vhodnosti ji dostavět. [1]

V roce 2000 bylo zavedeno palivo do prvního výrobního bloku a téhož roku zde byla spuštěna štěpná reakce. Do roku 2002 bylo projednáváno s rakouskou vládou, jakým způsobem bude prověřována jaderná bezpečnost elektrárny a její vliv na životní prostředí. Po dalších povoleních byl zahájen zkušební provoz prvního bloku elektrárny Temelín a do druhého bloku bylo zavedeno palivo. Ve stejném roce byl připojen do sítě i druhý blok a v roce 2003 zahájil zkušební provoz. [1]

V roce 2005 firma ČEZ vydala záměr o výstavbě meziskladu vyhořelého jaderného paliva v areálu jaderné elektrárny. [1]

V roce 2006 vstoupilo v platnost rozhodnutí Krajského úřadu Jihočeského kraje o kolaudaci JE Temelín. [1]

Aktuálně se projektovaný jmenovitý výkon 1000 MWe jednoho výrobního bloku elektrárny Temelín podařilo postupnými investicemi do technologických úprav a modernizací zvýšit na jmenovitý výkon 1125 MWe na prvním i na druhém výrobním bloku. Dále se stále projednává dostavba JE Temelín a v roce 2020 byla podepsána smlouva o dostavbě JE Dukovany, která je starší a po ukončení její životnosti by hrozilo snížení dodávky elektrické energie, u které její poptávka na českém trhu stoupá se stále zvyšující se spotřebou. Jinak tomu nebude ani v budoucnosti, kdy bude pravděpodobně pokračovat trend nahrazování spalovacích motorů elektrickými, v tom případě by rapidně vzrostla potřeba zdrojů, které by tuto spotřebu měly pokrýt a uspokojit tak vysokou poptávku elektrické energie.

1.3 Poloha JE Temelín

JE Temelín se nachází 24 km od dominanty jihočeského kraje, města Českých Budějovic a 5 km od Týna nad Vltavou. Tato lokalita byla zvolena na základě několika závažných bezpečnostních kritérií, jako je např. dostatečná nadmořská výška, spolehlivý zdroj vody, kterým je řeka Vltava a seizmicky stabilní podloží. Dalším důležitým faktorem pro umístění jaderné elektrárny na jihu republiky je ekonomické hledisko. Uhelné elektrárny jsou totiž v severní části republiky a starší JE Dukovany se nachází na východě, tím vznikla poptávka po větším zdroji na jihu Čech. V neposlední řadě byla brána v potaz i menší hustota obyvatelstva kolem jaderné elektrárny z důvodu nařízených ochranných pásem. [6]

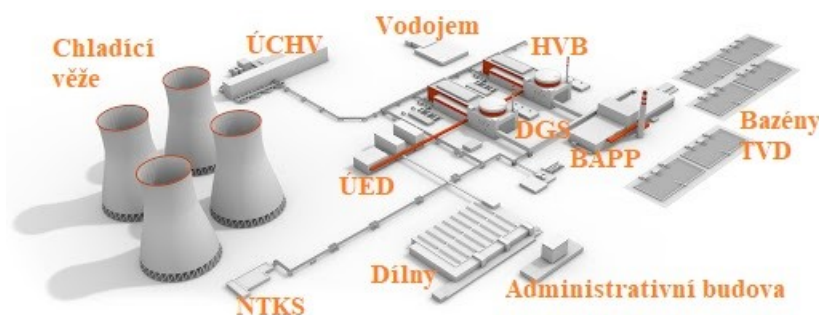
Díky blízkému městu Týn nad Vltavou bylo využito odpadní teplo z jaderných bloků na vytápění přilehlých domácností.

V současné době se staví další teplovod, a to pro spotřebu města Českých Budějovic. Tento teplovod má být dlouhý 26 km a má pokrýt třetinu spotřeby města. I přes takto

enormně dlouhý teplovod se předpokládají ztráty menší než 3 %. Díky tomu se zvýší celková účinnost JE Temelín a Teplárna České Budějovice spálí za rok až o 80 tisíc tun méně uhlí. [7]

1.4 Venkovní objekty

Jak již bylo zmíněno na začátku této kapitoly, venkovní objekty nabírají na své důležitosti tím, že slouží jako podpora bezpečného provozu obou jaderných bloků elektrárny Temelín. Na JE Temelín jsou objekty dispozičně rozmístěny a pojmenované podle toho, jakou zajišťují podpůrnou činnost k hlavním výrobním blokům. Orientačně jsou základní objekty rozmístěny dle Obr. 1.3.



Obr. 1.3: Dispozice objektů ETE [17]

1.4.1 Čerpací stanice Hněvkovice a vodojem

Dispozičně nejvzdálenějším objektem, který zásobuje JE Temelín surovou vodou, je čerpací stanice Hněvkovice. K dopravě surové vody se používá vždy jeden ze dvou řádů spojující čerpací stanici s areálem elektrárny. V JE Temelín je tato voda dopravena do zásobního vodojemu o objemu $2 \times 15000 \text{ m}^3$.

1.4.2 Úpravna chladicí vody

Surová voda je dále upravována v objektu ÚCHV, kde se pomocí metody kyselého číření parametry vody mění na stav, který je vyhovující pro napájenou technologii hlavního výrobního bloku a dalším technologickým návaznostem. Takto upravená voda je určena pro terciální okruh, tedy vnější chladicí okruh a systémy TVN a TVD.

Chladicí voda se na JE Temelín rozděluje na technickou vodu důležitou a technickou vodu nedůležitou podle napájeného zařízení.

1.4.3 Chemická úpravna vody

Objekt chemické úpravy vody je určen pro předúpravu surové vody, výrobu demineralizované vody, její skladování a její případnou další úpravu před doplňováním do hlavního výrobního bloku, tedy pro zařízení primárního okruhu, kde tato voda odvádí teplo z reaktoru do PG a dále pro potřeby sekundárního okruhu. [8]

1.4.4 Chladicí věže

Dominantou JE Temelín jsou 155 metrů vysoké chladicí věže. Svou výškou je na několik desítek kilometrů patrné, zda jsou jaderné v bloky v provozu, díky tomu, že tento vnější chladicí okruh odevzdává teplo do atmosféry viditelnou parou. Pro každý blok jsou určeny dvě věže, přičemž je možné tyto okruhy propojit. Pokud je tedy jeden blok v odstávce, která nyní pro HVB1 vychází na léto, je možné, aby měl HVB2 v provozu tři věže. Naopak v zimních měsících může mít blok, v závislosti na teplotě chladicího okruhu, v provozu pouze jednu věž.

V chladicích věžích se chladí technická voda nedůležitá, která se podílí na dochlazování sekundárního okruhu a dalších nedůležitých spotřebičů.

1.4.5 Chladicí nádrže s rozstříkem

Technická voda důležitá, která slouží pro chlazení zařízení primárního okruhu je ochlazována v chladicích nádržích s rozstříkem, kde se její nízkopotenciální tepelná energie předává do atmosféry.

1.4.6 Nízkotlaká kompresorová stanice

Zdrojem stlačeného vzduchu pro blok je budova nízkotlaké kompresorové stanice. Tato stanice slouží k výrobě, skladování a rozvodu NT předsušeného vzduchu, který se používá na HVB pro tlakování kontejnmentu, ovládání speciálních armatur, pojistné ventily, dále v dílnách pro pohon pneumatických náradí a další využití.

V oblasti elektrického zařízení je sušený vzduch použit v suchovodech systémů stabilního hasicího zařízení (SHZ) blokových, odbočkových i rezervních transformátorů. Systém SHZ u zmíněných transformátorů funguje na principu natlakovaného rozvodu,

kteřý reaguje v případě požáru prasknutím skleněných patron, což způsobí odtlakování tohoto rozvodu a spuštění skrápění transformátorů. V případě odtlakování systému SHZ vlivem výpadku napájení kompresorové stanice a ruční neuzavření přívodní armatury do vzdušníku systému SHZ HVB, dojde k zapůsobení výše uvedených ochran transformátorů, spuštění SHZ a nežádoucímu odstavení hlavního výrobního bloku. Vzhledem k této skutečnosti je na jednotlivých HVB instalován vzdušník, který je schopen výpadek NTKS po dobu nezbytně nutnou pokrýt.

1.4.7 Sklad vodíku a redukční stanice H₂

Mimo demineralizované vody a sušeného vzduchu, je vodík dalším pracovním médiem, přivedeným do hlavního výrobního bloku, který je chlazen vodíkem v rozvodu plynového hospodářství.

Vodík je ve skladu vodíku skladován v plynném stavu ve třech svazcích obsahujících vždy osm tlakových zásobníků s tlakem 20 MPa. V provozu je vždy jedna větev, další dvě větve slouží jako záložní. Tyto větve se manipulují v případě potřeby doplňování uložených svazků lahví. Plyn je ze skladu přiváděn do redukčních stanic, kde je jeho tlak snížen na 0,9 MPa. Poté je již potrubní trasou přiveden do systémů chlazení generátorů na jednotlivých HVB.

1.4.8 Budova aktivních a pomocných provozů

Budova aktivních a pomocných provozů, zkráceně BAPP, slouží k monitorování stavu radioaktivních látek a kontaminaci zařízení v obou HVB, přičemž je samotná budova projektována na podporu čtyři bloků.

V této budově je umístěna hygienická smyčka pro vstup do kontrolovaného pásma budovy BAPP a části kontrolovaného pásma reaktorových budov, která je bezpečnostně oddělená od tzv. čisté strany reaktorové budovy. Ze strany kontrolovaného pásma reaktorové budovy je možný vstup i do reaktorového sálu, do kterého je možné vstoupit i za provozu bloku, ovšem pouze za mimořádných situací a s patřičnými bezpečnostními opatřeními.

BAPP také slouží pro příjem, kontrolu a skladování čerstvého jaderného paliva, čištění a dekontaminaci zařízení. V neposlední řadě slouží BAPP pro evidenci pracovníků kontrolovaného pásma a jako obslužné místo pracovníků dozimetrické kontroly.

1.4.9 Systémová a společná diesलगenerátorová stanice

Na Obr. 1.4, kde je zobrazen řez hlavním výrobním blokem VVER 1000 je zde v dolní přední části patrná i přilehlá DGS. Tento objekt se skládá z nouzových, samostatně nezávislých systémů. Každý blok má tyto diesलगenerátory tři z důvodu technologické zastupitelnosti v případě havárie jednoho ze systémů. Dispozičně jsou tyto systémy rozděleny tak, aby nebyly umístěny u sebe, tím je snížena možnost současné poruchy. Objekty DGS, mimo objektů společné DGS, jsou, stejně jako budova reaktoru, schopné odolat extrémním vnějším vlivům, a to i pádu letadla.

Všechna tato opatření jsou zásadní, neboť je bezproblémová funkčnost a připravenost těchto systémů důležitá pro dochlazování aktivní zóny a zajištění napájení nejdůležitějších spotřebičů v případě mimořádné události.

Bliže je kapitole systémových diesलगenerátorů a systému zajištěného napájení věnována kapitola [1.7.6.1](#).

1.4.10 Sklad vyhořelého jaderného paliva

Od roku 2011 je v provozu na JE Temelín sklad vyhořelého jaderného paliva, který slouží pro jeho dočasné uložení ve speciálních kontejnerech typu OS CASTOR® 1000/19 a OS ŠKODA 1000/19. [18]

Tento objekt, stejně jako budova reaktoru a budovy DGS, je železobetonového provedení se stejnými bezpečnostními prvky a opatřeními pro bezpečné uložení vyhořelého jaderného paliva. Stejně tak je v této budově hygienická smyčka a kontrolované pásmo, protože zde platí stejná radiační opatření, jako v kontrolovaném pásmu BAPP.

Sklad pojme až 152 kusů kontejnerů. V aktuální době je zde uloženo 49 kontejnerů.

1.4.11 Další objekty ETE

Dalším podpůrným objektem JE Temelín je např. plynová kotelna, sloužící při najíždění bloku jako zdroj prohřívací a najížděcí páry a také jako záložní tepelný zdroj pro Týn nad Vltavou v případě nemožnosti využít BVS na blocích.

Dále budova ústřední elektrické dozorny, sloužící pro monitorování a ovládání elektro části venkovních rozvodů a transformátorů.

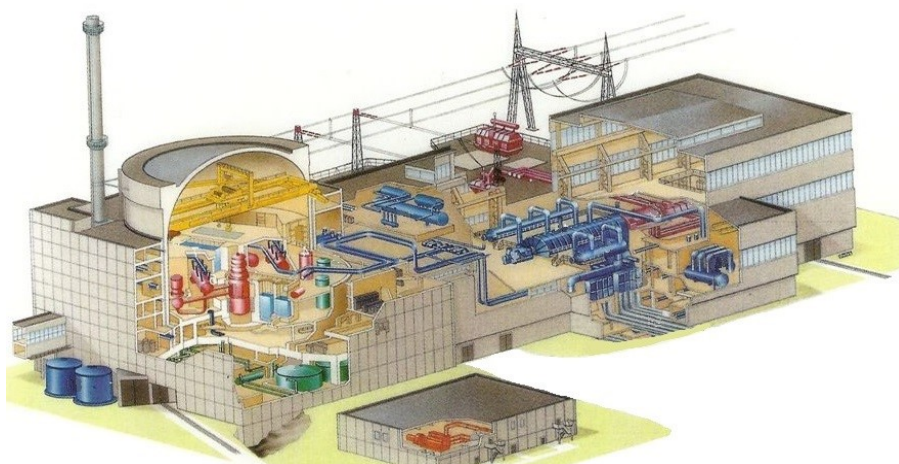
Mezi další objekty patří dílny, které jsou využity pro dodavatelské práce a kanceláře personálu ETE, naftové hospodářství, sloužící jako zásoba nafty pro systémy DG, zdravotní středisko a hasiči, budova řídicího centra, administrativní budova a provozní budova.

1.5 Hlavní výrobní bloky

JE Temelín byla dimenzována, jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, na čtyři hlavní výrobní bloky, ale v současné době jsou dostavěné a provozované pouze bloky HVB1 a HVB2, které jsou, až na některé odchylky v typech zařízení, prakticky identické. Rozdíly, např. ve vybavení rozvodů, typech strojního a elektro zařízení, elektronických přístrojů, vznikly z důvodu časového odstavu mezi dostavbou prvního a druhého bloku, a to proto, že pokrok v technologiích byl rychlejší, než samotná výstavba JE Temelín. Snahou totiž bylo vždy osazovat bloky tím nejmodernějším zařízením na tehdejšímu trhu.

V roce 2020 má např. HVB2 o 20 MW vyšší výkon turbogenerátoru vzhledem k tomu, že zde proběhla záměna obou separátorů páry. Tato záměna proběhne na HVB1 v roce 2021 při generální odstávce.

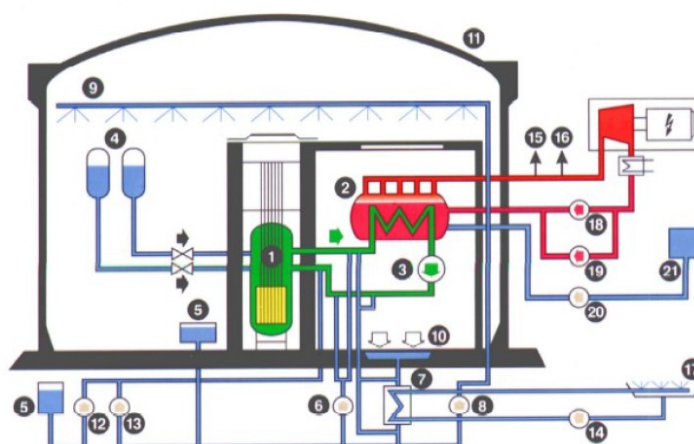
Hlavní výrobní blok se svým stavebním provedením označuje jako tzv. monoblok, což znamená, že se v jedné reaktorové budově nachází pouze jeden reaktor. Hlavní výrobní blok se skládá z budovy reaktoru, strojovny, blokové výměňkové stanice, rozvodny a venkovních transformátorů.



Obr. 1.4: Řez hlavním výrobním blokem VVER 1000 [16]

1.5.1 Budova reaktoru

Budova reaktoru, v levé části Obr. 1.4, je část hlavního výrobního bloku, která má téměř čtvercový půdorys 67,8 m na 68,7 m. Jedná se o železobetonovou konstrukci, ve které se nachází zařízení primárního okruhu, kde dochází k přeměně jaderné energie na energii tepelnou, která je dále předávána do sekundárního okruhu. Dále se v budově reaktoru nachází bezpečnostních a zařízení pomocných systémů primárního okruhu, která mají na starost bezpečný chod zařízení, podílejících se na štěpné reakci či zabránění vzniku havárie primárního okruhu. [8]



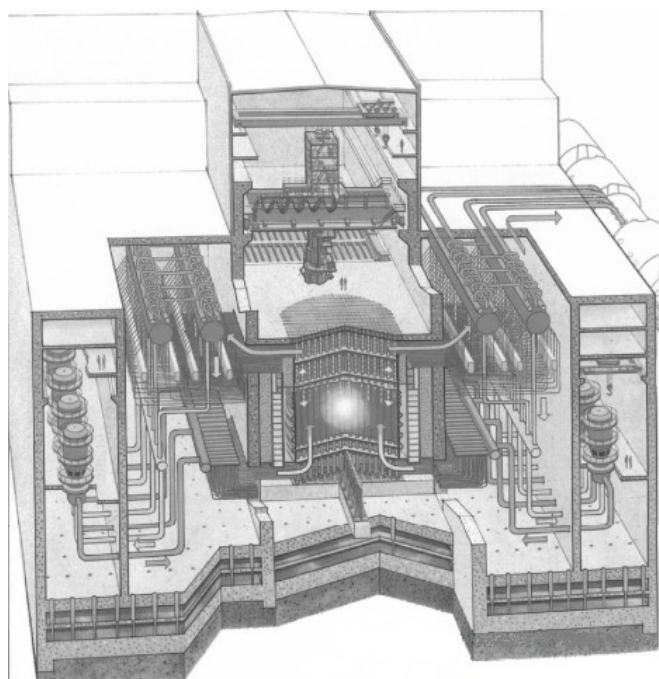
Obr. 1.5: Kontejnment VVER 1000 JETE, jeho součásti a návaznosti [15]

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Reaktor | 2. Parogenerátor | 3. HCČ |
| 4. Hydroakumulátory | 5. Nádrže koncentráту bóru | 6. NT doplňovací čerpadlo |
| 7. Chladič systému doplňování | 8. Sprchové čerpadlo | 9. Havarijní sprchový systém |
| 10. Nádrž hav. zásoby H_3BO_3 | 11. Ochranná obálka | 12.-13. VT vstřikovací čerpadla |
| 14. Čerpadlo technické vody | 15. PSA | 16. Pojišťovací ventil PG |
| 17. Bazény rozstřiku TVD | 18. TBN | 19. Pomocná napájecí čerp. |
| 20. Havarijní doplňovací čerp. | 21. Nádrž demivody | |

1.5.1.1 Kontejnment

V budově reaktoru je umístěn tzv. kontejnment, jak je patrné z historického Obr. 1.1 a řezu HVB na Obr. 1.4, jedná se o válec průměru 48 m a výšky 54 m. Kontejnment je jeden z nejdůležitějších bezpečnostních prvků samotné budovy, jeho stěny jsou z předpjatého betonu s železnou vystýlkou a jejich tloušťka je 1,2 m. Kontejnment je hermeticky uzavřená obálka, je dimenzován na vnitřní tlak 0,42 MPa a z vnějšku musí odolat nárazu dopravního letadla. Za těchto předpokladů je v kontejnmentu umístěn reaktor typu VVER 1000 a jeho nedílné součásti, které jsou zobrazeny na Obr. 1.5 a na Obr. 1.7 v kapitole [1.6.1](#).

Tlaková zařízení primárního okruhu mohou obsahovat radioaktivní látky a kontejnment je tak jednou z ochranných bariér, která brání úniku radioaktivních látek do okolí v případě mimořádné události, jako se tomu stalo např. v JE Černobyl, kde byla budova reaktoru RBMK1000, viz Obr. 1.6, bez vnitřního kontejnmentu a při nehodě tak tato ochranná bariéra chyběla. [8]



Obr. 1.6: Budova reaktoru RBMK1000 JE Černobyl [14]

1.5.1.2 Obestavba

Obestavbou se rozumí čtvercové ohrazení kontejnmentu, ve kterém se nachází systémy vzduchotechniky, střídavé rozvodny 6,3 kV systému zajištěného napájení, úsekové a podružné rozvaděče 0,4 kV pro napájení technologie I.O. a stejnosměrné rozvodny 220 V zálohované bateriemi. Dále se zde nachází systémy měření a regulace a další pomocná a nouzová zařízení související s jadernou bezpečností. Také se zde nachází řídicí velín, tzv. bloková dozorna. [8]

1.5.2 Strojovna

Strojovna hlavního výrobního bloku je sloupového provedení s vnějším opláštěváním. Celková délka strojovny je 128 m a nachází se zde prvky sekundárního okruhu. Mezi tyto prvky patří turbosoustrojí, generátor, kondenzátor, turbo napájecí čerpadla a další pomocná zařízení sekundárního okruhu. [8]

1.5.3 Bloková výměňiková stanice

Bloková výměňiková stanice je umístěna na západní straně strojovny. Jsou zde napájecí čerpadla, která slouží pro využití odpadního tepla sekundárního okruhu. Toto teplo z obou HVB je přes neblokovanou výměňikovou stanici dále využito k vytápění Týna nad Vltavou, přípravě TV (dříve TUV) pro areál ETE a pro SZCH.

Na HVB2 se v roce 2020 provádí modernizace BVS, kdy se stávající technologie kompletně demontovala a nahradila se technologií novou. Z NVS bude nově, jak již bylo zmíněno, vyvedeno teplo nejen pro Týn nad Vltavou, vlastní spotřebu JE Temelín a SZCH, ale i pro České Budějovice. Stávající nevyužitá oběhová čerpadla o provozním napětí 6,3 kV byla nahrazena čtyřmi novými čerpadly 0,4 kV se samostatnými frekvenčními měniči. Strojní provedení bude ve dvou oběhových větvích, které mají po třech ohřívacích. Tyto ohříváky jsou napájené NT a VT odběry z turbosoustrojí. [10,11]

1.5.4 Rozvodna

Na východní straně strojovny se nachází budova rozvodny. V tomto objektu jsou na podlaží +15 m umístěny 6,3 kV rozvaděče nezajištěného napájení vlastní spotřeby hlavního výrobního bloku. Tyto páteřní rozvaděče slouží pro hlavní napájení elektroschémy ETE v nominálním režimu. V případě ztráty zdrojů bloku (generátor nebo externí rozvodna přenosové soustavy Kočín) tyto rozvodny 6,3 kV nemají náhradní zdroj napájení elektrickou energií a stávají se tak rozvodnami bez napětí. Blíže se této problematice bude věnovat kapitola [1.7.6](#) – vlastní spotřeba hlavního výrobního bloku. Z těchto rozvodů jsou napájeny spotřebiče vlastní spotřeby bloku, z nichž jsou předmětem této práce hlavní cirkulační čerpadla.

Na dalších podlažích se nachází úsekové a podružné rozvaděče 0,4 kV vlastní spotřeby bloku, akubaterie 220 V, jako nouzový zdroj pro bezpečnostní systémy turbíny, a další systémy, zejména bezpečnostní, systémy měření a regulace. Dále se zde nachází obslužná místa, dozorní a kontrolní místnosti vyvedení ochran bloku a monitorovacího systému NEMES. [8]

1.5.5 Venkovní transformátory

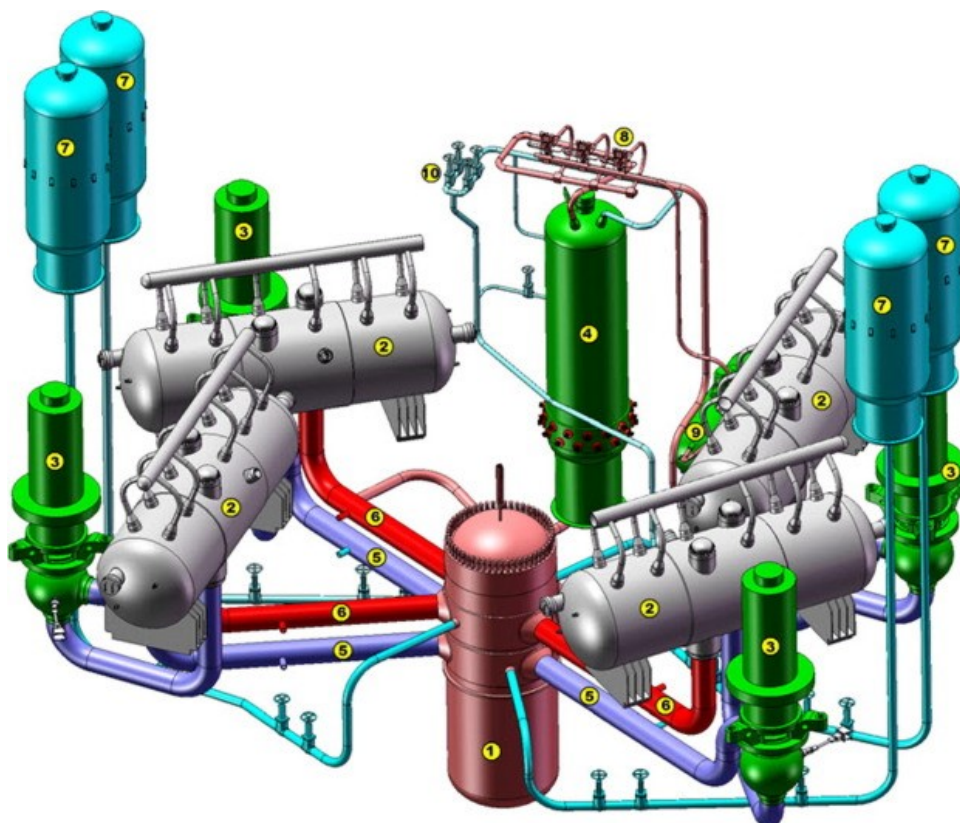
Venkovní transformátory jsou typu ZVN/VN, VVN/VN a jsou instalovány na transformátorových stanovištích na jižní a jihovýchodní straně bloku. Mezi venkovní transformátory patří blokový transformátor, odbočkové transformátory a transformátory rezervní. Blíže se těmto transformátorům bude věnovat kapitola [1.7](#) – vyvedení výkonu.

1.6 Jednotlivé technologické celky HVB

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, hlavní výrobní blok je složen ze dvou okruhů, mezi kterými probíhá výměna tepelné energie za účelem výroby elektřiny.

1.6.1 Primární okruh

Primární část JE Temelín je tvořena budovou reaktoru VVER 1000 hlavního výrobního bloku a budovou aktivních a pomocných provozů.



Obr. 1.7: Primární okruh VVER-1000 Primární okruh VVER-1000 [9]

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1) Reaktor | 2) Parogenerátory |
| 3) Hlavní cirkulační čerpadla | 4) Kompenzátor objemu |
| 5) Potrubí I.O. studené větve | 6) Potrubí I.O. horké větve |
| 7) Hydroakumulátory | 8) Uzel pojistných ventilů systému KO |
| 9) Barbotážní nádrž | 10) Vstřikovací systém KO |

V primární části hlavního výrobního bloku s tlakovodním reaktorem VVER 1000 V 320 se v aktivní zóně primárního okruhu reaktoru mění jaderná energie na tepelnou pomocí řízené štěpné reakce izotopu ^{235}U . Tato tepelná energie je pomocí parogenerátorů přenášena do sekundárního okruhu, kde se mění na mechanickou energii a dále se v generátoru mění na energii elektrickou. [19]

1.6.1.1 Reaktor

Aktivní zóna reaktoru se skládá ze 163 palivových souborů. Tyto soubory se skládají z palivových článků a obsahují palivo, čímž je uran mírně obohacený izotopem uranu ^{235}U . Při štěpné reakci se přes stěny palivového článku uvolňuje tepelná energie do chladiva primárního okruhu a ohřívá ho. [19, 20]

Ohřáté chladivo cirkuluje ve čtyřech smyčkách, které spojují reaktor s parogenerátorem. Smyčka je složena ze dvou větví, studené a horké. V horké větvi

proudí chladivo z reaktoru do parogenerátoru, ve studené větvi je tomu naopak. V této větvi je cirkulace zajištěna hlavním cirkulačním čerpadlem, což je zobrazeno na Obr. 1.7. [19]

1.6.1.2 Parogenerátor

Parogenerátory jsou rekuperační tepelné výměníky, ve kterých je předáváno akumulované teplo z chladiva I.O. do napájecí vody sekundárního okruhu, která se poté v parogenerátoru mění na sytou páru a ta proudí hlavním parním kolektorem do parní turbíny. Pára, která vykoná mechanickou práci, pokračuje dál do kondenzátoru, kde zkondenzuje a kondenzát se upraví na napájecí vodu, která pomocí turbo napájecích čerpadel opět proudí do sekundární smyčky parogenerátoru. [19]

Parogenerátor je tedy systém, který odděluje primární a sekundární okruh. Z tohoto důvodu je zde kladen zvlášť vysoký důraz na těsnost a spolehlivost tohoto zařízení. [19]

1.6.1.3 Hlavní cirkulační čerpadlo

Hlavní cirkulační čerpadlo typu GCN–195M je jednostupňové, odstředivé, vertikální čerpadlo s mechanickou ucpávkou hřídele, axiálním přívodem kapaliny a asynchronním motorem, viz příloha 4. [19]

Na horním mezikusku je upevněn vertikální asynchronní elektromotor se setrvačnickem, který zajišťuje požadovaný doběh HCC při výpadku napájecího napětí. V elektromotoru jsou dále instalovány dva elektrické ohříváky o výkonu 5 kW, které zabraňují navlhnutí izolace stojícího HCC. [19]

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, hlavní cirkulační čerpadla dodávají dostatek chladiva pro odvod tepla z aktivní zóny, což pro čtyři čerpadla dohromady činí 80000 m³/h. Na takový čerpací výkon je potřeba velké množství energie, což zabezpečují elektromotory, každý o maximálním výkonu 8 MW (reálný příkon podle teploty vody je 5-6,8 MW). Tohoto výkonu je využito při najíždění bloku z odstávky, kdy se díky němu primární okruh nahřívá pouze třením cirkulující vody jedoucích HCC ještě před samotným spuštěním štěpné reakce. Základní technické údaje k HCC GCN – 195M jsou obsaženy v příloze 5. [21]

Samotný bezpečný a bezporuchový provoz HCČ zajišťují tzv. pomocné okruhy HCČ. Patří sem autonomní okruh chlazení, okruh těsnící vody a systém mazání. [19]

1.6.1.4 Kompenzátor objemu

System kompenzace objemu řídí tlak v primárním okruhu a je umístěn na potrubí horké větve, mezi reaktorem a parogenerátorem, jak je patrné z Obr. 1.7. Primární okruh je uzavřený a zaplněný vodou, u které se objem mění v závislosti na změně teploty. Tlak je dle provozního režimu udržován na požadovaných parametrech, kompenzace zabraňuje jak přetlakování I.O., tak i ztrátě tlaku.

Během provozu reaktoru nesmí dojít k poklesu tlaku chladiva. Tlak v reaktoru VVER 1000 se běžně pohybuje na hodnotě 15,7 MPa, a to z důvodu, že teplota chladiva je na výstupu z reaktoru přibližně 324 °C. Při snížení tlaku pod určitou hodnotu za dané teploty by začalo docházet k varu chladicí vody a tvorbě páry v aktivní zóně. Parní směs v I.O. by snižovala přestup tepla mezi palivovými články a chladivem, což by mělo za následek přehřívání palivových článků a v krajním případě by mohlo dojít i k tavení paliva.

1.6.1.5 Hydroakumulátor

Hydroakumulátor slouží jako pasivní havarijní zásobník vody s odstavnou koncentrací kyseliny borité pro zaplavení aktivní zóny pomocí samospádu a tlaku dusíku 6 MPa.

1.6.1.6 Barbotážní nádrž

Barbotážní nádrž je nerezová vodorovná nádoba, která slouží pro kondenzaci páry, která vznikla v kompenzátoru objemu vlivem kolísání tlaku v primárním okruhu. Z kompenzátoru objemu se do barbotážní nádrže mimo páry odvádí také jiné plyny primárního okruhu, např. vodík, u kterého je vzhledem k mezi výbušnosti snižována jeho koncentrace přívodem dusíku.

1.6.2 Sekundární okruh

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, hlavním úkolem sekundárního okruhu je efektivní přeměna předané tepelné energie na energii mechanickou a v konečné fázi energii

elektrickou. Tyto přeměny zajišťuje velké množství úkonů a zařízení, které pracují jako jeden funkční celek tak, aby byl výsledek těchto činností bezpečný a hospodárný.

Zařízení sekundárního okruhu se z největší části nacházejí v budově strojovny hlavního výrobního bloku. Zde je pomocí systému parovodů a parních kolektorů rozvedena pára od parogenerátorů do parní turbíny.

1.6.2.1 Parní turbína

Turbosoustrojí je skupina točivých energetických zařízení určených k přeměně tepelné energie na energii mechanickou a v konečné fázi na energii elektrickou. Parní turbína je základní součást turbosoustrojí, slouží k přeměně tepelné a tlakové energie vodní páry na energii mechanickou, která se využívá k pohonu generátoru. U bloků VVER 1000 je této přeměny dosaženo pomocí čtyř-tělesové parní turbíny na sytou páru mechanicky spřažené s elektrickým generátorem o aktuálním jmenovitém výkonu 1125 MW_e. [22]

Tepelné schéma sekundárního okruhu, viz příloha 6, bylo již od projektu navrhováno tak, aby byla míra využitelnosti jaderné energie co nejvyšší, a tak vzhledem k tomu, že ze jmenovitého tepelného výkonu reaktoru 3000 MW_t ve výsledku vyrábíme zmíněných 1125 MW_e, je hospodárné využít i zbytkové neboli odpadní teplo nějakým užitečným způsobem a zvýšit tak celkovou účinnost jaderného bloku. Jak již bylo probráno v kapitole [1.5.3.](#), parní turbína bude schopna díky nové BVS ještě využít až 2x90 MW_t.

Turbosoustrojí je poháněno parou, která se produkuje ve čtyřech parogenerátorech, ty vyrábějí vlhkou páru v množství 6192,4 t/h o tlaku 6,22 MPa a o teplotě 278 °C. Tato pára je dopravena parovody na VT díl, kde předává část energie a dále pokračuje na dva separátory, kde se odstraní její částečná vlhkost a dojde k přehřátí, aby mohla pokračovat na tři NT díly, kde předá zbývající část využitelné energie. Každý z NT dílů je napojen na samostatný kondenzátor, ve kterém se kondenzací páry odvádí nízkopotenciální tepelná energie do okruhu cirkulační chladicí vody, někdy zmiňovaného jako terciální okruh. Vzniklý kondenzát je z kondenzátoru odváděn přes sběrač pomocí čtyř kondenzátních čerpadel a po případné úpravě v BÚK je dopraven zpět do parogenerátorů přes NT a VT regeneraci pomocí turbo napájecích čerpadel.

Tři turbo napájecí čerpadla jsou vzhledem k vysokým požadavkům na výkon, a to až 9,3 MW, napájena parou. Tímto způsobem je zajištěno využití páry, snížení nákladů na elektrické napájení vlastní spotřeby a tím zvýšení efektivity hlavního výrobního bloku.

1.6.2.2 Separátor a přehříváč

Na HVB2 proběhla v roce 2020 při generální odstávce záměna separátoru za nový typ firmy Balcke-Dürr, GmbH a díky tomu tak vzrostla účinnost řádově o jednotky MW_e , což se dá považovat za úsporu několika tisíc tun CO_2 ročně. Tato záměna proběhne i na HVB1 během odstávky v roce 2021. [23]

Systém separace a přehřívání slouží k odstranění vlhkosti z pracovní páry a její přehřátí nad mez sytosti. Pracovní pára vystupuje z VT dílu a ze separátoru dále pokračuje na NT díly.

Princip separátoru spočívá v tom, že u páry, která vykonává práci v jednotlivých pracovních stupních VT dílu díky přeměně tepelné energie na mechanickou, se mění parametry, které je potřeba upravit tak, aby negativně neovlivňovaly chod zařízení. Pára se vlivem přeměny energie ve VT dílu částečně kondenzuje, tím v páře vznikají kapičky vody a se zvyšující se rychlostí pracovní páry se zvyšuje jejich kinetická energie. Tyto kapičky jsou od jisté úrovně četnosti schopny způsobovat eroze na lopatkovém systému NT dílů a výrazně tím snižovat životnost turbosoustrojí. [22]

1.6.2.3 Generátor

Turbogenerátor 1125 MW_e je točivý elektrický stroj, který mění mechanickou energii, dodávanou parní turbínou, na elektrickou. S parní turbínou je za posledním NT dílem turbogenerátor spojen pevnou spojkou. [12]

TG 1125 MW_e je uzavřený dvupólový třífázový synchronní generátor s kombinovaným chlazením. Demivodou je chlazen statorové vinutí v drážkách, nulová spojka a průchodky. Vodíkem H_2 jsou chlazen ostatní aktivní části stroje, jako je magnetický obvod statoru a duté vodiče rotorového vinutí. Sběrací zařízení určené pro přívod buzení rotoru TG je chlazené vzduchem. [12]

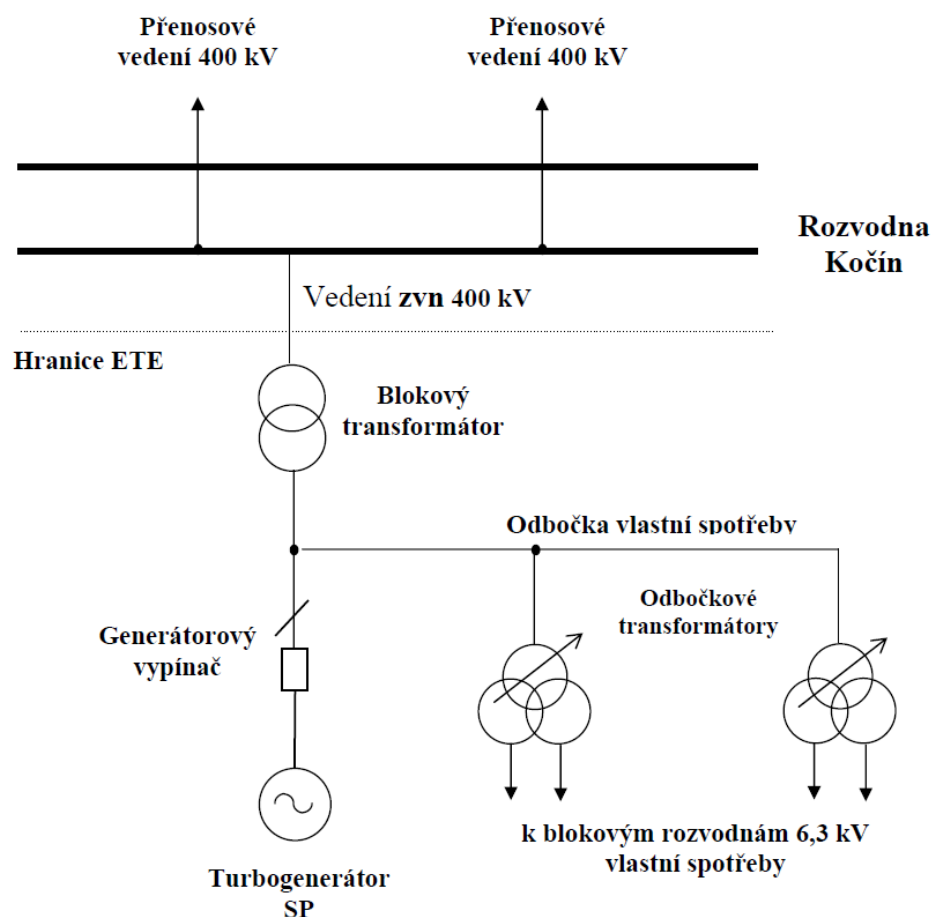
Vinutí rotoru je napájeno stejnosměrným budícím proudem tak, aby v rotoru vzniklo dvoupólové elektromagnetické pole. TG má nezávislé buzení dodávané z budícího generátoru. V drážkách pro uložení vinutí rotoru a v mělkých drážkách v pólech rotoru jsou uloženy vodiče amortizéru (tlumiče), které jsou dále vodivě spojeny s drážkovými klíny a s obručemi rotoru a tvoří tak kotvu nakrátko, která tlumí kyvy rotoru při změnách zatížení TG. [12]

Ve statoru TG je uloženo třífázové statorové vinutí, tvořené třemi cívkami vzájemně pootočenými o 120° a spojenými do hvězdy. Nulové vývody cívek jsou vyvedeny do uzlu, tzv. nulové spojky generátoru nad tělesem generátoru. Fázové vývody jsou vyvedeny pod generátorem průchodkami, které se napojují do zapouzdrěných vodičů. [12]

Mezi příslušenství turbogenerátoru patří pomocná hospodářství. Plynové hospodářství se podílí na chlazení TG, což zajišťuje vodík H_2 . Pro zachování bezpečné koncentrace vodíku se během jeho napouštění a vypouštění používá přechod pomocí oxidu uhličitého CO_2 a pro odstavení a revize na zařízení se používá přívod sušeného stlačeného vzduchu z nízkotlaké kompresorové stanice. Hospodářství těsnícího oleje zajišťuje utěsnění plynů ve stroji tlakovým olejem. Vodní hospodářství je určeno pro chlazení statorové demineralizované vody pomocí vloženého okruhu chlazení TG. [12]

1.7 Vyvedení výkonu

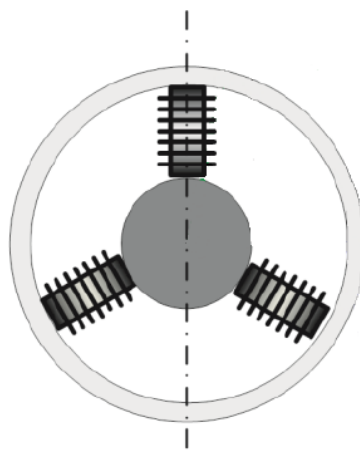
Vyvedení výkonu jednotlivých bloků JE Temelín je koncipováno tak, aby byla výroba elektrické energie co nejehospodárnější se zachováním vysokých nároku na jadernou bezpečnost a bezpečný provoz zařízení. [12]



Obr. 1.8: Vyvedení výkonu hlavního výrobního bloku JE Temelín [12]

1.7.1 Zapouzdřené vodiče

Jak již bylo popsáno v předešlých kapitolách, hlavní výrobní blok díky parou poháněné turbíně vytváří elektrické napětí 24 kV a proud 28 kA v turbogenerátoru o jmenovitém výkonu 1125 MWe. Tento výkon je vyveden pomocí zapouzdřených vodičů. Pláště zapouzdřených vodičů jsou chlazené vnějším rozvodem chladicí vody, které se zahřívají důsledkem vířivých proudů. Ty v plášti vznikají průchodem proudu hlavním vodičem. Vnitřní uspořádání ZV 24 kV je znázorněno na Obr. 1.9. Tato konstrukce ZV je uzpůsobena velkým provozním proudům.



Obr. 1.9: Průřez zapouzdřeného vodiče 24 kV [13]

1.7.2 Generátorový vypínač

Zapouzdřené vodiče 24 kV jsou vyvedeny ze spodní části generátoru a dále pokračují do místnosti generátorového vypínače.

Na JE Temelín byly do roku 2020 použity identické generátorové vypínače firmy ABB pro oba hlavní výrobní bloky. Tyto vypínače pracují na principu zhášení elektrického oblouku stlačeným vzduchem 3,2 MPa z vlastní kompresorové stanice.

Při generální odstávce na HVB1, která probíhala na jaře roku 2020, byla provedena záměna stávajícího generátorového vypínače za nový vypínač firmy ABB typu HEC 7C v rámci modernizace zařízení. Tato modernizace proběhne i na HVB2 při nadcházející GO v roce 2021.

Vývod z generátorového vypínače je veden opět zapouzdřenými vodiči z východní strany budovy k blokovému transformátoru. Na trase mezi generátorovým vypínačem a blokovým transformátorem je provedena odbočka na odbočkové transformátory, ze kterých je dále napájena rozvodna vlastní spotřeby, jak je patrné na Obr. 1.8. [12]

1.7.3 Blokované olejové transformátory 3x400 MVA

Blokované olejové transformátory jsou primárně určeny pro vývod elektrické energie z generátoru do elektrizační soustavy, přičemž v případě odstavení turbíny a vypnutího

generátorového vypínače jsou v obráceném případě použity pro transformaci elektrické energie z přenosové soustavy zpět pro vlastní spotřebu bloku. V nominálním provozu bloku blokové transformátory transformují generátorové napětí z 24 kV na napěťovou hladinu 400 kV do sítě ZVN.

Blokový olejový transformátor je tvořen třemi I_f jednotkami, které jsou na straně 24 kV spojeny zapouzďřenými vodiči do trojúhelníku. Každá z těchto jednotek je na samostatném transformátorovém stanovišti. Transformátor je záměrně takto rozdělen do tří, vzájemně protipožárně oddělených, I_f 400 MVA jednotek z důvodu snazší dopravy kvůli vysokému vyvedenému výkonu bloku. Dále je rozdělen také kvůli jednodušší výměně celé jednotky v případě poruchy. Na JE Temelín jsou dvě náhradní jednotky, jedna pro blokový, druhá pro odbočkový transformátor. Tyto jednotky slouží v případě závady, která svým rozsahem zneprovozuschopní transformátor a nelze ji opravit přímo na místě. Z důvodu minimalizace ztrát ze zastaveného provozu bloku je rychlejší celou jednotku demontovat a vyměnit za náhradní.

Aktuálně je na HVB2 využita náhradní jednotka z důvodu opravy první jednotky odbočkového transformátoru. Na té došlo během roku 2020 k poruše HRT, kterou nebylo možné opravit místně, proto bylo rozhodnuto demontovat a převézt odbočkový transformátor do dílen firmy ETD Transformátory a.s. Plzeň, kde proběhne jeho oprava a při odstávce v roce 2021 bude tento transformátor vrácen na původní pozici.

Blokové olejové transformátory mají vlastní chlazení, které zajišťuje nucená cirkulace oleje. To je navrženo pomocí dvou chladicích jednotek, z nichž má každá tři olejová čerpadla a chladič s dvěma ventilátory. Druhá jednotka má navíc rezervní chladič. V letních dnech tyto transformátory dosahují teplot na místním měření až 75 °C i přesto, že mají v provozu všechny chladicí jednotky. Jednou z ochran transformátoru je jeho vypnutí při dosažení teploty 85 °C.

1.7.4 Odbočkové olejové transformátory 63 MVA

Dva odbočkové transformátory slouží pro pracovní napájení vlastní spotřeby hlavního výrobního bloku. Jak již bylo zmíněno v kapitole [1.7.2](#), jsou tyto odbočkové transformátory připojeny přes odbočky ze zapouzďřených vodičů 24 kV. Tato napěťová

hladina je v odbočkových transformátorech, které jsou oproti blokovým transformátorům ve 3f provedení, transformována na hladinu 6,3 kV. Transformátor je složen z jednoho primárního vinutí a dvou vinutí sekundárních. Vinutí na primární straně je vybaveno hladinovým regulátorem transformátoru pro možnost regulace napětí pomocí přepínání odboček, ve zkratce HRT. Tato regulace je nominálně provozována v automatickém režimu a reaguje na mírné výchylky napětí na napájené rozvodně přepnutím odbočky na primární straně vinutí transformátoru. Výchylky vznikají zejména vlivem změny zátěže na napájených rozvodnách. V ručním režimu se HRT využívá zejména při požadavku na zmanipulování napájení rozvodny 6,3 kV vlastní spotřeby z pracovního na rezervní napájení z rezervních transformátorů. Přejít se provádí sfázováním obou zdrojů bez ztráty napětí na rozvodně tím, že se oba zdroje řízeně propojí po splnění fázovacích podmínek. Posloupnost fází je dána fyzickým zapojením a je neměnná, frekvence je stejná díky blízkému propojení obou zdrojů (pracovní i rezervní) v rozvodně Kočín, proto jediným proměnným parametrem je velikost napětí. To se ručně upraví právě pomocí HRT. Po splnění fázovacích podmínek je možno oba zdroje krátkodobě připojit do jedné rozvodny a tím zajistit její trvalé napájení.

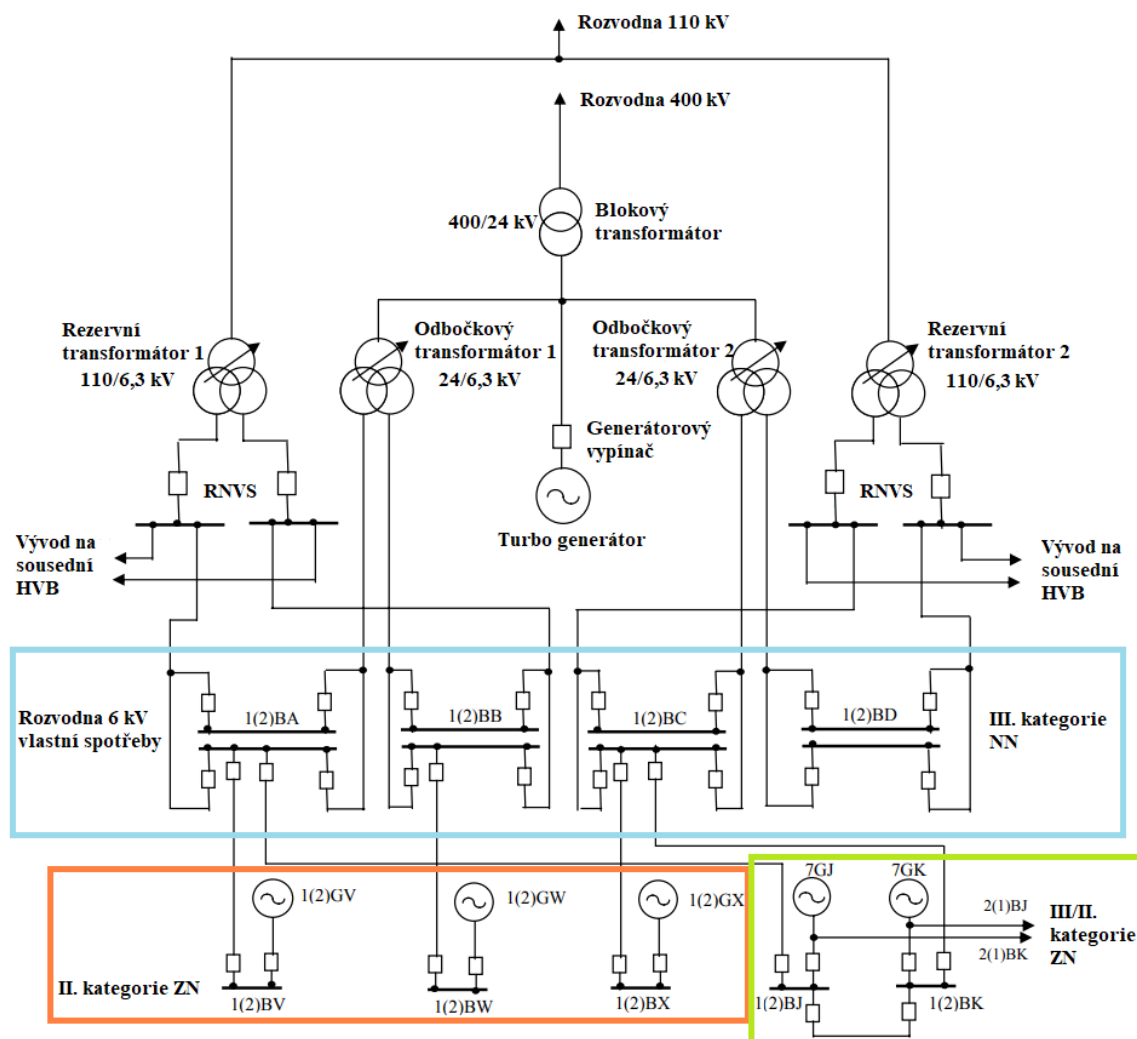
1.7.5 Rezervní olejové transformátory 63 MVA

Rezervní transformátory jsou, stejně jako odbočkové transformátory, dva pro jeden blok. Toto zdvojené řešení záměrně kopíruje odbočkové transformátory pouze s rozdílným primárním napětím 110 kV.

Tyto transformátory slouží pro transformaci napětí z napěťové hladiny 110 kV na 6,3 kV a jak už jejich název vypovídá, používají se zejména jako rezervní zdroj vlastní spotřeby. Blíže budou rezervní zdroje napájení vlastní spotřeby bloku a jejich režimy probrány v kapitolách [1.7.6.1](#) a [1.7.7.1](#).

Rozvodny rezervního napájení vlastní spotřeby jsou samostatné pro oba bloky, avšak je možné, a v praxi používané, propojit tyto obě rozvodny RNVS a udržovat tak provozuschopné rezervy vlastní spotřeby obou HVB např. v době odstávky jedné z linek 110kV. Zapojení což je patrné z Obr. 1.10. Provozuschopný rezervní zdroj je nutný i pro dodržení limit a podmínek o udržení bezpečného provozu hlavního výrobního bloku a ostatních technologických součástí ETE.

1.7.6 Vlastní spotřeba hlavního výrobního bloku



Obr. 1.10: Přehledové schéma napájení vlastní spotřeby HVB [12]

Již v předešlých kapitolách bylo popsáno, jakým způsobem je elektřina vyvedena z generátoru do přenosové soustavy a zároveň do vlastní spotřeby hlavního výrobního bloku. Z vlastní spotřeby bloku je napájen provoz technologie pomocí páteřních rozvaděčů 6,3 kV nejen ve vlastní spotřebě hlavního výrobního bloku, ale také technologie venkovních podpůrných objektů.

1.7.6.1 Systémy napájení vlastní spotřeby

Rozvodny 6,3 kV vlastní spotřeby, které byly zmíněny v kapitole [1.5.4](#), jsou rozvodny sloužící pro napájení technologie bloku a venkovních objektů. Každý blok má čtyři rozvaděče 6,3 kV vlastní spotřeby označených *BA*, *BB*, *BC*, *BD*. Tyto rozvaděče

v nominálním stavu napájí všechny elektrické systémy včetně bezpečnostních. Každý z těchto rozvaděčů je rozdělen z důvodu omezení zkratových proudů na dvě sekce, např. *BA/a* a *BA/b*. Tyto sekce jsou napájené, jak je zobrazeno na Obr. 1.10, pracovním napájením z vývodu bloku (PNVS), tedy odbočkových transformátorů a rezervním napájením z RNVS, rezervních transformátorů napojených na linku 110 kV.

Elektrické spotřebiče ve vlastní spotřebě bloku jsou rozděleny podle důležitosti jejich funkce z hlediska jaderné bezpečnosti a z toho vyplívajících požadavků na zajištění jejich napájení. Takto jsou technologické systémy bloku klasifikovány na bezpečnostně důležité a nedůležité a jsou rozděleny do kategorií. [12]

1.7.6.1.1 Nezajištěné napájení III. kategorie

Spotřebiče III. kategorie, tzv. nezajištěného napájení, se nepodílejí na havarijním dochlazování reaktoru HVB, to znamená, že nemají přímou souvislost s jadernou bezpečností a v případě ÚZN nemají tyto spotřebiče havarijní zdroj elektrického napájení. Jejich napájení zajištěno pouze ze dvou zdrojů PNVS a RNVS.

V této kategorii se nachází např. i hlavní cirkulační čerpadla, která se sice podílí na chlazení aktivní zóny, ale v případě ÚZN nejsou tato čerpadla potřebná na dochlazování reaktoru. Zároveň mají tato čerpadla setrvačnický charakter, takže po výpadku napájení se ještě v řádech minut budou dotáčet, přičemž během té doby dojde k odstavení reaktoru. V případě odstavení reaktoru je nutné pouze dochlazovat aktivní zónu, k čemuž jsou určena čerpadla dochlazovací, případně havarijní napájená z DGS, který je součástí zajištěného napájení II. kategorie.

1.7.6.1.2 Zajištěné napájení II. kategorie

Do II. kategorie spotřebičů patří ty spotřebiče, které zajišťují jadernou a radiační bezpečnost bloku. Mají oproti III. kategorii zvýšené požadavky na spolehlivost napájení. Jsou zde takové spotřebiče, kde je povolena krátkodobá ztráta napětí, tedy po dobu, než nastartuje dieselgenerátor a přebere napájení technologie připojené rozvodny. Na Obr. 1.10 jsou tyto systémové rozvodny II. kategorie označeny jako *BV*, *BW* a *BX*. Nominálně jsou napájené z III. kategorie nezajištěného napájení a v případě již zmíněného ÚZN je napájení každé z rozvodn II. kategorie zajištěno příslušným dieselgenerátorem 6,3 MW.

1.7.6.1.3 Zajištěné napájení I. kategorie

Spotřebiče I. kategorie mají přímou souvislost s jadernou a radiační bezpečností, a proto jsou zde kladeny požadavky na nepřetržité napájení elektrickou energií ve všech režimech bloku i v případě ÚZN. Tyto spotřebiče jsou v nominálním stavu napájené ze zajištěného napájení II. kategorie. Beznapěťový stav po dobu startu DGS případně provoz bez DGS je zajištěn pomocí stejnosměrných baterií s napětím 220 V z rozvodu aku baterií.

1.7.6.1.4 Zajištěné napájení III/I. a III/II. kategorie

Spotřebiče III/I. a III/II. přímo nesouvisí s jadernou bezpečností, ale podílí se na ochraně osob a drahého zařízení. Z toho důvodu jsou tyto spotřebiče napájené ze společných dieselgenerátorových stanic a k nim příslušných rozvodů 6,3 kV *BJ* a *BK* dle Obr. 1.10, případně z baterií u III/I. kategorie. Tento objekt společné DGS slouží pro oba HVB a má menší požadavky na vnější odolnost, oproti systémovým DGS, avšak i nadále spadají do limitů a podmínek bezpečného provozu.

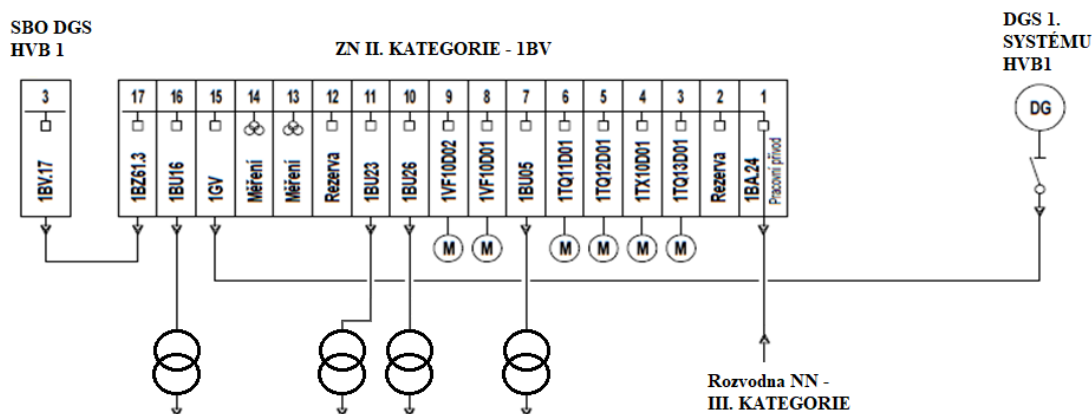
1.7.6.1.5 Síť AAC

Síť AAC je určena pro nadprojektový stav, kdy dojde k ÚZN a rovněž nejsou DGS schopny zajistit napájení rozvodů II. kategorie. Taková událost se nazývá Station Blackout, ve zkratce SBO.

Vzhledem k trojitě záložnímu systému systémových DG a jejich vzájemné nezávislosti, je selhání všech systémů najednou málo pravděpodobné, ovšem ze zkušeností z 11. března 2011 víme, že i taková situace může nastat. Vlna tsunami, která zaplavila DGS na JE Fukušima a tím ji připravila o všechny bezpečnostní systémy, sice na JE Temelín, vzhledem k jejímu umístění, s velkou pravděpodobností nehrozí, ale v rámci bezpečnostních opatření bylo rozhodnuto o navýšení nouzových systémů, které mají přímou účast na dochlazení reaktoru bloku v případě havárie. [25,26]

SBO dieselgenerátor je pro každý HVB jeden a od roku 2014 jsou tyto SBO DGS již 11. a 12. možností nouzového napájení bloku elektrickou energií. SBO DG je připojen do systému ZN II. kategorie, viz Obr. 1.11, kde je zobrazen rozvodna ZN II. kategorie 1.

systému HVB1, její pracovní napájení z rozvodny nezajištěného napájení do 1. pole, do 15. pole je přiveden nouzový zdroj z DGS a do 17. pole je přiveden nouzový zdroj z rozvodny AAC-SBO. [27,28]



Obr. 1.11: Rozvodna ZN II. kategorie 1. systému HVB1 [28]

1.7.7 Režimové automatiky

Režimové automatiky jsou funkční součásti zařízení navržené tak, aby vhodně a rychle reagovaly na daný stav napájeného systému. V případě mimořádné události, na kterou jsou navrženy, je jejich úkolem přepínat režimy elektrického schématu tak, aby bylo zajištěno napájení spotřebičů podle daných limit a požadavků na bezpečný provoz. [13]

1.7.7.1 Režimy napájení HVB

Režimy napájení hlavního výrobního bloku jsou patrné z Tab. 1.1. Jednotlivý režim představuje to, v jakém stavu se nachází hlavní výrobní blok z hlediska napájení spotřebičů.

Tab. 1.1: Režimy hlavního výrobního bloku

	Stav napájení HVB		
RE1	Generátor vyrábí elektrickou energii	Linka 400 kV napájena z HVB	
RE2	Generátor odstaven	HVB napájen z linky 400 kV	
RE3 – ZZB	Generátor odstaven	Linka 400 kV bez napětí	HVB napájen z linky 110 kV
RE4,5 – ÚZN	Úplná ztráta napájení – start dieselgenerátorové stanice		
RE4	Pod napětím pouze I. a II. kategorie		
RE5	Pod napětím I., II a III/I., II/II. kategorie		

V RE1 je hlavní výrobní blok v nominálním stavu, což představuje to, že turbogenerátor vyrábí elektrickou energii, kterou dodává do sítě 400 kV a do vlastní spotřeby bloku.

V případě odstavení generátorového vypínače přechází blok do RE2. V tomto režimu je elektrická energie odebíraná z vedení ZVN 400 kV, blok nevyrábí elektrickou energii.

V RE3 dochází k tzv. ztrátě zdrojů bloku, což znamená, že blok přichází o pracovní zdroje elektrické energie a napájení je automatikami převedeno na rezervní zdroj ze sítě 110kV.

V RE4 a v RE5 dochází k úplné ztrátě napájení. V takovém případě zapůsobí automatiky bloku tak, že se spustí nouzový zdroj elektrické energie, čímž jsou dieselgenerátorové stanice. Pro každý blok jsou tyto stanice tři, rozdělené na samostatné systémy. Tímto způsobem trojitých nouzových systému se zajišťuje spolehlivost a mobilita nouzových zdrojů. Zároveň se v tomto režimu spustí i obě společné dieselgenerátorové stanice.

1.7.7.2 Centrální automatika bloku

Centrální automatika bloku monitoruje stav pracovních zdrojů bloku a urychluje přechod na rezervní napájení pomocí hromadné automatiky záskoku rezervy. Snaha o co nejrychlejší přechod na rezervní napájení je, z důvodu možného zapůsobení ochran citlivých na mírný pokles napětí, ve vlastní spotřebě bloku.

1.7.7.3 Automatika záskoku rezervy

Automatika záskoku rezervy zajišťuje automatický přechod dané rozvodny z pracovního na rezervní napájení. Jelikož výpadek pracovního zdroje může být způsoben elektrickou poruchou, mohou být parametry napájení pracovního a rezervního zdroje odlišné, navíc jsou v okamžiku vypnutí pracovního zdroje do rozvodny stále připojeny velké spotřebiče (motory), které udržují svojí mechanickou energií napětí. Po připojení rezervního zdroje by tak mohlo dojít ke vzniku vyrovnávacích proudů, které by mohly způsobit vypnutí rezervního zdroje. AZR tedy měří parametry napětí na rozvodně a porovnává je s napětím rezervního přívodu. Po vyhodnocení parametrů pro bezpečné propojení dojde k zapnutí rezervního přívodu.

Rozvodny vlastní spotřeby, *BA-BD*, kterým byla věnována kapitola [1.7.6](#), jsou rozděleny na sekce. Rozdíl mezi sekcemi je mimo napájené technologie i v provedení AZR. Sekce *BA/a-BD/a* napájí čtyři hlavní cirkulační čerpadla, a proto je doplněna o zařízení nazvané BECO relé, které má čtyři kanály AZR. Na *b* sekcích jsou pouze dva kanály automatiky záskoku rezervy.

BECO relé je instalováno na sekci s HCČ záměrně z důvodu požadavku na rychlý a synchronní přechod napájení. Příkon HCČ je monitorovaným parametrem, vzhledem k vlivu na chlazení aktivní zóny reaktoru je nízký příkon HCČ vyhodnocen ochranami ROR, které by mohly nouzově zapříčinit odstavení reaktoru.

V případě ZZB dle RE3, tedy výpadku zdroje PNVS, což, jak již bylo zmíněno, znamená vypnutí generátorového vypínače a ztráty napájení linky 400 kV, přechází napájení VS a spotřebičů III. kategorie na rezervní, CAB dává povel na převedení všech rozvodů 6,3 kV vlastní spotřeby pomocí AZR a tím dochází k hromadnému

automatickému záskoku rezervy (HAZR), to znamená, že celá vlastní spotřeba bloku přejde hromadně na napájení z RNVS.

1.7.7.4 APS

Automatika postupného spouštění vyhodnocuje ztrátu napájení na rozvodně zajištěného napájení II. kategorie, iniciuje start dieselgenerátoru, odlehčuje danou rozvodnu a volí postupný zatěžovací program rozvodny spotřebiči, např. již zmíněnými dochlazovacími nebo havarijními čerpadly.

1.7.7.5 ASV

ASV je zkratka pro automatiku selhání vypínače, která vyhodnocuje stav vypínače po vydání povelu na *VYPNUTO*, pokud nedojde v určité době k překlopení stavu do *VYPNUTO*, je automaticky vypnut nadřazený vypínač (pracovní i rezervní) a je blokován AZR. V případě rozveden *BA-BD* je při ASV, např. vypínače na HCC v poli 9, vypnut vypínač přírodního pole dané sekce rozvodny.

1.7.7.6 PV

PV je tzv. podpěťové vypínání spotřebičů na ETE. Vybrané spotřebiče vlastní spotřeby jsou navoleny do různých stupňů PV z důvodu redukce zátěže rozvaděče před jeho automatickým přechodem na rezervní napájení. [13]

Automatika PV spočívá v tom, že monitoruje dobu vypnutí napájení a podle toho upravuje zatížení rozvodny z důvodu přípravy na obnovení napětí. Při ztrátě napětí na méně než 0,5 sekundy se většina motorů stále točí a při obnově napětí je tento pokles zanedbatelný. Pokud ztráta napětí trvá po delší dobu např. do 5 sekund, tak se už i větší motory zastaví a v případě, že by zůstaly připojené při obnově napětí, všechny by hromadně začaly startovat. Tento hromadný náběh by znamenal obrovský proudový náraz, který by se rovnal součtu rozběhových proudů všech dotčených motorů. Takový proud by vyhodnotila zkratová ochrana rezervního zdroje a ten by byl vypnut. Proto se část motorů odepne, a pak se musí najíždět postupně. Po 9 sekundách by hrozil velký rozběhový proud i na HCC.

Při poklesu napětí na rozvodně jsou při dané hodnotě vypínány vývody podle jejich důležitosti tak, aby byl zajištěn provoz hlavního výrobního bloku a jeho hlavní prvky. Snahou je, aby při AZR rozvodny zůstala v provozu HCČ co možná nejdéle. Automatika PV je rozdělena do několika kategorií podle toho, jaké obsahuje spotřebiče. Rozdělení spotřebičů do kategorií PV je znázorněno v Tab. 1.2.

Tab. 1.2: Základní stupně podpětového vypínání vývodů na spotřebiče [13]

	U/U_n [-]	t [s]	Vypnuté spotřebiče
PV1	< 0,6	0,5	Nedůležité, provoz není nutný na výkonu bloku – III. kategorie
PV2	< 0,5	5,0	Všechny spotřebiče NN kromě HCČ
PV3	< 0,4	9,0	Všechny spotřebiče NN, se zpožděním i HCČ
PV+	0,6	0,5	Část spotřebičů PV2 a jedno HCČ

Signál PV+ je iniciovaný od působení CAB. PV+ usnadňuje přechod na rezervní napájení. Podmínkou pro jeho prosazení je současné splnění podmínek pro PV1. [13]

1.7.8 Elektrické ochrany

Elektrické ochrany jsou určeny pro ochranu zařízení před nepříznivými důsledky, které se mohou na vývodech vytvořit za abnormálních provozních stavů. Systémy elektrických ochran zasahují do zařízení v případě, kdy selžou všechny možnosti regulačních prostředků pro odvrácení abnormálních stavů či při poruchách elektrických zařízení. [13]

Typy ochran, které jsou využívány u vývodů na spotřebiče vlastní spotřeby ETE, jsou vyznačeny v Tab. 1.3.

Tab. 1.3: Základní typy ochran využívané na ETE [13]

	Sledovaný parametr
Rozdílová	Detekce rozdílu velikosti proudu
Impedanční	Změna impedance
Zpětná wattová	Směr činného výkonu
Frekvenční	Změna frekvence
Ochrana při nesouměrnosti	Zpětná složka proudu nebo napětí
Ochrana proudová	Změna proudu
Zkratová	Působení nadproudu
Tepelná	Tepelná akumulace energie ve vinutí

1.7.8.1 Rozdílová ochrana

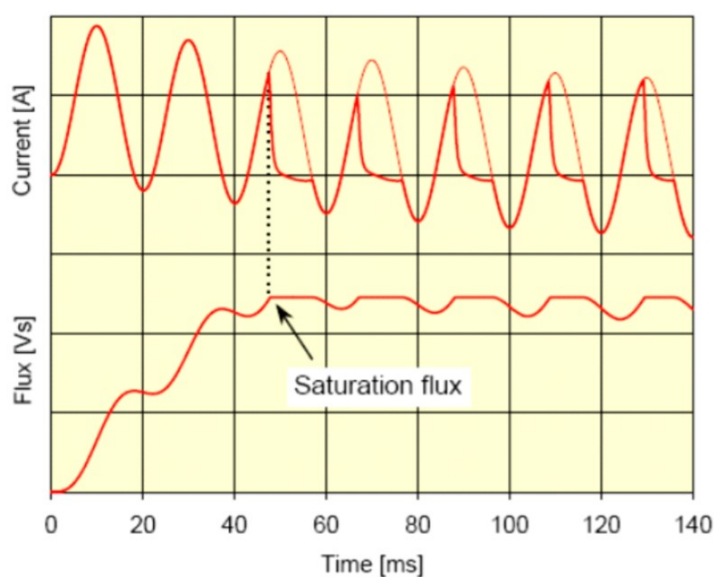
Funkce rozdílové ochrany spočívá v určení poruchy dle rozdílu proudů procházejících měřeným zařízením. V nominálním bezporuchovém provozu platí vztah podle I. Kirchhoffova zákona:

$$\Delta i = \left| \sum_{j=1}^n i_j \right| = 0 \quad (1) [3]$$

V případě poruchy není splněna tato podmínka a ve vztahu (1) dojde k nerovnosti dle vztahu (2):

$$\Delta i = \left| \sum_{i=1}^n i_j \right| > 0 \quad (2) [3]$$

Pokud se rozdílový proud Δi zvětší nad hodnotu, na kterou je nastavena ochrana, je vyvoláno její zapůsobení v daném čase. Při velkých zkratových proudech může dojít k tzv. přesycení přístrojových transformátorů proudu a následnému chybnému zapůsobení ochrany. Přesycení měřicího transformátoru je stav, kdy se pracovní bod proudu dostává do oblasti za tzv. kolenem magnetizační charakteristiky. Při tomto stavu dochází ke zkreslení sekundárního proudu, což je zřetelné na Obr. 1.12, a tím i ke zpoždění doby působení ochrany, která reaguje podle zkresleného proudu. [3, 35]



Obr. 1.12: Přesycení PTP [35]

1.7.8.2 Impedanční ochrana

Impedanční ochrana neboli ochrana distanční pracuje na principu měření impedance zkratové smyčky. Ochrana měří velikost proudu v místě ochrany i_k a napětí v místě ochrany u_k ve vztahu k z , tedy impedanci zkratové smyčky. [3]

$$u_k = z \cdot i_k \quad (3) [3]$$

1.7.8.3 Zpětná wattová ochrana

Wattová ochrana určuje výkon zařízení a v případě změny nastavené hodnoty tato ochrana zapůsobí. Stejným způsobem lze sledovat jalový výkon. [3]

V případě zpětné wattové ochrany jde o zamezení přechodu generátoru do motorického režimu. Tímto způsobem se řízeně odstavuje generátor na ETE z důvodu využití brždění turbíny frekvencí sítě 50 Hz. Pokud by se TG odstavil ihned, mohlo by vlivem zbytkové páry za rychlozavěrnými ventily dojít k nekontrolovatelnému roztočení turbíny.

Při odstavování HVB pomocí zpětné wattové ochrany se postupuje tak, že se v první fázi uzavře pára rychlozavěrnými ventily, otáčky zůstávají stejné, výkon jde do záporných hodnot, konkrétně -9,73 MW, což poukazuje na motorický režim a v tomto stavu zapůsobí zpětná wattová ochrana na generátorový vypínač, který vypne a odpojí tak hlavní výrobní blok od sítě.

1.7.8.4 Frekvenční ochrana

Frekvenční ochrana je důležitá zejména pro generátory. Hlídá vznik podfrekvence nebo nadfrekvence. Pokud by na měřeném napětí generátoru byla zjištěna nadfrekvence, pak hrozí přetočení turbosoustrojí a je nutno turbínu přibrzdit krátkodobým přivřením páry pomocí regulačních členů. Podfrekvenční ochrana může být využita k provoznímu odstavení generátoru při provozu v ostrovním režimu. Pokles frekvence v kombinaci se zavřeným přívodem páry na turbínu znamená pokles výkonu a možnost vypnutí generátorového vypínače. Při provozu se sítí je také větší nárůst nebo pokles frekvence vyhodnocen jako vznik ostrovního režimu a dochází k přepnutí regulace turbíny z výkonové na otáčkovou. Frekvenční ochrana působí pouze na napětí nebo proudy daného kmitočtu. Na jiné kmitočty je tato ochrana málo citlivá. [3]

1.7.8.5 Ochrana při nesouměrnosti

Ochrana při nesouměrnosti sleduje souměrnost proudu a napětí při provozu zařízení. V normálním stavu jsou hodnoty proudu a napětí souměrné, nesouměrnost způsobuje vznik zpětné složky proudu. Tato zpětná složka proudu vytváří točivé magnetické pole, které se otáčí opačným směrem než rotor točivého stroje. V tomto případě dochází ke ztrátám, které jsou úměrné poměrnému teplu akumulovanému v rotoru. V ochraně je nastavena maximální hodnota této veličiny. [3]

1.7.8.6 Ochrana proudová

Proudová ochrana chrání obvod před přetížením, měří velikost proudu spotřebiče a v závislosti na době působení t velikosti proudu i vyhodnocuje možné přetížení. [3]

1.7.8.7 Zkratová ochrana

Zkratová ochrana slouží k ochraně provozovaného zařízení před nepříznivými důsledky vlivem nadproudu, který výrazně překračuje jeho jmenovitou proudovou hodnotu. Nadproudová ochrana vypíná velké nadproudy (až $5xI_N$) téměř okamžitě pomocí jističe či pojistky, nastavených na požadovanou vypínací proudovou hodnotu, které musí vybavit v řádu desetin sekundy. [37]

1.7.8.8 Tepelná ochrana

Tepelná ochrana zařízení zabraňuje nadměrnému oteplení ve vinutí spotřebiče vlivem proudového přetížení (menších nadproudů). Ochrana se nastavuje na $1,1 - 1,5xI_N$. Teplota roste v závislosti na proudovém přetížení vinutí, což zkracuje jeho životnost izolace. Tepelná ochrana pracuje na principu bimetalového pásku, který se vlivem protékajícího nadproudu prohne, přitáhne kotvu elektromagnetu a tím se uvolní volnoběžka, která ovládá pohyblivý kontakt a páčku jističe, který spadne s určitým zpožděním. Zpoždění působení tepelné ochrany je v napájeném zařízení žádoucí z důvodu rozběhových proudů motorů. [37]

2 Elektrické ochrany vývodů HCČ

2.1 Vývod na HCČ a pole měření

V rozvodně 6,3 kV III. kategorie NN jsou umístěny vývody na 4 HCČ, jak již bylo zmíněno v dřívějších kapitolách. Tyto vývody jsou vždy na sekci s BECO relé a jako jediné vývody VS jsou rozděleny do dvou polí – pole měření a pole vypínače. Je tomu tak z dispozičního důvodu. Vzhledem k velikostem měřicích transformátorů proudu jsou tyto umístěny v samostatném poli rozvaděče, ve druhém poli je pak výkonový vypínač.

2.1.1 Pole měření vývodu HCČ - rozvaděče III. kategorie NN

V poli měření HCČ jsou před modernizací oba HVB osazeny digitální dvoubodovou rozdílovou ochranou RET316*4. Tyto terminály budou nahrazeny digitální ochranou typu REG670.



Obr. 2.1: Digitální dvoubodová ochrana RET316*4 [31]

2.1.1.1 Rozdílová ochrana

F30 – ΔI – Rozdílová ochrana slouží jako základní ochrana motoru HCČ včetně přívodního kabelu. Měří proud na začátku kabelu a v nule motoru HCČ. Programovatelný soubor ochran RET316*4 je naprogramován jako rychlá dvoubodová rozdílová ochrana. [29]

2.1.2 Pole vypínače vývodu HCC - rozvaděče III. kategorie NN

V tomto poli rozvaděče je umístěn vozíkový výkonový vypínač 6,3 kV vakuový na HVB1 a plynový SF₆ na HVB2 pro vývod na HCC. V přístrojové části rozvaděče je použit ochranný terminál typu REC670 na HVB1 a SPAM 150 C na HVB2. Terminály v poli vypínače budou po modernizaci i nadále zachovány.



Obr. 2.2: Terminál typu SPAM 150 C [30]

Terminál ovládání a chránění vývodu na motor HCC obsahuje ochrany dle Tab. 2.1:

Tab. 2.1: Ochrany terminálu ovládání a chránění SPAM 150 C

Označení ochrany	Název ochrany
F111	Nadproudová mžiková (zkratová) ochrana
F112	Nadproudová zpožděná (rozběhová) ochrana
F113	Ochrana při proudové nesymetrii
F63	Ochrana tepelného modelu
F32	Automatika selhání vypínače
F149	Nadproudová zemní ochrana

2.1.2.1 Zkratová ochrana

F111 – $3I>>$ – Zkratová ochrana je určena pro rychlé vypnutí vzniklého zkratu. Tato ochrana se nastavuje tak, aby nereagovala na záběrný proud motoru, který se u HCČ pohybuje, dle přílohy 5, kolem $8xI_n$, ale aby působila v případě $2f$ zkratových proudů na konci napájecího kabelu. [29]

2.1.2.2 Ochrana při rozběhu

F112 – $3I>/t$ – Ochrana při rozběhu kontroluje dobu rozběhu motoru, podle které pak tato časově závislá nadproudová ochrana pozná, zda není motor zatížen příliš velkým momentem. [29]

2.1.2.3 Ochrana při nesymetrickém zatížení

F113 – $I2>$ – Ochrana při nesymetrickém zatížení zabezpečuje ochranu motoru v případě provozu při nesymetrických podmínkách napájení, kdy důsledkem zpětné složky proudu dochází ke znatelnému zvýšení tepelných ztrát motoru a tím k nebezpečnému oteplení vinutí. [29]

2.1.2.4 Ochrana při přetížení

F63 – \mathfrak{S} – Ochrana při přetížení chrání motor proti nadměrnému oteplení, které je způsobeno proudovým přetížením vinutí.

2.1.2.5 Ochrana při selhání vypínače

F32 – $I>$ – Ochrana při selhání vypínače je součástí automatiky selhání vypínače, kdy v případě selhání vypínače HCČ, během povelu na vypnutí, je automaticky vypnut jeho nadřazený vypínač, tedy přívodní vypínač do dané sekce rozvodny NN III. kategorie příslušného HCČ. [29]

2.1.2.6 Zemní nadproudová ochrana

F149 – $I_g>$ – Zemní nadproudová ochrana působí v případě zemního spojení ve vývodu na motor. Zemní spojení může nastat v důsledku poškození izolace, zvýšené vlhkosti nebo kondenzace vody v motoru. [29]

2.2 Návrh elektrických ochran

Elektrické ochrany jsou základem funkčního systému. Bez ochranných prvků by ideální systém sice fungoval, ale v reálném provozu je bezpodmínečně nutné ho mít navržený tak, aby byl schopen bezpečně reagovat na vzniklé poruchové stavy. Tyto stavy by v konečném důsledku mohly ohrozit provoz celého systému, dané zařízení či dokonce samotnou provozní obsluhu.

2.2.1 Zásady pro návrh elektrických ochran

Při návrhu systému ochran pro elektrické zařízení je třeba dbát na určité zásady, aby bylo zajištěno, že jednotlivé ochranné bariéry, plní svoji funkci spolehlivě. Tyto zásady jsou shrnuty v jednotlivých bodech:

- 1) Oblasti chráněného zařízení se musí vzájemně překrývat tak, aby žádný úsek nezůstal nechráněn.
- 2) Pro případ výskytu nejvážnějšího druhu poruch musí být každé elektrické zařízení nebo daný chráněný úsek vybaven hlavní ochranou. Tato ochrana zajistí jeho rychlé a selektivní vypnutí. Pro chránění zvláště důležitých zařízení se doporučuje zdvojení systému, a tedy použití dvě nezávislé hlavní ochrany.
- 3) V situaci, kdy dojde k selhání hlavní ochrany, je nutné zajistit vypnutí poruchy místní nebo vzdálenou záložní ochranou. Záložní ochrana musí být konstruována na jiném principu působení nebo připojena na jiná měřicí čidla, aby byla zajištěna nezávislost sledovaných parametrů zařízení. Pro záložní typ ochrany je povolena delší doba působení a v případě zákroku ochrany se nevyžaduje plná 100% selektivita.
- 4) Pokud je vypínač vybaven dvěma vypínacími cívkami, je zde provedeno rozdělení hlavní a záložní ochrany tak, že hlavní ochrana musí působit na jednu vypínací cívku prvním okruhem pomocného napětí a záložní ochrana musí působit na druhou vypínací cívku druhým okruhem pomocného napětí. [13]

Investiční akce modernizace elektrických ochran vybraných vývodů vlastní spotřeby bloku byla vyvolána ukončením servisní podpory ochranných přístrojů RET316*4 výrobce ABB. Tyto ochrany jsou na ETE použity u HCČ, také v pracovních a rezervních přívodech rozvoden III. kategorie na HVB2 a dále jsou použity na DGS. Vzhledem k ukončené podpoře již není zaručena možnost tyto ochrany v případě poruchy opravit, a proto, z důvodu vysokých požadavků na provozuschopnost komponent a jejich opravitelnost, není vhodné tyto ochrany dále na ETE provozovat.

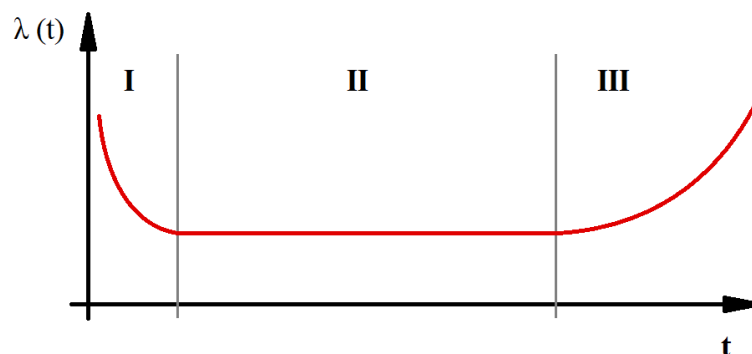
Stávající ochrany, které již mají ukončenou podporu, budou proto nahrazeny novými terminály firmy ABB typu REG670, přičemž rozsah chránění bude kompletně zachován.

2.2.2 Odůvodnění potřeby modernizace elektrických ochran

Stávající terminály RET316*4 jsou v provozu od roku 2000, kdy ochrany HCČ a přívodů rozvoden NN III. kategorie byly osazeny ještě před prvním spuštěním HVB, na DG byly osazeny až během spouštění HVB. Z důvodu provozu ochran po téměř 20 letech roste riziko omezení jejich provozuschopnosti či poruchy a v případě přerušení provozu HCČ dochází k omezení výkonu bloku, což může negativně ovlivnit hospodárnost výrobních bloků ETE. Vzhledem k ukončení výroby a servisní podpory terminálů ze strany ABB je vhodné provést včas jejich kompletní záměnu i přestože tyto terminály byly v provozu poměrně spolehlivé, bez poruch, které by měly vážnější dopad na chráněné zařízení. [29]

Výměna terminálů je záměrně prováděna v době zbytkové životnosti ochran, ještě před náběhem zvýšené poruchovosti, která by se dala očekávat dle vanové křivky. Vanová křivka, kterou zobrazuje Obr. 2.3, je univerzálně používaná k popisu spolehlivosti systému. Tou je dána závislost intenzity poruch $\lambda(t)$ na čase t .

V počátečním úseku křivky (oblast I) je častý výskyt poruch způsobených např. výrobními vadami, špatně zvoleným použitím, apod. V oblasti II dochází k náhodným příčinám poruchovosti, či nevhodnou manipulací. V poslední oblasti III se zvyšuje poruchovost systému vlivem stárnutí, únavy materiálu a opotřebení.



Obr. 2.3: Vanová křivka poruchovosti [zdroj: archiv autora]

2.2.3 Rozsah záměny elektrických ochran

Návrh záměny elektrických ochran nemění zásadním způsobem funkce a koncepci ochran stávajících. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, rozsah chránění zařízení nesmí být snížen.

Samotná záměna elektrických ochran bude svým rozsahem zasahovat pouze do části elektro. Navazující profese na elektro, jako je např. SKŘ, budou touto záměnou nedotčeny. Dle posouzení stávající dokumentace nebude vyžadovat montáž nových bloků ochran žádné stavební úpravy rozvaděčů. [29]

Přenos dat mezi ochranou a systémem NEMES bude uskutečněn pomocí protokolu IEC 61850. Do systému budou ochrany připojeny pomocí stávající optické kabeláže. [29]

Systém NEMES je monitorovací a vyhodnocovací systém, který sbírá dostupná data především o provozovaných elektrických zařízeních. Data jsou jak analogová (měření napětí, proudů, frekvencí, výkonů) tak i digitální (stavy vypínačů, záznamy z ochranných terminálů). Tento systém je nezbytný pro vyhodnocování zkoušek zařízení a pro řešení poruchových stavů.

V rámci modernizace bylo původním záměrem ponechat stávající PTP, ale pouze za předpokladu, že bude prokázána správná funkce ochran při přesycení měřicích transformátorů, čemuž se věnovala kapitola [1.7.8.1](#). Vzhledem k tomu, že kontrolní výpočty, které prováděla dodavatelská firma ABB Power Grids Czech Republic s.r.o., poukázaly na fakt, že dochází ke zkreslení hodnot PTP v uzlu HCČ, které by mohlo

způsobovat nesprávnou funkci navržených nových ochran REF615 při přesycení PTP. Bylo tedy rozhodnuto, že namísto plánované ochrany REF615 jsou pro záměnu použity ochrany REG670, u kterých byla prokázána správná funkce při přesycení a stávající PTP tak mohly zůstat nedotčeny plánovanou modernizací. [29, 35]

Dalším návrhem na inovaci ochran bude doplnění jištění napájecího napětí. Nově dodané ochrany budou napájeny přes samostatný jistič přímo z průběžných přípojníc 220 V stejnosměrného napětí dané sekce rozvaděče NN III. kategorie. S probíhající záměnou budou vyměněny i jističe ovládacího napětí daného pole, relé a svorkovnice. [29]

2.3 REG670

Terminál elektrických ochran firmy ABB typu REG670 je obvykle využíván pro ochranu a kontrolu generátorů, pohonů o velkém výkonu a blokových transformátorů. Vzhledem ke spolehlivé funkčnosti a škálovatelnosti ochrana splňuje vysoké požadavky na provoz nejen v jaderném průmyslu, ale i v dalších odvětvích a díky tomu je schopna nahradit stávající vysloužilé ochrany. Elektrická ochrana REG670 pracuje s velmi rychlým zjišťováním poruch, což je dle výrobce stanoveno vybavením ochrany v čase 15 ms. [36]

Rozdílová ochrana v terminálu REG670 je určena pro měření proudu před a za motorem HČ. V případě vyměření rozdílového proudu působí tato ochrana na vypnutí vypínače. Od vydaného povelu na vypnutí je také spuštěno časování pro funkci ASV. Ochrana bude umístěna v poli měření $2BC.8$ v přístrojové části rozvaděče. Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, ochrana bude napájena pomocným stejnosměrným napětím 220 V. Schéma napájení je zobrazeno v příloze 16 a 17 této diplomové práce. V těchto výkresech je zobrazeno napájení elektrické ochrany přes jistič –FA27. Dále bude ochrana připojena k PTP (–TA1) na začátku kabelu a k PTP (–TA12) u HČ. Tyto analogové vstupy od PTP jsou zobrazeny v příloze 17 jako AI 101 – AI 106.

2.4 Harmonogram záměny elektrických ochran u vybraných vývodů VS HVB ETE

Souhrnný harmonogram jednotlivých činností záměru projektu záměny elektrických ochran je zpracován v grafické podobě, která je zobrazena na volném listu přílohy 15 této diplomové práce. Jsou zde obsaženy hlavní položky harmonogramu, který vychází ze

standardních postupů, podle kterých se řídí investiční akce na ETE. Stanovení lhůt a činností v harmonogramu vychází z typových lhůt pro zajišťování obchodní činnosti. [29]

Z harmonogramu činností je zřejmé, že samotná záměna elektrických ochran u vybraných vývodů vlastní spotřeby rozveden III. kategorie NN, jako jsou dotčená HČČ, není jen o samotné montáži, ale předchází tomu časově náročný plán činností, které musí být zkoordinovány tak, aby se maximálně využil čas, který je na tuto realizaci vyčleněn a aby se minimalizovaly prostoje ve výrobě a prostoje pracovních skupin, které vedou ke zvyšování vkládaných finančních nákladů.

2.4.1 Předprojektová příprava

Celý proces začíná požadavkem na řešení konkrétního technického problému. V tomto případě je to zastarávání elektrických ochran HČČ. Nejprve je provedeno hodnocení rizik, které řešený problém přináší. Dle výsledné rizikovosti jsou určovány způsoby řešení a priority akcí. Následně jsou zváženy varianty řešení daného problému. Následně je v předprojektové části projektu vypracován podnikatelský záměr, ve kterém se určí jak tento technický problém vyřešit z hlediska finanční a časové náročnosti. V záměr projektu, na změnu konfigurace zařízení je varianta podnikatelského záměru podrobněji zpracována. Je zde odhadnut celkový počet nákladů na realizaci, rozpočet a rozdělení rozpočtových nákladů do let, také bývá zhodnocen ekonomický přínos celé akce. Dále je zde provedena analýza projektu, kdy je odůvodněno vybrané řešení, např. záměr pro modernizaci stávajícího zařízení. Poté je doporučeno řešení, jakým akci provést. Po provedené analýze musí záměr projektu projít procesem schválení v technické komisi. Technickou komisi svolává ředitel jaderné elektrárny a jsou zde pracovníci odboru péče o zařízení (správci zařízení) a inženýring změn projektu (řízení investičních akcí). Komise posoudí všechny aspekty připravené změny a rozhodne o její realizaci nebo akci vrátí k dopracování.

Jak je z příloženého harmonogramu patrné, v průběhu celé realizace dochází ke schvalování jednotlivých revizí záměru projektu. Revize je zadána z důvodu potřeby rozšířit stávající technické řešení o úpravy nedostatků, které jsou zjištěny buď při přípravném měření, jak tomu bylo u zmíněných PTP, nebo při montážních pracích.

2.4.2 Projektová příprava

Po schválení je tento záměr projektu uvolněn do přípravy, kde je zadávací dokumentace projektu zpracována zodpovědným technikem přípravy.

Ze záměru projektu se určí body, které budou důležité pro dodavatelské firmy, podle těchto bodů se vytvoří zadávací dokumentace. Jedná se zejména o detailní technický popis požadovaných změn činností. Tento záměr projektu je poté zveřejněn tak, aby externí firmy z volného trhu mohly zpracovat své nabídky a přihlásit se o realizaci této činnosti. Poté je na základě veřejné soutěže vybrána nejvýhodnější přihlášená firma, s tou je podepsána smlouva o dílo, kde jsou stanoveny finanční a pracovní podmínky realizace. Do smlouvy o dílo je již přiložena konkrétní původní výkresová dokumentace a postupy realizace.

V rámci procesů firmy ČEZ, a.s. pak přechází řízení a dohled nad realizovanou investiční akcí na odbor příprava a realizace projektů, který si poté koordinuje dodavatele. Pod pojmem koordinace se nachází příprava pracovních příkazů, zkoušky zařízení a přebírání hotových realizací zařízení.

Zvolený dodavatel nejprve vypracuje realizační dokumentaci, tj. veškerou potřebnou výkresovou dokumentaci, programy kontrol a zkoušek, pracovní příkazy a také začne s nákupem a přípravou potřebných materiálů a zařízení.

2.4.3 Realizace

Pro realizační činnosti, prováděné na zařízení jaderné elektrárny jsou nezbytným dokladem tzv. pracovní příkazy. Realizace záměny elektrických ochran tedy začíná u vystavení a schválení pracovních příkazů, viz kapitola [2.4.3.1](#), v dostatečném časovém předstihu podle termínů naplánovaných generálních odstávek. Vlastní fyzická realizace pak začíná zajištěním dotčeného zařízení tak, aby na něm bylo umožněno bezpečně provádět modernizaci zařízení podle přesně stanovených postupů pracovního příkazu, místních předpisů a normy ČSN EN 50110-1 o obsluze a práci na elektrickém zařízení.

Po zajištění zařízení jsou dle harmonogramu patrné jednotlivé realizace záměny ochran na daných systémech, jako jsou DGS, rozvodny III. kategorie NN, o kterých

pojednává kapitola [1.7.6.1.1](#) a Obr. 1.10, včetně čerpadel chladicí vody a hlavních cirkulačních čerpadel. Tato realizace je zvláště vzhledem k tomu, že praktická část této diplomové práce je věnována právě těmto vývodům vlastní spotřeby bloku. Po realizaci je zařízení odjištěno a jsou prováděny konečné zkoušky zařízení před uvedením do provozu.

Po realizaci činností na vypsáních zařízeních z harmonogramu a jeho úspěšných zkouškách je daná etapa přebrána systémovým inženýrem (správcem zařízení) a poté se zařízení na obslužných místech zaeviduje jako provozuschopné v nominálním stavu.

Na konci této části harmonogramu je zobrazeno závěrečné hodnocení, ve kterém jde o kontrolu splnění všech záměrů investiční akce.

2.4.3.1 Pracovní příkazy úPP

Pracovní příkazy slouží pro jednotlivé pracovní skupiny provádějící pracovní činnosti na zařízení, kterého se pracovní příkaz týká. Tento dokument se přesněji nazývá úkol pracovního příkazu. V úPP je přesně definován popis pracovní činnosti na dotčeném zařízení, požadované termíny, předmět práce, ve kterém je specifikováno pracoviště.

V případě záměny ochran u HCC je v předmětu práce vypsán rozvaděč III. kategorie NN a daná pole – pole vypínače a pole měření. Dále je zde popsáno umístění rozvaděče, blok a potřebná výkresová dokumentace.

V další části úPP je stanovena spěšnost, která se určuje vzhledem k vlivu na provozované zařízení. V případě ohrožení bezpečnosti nebo možného prodlení ze zastavené výroby je určena nejvyšší spěšnost a realizace je mimo pracovní dobu provedena hotovostními pracovníky. Naopak při nízkém vlivu na bezpečnost, nebo právě u investičních akcí je spěšnost nízká a pracovní příkaz je vypracován s několika měsíčním předstihem.

Dále jsou zde popsány instrukce k úkolu úPP. Mezi tyto instrukce patří porada před prací (P-J-B), kontroly v místě práce, realizace pracovní činnosti, vedoucí práce. Jsou zde také uvedeny kontrolní body při převzetí zařízení do údržby, před zahájením prací a po ukončení práce. V posledním bodě jsou uvedeny telefonní kontakty na správce zařízení.

Poslední část tohoto dokumentu je podpisová a je zde uveden předávající pracovník zodpovědný za provoz zařízení, v tomto případě SMEL, či TP-IE a přebírající vedoucí práce se členy pracovní skupiny. Je zde také uveden případný zajišťovací příkaz, vyžaduje-li to charakter práce.

U záměny elektrických ochran v rozvaděči je nutné pracovat pod jeho vypnutým elektrickým napájením. Rozvaděč musí být elektricky odpojený od všech obvodů, od kterých by hrozilo zavlečení cizího napětí a dále musí být rozvaděč bezpečně zajištěn tak, aby byla zajištěna práce bez napětí a ochrana před úrazem elektrickým proudem pracovníků po celou dobu prováděné pracovní činnosti.

Zároveň je v této části úPP uvedeno i číslo zajišťovacího příkazu „B“ vzhledem k tomu, že rozvaděč III. kategorie NN spadá svým provozním napětím 6,3 kV do třídy VN. Blíže se k příkazu „B“ bude věnovat kapitola [3.2](#). V případě ukončení prací je v podpisové části opět uveden vedoucí práce, předávající zařízení z údržby a SMEL či TP-IE přebírající zařízení do provozu.

2.4.3.2 Zajištění pracoviště

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, součástí úPP na modernizaci elektrických ochran je i bezpečné zajištění pracoviště. Elektrické zajištění pracoviště provádí pověření pracovníci elektro s patřičnou kvalifikací dle vyhlášky 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, spadající pod firmu ČEZ, a.s., za kterou přímo zodpovídá příslušný směnový mistr elektro, podřízený směnovému inženýrovi sloužící směny.

Zajištění zařízení elektro je konečný stav procesu jednotlivých kroků, které na sebe jednotlivě navazují podle přesně definovaných postupů, které jsou dány v místních provozních předpisech firmy ČEZ.

V první fázi je vytvořen a schválen požadavek na zajištění připravářem úPP v systému PassPort. Následně je tento PNZ převeden do systému, kde je zajišťovací kancelář vytvořen zajišťovací příkaz, provedena kontrola konfliktů s provozovaným zařízením a případnými dalšími zajišťovacími příkazy.

Dále je zajišťovací příkaz předán do kanceláře SMEL, kde se poté dle harmonogramu určí pracovní skupina pro zajišťování rozvodny. Tato skupina, v čele s vedoucím práce pro zajištění zařízení, provede úplné odpojení, vypnutí, ověření beznapěťového stavu, odstranění nebezpečné indukce napětí nebo náboje a dále zkratování a označení rozvodny. Tyto kroky vycházejí z MPBI a dále jsou přesně definovány zajišťovacím příkazem, který vychází z PNZ v rámci záměny elektrických ochran na rozvodně *BA-BD*.

2.4.3.2.1 Elektrické Zajištění pracoviště na příkaz „B“

„B“ příkaz je písemný dokument technicko-organizačních opatření, které slouží k zajištění bezpečnosti pracovníků při práci na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti. Tento příkaz je vydáván pro zajištění a práce na zařízení s napěťovou hladinou nad 1000 V (VN, VVN, ZVN), nebo na zařízení malého či nízkého napětí v blízkosti VN, kde může vzniknout nebezpečí indukce od zařízení VN, VVN, ZVN. „B“ příkaz je vydáván na tato zařízení z důvodu zvýšené bezpečnosti.

„B“ příkaz je požadován i v případě záměny elektrických ochran na rozvodně 6,3 kV a je vydán směnovým mistrem elektro. Směnovým mistrem elektro je pověřena skupina pracovníků elektro, která zajištění na „B“ příkaz provede. Více k zajištění rozvodny *2BC* související se záměnou elektrických ochran bude probráno v kapitole [3.2](#).

2.4.4 Aktivace nákladů

Během realizace záměny elektrických ochran jsou aktivovány náklady postupně pro daná období. V tomto případě dochází k první aktivaci nákladů na konci roku 2017, kdy jsou provedeny platby za vytvořené projektové dokumentace k návrhu projektu, poté jsou aktivovány náklady pro dané období, jak je tomu znázorněno v grafické podobě.

3 Realizace záměny stávajících elektrických ochran za nové

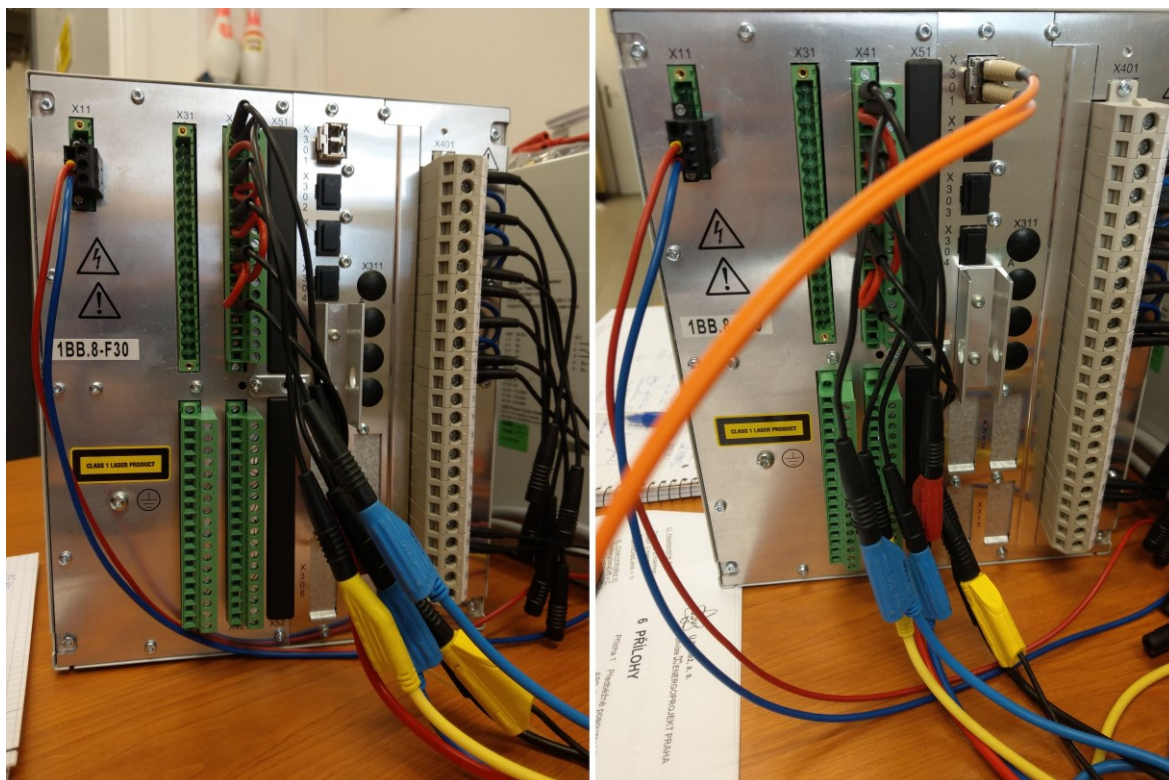
3.1 Sekundární zkoušky a testovací část

Před zapojením bloku elektrických ochran je nutné nastavenou ochranu předem otestovat pomocí měřicích přístrojů. Samotná konfigurace ochrany probíhá externě na pracovišti dodavatelské firmy ABB Power Grids Czech Republic s.r.o. v Trutnově, kde se zkompletuje terminál ochran a provede se základní nastavení. Takto nastavená ochrana se převezí na pracoviště dílen firmy I&C Energo v JE Temelín, kde se již přímo spolupracuje se systémovými inženýry firmy ČEZ, a.s. Na tomto pracovišti se nastavuje ochrana dle projektu pro jednotlivé vývodové pole.

Provedení sekundárních zkoušek elektrické ochrany je realizováno pomocí řízeného proudového zdroje od výrobce OMICRON. Sekundární zkoušky jsou prováděny bez vlastního napětí a proudu na chráněném zařízení, napětí a proudy o velikosti jako na sekundární straně měřicích transformátorů jsou přivedeny z externího zdroje přímo na svorky ochranného terminálu. OMICRON – řízený proudový zdroj slouží pro přivádění analogových vstupů do bloku ochran a pomocí jeho softwaru QuickCMC je naprogramován požadovaný průběh elektrických veličin. Při těchto sekundárních zkouškách byly současně zapojeny i obvody pro optickou komunikaci potřebné pro propojení ochranného terminálu REG670 se systémem NEMES. Pomocí propojení bylo možno vyzkoušet jak správnou vlastní komunikaci ochrany a NEMES, tak díky přeneseným záznamům bylo možno zkontrolovat správné působení ochrany, tedy reakce na zkušební napětí a proudy.

3.1.1 Připojení nového terminálu ochran

Připojení ochrany REG670, také označované jako –F30, k měřicím přístrojům probíhá podle zpracované výkresové dokumentace, která je zobrazena na volných listech přílohy 16 a 17 této diplomové práce.



Obr. 3.1: Zapojení svorkovnic ochrany k měřicím přístrojům – před připojením optických kabelů (vlevo) a po připojení optických kabelů (vpravo) [zdroj: archiv autora]

3.1.1.1 Svorkovnice X11 a X301

Svorkovnice X11 slouží k připojení napájecího modulu ochrany. Na svorky X11:4 a X11:5 se přivede ovládací napětí, tedy + pól a – pól stejnosměrného napětí 220 V, které bude v rozvaděči jištěno jističem -FA25 na HVB1 a -FA27 na HVB2 v 8. poli měření HCČ rozvaděčů BA-BD, jak již bylo zmíněno v kapitole [2.4](#).

Svorky X11:1–X11:3 slouží pro zapojení IRF, což je signalizace vnitřní poruchy ochrany. Ochrana provádí průběžně autodetekci interních poruchových stavů, pokud vyhodnotí chybový stav, aktivuje spínací kontakt, který sepne a signalizuje poruchu za celou rozvodnu na blokovou dozornu. Relé KA38 je signalizace IRF do NEMES, relé KT30 je místní signalizace na dveřích 8. pole rozvaděče. Tato místní signalizace navazuje na průběžnou přípojnicí, dále do sumární poruchy za rozvaděč a odtud na blokovou dozornu. Pro průběh zkoušek bylo zapojeno pouze X11:4 a X11:5 pro potřeby napájení elektrické ochrany.

Svorkovnice X301 je připojení modulu optické komunikace. Jedná se o Sériový a LON modul s komunikací dle protokolu IEC 61850, pomocí kterého je zajištěno propojení

ochrany se systémem NEMES. Komunikace je z důvodu kybernetické bezpečnosti pouze jednosměrná – ochrana posílá informace a poruchové záznamy do monitorovacího systému NEMES.

3.1.1.2 Svorkovnice X31

Svorkovnice X31 obsahuje binární vstupy. Na svorky X31:1 a X31:2 je připojeno tlačítko SH30 umístěné na dveřích rozvaděče (viz Obr. 3.12 a Obr. 3.13), toto tlačítko má funkci pro reset ochrany a spuštění záznamu zapisovače poruch DR.

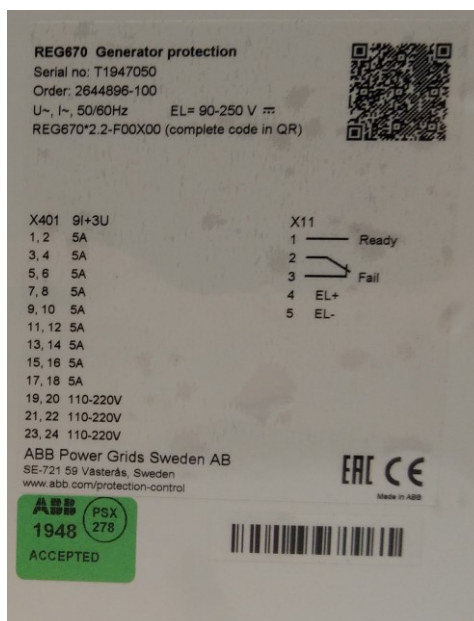
Svorky X31:3–X31:4 jsou využity pro hardwarovou blokádu konfigurace ochrany. Jedná se o opatření kybernetické bezpečnosti, kdy bez fyzického rozpojení těchto svorek není možná žádná změna nastavení parametrů ochranného terminálu.

Svorky X31:13–X31:16 jsou nově doplněné o binární vstupy, které zajistí signalizaci stavu vysunutí / zasunutí podvozku přímo na terminálu ochrany.

3.1.1.3 Svorkovnice X401

Svorkovnice X401 slouží pro připojení analogových měřených signálů. Svorky X401:7–X401:12 jsou proudové analogové vstupy. Jsou stejně zapojené jako u původní ochrany. Na straně vývodu jsou k těmto svorkám připojeny měřicí transformátory v nule HCČ a vyměřují proud za motorem. Svorky X401:1–X401:6 jsou téhož charakteru, ale připojené měřicí transformátory jsou umístěny přímo v rozvaděči 6,3 kV a vyměřují proud před motorem.

Nově připojené svorky X401:21 a X401:22 jsou určeny pro napěťové analogové vstupy, jak je patrné na výrobním štítku ochrany REG670, dle Obr. 3.2.



Obr. 3.2: Výrobní štítek terminálu REG670 [zdroj: archiv autora]

Na svorkovnici X401 a výše uvedené svorky byly při průběhu sekundárních zkoušek zapojeny analogové výstupy z testovacího zařízení OMICRON.

Po zkouškách na svorkovnici X401 bylo testovací zařízení OMICRON přepojeno na svorkovnici X31.

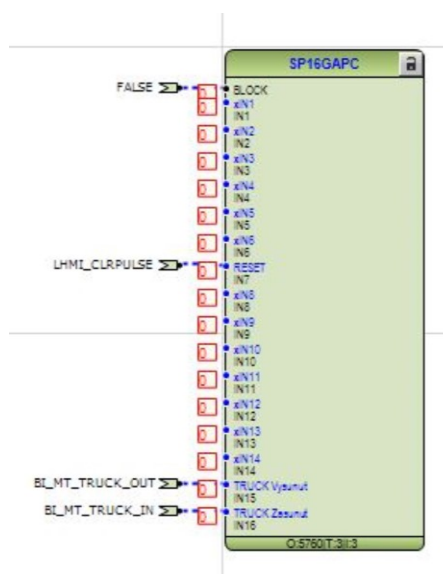
3.1.1.4 Svorkovnice X41

Svorkovnice X41 je určena pro zapojení binárních výstupů. Při vyměření poruchového proudu na analogových vstupech zapůsobí blok rozdílové ochrany v terminálu REG670, to způsobí aktivaci TRIP a ten zapůsobí do binárních výstupů BO.01 (vypnutí silového vývodového vypínače), BO.03 (blokáda zapnutí silového vývodového vypínače), BO.05 (spuštění ochrany selhání vypnutí vypínače), BO.07 (signalizace působení ochrany do monitorovacího systému). TRIP působí na všechny BO zároveň a také působí na signalizaci působení ochrany HL2, což je LED dioda umístěná na přední straně ochrany REG670. Pro napájení výstupních obvodů je využito ovládací napětí z potenciálu WS11:L8, pouze monitorovací systém NEMES má vlastní oddělené napájení +L(C).

3.1.2 Zkouška binárních vstupů ochran

Po připojení optického kabelu na FX(LC) port dojde k synchronizaci času ochrany a jejího připojení do monitorovacího systému NEMES. Jak již bylo zmíněno komunikace je pouze jednosměrná, vzdálená změna konfigurace se neprovádí z důvodu možného kybernetického zneužití. Dále je po připojení ochrany viditelná signalizace připravenosti ochrany READY.

Konfigurace ochrany byla testována pomocí programu PCM600, kde byly postupně vyzkoušeny signalizace jednotlivých bloků binárních vstupů tím, že byl simulován signál na působení jednotlivých binárních vstupů, např. signalizace zasunutí vozíku – TRUCK-IN, viz Obr. 3.3. Po zapůsobení signalizace na ochraně bylo ověřeno, že tento signál dále působí do monitorovacího systému NEMES, který byl nasimulován na tomtéž pracovišti. Pro zkoušky bylo použito virtuální testovací prostředí NEMES, z důvodu zamezení působení signalizace do skutečného zařízení v provozu.



Obr. 3.3: Zkouška signalizace do řídicího systému v programu PCM600 [zdroj: archiv autora]

3.1.3 Generování hodnot a zkoušení ochranných funkcí

3.1.3.1 AI01, AI02, AI03

Dále bylo připojeno testovací zařízení OMICRON na svorky X401:1-6 pro měřicí transformátory proudu AI01, AI02, AI03 vývodu z motoru na rozvodně 6,3 kV. Po připojení bylo vyzkoušeno přerušení jednotlivých fází $L1$, $L2$, $L3$, přičemž ochrana správně

do 60 s zahlásila OPEN CT, což je signalizace pro přerušení obvodu PTP. V programu QuickCMC byly nasimulovány provozní proudy $L1 - L3$, z nichž byly poté jednotlivé fáze nastaveny na hodnotu 0 A a poté se čekalo, zda zařízení zareaguje a zapůsobí na signalizaci TRIP do 60 s, dle výchozího nastavení ochrany.

V reálné situaci by došlo k TRIP ochrany v čase 250 ms, kdy ochrana zapůsobí a TRIP dále netrvá. Při těchto zkouškách bylo nasimulováno 10 s, abychom zjistili funkčnost TRIP.

3.1.3.2 AI01, AI04

Další zkouška se týkala změny frekvence, kdy byla odzkoušena blokáda působení ochrany REG670 při najíždění HCČ. V zařízení OMICRON byla nastavena frekvence na 2. řád harmonické složky proudu, což v případě základní harmonické 50Hz odpovídalo hodnotě 100Hz na fázi $L1$ a byla ověřena blokáda působení ochrany tím, že nepůsobil TRIP. Stejným způsobem byla zkouška provedena pro $L2$ a $L3$.

3.1.3.3 AU11

Připojením zařízení OMICRON na svorky X401:21-22 pro měřicí transformátory napětí bylo dosaženo možnosti měřit na ochranném terminálu i výkony, které ze samotných proudů změřit nelze. Toto připojení bude také nově doplněno při konečné montáži ochrany REG670 do 8. pole rozvaděče $BA-BD$. Další vlastností tohoto zapojení je, že si ochrana nastaví z napětí referenční kanál, díky kterému si dopočítá úhel fázového posuvu $L1-L3$ (0° , -120° , 120°). Referenční napětí je na ETE přivedeno z $L2$, proto je hodnota úhlu $L2 = 0^\circ$, viz také Obr. 3.5 a Obr. 3.6.


3.1.3.4 AI04, AI05, AI06

Dále byla provedena zkouška převodu transformátorů -TA, kde byly na svorkách X401:7-12 nasimulovány proudy pro $L1-L3$. Tyto -TA transformátory lze vidět na displeji na Obr. 3.15.

U měřicího transformátoru -TA12 s převodem 1500/5 A byly nastaveny proudy dle Obr. 3.4 v programu QuickCMC. Zadané hodnoty proudů jsou záměrně odlišné, protože zde zároveň proběhla i zkouška signalizace $L1-L3$ do NEMES. Díky odlišným hodnotám

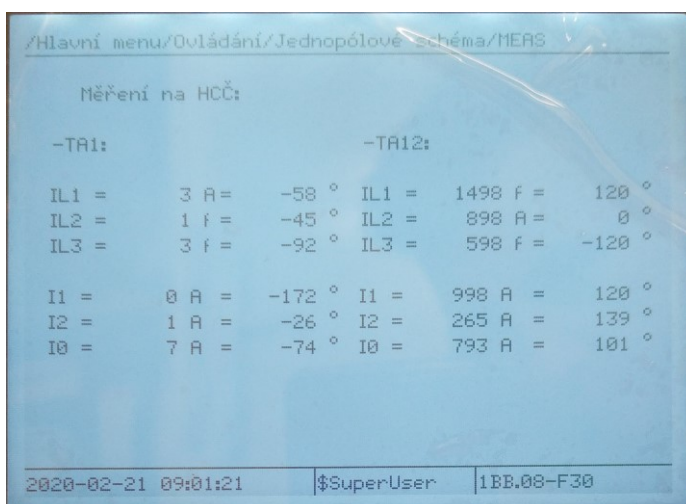
byly jednotlivé fáze snadněji určeny a ověřeny. Kontrola výstupních hodnot proudů $L1-L3$ je patrná na displeji ochrany REG670, viz Obr. 3.5.

Stejným způsobem byl odzkoušen převod u měřicího transformátoru $-TA1$, který má převod $2500/5$ A. Zde již byly nasimulovány proudy ve všech fázích stejné, tedy 5 A.



Signal	Magnitude	Phase	Real	Imaginary
V L2-E	57,74 V	-120,00 °	-28,87 V	-50,00 V
I L1	5,000 A	0,00 °	5,000 A	0,000 A
I L2	3,000 A	-120,00 °	-1,500 A	-2,598 A
I L3	2,000 A	120,00 °	-1,000 A	1,732 A

Obr. 3.4: Zadané proudy v programu QuickCMC pro zkoušku převodu $-TA12$ [zdroj: archiv autora]



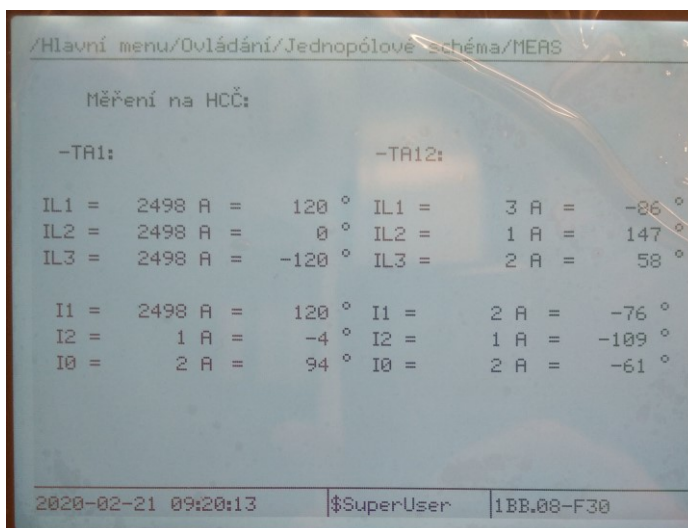
/Hlavní menu/Ovládání/Jednopolové schéma/MERS

Měření na HCC:

-TA1:			-TA12:		
IL1 =	3 A =	-58 °	IL1 =	1498 A =	120 °
IL2 =	1 A =	-45 °	IL2 =	898 A =	0 °
IL3 =	3 A =	-92 °	IL3 =	598 A =	-120 °
I1 =	0 A =	-172 °	I1 =	998 A =	120 °
I2 =	1 A =	-26 °	I2 =	265 A =	139 °
I0 =	7 A =	-74 °	I0 =	793 A =	101 °

2020-02-21 09:01:21 | \$SuperUser | 1BB.08-F30

Obr. 3.5: Výstupní hodnoty zobrazeného proudu $-TA12$ na displeji REG670 [zdroj: archiv autora]



/Hlavní menu/Ovládání/Jednopolové schéma/MERS

Měření na HCC:

-TA1:			-TA12:		
IL1 =	2498 A =	120 °	IL1 =	3 A =	-86 °
IL2 =	2498 A =	0 °	IL2 =	1 A =	147 °
IL3 =	2498 A =	-120 °	IL3 =	2 A =	58 °
I1 =	2498 A =	120 °	I1 =	2 A =	-76 °
I2 =	1 A =	-4 °	I2 =	1 A =	-109 °
I0 =	2 A =	94 °	I0 =	2 A =	-61 °

2020-02-21 09:20:13 | \$SuperUser | 1BB.08-F30

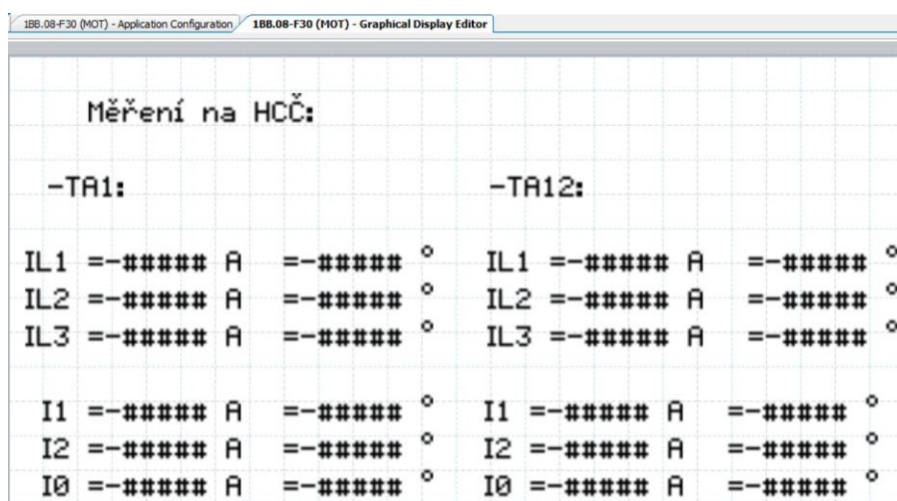
Obr. 3.6: Výstupní hodnoty zobrazeného proudu $-TA1$ na displeji REG670 [zdroj: archiv autora]

Tab. 3.1: Kontrola převodu proudů ochrany pro -TA12 a -TA1

	-TA12 1500/5 A			-TA1 2500/5 A		
	I ₁ [A]	I ₂ [A]	p	I ₁ [A]	I ₂ [A]	p
L1	5	1498	299,60	5	2498	499,60
L2	3	898	299,33	5	2498	499,60
L3	2	598	299,00	5	2498	499,60

Z výstupních hodnot zapsaných do Tab. 3.1 je patrné, že převod u jednotlivých fází je v souladu s parametry měřicích transformátorů.

Na displeji bylo během zkoušky převodu zjištěno špatné zobrazování jednotek *A*, viz Obr. 3.5, což bylo následně upraveno konfigurací ochrany v programu PCM600, konkrétně posunutím jednotlivých řádků v grafickém editoru ochrany, jak je zřejmé z Obr. 3.7.



Obr. 3.7: Grafické prostředí konfigurace ochrany v programu PCM600 [zdroj: archiv autora]

3.1.3.5 Zkouška rozdílové ochrany

Při zkoušce rozdílové ochrany byly použity hodnoty z měřicího transformátoru -TA12 v nulových vývodech motoru HČČ a -TA1 v rozvaděči 6,3 kV, viz předchozí kapitola. Dále byl zapsán jmenovitý proud *I*_{Base} motoru HČČ o hodnotě 880 A, viz příloha 5. Převody měřicích transformátorů a proudy *I*_{Base} jsou shrnuty v Tab. 3.2.

Tab. 3.2: Hodnoty PTP a IBase

	I ₁ [A]	I ₂ [A]		I _n [A]
-TA12	1500	5	IBase	880
-TA1	2500	5	IBase	880

Dále byly připojeny svorky dle tab. 3.3.

Tab. 3.3: Připojení analogových vstupů do REG670

Fáze	Zkoušený vstup I -TA1	Svorka	Zkoušený vstup I -TA12	Svorka
L1	X401	1	X401	7
L2		3		9
L3		5		11
N		2-4-6		8-10-12

Po připojení byl nastaven počáteční proud I_{dMin} na hodnotu 15 % měřících transformátorů -TA12 a -TA1. Tato hodnota necitlivosti je dána z důvodu nepřesnosti měření těchto transformátorů. Vzhledem k tomu, že mají -TA12 a -TA1 rozdílné převody, vzniká zde při měření chyba.

Dále byly dopočítány hodnoty pro náběh ochrany při daném měniči vztahem (4) a (5):

$$I_{-TA12} = \frac{1}{p} \cdot I_{BIAS} = \frac{I_{BIAS}}{1500} \cdot 5 = \frac{132}{1500} \cdot 5 = 0,440 \text{ A} \quad (4)$$

$$I_{-TA1} = \frac{1}{p} \cdot I_{BIAS} = \frac{I_{BIAS}}{2500} \cdot 5 = \frac{132}{2500} \cdot 5 = 0,264 \text{ A} \quad (5)$$

Proud tekoucí vinutím motoru I_{BIAS} , neboli tzv. zkušební proud odpovídá při náběhu 15 % I_{Base} hodnotě 132 A.

Z výpočtu pro –TA12 byla vytvořena Tab. 3.4 pro porovnání vypočtených hodnot s hodnotami naměřenými.

Tab. 3.4: –TA12 – Měření náběhu ochrany v L1–L3 v nulových vývodech

Fáze	Nastaveno IdMin [-]	I_{vyp} [A]	$I_{měř}$ [A]	I_{nast} [A]	Naměřená hodnota t [ms]
L1	0,15	0,44	0,458	1,00	25,8
L2			0,461		26,5
L3			0,457		32,6

Měření probíhalo v programu QuickCMC. Měřili jsme zde hodnotu proudu fáze L1, při které zapůsobí rozdílová ochrana. Vypočtená hodnota pro zapůsobení byla $I_{vyp} = 0,44$ A. Na měřicím zdroji proudu se zvyšovala hodnota proudu a v momentě zapůsobení ochrany byla testovacím zařízením odečtena proudová hodnota $I_{měř} = 0,458$ A. Kritérium pro úspěšnou zkoušku bylo působení v rozmezí ± 25 mA od vypočteného I_{vyp} . Poté byla měřena doba reakce ochrany. Vypnul se zkušební zdroj proudu. Proud se nastavil na hodnotu $I_{nast} = 100$ % pro okamžité vybavení ochrany a měřila se doba od zapnutí zdroje po sepnutí binárních výstupů signalizujících působení ochrany. Tento postup byl opakován pro fáze L2, L3.

Tab. 3.5: –TA1 – Měření náběhu ochrany v L1–L3 v rozvaděči 6,3 kV

Fáze	Nastaveno IdMin [-]	I_{vyp} [A]	$I_{měř}$ [A]	I_{nast} [A]	Naměřená hodnota t [ms]
L1	0,15	0,264	0,275	1,00	32,6
L2			0,279		35,5
L3			0,275		35,0

Stejně jako v předchozím měření i v Tab. 3.5 bylo postupováno stejným způsobem pro měnič –TA1. Hodnoty jsou opět v intervalu, který je zde rovněž ± 25 mA.

Z porovnání naměřených a výsledných hodnot je patrné, že při zkoušce byla prokázána správná funkce rozdílové ochrany REG670.

3.1.4 Protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce elektrických ochran pro vývody měření HCČ vypracovává firma ABB Power Grids Czech Republic s.r.o. v Trutnově. Obsahem protokolu je sumace zde uvedených kapitol, včetně zapsání měřicích přístrojů, naměřených hodnot a tabulek pro označení kontroly jednotlivých binárních vstupů, výstupů a působení ochrany REG670.

Dále je uvedeno odzkoušení komunikace s monitorovacím systémem NEMES. Tento protokol je předán systémové správě, která tuto dokumentaci dále archivuje.

3.2 Elektrické zajištění pracoviště na příkaz „B“

Po provedených sekundárních zkouškách bylo možné zahájit fyzickou realizaci záměny. Před vlastním zahájením prací na rozvodně bylo nutné z důvodů uvedených v kapitole [2.4.3.2](#) celý rozvaděč elektricky zajistit.

V předešlé kapitole [2.6.3.2.1](#) byl probrán důvod požadovaného zajištění rozvodny III. kategorie 6,3 kV na příkaz „B“. Přílohou 7 a 8 této diplomové práce je kopie příkazu „B“, podle kterého byla zajišťována rozvodna 6,3 kV *2BC*.

Zajišťovaná rozvodna 6,3 kV musí být před samotným zajišťováním odlehčena od napájené technologie a napájecích transformátorů úsekových rozvaděčů 0,4kV tak, aby přes tyto transformátory nehrozil zpětný proud z těchto úsekových rozvaděčů, které mohou být napájené z rezervních zdrojů napětí. Před zajišťováním na „B“ příkaz byly tyto úsekové a podružné rozvaděče 0,4 kV, zmanipulovány na napájení z rezervních přívodů tak, aby nebylo omezeno napájení technologie, kterou tato sekce napájí, tedy napájení spotřebičů primárního, sekundárního okruhu a venkovních objektů. Zároveň se zajištěním rozvodny *2BC* probíhá zajištění rozvodny 6,3 kV II. kategorie ZN 3. systému *2BX*, znázorněno na Obr. 1.10, která je nominálně napájena z druhé sekce *2BC*, konkrétně pole *2BC.24*.

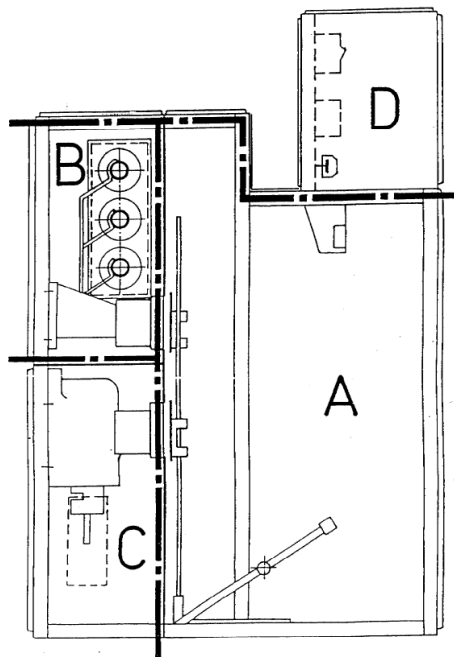
Rozvodna NN se v rámci odstávky hlavního výrobního bloku zajišťuje po jednotlivých rozvodnách *BA*, *BB*, *BC*, *BD*, přičemž je zde prováděna kompletní revize. V rámci revize rozvodny se provádí několik pracovních příkazů podle naplánovaných činností. Blíže se budeme věnovat pouze záměně elektrických ochran, která je předmětem této diplomové práce.

Zajištění rozvodny na příkaz „B“ je dle požadavku denního plánu ETE vystaveno písemnou formou v kanceláři SMEL, kde je provedeno podle neměnných pracovních postupů P-J-B před prací, ve kterém si SMEL a vedoucí práce ujasní způsob zajištění, možná rizika a komunikaci při práci.

3.2.1 I. kapitola příkazu „B“ – popis zajišťovaného zařízení

Tato kapitola příkazu „B“ slouží k popisu zajišťovaného zařízení. Je zde určen vedoucí práce a členové pracovní skupiny. Dále je zde uvedeno pracoviště, které bude zajištěno pro práce a jaký druh prací se zde bude provádět. Důležitou částí této kapitoly je zařízení, které je rozsahem zajištění nedotčené samotným zajištěním a může být tedy pod napětím.

V tomto případě je zde uveden zajišťovaný rozsah rozvodny, pole *2BC.2–2BC.35* – vývody na motory – prostor A, B, D, a *2BC.3* – prostor C, což označuje části rozvaděče, kde bude probíhat práce, viz Obr. 3.8. Tyto prostory budou vymezeny a viditelně označeny. Do této části tedy spadá i zajištění vývodu pro HCČ tedy *2BC.8* a *2BC.9*. Pod napětím zůstanou části uvedené v příloze 11 v odstavci nejbližších zařízení nedotčených zajištěním nacházejícím se v místě práce. Patří sem pracovní přívody do *2BC*, rezervní přívody do *2BC* a zemní transformátory. Uvedené zařízení musí být viditelně označeno „Pod napětím“. Tato zvýrazněná část je tak výstrahou pro pracovníky provádějící práce.



Obr. 3.8: Řez skříní rozvaděče typu SR [32]

V další části jsou informace o vedoucím práce, který bude na zařízení pracovat. Dále je zde uvedeno číslo přílohy příkazu „B“, která obsahuje jednotlivé kroky postupu pro zajištění zařízení. Podle této přílohy se také kontroluje správnost zajištění a vymezení pracoviště při předání pracoviště vedoucímu práce určenému pro práce na zajištěném zařízení.

Poslední část I. kapitoly je podpisová. Svými podpisy zde SMEL a realizátor zajištění potvrdili provedení P-J-B a vzájemné předání / převzetí „B“ příkazu, přičemž realizátor zajištění provedl seznámení své pracovní skupiny, která rovněž potvrdila svými podpisy.

3.2.2 II. kapitola příkazu „B“ – zajištění zařízení

Druhá kapitola dokumentu je určena pro průběh zajištění. Je zde uvedena příloha příkazu „B“, viz příloha 9–12, podle které se zařízení kompletně zajistí a předá se VP na zařízení.

3.2.3 III. kapitola příkazu „B“ – kontrola a předání zajištěného zařízení

Třetí kapitola je již po zajištění zařízení, kdy je zařízení uvedeno do požadovaného stavu pro práce. V případě zmiňovaného příkazu „B“ bylo zajištění provedeno na předcházející noční směně.

Zajištění rozvoden, případně vybraných pohonů, se provádí tímto osvědčeným způsobem z toho důvodu, že většina zaměstnanců dodavatelských firem má druhý den na ranní směně připravené zajištěné zařízení pro naplánované pracovní činnosti a nevzniká zde prodleva z důvodu poměrně časově náročného zajišťování. Při generální odstávce je kladen požadavek na koordinaci práce tak, aby byly časové prodlevy co nejmenší.

Po provedení zajištění zařízení realizátorem zajištění je vyplněná písemná forma včetně přílohy „B“ příkazu vrácena zpět do kanceláře SMEL. Poté je možno toto zařízení předat pro práce určenému VP. SMEL pověří pracovníka elektro (v tomto případě TP-IE), aby společně s VP provedli kontrolu zajištění zařízení dle „B“ příkazu a jeho přílohy. Tato kontrola je ve stejném rozsahu jako samotné zajišťování. TP-IE by měl být v obraze, měl by být seznámený se schématem napájení a vymezeným pracovištěm. Při kontrole by si měl počínat tak, jako by zařízení sám zajišťoval, tedy podle kroků v příloze, aby bylo nezávisle ověřeno zajištění zařízení a aby byla opětovnou kontrolou vyloučena možná chyba. TP-IE provedl s VP kontrolu všech kroků a na závěr sepsal do předávací části zařízení, které zůstává vzhledem k „B“ příkazu nedotčené zajištěním a poučil ho o tom, že na tomto zmíněném zařízení nesmí pracovat. Dále TP-IE poučil VP pro práce o BOZP na pracovišti a způsobu evidence práce na „B“ příkazu.

V případě tohoto zajištění TP-IE a VP pro práce potvrdili svými podpisy předání / převzetí zařízení do údržby a od chvíle podpisu VP začíná běžet doba 24 hodin, což je stanovená maximální doba platnosti „B“ příkazu. Po této době je nutné provést znovu kontrolu zajištění pracoviště a poučení pracovníků.

3.2.4 IV. a V. kapitola příkazu „B“ – předávání zařízení VP

Čtvrtá kapitola je určena pro VP na zařízení, kteří se střídají v rámci směny. Je zde splněna podmínka platnosti „B“ příkazu do 24 h, kdy se během této doby přeruší práce. Oba VP si zkontrolují zajištěné zařízení a u SMEL, z důvodu evidence obsluhy elektro, se

oba podepíší. V tomto příkazu „B“ je zařízení předáváno více dní vzhledem k rozsáhlosti prací na rozvodně 2BC. Takto zajištěné zařízení může být platné až 14 dnů. Při dlouhodobém zajištění je po 14 po sobě jdoucích dnech nutné na zařízení vystavit na nový „B“ příkaz.

VP si mohou předat „B“ příkaz i mimo předávání směny v případě nutnosti. K tomu je určena V. kapitola tohoto dokumentu.

3.2.5 VI. a VII. kapitola příkazu „B“ – ukončení prací a odjištění zařízení

Po ukončení prací na rozvodně III. kategorie NN 2BC je zařízení předáno opět do provozu. SMEL pověří určenou pracovní skupinu v čele s VP pro odjištění, kteří provedou odjištění zařízení dle přílohy „B“ příkazu.

Po odjištění zařízení se dle manipulačního postupu uvedou úsekové rozvodny opět do nominálního stavu napájení a operátoři blokové dozorny si po ukončení ze strany elektro mohou zmanipulovat a nastavit technologii podle provozních předpisů.

3.3 Montážní část

Montážní část je demonstrována na rozvodně 2BB z důvodu směnného provozu a postupnému snižování počtu zaměstnanců v prostorách ETE vzhledem k nařízeným bezpečnostním opatřením během roku 2020. Práce prováděné na zajištěné rozvodně 2BC probíhaly za stejných pracovních postupů jako na ostatních rozvodnách VS, zároveň je toto zařízení vybaveno stejnou technologií, tudíž je možno pro znázornění montážních a dalších činností použít materiály a dokumentaci z jakékoliv rozvodny 6,3 kV III. kategorie NN, tedy BA-BD.

Před demontáží byl na rozvodnu dopraven servisní stojan, viz Obr. 3.9, na kterém jsou již předem vyzbrojené dveře přístrojové části rozvaděče 2BB.8 včetně napojení kabeláže, kde byly jednotlivé dráty označeny a připraveny pro zapojení do rozvaděčové svorkovnice podle výkresové dokumentace, viz volné listy přílohy 16 a 17.



Obr. 3.9: Dveře přístrojové části 2BB.8 před montáží do rozvaděče 2BB [zdroj: archiv autora]

3.3.1 Demontáž původního bloku ochran

Na rozvodně 2BB byla provedena kompletní demontáž dveří přístrojových částí 2BB.8 včetně demontáže digitální dvoubodové rozdílové ochrany RET316*4 z pole 2BB.8, viz Obr. 3.10 a Obr. 3.11. Na Obr. 3.10 je patrné vymezení pracoviště informativními tabulkami vyplývající z elektrického zajištění rozvodny, kterému se věnovala kapitola [3.2](#).

Při odpojování probíhala kontrola správně zapojených drátů dle výkresové dokumentace, viz volné listy přílohy 16 a 17, a jejich postupné ohmické proměřování pro ověření správnosti zapojení a shodnosti s výkresovou dokumentací. Po demontáži veškeré kabeláže byly odstraněny stávající dveře přístrojové části rozvaděče. Nový blok ochran bude díky vnějšímu umístění ovladatelný přímo ze dveří, bez nutnosti otevírat přístrojovou část rozvaděče, jako tomu bylo do této záměny.

Dále proběhla demontáž zařízení SPA-ZC 402. Tento převodník byl původně osazen, protože ochrana RET316*4 nebyla kompatibilní s protokolem IEC 61850. V souvislosti s demontáží převodníku byl odpojen jistič –FA26, který sloužil pro jeho napájení DC 220 V. Tento jistič bude ponechán v poli jako nezapojená rezerva.



Obr. 3.10: Demontáž původních dveří přístrojové části 2BB.8 a 2BB.9 [zdroj: archiv autora]



Obr. 3.11: Přístrojová část 2BB.8 včetně původní ochrany RET316*4 [zdroj: archiv autora]

3.3.2 Montáž a připojení elektrické ochrany REG670 do rozvaděče 2BB

Po demontážních pracích dle předešlé kapitoly byly osazeny nové dveře přístrojové části 2BB.8 s předpřipravenou ochranou REG670, viz Obr. 3.12.

Na dveřích je patrný rozdíl nově zrealizované signalizace stavu zasunutí podvozku, která je v rámci modernizace nyní zobrazena pomocí LED osvětlení náhradou za původní signalizaci, jinak známou jako „kukačka“. Dále je na nových dveřích doplněn reset ochrany REG670 a nově jsou přesunuty zásuvky XJ1, XJ2, kde jsou kontakty pro rozpínací přípravek či zkušební zásuvku.



Obr. 3.12: Osazení nových dveří přístrojové části 2BB.8 [zdroj: archiv autora]

Z vnitřní strany dveří přístrojové části 2BB.8, viz Obr. 3.13, je patrné zapojení elektrické ochrany -F30 REG670 včetně zásuvek XJ1 a XJ2, na kterých je patrné sériové zapojení jednotlivých drátů na mechanismus rozpojování pomocí zásuvného přípravku. Dále je zde zapojeno tlačítko resetu ochrany SH30, signalizace poruchy HL30, zkouška signalizační žárovky tlačítkem SB30 a paketový ovladač pro zapínání / vypínání ovládací napětí pole 2BB.8.

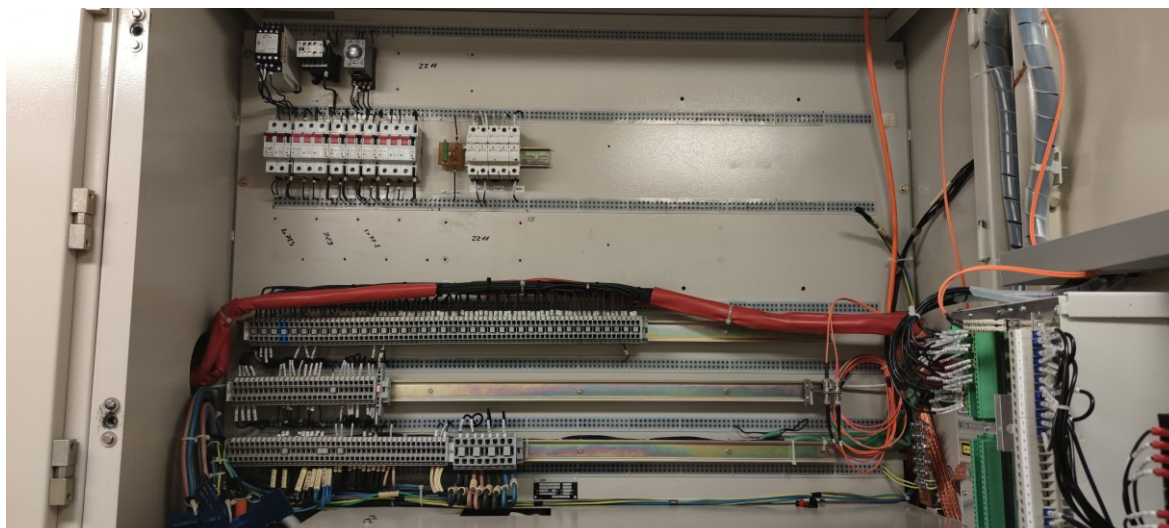
V poli 2BB.9 nebude touto modernizací provedena žádná změna zařízení. Ochrana SPAM 150 C, bude ponechána, vzhledem k tomu, že nebyla předmětem této investiční akce. Ochranné terminály SPAM 150 C se již sice pomalu přestávají vyrábět, ovšem o jejich záměně se nyní teprve diskutuje. Jejich používání je tedy otázkou ještě několika dalších let.



Obr. 3.13: Vnitřní strana dveří 2BB.8 [zdroj: archiv autora]

Po montáži byly opět ohmicky pomocí multimetru proměřovány jednotlivé kontakty nově napojených drátů tak, aby byla provedena kontrola správnosti zapojení, viz následující kapitola.

Na Obr. 3.14 je zobrazena konečná fáze zapojení nové ochrany REG670 do rozvaděče 2BB včetně zmiňovaného příslušenství dveří. Je zde zřetelné demontování ochrany RET316*4, starých zkušebních zásuvek, ponechání jističe –FA26 jako rezervy a umístění nové kabeláže.



Obr. 3.14: Konečné zapojení nových dveří a jejich výzbroje do rozvaděče 2BB [zdroj: archiv autora]

3.3.3 Odzkoušení

Cílem zkoušek nainstalovaných ochran ve vývodech na HCČ 2BA-2BD.8 je kontrola a zdokumentování zařízení tak, aby byla provedená záměna terminálů elektrických ochran v souladu s původními požadavky a stávajícím projektem.

Zkoušky se provádí podle technicko-operativního postupu, což je dokument, kterým jsou stanoveny podmínky, způsob činnosti a pracovní postup při testech a zkouškách na technologickém zařízení, včetně bezpečnostních opatření. Dokument obsahuje cíl, bezpečnostní rizika, včetně opatření pro jejich eliminaci a výchozí stav, ve kterém je možno zahájit činnosti. Dále je v TOP uveden soupis sledovaných parametrů, postup činnosti, konečný stav po ukončení testování a kritéria úspěšnosti.

3.3.3.1 Úvodní ustanovení TOP

V úvodu je stanoven cíl – vyzkoušení části zařízení po provedení modernizace ochran REL316 za nové terminály typu REG670. Zkoušky zde budou komplexní včetně provedení výchozí revize. [33]

3.3.3.2 Bezpečnostní rizika

V této části TOP jsou uvedena rizika, která hrozí u nadcházejících zkoušek zařízení. Jedním z rizik je nežádoucí ovlivnění stavu provozovaného rozvodu zařízení, což znamená, že v případě zkoušek hrozí přenesení signálu a falešné zapůsobení poruchy, např. ASV. To by mohlo způsobit, dle již probrané kapitoly [1.7.7.5](#), vypnutí nadřazeného

vypínače sekce a uvést tak do neprovozního stavu napájenou technologii celé této sekce. Opatření je zde řešeno blokováním nežádoucího působení do provozovaného rozvodu, které se provedlo přímým zablokováním ASV na dveřích rozvaděče. Toto blokování automatik je součástí zajištění příslušného pole dle požadavku na zajištění příslušného úPP. Do požadavku na zajištění také patří zajištění vypínače 6,3 kV v revizní poloze a zajištění pomocného napětí.

3.3.3.3 Výchozí stav před zahájením zkoušky

Výchozí stav je před každými pracemi či manipulacemi prováděnými na ETE kontrolním bodem před samotným zahájením těchto prací. Výchozí stav se dá považovat za tzv. „checklist“, kde jsou jednotlivé odrážky s požadovaným stavem technologie postupně kontrolně potvrzeny. Opět se zde sníží vznik možné chyby, ať už konfigurace zařízení či lidské nepozornosti.

Ve výchozím stavu tohoto TOP je uvedeno, že se blok musí nacházet v odstávce. Dále zde uvádíme, že proběhlo ukončení záměny elektrických ochran zkoušeného zařízení a že ochrany jsou prvotně vyzkoušené po montáži a je provedena výchozí revize elektro. V dalších bodech je uvedeno již zmíněné zablokování ASV zkoušených vývodů a v poslední bod obsahuje nahlášení prováděných zkoušek na blokovou dozornu HVB2. Všechny z bodů výchozího stavu jsou splněny, je tedy možné pokračovat do dalšího bodu tohoto TOP.

3.3.3.4 Postup zkoušky

Postup zkoušky je sepsán tabulkovou formou, podle které jsou prováděny jednotlivé kroky (připojení, zapnutí, kontrola parametrů, apod.), které se po splnění stvrzují podpisem do podpisového pole. Opět je takto dbáno na přesné prozkoušení všech součástí elektrických ochran tak, aby byly v provozu spolehlivé. Kontroly jsou rozděleny podle rozvodu tak, jak jdou postupně za sebou z důvodu lepší orientace a návaznosti prováděných kontrolních zkoušek.

Zkoušky budou dále popisovány v rozvaděči 2BC, na kterém bylo provedeno zajištění na příkaz „B“. Výchozím stavem těchto zkoušek dle TOP je dokončení instalace nových dveří přístrojové části daného pole vývodu rozvaděče. Dále je rozvodna bez napětí pole

2BC.8 zajištěno na PNZ úPP. Jsou vypnuta ovládací napětí, blokováno ASV a ze zkoušeného terminálu jsou vysunuty konektory pro BI a BO, viz kapitola [3.1.1](#).

Průběh zkoušek je přesně definován v dokumentu TOP, podle kterého byla zkouška ochrany –F30 REG670 provedena. Tato zkouška byla provedena podle přiloženého postupu v příloze 13, 14 a 15 ve spolupráci s VP úPP pro záměnu elektrických ochran na elektricky zajištěné rozvodně 2BC.

Výchozí stav souhlasil, a tak byla provedena zkouška ochrany REG670 po jednotlivých krocích dle tabulky pro postup zkoušky, viz zmíněné přílohy 13, 14 a 15.

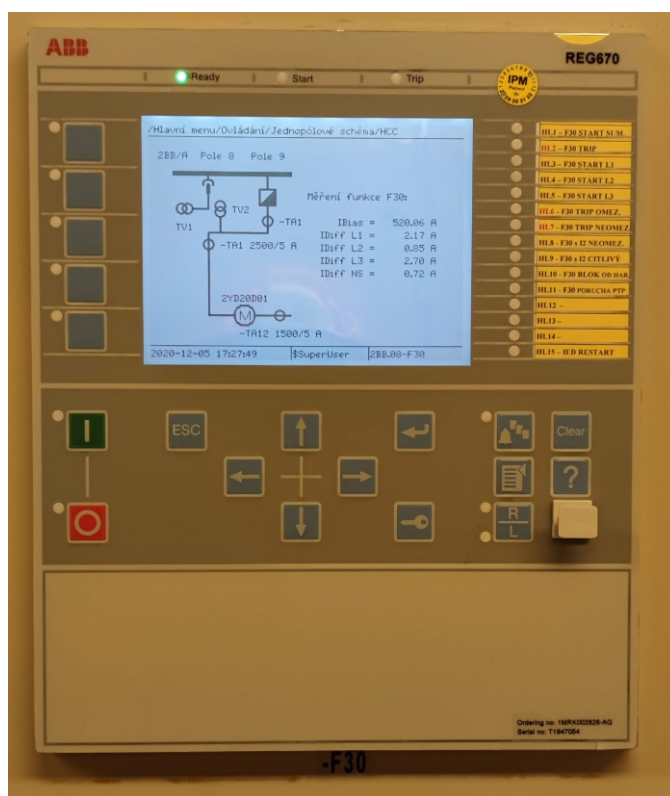
3.3.3.5 Konečný stav

V konečném stavu, dle schváleného TOP, podle kterého byla zkouška prováděna, nově nainstalované zařízení REG670 včetně příslušenství vyhovělo jednotlivým zkouškám pro rozvodny 2BA-2BD. Zařízení je po těchto zkouškách provozuschopné a může být použito v ostrém provozu. Zařízení tedy bude po závěru zkoušek předáno provozu ukončením pracovního příkazu pro montáž a zkoušky ochrany v kanceláři SMEL a poté bude opět odjištěno na příkaz „B“, dle kterého bylo toto zařízení zajištěno, viz kapitola [3.2](#) a přiložené přílohy 8–12.

Po odjištění je zařízení uvedeno do provozu, jak je zřejmé z Obr. 3.15 kdy je patrná LED signalizace zasunutí podvozku a ochrana REG670 signalizuje provoz. Dále je na Obr. 3.16 přiblížena ochrana REG670 zobrazující měřené parametry. Rozvaděč je bez signalizace poruchy a ochrana bez TRIP a signalizace poruch HL1-15.



Obr. 3.15: Přístrojová část 2BB.8 v provozu [zdroj: archiv autora]



Obr. 3.16: Terminál ochrany -F30 REG670 pole 2BB.8 v provozu [zdroj: archiv autora]

3.3.3.6 Výchozí protokol

Výchozí protokol, který stanovuje kritéria úspěšnosti, je stanoven oficiální písemnou formou vyhodnocení operativního programu, zkráceně VOP.

Ve VOP je shrnuta akce odzkoušení záměny ochran přívodů rozvoden *2BB*, *2BC* a ochran čerpadel HCC. Je zde uveden název a datum jednotlivých zkoušek. Ty byly prováděny v termínech zajištění rozvoden 6,3 kV III. kategorie NN.

Na *2BB* proběhla zkouška v termínu od 19. 6. do 20. 6. 2020, na *2BC* proběhla v termínu od 5. 7. do 7. 7. 2020. Dále je zde uveden cíl zkoušky a kritéria úspěšnosti. Je zde stanoveno, že po cílových změnách jsou funkce zařízení v souladu s provádějícím projektem a všechny návaznosti jsou rovněž funkční, což bylo potvrzeno provedenými zkouškami dle TOP a což je patrné z konce předešlé kapitoly, kdy bylo zařízení uvedeno do provozu.

4 Závěr

Záměna elektrických ochran vybraných vývodů ve vlastní spotřebě výrobního bloku JE Temelín je dle předešlých kapitol velmi rozsáhlé téma a jednotlivé fáze záměny, ve kterých se samotná ochrana nachází, jsou svým rozsahem zajímavá. Samotnou práci jsem koncipoval tak, aby přiblížila tuto poměrně málo rozebíranou část zařízení, kterou ale rozhodně nelze považovat za nedůležitou, vzhledem k faktu, že ochrany jsou jedním ze zásadních prvků zabraňujících škodám na zařízení či jiným hospodárným újmám.

Jednotlivé kapitoly teoretické části jsem pojmal tak, aby si čtenář prohloubil znalosti technologických návazností jednotlivých podpůrných objektů na hlavní výrobní bloky. Přiblížil jsem technickou dispozici hlavního výrobního bloku, přičemž jsem popsal primární a sekundární okruh, rozvodnu a další části. Kapitulu o elektro části jsem koncipoval tak, aby bylo možné navázat na kapitolu o hlavních cirkulačních čerpadlech, která jsou bezesporu dominantou technického zařízení výrobního bloku a je nezbytné pochopit jejich význam ve výrobě. Rozebral jsem jednotlivé režimy napájení vlastní spotřeby bloku, konkrétně jakým způsobem tyto režimy ovlivňují chod HCČ, která jsou za nominálního provozu největšími odběrateli elektrické energie ve vlastní spotřebě HVB. Vysvětlil jsem, jak samotná čerpadla působí na napájecí rozvodny, jaké automatiky je ovládají a jakými ochranami byly před záměnou vybaveny.

V teoretické části této diplomové práce bylo mou snahou nejen teoreticky zmapovat jednotlivé části JE Temelín, ale také tyto informace obohatit o aktuální zkušenosti, probíhající a budoucí investiční akce vedoucí k postupné modernizaci zařízení a postupnému navýšení výkonu dle stávajících výkonových rezerv.

V dalších částech této diplomové práce jsem věnoval pozornost vývodu HCČ, provedením jednotlivých rozvaděčů a jejich osazeným ochranám. V těchto kapitolách jsem uvedl odůvodnění potřeby modernizace elektrických ochran a následný návrh záměny. Dále jsem popsal požadované funkce na terminál REG670 a následně sestavil harmonogram pro záměnu elektrických ochran, od kterého se odvíjely i další kapitoly této práce.

Praktickou část jsem rozdělil na jednotlivé fáze prací tak, aby zohledňovala poměrně časově náročný proces postupu záměny. Ochrany jsme počátečně odzkoušeli a po zkouškách připravili pro montáž. Dále jsem seznámil čtenáře se systémem zajišťování rozvodu vysokého napětí v rámci odstávek bloku na příkaz „B“, kde jsem uvedl jednotlivé kroky v návaznosti na sestavený harmonogram záměny elektrických ochrany. V dalších částech jsem prakticky nahlédl do demontáže původních elektrických ochrany na rozvodně vlastní spotřeby s postupnými kroky vedoucími k osazení nových bloků ochrany REG670 včetně uvedení nové výkresové dokumentace. Po montážních pracích jsem dále rozebral jednotlivé zkoušky dle platné provozní dokumentace, kontroly a uvedení zařízení zpět do provozu.

Praktickou část této diplomové práce jsem zpracoval tak, aby poskytla náhled do jednotlivých činností nejen zaměstnancům, kteří se na výměně podíleli, ale i dalším osobám z oboru, které by práci mohly využít k rozšíření znalostí o daném zařízení, což by jim mohlo pomoci v budoucí praxi. Pro provozní personál, zejména pro odbornost elektro či budoucí operátory blokové dozorny a další provozní profese, je velmi přínosné znát nejen to, jakým způsobem elektrické ochrany vývodů v provozu pracují, ale i to jakým způsobem se docílí, aby tyto ochrany byly správně nastaveny, odzkoušeny a nasazeny do ostrého provozu, ve kterém musí vzhledem ke svému charakteru fungovat přesně, spolehlivě a bezporuchově.

Mezi další vhodnou modernizaci rozvaděče pro vývod na motor HCC, kterou jsem konzultoval se správou, by bylo zařadit záměnu ochrany SPAM 150 C a SPAJ 144 C, jak již bylo zmíněno v kapitole [2.1.1](#) a v kapitole [3.3.1](#). Tyto ochrany stejně jako vyměněné RET316*4 čeká konec výroby a servisní podpory.

Další možnou modernizací zařízení naznačuje použití PTP ve stávajícím zařízení, jak již bylo zmíněno v kapitole [2.2.3](#), kde jsem diskutoval nad tématem záměny PTP z důvodu jejich zkrácených výstupních hodnot při jejich přesycení. Vzhledem k tomu, že se postupně nahrazuje zařízení rozvaděče, jako jsou např. výkonové vypínače 6,3 kV a elektrické ochrany, je potřeba nahlížet i na další prvky. Tato modernizace, kterou jsem opět diskutoval se správou, by mohla proběhnout v rámci nadcházejících investičních akcí, a to záměna PTP za modernější VN proudové a napěťové senzory od firmy ABB. VN senzory mají příznivější vliv na spotřebu elektrické energie, z toho vyplývají nižší ztráty a

v případě vyšších hodnot vstupních proudů zde není problém s přesycováním jako u PTP. Z toho důvodu již není nutností ověřovat správnou funkci senzorů při návrhu elektrických ochran a zásadně tím měnit návrh projektu. Ovšem tyto senzory je možné použít na většinu vývodů kromě vývodů na HCC, což tuto poměrně zajímavou inovaci bohužel zcela vylučuje. Hlavním důvodem nevhodnosti VN senzorů je, že produkují napětí úměrné proudu a vzhledem k úbytku napětí daného délkou vedení by docházelo k velkému zkreslení. HCC mají totiž jedny z nejdelších napájecích kabelů z rozvodny v sekundární části až do nuly motoru umístěného v kontejnmentu primární části. VN senzory jsou tedy velmi vhodné svým širokopásmovým použitím a univerzálností pro motory do vzdálenosti 10 metrů, např. napájecí čerpadla, která mají rozvaděč s terminálem elektrických ochran přímo vedle motoru.

Poslední diskutovanou možností modernizace zařízení je dnes již velmi prosazovaná digitalizace. Konkrétní digitalizací by bylo možné modernizovat samotný výkonový vypínač. Řídicí systém by měl signalizaci nastřádání pohonu vypínače 6,3 kV, vypnutý / zapnutý stav by byl také vyřešen datově, čímž by se minimalizovala potřeba spínacích relé. Vše je ovšem nejen otázkou vložené investice, ale i časově náročného procesu, na který poukazuje obsah této práce.

Mou snahou v této diplomové práci je poukázat na důležitost postupné modernizace stávajícího zařízení, i přestože během provozu zařízení pracovalo s minimální chybovostí. Tyto modernizace a investiční akce vedou k tomu, že se spolehlivost provozovaných zařízení pohybuje v přímém či zvyšujícím se trendu, což je cílem jaderné bezpečnosti a bezpečné výroby elektrické energie v JE Temelín.

Seznam literatury a informačních zdrojů

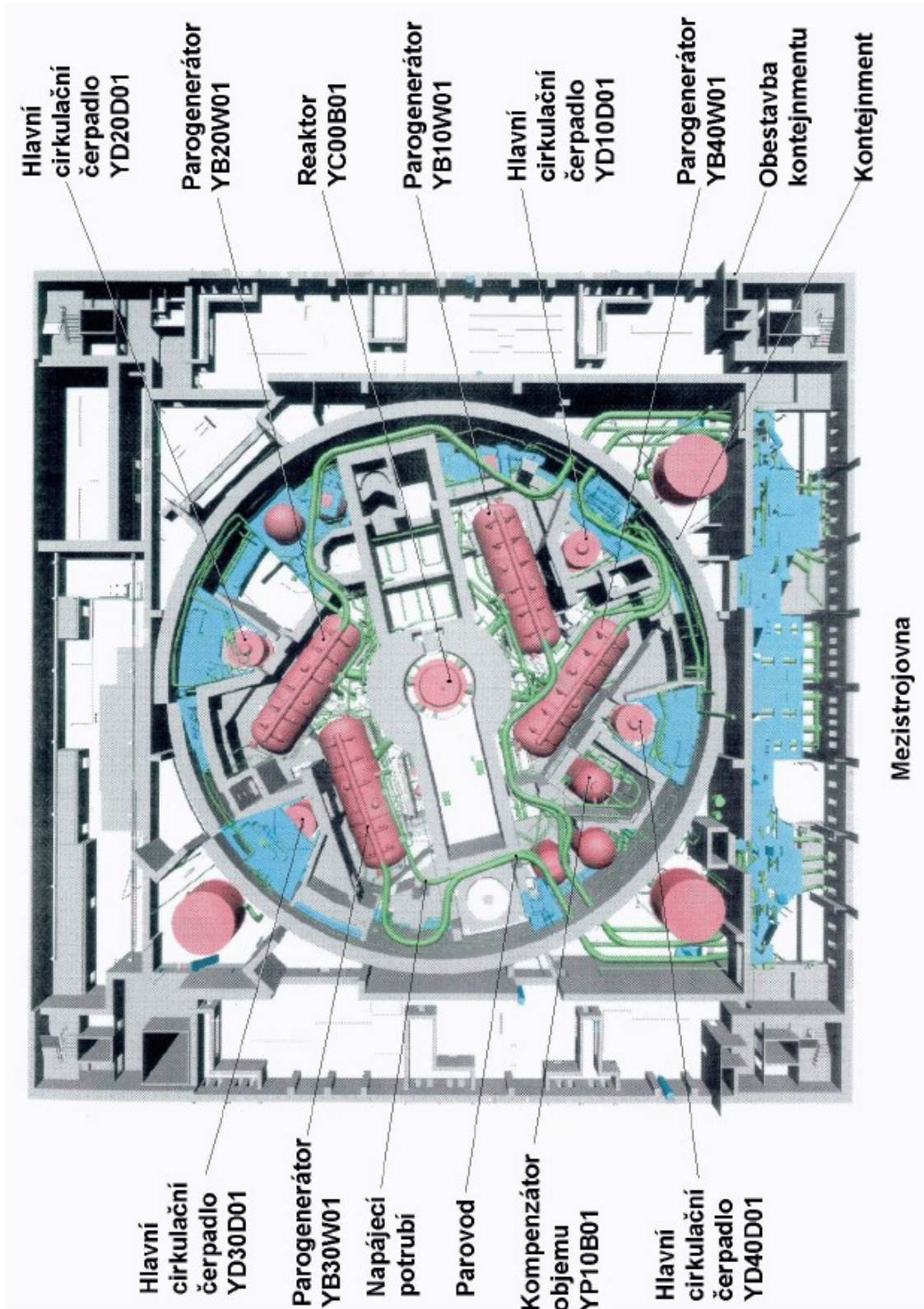
- [1] ekolist.cz. Historie výstavby Jaderné elektrárny Temelín. [online]. Poslední změna 25.10.2020. [Cit. 25.10.2020]. Dostupné z: <http://www.ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/historie-vystavby-jaderne-elektrarny-temelin>
- [2] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: PROVOZ JE*. Brno, 2012
- [3] DOHNÁLEK, Petr. *Ochrany pro průmysl a energetiku*. SNTL, Praha, 1991. ISBN 80-03-00630-9.
- [4] Český statistický úřad. Výroba a spotřeba elektrické energie v roce 2019. [online]. Poslední změna 27.10.2020. [Cit. 27.10.2020]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xb/vyroba-a-spotreba-elektricke-energie-v-jihomoravskem-kraji-v-roce-2019>
- [5] obnovitelne.cz. Německá energetika trhá rekordy. [online]. Poslední změna 27.10.2020. [Cit. 27.10.2020]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1148/nemecka-energetika-trha-rekordy-vic-nez-polovinu-vyroby-pokryvaji-obnovitelne-zdroje/>
- [6] Skupina ČEZ. Jaderná elektrárna Temelín. [online]. Poslední změna 27.10.2020. [Cit. 27.10.2020]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete>
- [7] euro. ČEZ začal stavět teplovod z Temelína, má pokrýt třetinu spotřeby města. [online]. Poslední změna 27.10.2020. [Cit. 27.10.2020]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/cez-zacal-stavet-teplovod-z-temelina-do-budejovic-ma-pokryt-tretinu-spotreby-mesta-1443575>
- [8] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Dispoziční uspořádání JE VVER 1000*. Brno, 2013
- [9] ScienceDirect. Alexandria Engineering Journal. [online]. Poslední změna 28.10.2020. [Cit. 28.10.2020]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016817301370#f0005>
- [10] Tenza. Rekonstrukce výměňkové stanice v Temelíně. [online]. Poslední změna 28.10.2020. [Cit. 28.10.2020]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/media/aktuality/rekonstrukce-blokove-vymenikove-stance-v-temeline/>
- [11] DVOŘÁK, Radek. *Interní školící materiály: Nová bloková výměňková stanice (BVS)*. Tenza, a.s., Temelín, 2019
- [12] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Elektrická část JE VVER 1000, I. část*. Brno, 2012
- [13] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Elektrická část JE VVER 1000, Modul 1*. Brno, 2015
- [14] Osti.gov. Chernobyl unit 4: The Reactor, The accident, The consequences. [online]. Poslední změna 9.2.2010. [Cit. 14.11.2020]. Dostupné z: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1124413>
- [15] ENERGOPROJEKT Praha a.s., *Jaderná elektrárna Temelín – Podklady pro posouzení vlivu na životní prostředí*. Praha 2012
- [16] OENERGETICE.cz, *Jaderná elektrárna Temelín – technický skvost z jižních Čech*. [online]. Poslední změna 15.2.2016. [Cit. 14.11.2020]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderna-elektrarny/jaderna-elektrarna-temelin-technicky-skvost-z-jiznich-cech>

- [17] ČEZ, a.s., Virtuální prohlídky ČEZ. [online]. Poslední změna 14.11.2020. [Cit. 14.11.2020]. Dostupné z: <http://virtualniprohlidky.cez.cz/cez-temelin/>
- [18] SÚJB, Sklad vyhořelého jaderného paliva Temelín. [online]. Poslední změna 15.11.2020. [Cit. 15.11.2020]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/jaderna-zarizeni/sklady-vyhoreleho-jaderneho-paliva/sklad-vyhoreleho-jaderneho-paliva-temelin/>
- [19] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Primární část JE VVER 1000, Základní zařízení primárního okruhu, díl I.* Brno, 2017
- [20] OENERGETICE.cz, Diverzifikace jaderného paliva pro reaktory typu VVER. [online]. Poslední změna 17.11.2020. [Cit. 20.10.2015]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/jaderna-zarizeni/sklady-vyhoreleho-jaderneho-paliva/sklad-vyhoreleho-jaderneho-paliva-temelin/>
- [21] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Primární část JE VVER 1000, Modul I.* Brno, 2020
- [22] Skupina ČEZ, *Interní školící materiály: Sekundární část JE VVER 1000, I.díl.* Brno, 2019
- [23] Skupina ČEZ, Temelín má za sebou největší transport za posledních dvacet let. [online]. Poslední změna 9.5.2020. [Cit. 19.11.2020]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/temelin-ma-za-sebou-nejvetsi-transport-za-poslednich-dvacet-let.-prepravovane-zarizeni-ma-pomoci-zvysit-vykon-83425>
- [24] Skupina ČEZ, *Interní archiv: Historická fotodokumentace.* Temelín, 2020
- [25] OENERGETICE.cz, Jak vypadá Fukušima 7 let po havárii? [online]. Poslední změna 8.11.2018. [Cit. 22.11.2020]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderna-elektrarny/vypada-fukusima-7-let-havarii-diky-virtualni-prohlidce-muzete-sami-navstivit>
- [26] český rozhlas, Elektrárnu Temelín posílí nový generátor. [online]. Poslední změna 5.5.2014. [Cit. 22.11.2020]. Dostupné z: <https://budejovice.rozhlas.cz/elektrarnu-temelin-posili-novy-generator-poslouzi-jako-zalozni-zdroj-energie-7157504>
- [27] deník.cz, V elektrárně Temelín začne provozní test nových dieselgenerátorů. [online]. Poslední změna 15.8.2014. [Cit. 22.11.2020]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/v-elektrarne-temelin-zacne-provozni-test-novych-dieselgeneratoru-20140815.html>
- [28] Skupina ČEZ, *Interní archiv: Výkresová dokumentace – HVBI – přehledové schéma napájení zařízení 1. systému ZN + IBA.* Temelín, 2015
- [29] Skupina ČEZ, *Interní provozní předpisy.* Temelín, 2020
- [30] ABB, Motor Protection Relay. [online]. Poslední změna 24.11.2020. [Cit. 24.11.2020]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/1943ed61ff245fafc1257176002a5712/SPAM150C_tob_750384_ENc_2010.pdf
- [31] ABB, Motor Protection Relay. [online]. Poslední změna 25.11.2020. [Cit. 25.11.2020]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/8267b8b55aa2cb79c12574580042e76b/1MRK504007-BEN_A_en_RET_316_4_Numerical_Transformer_Protection.pdf
- [32] Skupina ČEZ, *Interní provozní dokumentace, 0TAP015, Administrativní provozní předpis – Místní provozní bezpečnostní instrukce elektro a SKŘ.* Temelín, 2020
- [33] Skupina ČEZ, *Interní provozní dokumentace, 2TOP2020/012 – 2GO20 – Odzkoušení změny F605 – Záměna ochran přívodů rozvoden 2BB, 2BC a ochran čerpadel HCC.* Temelín, 2020

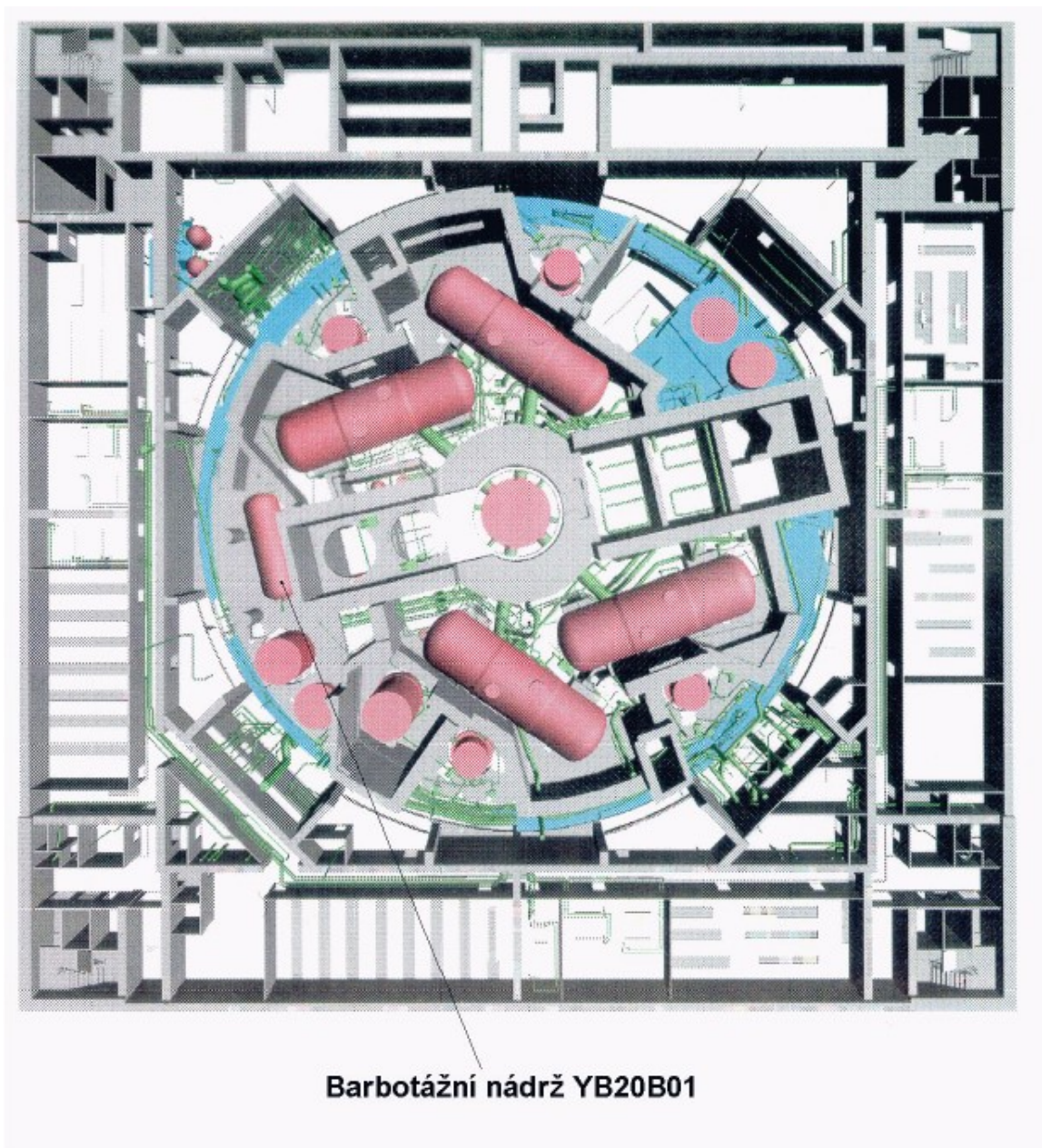
- [34] Skupina ČEZ, *Interní výkresová dokumentace*. Temelín, 2020
- [35] PROCHÁZKA, Martin. ABB, Senzory VN – moderní měření napětí a proudu. [online]. Poslední změna 16.11.2017. [Cit. 5.12.2020]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107045A6907&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch&DocumentRevisionId=A>
- [36] Technický týdeník, Energetika a automatizace. [online]. Poslední změna 1.1.2006. [Cit. 7.12.2020]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/energetika-a-automatizace_13320.html
- [37] PEŠEK, Josef. *Skripta: Jištění a pojistky*. SOŠ a SOU, Jindřichův Hradec, 2017

Přílohy

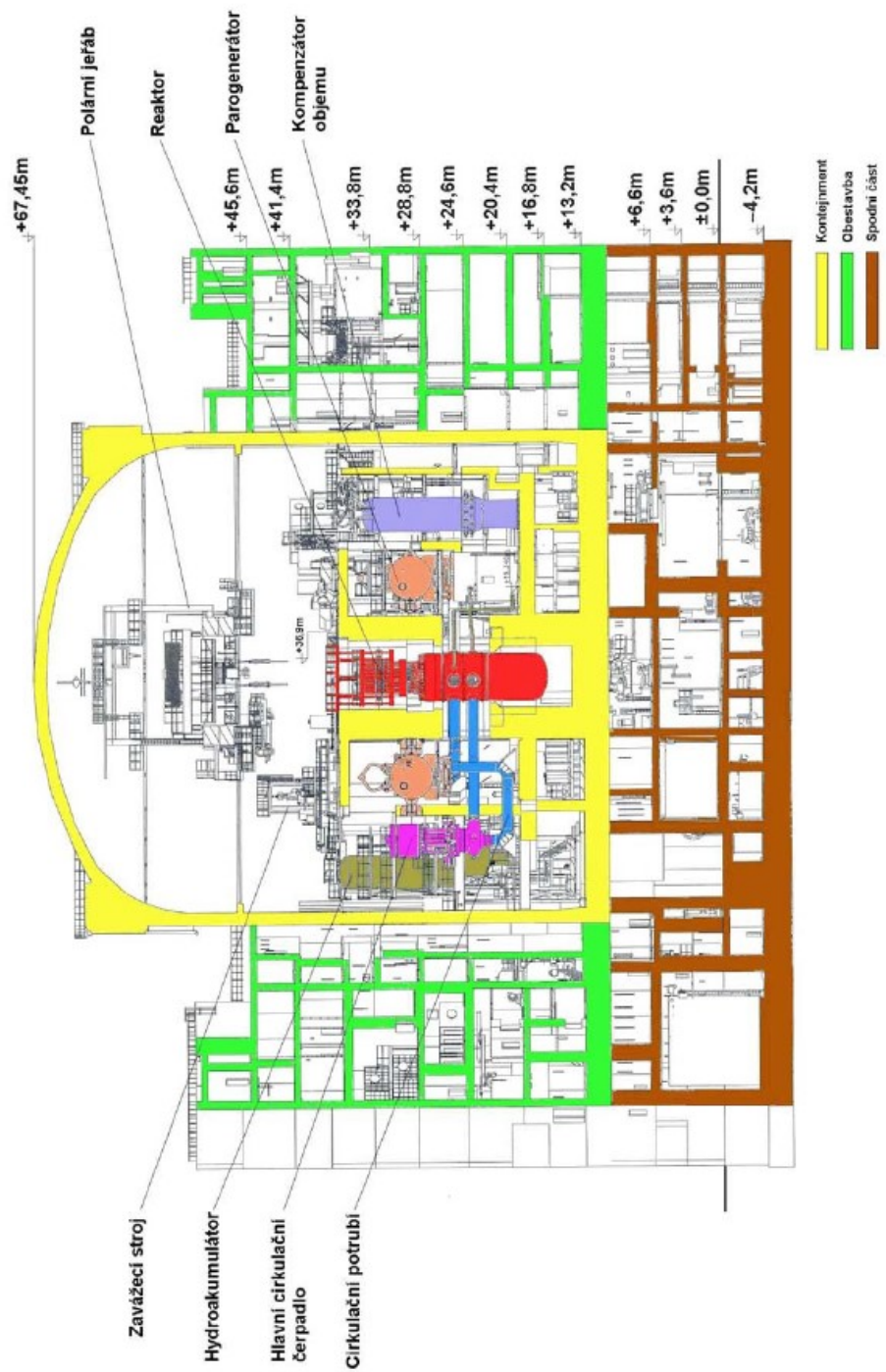
Příloha 1 – Dispoziční uspořádání primárního okruhu z podlaží +33,6 m VVER 1000 [19]



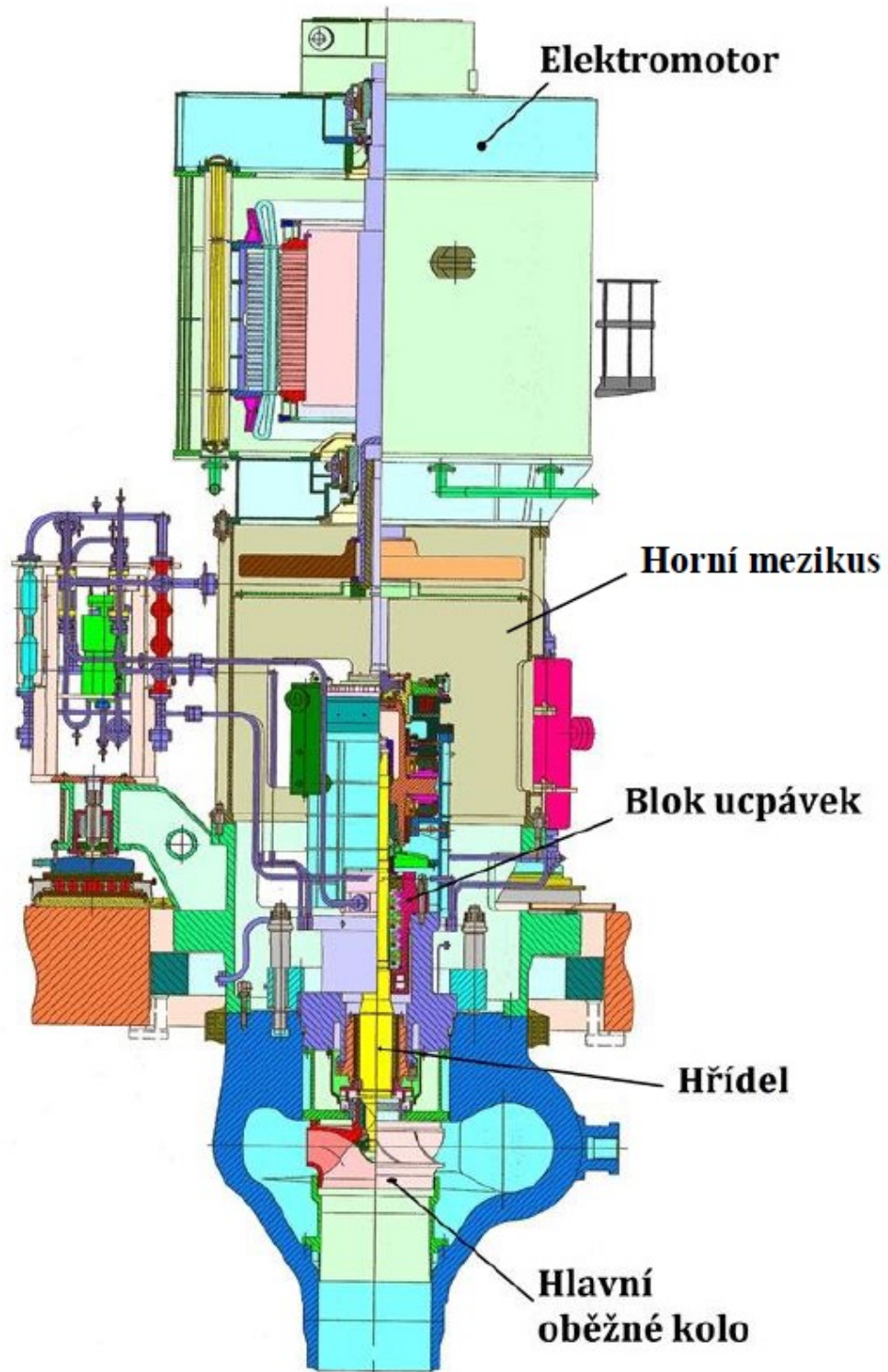
Příloha 2 – Dispoziční uspořádání primárního okruhu z podlaží +24,6 m VVER 1000 [19]



Příloha 3 – Řez budovou reaktoru VVER 1000 [19]




Příloha 4 – Hlavní cirkulační čerpadlo GCN-195M [19]



Příloha 5 – Základní technické údaje HCČ GCN–195M [19]

Typ	GCN 195 M
Čerpadlo	
nominální průtok při jmenovitých parametrech I.O.	21200 m ³ /hod
teplota teplotnosného média (chladiwa I.O)	290 ÷ 320 °C
tlak na sání	15,3 MPa
výtlačná výška	93 ± 3,5 m
počet synchronních otáček	1000 ot/min
příkon při provozu s horkou vodou max.	5100 kW
příkon při provozu se studenou vodou	max. 6800 kW
teplota těsnící vody na vstupu do HCČ	max. 70 °C
přetlak těsnící vody nad tlakem ve výtlaku HCČ	0,49 ÷ 0,79 MPa
teplota oleje na vstupu do axiálního ložiska	20 ÷ 41 °C
průtok mazacího turbínového oleje	26,5 ÷ 28,5 m ³ /hod
dodávka technické vody celkem	171,5 m ³ /hod
Elektromotor	
maximální výkon	8000 kW
jmenovité napětí	6 kV
jmenovitý proud	880 A
max. rozběhový proud	8 x Inom
kmitočet napájecí sítě	50 Hz
synchronní otáčky při 50 Hz	995 ot/min
jmenovitý skluz	0,6 %
dovolené snížení napětí při provozu na „studené“ a horké vodě	0,65 nom. (V)
dovolená teplota statoru	110 °C
dovolená teplota rotoru	110 °C

Příloha 7 – Kopie příkazu „B“: 16928/261 strana 1 [32]

PŘÍKAZ „B“ č. 016928 kniha č. **261**  ČEZ a.s.

I Pro p. SPOUZA (7320) aby s p. POPHANGL (6643) A BEVES (226)
 zajistil - zkontroloval zajištění - 2BC. 2 ÷ 3S (PROSTOR 4 A, B, D) 2BC. 3 (PROSTOR C) -
 pracoviště na zařízení PŘIPOJENÍ MOJHO VÝVODU, 8BC. 1, OBG. 3 - PŘÍSTROJNÁ ČÁST (PROSTOR D)
 druh práce : - bez napětí¹⁾
 - pod napětím
 - v blízkosti napětí¹⁾
 pro práce 2BC(FCOS) VYTIENIA STAVAJICICH OCHRAN + PRACE DLE ZP/SP 30112594

Pod napětím zůstane : 2BC. 1 ÷ 3C, 8BC. 1 ÷ 3 - DR+HR + PŘÍPOJNICE R2; ZV MBEZ 2BC A 2BT, OBG, ZFX, ZDK
ZCT, ZCD, PCSAR, 1CRO1, 2CQ2 - PŘÍPOJNICE R2; 8BD - R2 GKV; 2BCOT2.1, 2; ZBDOT2.1, 2 - ŽENUJ TRAFÁ

Zajištěné pracoviště převezme dozor - dohléd - vedoucí práce¹⁾ p. Timko (674) dne 02.07.2020
 Nedílnou součástí tohoto příkazu „B“ je - není¹⁾ příloha č. 16928/261 (ZP: 30112594)
 Příkaz „B“ vydal O, T, P, R²⁾ dne 1.7.20 hod. 19:30 jméno VALACH (619) podpis [Signature]
 Příkaz „B“ převzal dne 1.7.2020 hod. jméno SPOUZA podpis [Signature]
 S postupem zajištění byli seznámeni dne 1.7.2020
 Jméno POPHANGL, BEVES hod. 19:30 podpis [Signature]

II Úkony pro zajištění - kontrolu zajištění¹⁾ pracoviště
 (Vypnutí, odpojení, zajištění vyp./odp.stavu, odzkoušení, oddělení, uzemnění/zkratování, označení, vymezení)
POZOR - PRÁCE POD NAPĚTÍM¹⁾

krok č.	úkony pro zajištění pracoviště	místo - zařízení	čas (datum)	podpis
1.	Kontrola OOPP	Ověření funkčnosti a platnosti revizí OOPP na pracovišti	19:50	[Signature]
2.	Pracoviště zajištěno (kontrola zajištění provedena) - dle přílohy příkazu „B“ č. 16928/261 (ZP: 30112594)		23:30	[Signature]

III Zajištění provedl - zkontroloval¹⁾ a pracoviště předal jméno Timko (3253) podpis [Signature]
 Zajištěné pracoviště zkontroloval, ověřil funkčnost OOPP, platnost jejich revizí, vzal na vědomí, že nejbližší části pod napětím jsou :
8BC A 8BD ROZVÁŽEČE GKV; OBG - ROZVÁŽEČ GKV;
2BC. 1 A 2BC. 3C - HR+DR 2BC. 2 A 2BC. 4 - 3S. R2;
2BC. 01.2.1, 2BC. 02.2, 2BC. 02.2.1, 2BC. 02.2.2 - ŽENUJ TRAFÁ

a převzal dne 2.7.2020 hodin 6:55 jméno Timko (674) podpis [Signature]
 Stvrzujeme, že jsme byli před zahájením práce seznámeni a poučeni o zajištění pracoviště a o nejbližších částech pod napětím :

jméno	podpis	jméno	podpis
SADÍČEK	[Signature]	Doušák 2248	[Signature]
Dupal 3716	[Signature]	Kaňka 2471	[Signature]
Michálek 5010	[Signature]	FAIT 2411	[Signature]
Kouřil 905	[Signature]	Andruš 9503	[Signature]
Probeš 2266	[Signature]	Doušák 1004	[Signature]
KOŤ 485	[Signature]	Čermák L 9274	[Signature]
SARŠULA 2085	[Signature]	ČERMÁK P 9279	[Signature]
PLIVA 2210	[Signature]	Díhaň 73	[Signature]
Lysytskiyi 8428	[Signature]	Díra 2912	[Signature]

¹⁾ nehodící se škrtní, jiné škrtní nebo přepisování není dovoleno
²⁾ způsob vydání příkazu (O - osobně, T - telefonicky, P - poslem, R - radiofonicky) zakroužkuj SKRTOVÁNÍ 3865
ZOUŠKA 3600

Příloha 8 – Kopie příkazu „B“: 16928/261 strana 2 [32]

IV	Práce přerušena v hod. 17 ³⁰ jméno <u>Timko</u> podpis
	Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 2.7. hod. 17 ³⁰ a pracovníky poučil: jméno <u>HULEŠ</u> podpis
	Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>
	Práce přerušena dne 3.7. hod. 6 ¹⁵ jméno <u>HULEŠ</u> podpis
	Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 3.7. hod. 6 ¹⁵ a pracovníky poučil: jméno <u>Timko</u> podpis
	Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>
	Práce přerušena dne 3.7. 2020. hod. 17 ³⁰ jméno <u>Timko</u> podpis
	Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 3.7. hod. 17 ³⁰ a pracovníky poučil: jméno <u>HULEŠ</u> podpis
	Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>
	Práce přerušena dne 4.7. hod. 16 ³⁰ jméno <u>HULEŠ</u> podpis
Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 4.7. 2020. hod. 6 ³⁰ a pracovníky poučil: jméno <u>Timko</u> podpis	
Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>	
Práce přerušena dne 4.7. 2020. hod. 19 ³⁰ jméno <u>Timko</u> podpis	
Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 4.7. hod. 17 ³⁰ a pracovníky poučil: jméno <u>HULEŠ</u> podpis	
Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>	
Práce přerušena dne 20.5.7. hod. 12 ⁰⁰ jméno <u>HULEŠ</u> podpis	
Zajištění pracoviště podle příkazu „B“ znovu zkontroloval: dne: 6.7. hod. 8 ⁰⁰ a pracovníky poučil: jméno <u>HULEŠ</u> podpis	
Podpisy poučených pracovníků : <u>...</u>	
Práce přerušena dne 6.7. 2020. hod. 23 ⁰⁰ jméno <u>HULEŠ</u> podpis	
V	Změna vedoucího práce v případě nutného vzdálení v průběhu směny Pracoviště a příkaz „B“ předal dne hod. jméno podpis
 převzal dne hod. jméno podpis
	Pracoviště a příkaz „B“ předal dne hod. jméno podpis
VI	Práce skončeny, zaměstnanci odvoláni a příkaz „B“ předal: jméno <u>Timko</u> podpis
	dne 7.7. 2020. hod. 15 ⁰⁰ komu: jméno <u>VACACU (69)</u> podpis
VII	Pověřuji pana <u>TRNKA (645)</u> aby s panem <u>SPOLCOU (7320)</u> odjíztil pracoviště
	Příkaz vydal dne 7.7. 2020. hod. 15 ¹⁵ jméno <u>VACACU</u> podpis
	S postupem odjištění byli seznámeni dne 7.7. 20 hodin 15 ²⁰ podpis
	Pracoviště odjíztil dne 7.7. 2020. hod. 18 ⁵⁰ jméno <u>TRNKA</u> podpis
VIII	Příkaz „B“ a pracoviště převzal dne 7.7. 20 hodin 19 ⁰⁰ podpis
	Pracoviště zůstane zajištěno z důvodu jméno podpis

Příloha 9 – Kopie přílohy příkazu „B“: 16928/261 strana 1 [32]

Příloha příkazu "B" : 16928/261

ZP: 30112594

Úkony pro zajištění – kontrolu zajištění: **2BC.2 ÷ 35** (prostory A, B, D)**2BC.3** (prostor C) – připojení nového vývodu**8BC.1** – přístrojová část (prostor D)**0BG.3** – přístrojová část (prostor D)

Ovládací obvody nn jsou zajištěny dle požadavku na zajištění v napájecích rozvaděcích.

Kroky č. 53 ÷ 61 přidány z důvodu zajištění pro investiční akce F605 a D149. Po ukončení těchto prací bude provedena ZSZ na odjištění ovládacích obvodů v napájecích rozvaděcích.

Ovládací obvody v místě práce nejsou součástí zajištění zařízení vn a jejich zapnutí / vypnutí je zcela v kompetenci vedoucího práce. Zapnutí si vedoucí práce provádí samostatně s ohledem na bezpečný průběh prací.**1) Zajistit dle protokolu zajištění APS3 č.: 20 / 023 (KL APS: 20 / 023).****2) Před osazením relé -KT5 namísto přípravku pro blokování vypnutí vypínače spojky ověř absence napětí 220V DC mezi svorkami č. 2 a 7 při zapnutých ovládacích obvodech! V opačném případě KT5 neosazuj a vyhledej zdroj závady!****3) Pro správnou funkci schémových automatik v uzlu SRDGS HVB2 naforsujte, ve spolupráci se SMSKŘ, simulaci stavu vypínače na „C“. Při zajišťování nejdříve naforsujte signál v systému SKŘ a poté zajistíte požadovaný vývod na „A“. Při odjišťování je postup opačný.****Práce v kabelovém prostoru „C“ skříňového rozvaděče a manipulace s clonami zakrývacími DR jsou ZAKÁZÁNY! Kromě pole 2BC.3**

Poř. čís.	Úkony pro odpojení a zabezpečení proti opětovnému připojení nebo zapnutí zajišťovaného Zařízení	Místo - zařízení	Zajištění provedl	Odjištění provedl
	Před zajištěním rozvaděče 2BC zabezpečte ve spolupráci s BD a SMSKŘ forsování stavů H1, H2 u vybraných AČ dle ZJK SKŘ 30112594 / SKŘ . Po odjištění rozvaděče 2BC zabezpečte ve spolupráci s BD a SMSKŘ odforsování.			
2.	Zajištění APS 3. systému	typ zajištění 2 ¹⁾		
3.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	0BG.3 – vypínač VF + jističe FA10, FA11		
4.	Vysunutí do RP + ovl. obvody	0BG.1 – odpoj. můstek + jistič FA11		
5.	Kontrola spuštění izolační zábrany	0BG.1 – HR		
6.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	0CS18.1 – vypínač + jističe FA10, FA11		
7.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	1CR01.1 – vypínač + jističe FA10, FA11		
8.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	2CB01.1 – vypínač + jističe FA10, FA11		
9.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	2CQ2.9 – vypínač + jističe FA10, FA11		
10.	Blokování vypnutí vypínače spojky	2CQ2.9A-KT5		2)
11.	Vypnutí + ovl. obvody + RP	2CT1.1 – vypínač + jističe FA10, FA11		
12.	Blokování vypnutí vypínače spojky	2CT1.1A-KT5		2)
13.	Vypnutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BX.1 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
14.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BK.8 – vypínač VF zajistit na „C“		
15.	Zajištění signálu akčního členu uzlu SRDGS ³⁾	2BC.34 – 2JZ34A003A/SH39, výstup z OR A603Z269, scan OFF do log 1		

U:\ACEZ\DJE\90E0TE1_Provoz\09_Sdílený_odbor\ODBORNOSTIV\ZAJKANC\ELEKTROZP_vytvořené_ZAJKANC\2020\30112594-2BC.2÷35_ovl_8BC.1_Red_přB.docx

Příloha 10 – Kopie přílohy „B“: 16928/261 strana 2 [32]

16.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP ³⁾	2BC.34 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
17.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.2 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
18.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.1 – odpoj. můstek + paket. vyp. SA11		
19.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.35 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
20.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.36 – odpoj. můstek + paket. vyp. SA11		
21.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.17 – vypínač VF zajistit na „C“		
22.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.18 – odpoj. můstek zajistit na „C“		
23.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.20 – vypínač VF zajistit na „C“		
24.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.19 – odpoj. můstek zajistit na „C“		
25.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.3 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
26.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.4 – vypínač VF		
27.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.5 – vypínač VF		
28.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.6 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
29.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.7 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
30.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.9 – vypínač + paket. vyp. SA11		
31.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.8 – můstek měř. + paket. vyp. SA11		
32.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.10 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
33.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.11 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
34.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.12 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
35.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.13 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
36.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.14 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
37.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.15 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
38.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.22 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
39.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.23 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
40.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.24 – vypínač VF zajistit na „C“		
41.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.25 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
42.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.26 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
43.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.27 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
44.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.28 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
45.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.29 – vypínač VF		
46.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.30 – vypínač VF		
47.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.31 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
48.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.32 – vypínač VF		
49.	Kontrola vypnutí + spuštění izolační zábrany + RP	2BC.33 – vypínač VF + paket. vyp. SA11		
50.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.16 – měřící můstek + paket. vyp. SA11		
51.	Vysunutí + kontrola spuštění izolační zábrany + RP	2BC.21 – měřící můstek + paket. vyp. SA11		
52.	Vysunutí do RP + ovl. obvodu	8BC.3 – můstek + paket. vyp. SA11		
53.	Vypnutí + ovl. obvodu + RP	8BC.1 – vypínač + paket. vyp. SA11		
54.	Vypnutí přívodu ss. pomocného napětí	2EE51.1A – 2BC.1-05-QM11		
55.	Vypnutí přívodu ss. pomocného napětí	2EE51.1A – 2BC.36-06-QM11		
56.	Vypnutí přívodu ss. pomocného napětí	2EE52.13A – 2BC.1-05-QM11		
57.	Vypnutí přívodu ss. pomocného napětí	2EE52.13A – 2BC.36-06-QM11		
58.	Vypnutí přívodu stř. pomocného napětí	2CB01.14A – 2BC.1-07-QM1		

Příloha 11 – Kopie přílohy „B“: 16928/261 strana 3 [32]

59.	Vypnutí přívodu stř. pomocného napětí	2CB01.14A – 2BC.36-09-QM1		
60.	Vypnutí přívodu stř. pomocného napětí	2EN52.3 – 2BC.1-01-QF1		
61.	Vypnutí přívodu stř. pomocného napětí	2EN52.3 – 2BC.36-25-QF1		

Poř. čís.	Úkony pro ověření beznapětového stavu a zkratování zajišťovaného Zařízení	Místo - zařízení	Zajištění provedl	Odjištění provedl
62.	Ověření beznap. stavu + osazení ZS	2BC.16 – HR ZS č.: 2.828		
63.	Ověření beznap. stavu + osazení ZS	2BC.21 – HR ZS č.: 2.829		
64.	Ověření beznap. stavu + osazení ZS	2BC.3 – DR ZS č.: 2.826		

Poř. čís.	Úkony pro zajištění pracoviště	Na zařízení	Zajištění provedl	Odjištění provedl
65.	Osazení bezpečnostních tabulek a vymezení pracoviště	2BC.2 ÷ 35 (prostor A, B, D), 2BC.3 8BC.1 (prostor D), 0BG.3 (prostor D)		
66.	Osazení bezpečnostních tabulek a vymezení nejbližšího zařízení nedotčeného zajištěním	2BX.1, 2BK.8, 0BG.1, 3, 8BC, 8BD, 2CT1.1, 2CB01.1, 1CR01.1, 0CS18.1, 2CQ2.9; 2BC0TZ1; 2BC0TZ2; 2BD0TZ1; 2BD0TZ2		

67.	Požadavek na zablokování působení HZO *** ANO <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>	2BC.2-F19 (provede SYS ochran)		
68.	Požadavek na zablokování působení HZO *** ANO <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/>	2BC.35-F19 (provede SYS ochran)		

*** HZO je nutné blokovat v případě, kdy je rozvodna zajištěna souběžně se zapnutým pracovním napájením 2. HVB (V052).

Nezajištěné a nezakryté živé části ZAJIŠŤOVANÉHO zařízení:

2BC.1÷36 – DR + HR + přípojnice rozvaděče;
ZV mezi 2BC a 2BT;
8BC.1÷3 – DR + HR + přípojnice rozvaděče;
0BG, 2BX, 2BK – přípojnice rozvaděčů;
2CT1, 2CB01, 0CS18, 1CR01, 2CQ2 – přípojnice rozvaděčů

Nezajištěné a nezakryté živé části vn v blízkosti ZAJIŠŤOVANÉHO pracoviště:

Nejbližší zařízení nedotčená zajištěním nacházející se v místě práce:

8BC a 8BD rozvaděče 6kV; 2BC.1 a 2BC.36 – HR + DR;
0BG - rozvaděč 6kV; 2BC.2 a 2BC.4 ÷ 2BC.35 – DR;
2BC0TZ1; 2BC0TZ2; 2BD0TZ1; 2BD0TZ2 – zemní transformátory

Vystavil: SMEL

Dne:

1.7.2020

Jméno:

VALAČKA

Podpis:

Příloha 12 – Zkoušky ochrany –F30 (REG670) strana 1 [33]

Interní

ČEZ - ETE	2TOP2020/012	Se záznamem	Str.: 22/37
2GO20 - ODZKOUŠENÍ ZMĚNY F605 – ZÁMĚNA OCHRAN PŘÍVODŮ ROZVODEN 2BB, 2BC A OCHRAN ČERPADEL HCČ			

5.3.5-1 Předkomplexní zkoušky ochrany -F30 (REG670)

Výchozí stav:

- Rozvodna je bez napětí, příslušné pole rozváděče s vypínačem a ochranou je zajištěno dle PNZ P-příkazu. **OK**
- Vypínač –QM1 příslušného vývodu 2BC.09 je v revizní poloze. **OK**
- Jsou vypnuta všechna potřebná ovládací napětí. **OK**
- Blokováno ASV **OK**
- Z terminálu jsou vysunuty konektory. **OK**

Postup kontroly:

Krok	ČINNOST	(DODATEČNÁ INFORMACE)	Ověř.
1	Kontrola demontáže		
1.1	ZKONTROLUJ demontáž stávající ochrany –F30 (RET316) včetně veškerého drátování vedoucího z ochrany	Vizuální kontrola	OK
2	Kontrola montáže, liniového zapojení a polarity napájení ohmmetrem		
2.1	ZKONTROLUJ montáž nové ochrany –F30 (REG670) včetně veškerého drátování vedoucího z ochrany dle výkresů	multimetrem - ohmicky	OK*
3	Kontrola izolačních stavů obvodů		
3.1	ZKONTROLUJ izolační stavů obvodů dle výkresů	multimetrem - ohmicky	OK*
4	Kontrola oddělení obvodů		
4.1	ZKONTROLUJ oddělení obvodů dle výkresů	multimetrem - ohmicky	OK*
5	ZASUŇ zkušební nepropojenou vidlici do zásuvky XJ1		OK*
6	ZKONTROLUJ uzavřenost obvodů do ochrany pomocí stejnosměrného proudu (Okruhy do ochrany jsou uzavřeny)	proud IL1 XJ1:11,14 proud IL2 XJ1:12,14 proud IL3 XJ1:13,14 proud IL1 XJ1:15,18 proud IL2 XJ1:16,18 proud IL3 XJ1:17,18	OK*
7	Na pokyn vedoucího zkoušky nechat odjistit ovládací napětí		OK

* Kroky 2 - 6: Kontrola provedena během montáže

Příloha 13 – Zkoušky ochrany –F30 (REG670) strana 2 [33]

Interní

ČEZ - ETE	2TOP2020/012	Se záznamem	Str.: 23/37
2GO20 - ODZKOUŠENÍ ZMĚNY F605 – ZÁMĚNA OCHRAN PŘÍVODŮ ROZVODEN 2BB, 2BC A OCHRAN ČERPADEL HCČ			
8	ZAPNI jistič FA27 ZKONTROLUJ polaritu napájení na svorkách ochrany	- F30/X11:4 (+ pól); X11:5 (- pól)	OK*
9	STLAČ SH30	- F30/X31:1 (+ pól); X31:2 (- pól) BIM-BI.01 REST	OK*
10	ZAPNI jističe FA11, FA13, FA14, FA23, FA24, FA25	ovládací napětí	OK
	Simulace na – F30	Působení – aktivace	
11	BOM-BO.01-X41:1,2 D26 – list 12	V 2BC.9 - X3:76,66 (U=) vyp. QM1 – 6kV od ochr.	OK*
12	BOM-BO.03-X41:4,5 D26 – list 12	V 2BC.9 - aktivace -KH12, -KA12a blok. zap. cesty	OK*
13	BOM-BO.05-X41:7,8 D26 – list 12	V 2BC.9 - aktivace –KT5 Působení do ASV	OK*
14	BOM-BO.07-X41:10,11 D26 – list 9	V 2JD.53 - X4.10:20,C(L-) Signál do NEMES V 2BC.9 -X3:255,264 (R)	OK*
15	IRF-X11:2,3 D26 – list 9	- KT30, HL30	OK*
16	IRF-X11:2,1 D26 – list 9	V 2JD.53 - X4.10:21,C(L-) Signál do NEMES V 2BCB.9 - KA38	OK*
17	VYPNI jističe FA11, FA13, FA14, FA23, FA24, FA25, FA27		OK
18	ZASUŇ konektory do ochrany – F30 (REG670)		OK
19	ZAPNI jističe FA11, FA13, FA14, FA23, FA24, FA25, FA26		OK
20	ZAPNI jistič FA27	ZKONTROLUJ rozběh ochrany	OK
21	ZKONTROLUJ nepůsobení žádného poruchového signálu nebo stavové blokády v zap. cestě,		OK
22	Tlačítkem SB2 ZAPNI vypínače - QM1		OK*

* Krok 8: SS napětí 220V přes jistič -FA27

Krok 9: Signalizace reset + kontrola na ochraně

Krok 11 - 14: Vyzkoušeno pomocí jednotlivého klemování na svorkovnici X41

Krok 22: Vypínač v poli 2BC.9 je zajištěn pro zkoušky - vysunutý v revizní poloze, zasunuta sprcha pro ovládací napětí, podložen kontakt zasunutí podvozku, ovládací napětí zapnuto

Příloha 14 – Zkoušky ochrany –F30 (REG670) strana 3 [33]

Interní

ČEZ - ETE	2TOP2020/012	Se záznamem	Str.: 24/37
2GO20 - ODZKOUŠENÍ ZMĚNY F605 – ZÁMĚNA OCHRAN PŘÍVODŮ ROZVODEN 2BB, 2BC A OCHRAN ČERPADEL HCČ			
23	Aktivace F30 „I _r “ aktivaci ochrany „I _r “ proveďte pomocí 1f. nebo 3f. zdroje proudu nastaveného na 120% „I _r “ v normálním sledu fází přes zkušební nepropojenou zásuvku XJ1	rozsvícení HL1 na -F30 vypne vypínač -QM1, aktivace -KH12, -KH12a – blok. zap. cesty aktivace KT5 – působení do ASV signalizace na NEMES	OK*
24	PROVEĎ simulaci „IRF“	aktivace KT30, rozsvítí se HL30 Zrušit simulaci „IRF“	OK
25	ZKONTROLUJ uzavřenost obvodů do PTP pomocí stejnosměrného proudu (Okruhy do PTP jsou uzavřeny)	proud IL1 XJ1:1,4 proud IL2 XJ1:2,4 proud IL3 XJ1:3,4 proud IL1 XJ1:5,8 proud IL2 XJ1:6,8 proud IL3 XJ1:7,8	OK*
26	PROVEĎ kontrolu zátěže okruhů do PTP a ochrany přes zkušební nepropojenou zásuvku XJ1 pomocí měřícího přístroje. Okruhy do PTP a ochrany jsou uzavřeny.		OK
27	Vysunout zkušební nepropojenou vidlici ze zásuvky XJ1		OK

5.3.5-2 Kontrola vyvážení rozdílové ochrany -F30

Výchozí stav:

- Blok v režimu R5 nebo R4 a parametry odpovídající jednotlivým režimům dle PP TCD001 až 004. **OK**
- Zkoušená sekce rozvodny 6 kV III. kategorie NZN je napájena z pracovního přívodu. **OK**
- HCČ připraveno k zapnutí, zapnutí ostatních spotřebičů zkoušené rozvodny odpovídá technologickým možnostem bloku. **OK**
- Je připraven měřící systém NEMES. **OK**

Postup

Krok	ČINNOST	(DODATEČNÁ INFORMACE)	Ověř.
1	Kontrola vyvážení rozdílové ochrany HCČ „F30“ v terminálu (REG670) ve skříni 2BC.8		OK
1.1	INFORMUJ BD o přítomnosti u ověřované ochrany a možnosti spouštění pohonu podle potřeb BD.		OK
1.2	Po rozběhu HCČ PROVEĎTE kontrolu měření proudů a vyvážení funkce rozdílové ochrany na terminálu –F30. Zkontrolujte měřené hodnoty na terminálu –F30		OK

***Krok 23: Do BI jsou přiváděny zkušební proudy přes XJ1**
Krok 25: Měření proudů uzavřených smyček u PTP

Příloha 15 – Harmonogram činností záměny elektrických ochran

Viz volné listy.

Příloha 16 – Výkres - zapojení ochrany HCČ –F30 (REG670) [34]

Viz volné listy.

Příloha 17 – Výkres – Zapojení zkušebních zásuvek XJ1 a XJ2 + NEMES [34]

Viz volné listy.