



PŘENOSOVÁ SOUSTAVA ČESKÉ REPUBLIKY

Ing. René Honiš | Ing. Milan Konečný
Ing. Martin Galetka, Ph.D. | Ing. Ivo Ullman, Ph.D



MORAVSKOSLEZSKÝ **ENERGETICKÝ** KLASTR

PODĚKOVÁNÍ

Realizační tým Moravskoslezského energetického klastru
věnuje poděkování autorům informačního manuálu „Přenosová soustava ČR“.

Odborná práce byla realizována za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu
CZ.1.07/2.4.00/31.0080 Partnerství v oblasti energetiky.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



TELEMETRIE SDŘS PRO ŘÍZENÍ PS ČEPS

1. ÚVOD	5
2. SDŘS TRIS - HDP/ZDP	5
3. TELEMETRIE SDŘS TRIS	7
4. EH – VÝMĚNA DAT SE ZAHRANIČÍM	9
4.1. Realtime Alarming & Awareness System - RAAS	10
4.2. ENTSO-E Awareness System – EAS	10

DATOVÉ PŘENOSY V OPTICKÉ SÍTI ČEPS

1. ÚVOD	12
2. DATA A PŘENOS DAT V ENERGETICE	12
2.1. Technologické systémy	12
2.2. Informační a komunikační systémy standardní	13
3. HISTORICKÝ VÝVOJ	13
4. OPTICKÁ SÍŤ ČEPS	14
5. TELEKOMUNIKAČNÍ SÍŤ ČEPS	14
6. DOHLED A SERVIS TELEKOMUNIKAČNÍ SÍTĚ	16
7. BEZPEČNOST DATOVÉ SÍTĚ	17
8. PRIVÁTNÍ TELEFONNÍ SÍŤ ČEPS	18
9. ZÁVĚR	19

ROZVODNY PŘENOSOVÉ SOUSTAVY

1. ÚVOD	20
2. SILOVÁ ČÁST	22
2.1. Typy rozvoden	22
2.2. Silové prvky rozvoden	26
2.3. Přípojnice a odbočky	27
2.4. Vypínače	29
2.5. Odpojovače a zemniče	30
2.6. Přístrojové transformátory	31
2.7. Svodiče přepětí	32
2.8. Transformátory	32
2.9. Kompenzační tlumivky	35
2.10. Synchronní kompenzátory	35
2.11. Manipulační postupy a blokovací podmínky	35
3. SEKUNDÁRNÍ TECHNIKA	39
3.1. Vlastní spotřeba stanic přenosové soustavy	39
3.2. Elektrické ochrany ve stanicích přenosové soustavy	41
3.3. Řídicí systém stanice přenosové soustavy	43
3.4. Technický systém fyzické ochrany	44
4. ZÁVĚR	45

VLIV OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ NA PŘENOSOVOU SOUSTAVU ČEPS, A.S.

1. ÚVOD – stávající stav přenosové soustavy ČEPS, a.s.	46
2. ROZVOJ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY DO ROKU 2025	47
3. VÝROBA VTE V NĚMECKU A VLIV NA PS ČR	48
4. TRANSFORMÁTORY S REGULACÍ NAPĚTÍ A FÁZE – PST	49
5. ZÁVĚR	51



1. ÚVOD

Přenosová soustava České republiky (PS ČR) je jednou z nedílných součástí celoevropské propojené elektroenergetické soustavy. Provozovatelem PS ČR je společnost ČEPS, a.s.

Jedním ze základních poslání společnosti je zajištění spolehlivého a bezpečného provozu PS ČR. K naplňování tohoto poslání dochází prostřednictvím dispečerského řízení PS, manipulací v PS, dále spoluprací s výrobcí elektřiny, s dispečinky distribučních soustav (DS), řízením spolupráce s okolními provozovateli přenosových soustav TSO (Transmission Systems Operators) v rámci synchronně propojeného systému kontinentální Evropy a realizací sjednaných kontraktů na přenos elektřiny.

Za udržování trvalé rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny v PS ČR, při respektování plánů výměn elektřiny sjednaných se sousedními provozovateli přenosových soustav, je odpovědný dispečink ČEPS. Rovněž je odpovědný za zajišťování spolehlivého přenosu elektřiny při dodržování kvalitativních parametrů elektřiny na úrovni PS ČR v reálném čase. Nedílnou součástí je prevence a řešení poruchových a havarijních stavů v PS ČR a jejich analýzy.

Řízení provozu PS ČR je zabezpečeno dispečerskými pokyny, obchodními postupy a technickými prostředky - zejména sjednoceným dispečerským řídicím systémem (SDŘS), telekomunikačním propojením se všemi řízenými a spolupracujícími objekty, řídicími systémy rozvodů, viz. obr.1, a systémy chránění.



Obr. 1: Přehledová mapa rozvodů přenosové soustavy ČR

2. SDŘS TRIS - HDP/ZDP

Pro dispečerské řízení PS ČR je použit sjednocený řídicí a informační systém TRIS, produkt firmy ELEKTROSYSTEM a.s. Jedná se o verzi RIS na bázi operačního systému QNX a LINUX.

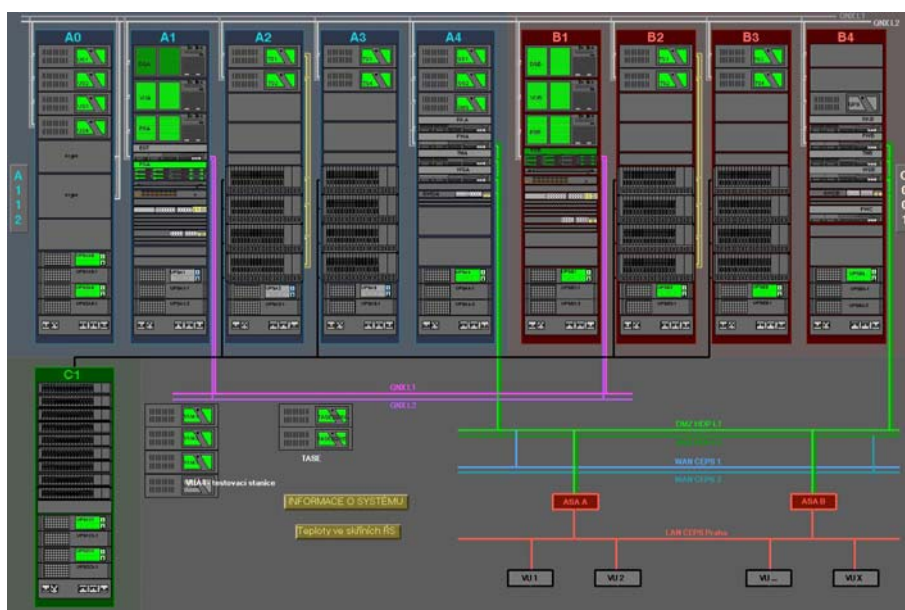
SDŘS TRIS je složen ze dvou subsystémů, HDP viz. obr.2 a ZDP viz. obr.3. Subsystémy jsou propojeny 3 x 10Mb/s spoji pro vyrovnávání dat, obrázků, dopočtů a pro administraci systému.

Základními vlastnostmi systému je jeho modulárnost, zálohování funkcí, rychlost a pružnost. Modifikační činnosti jsou striktně vázány na přístupová práva.

Systém podporuje doménový přístup. Činnost s databázovými položkami reálného času je realizována změnovým způsobem. Systém pracuje na principu dynamické generace dat.

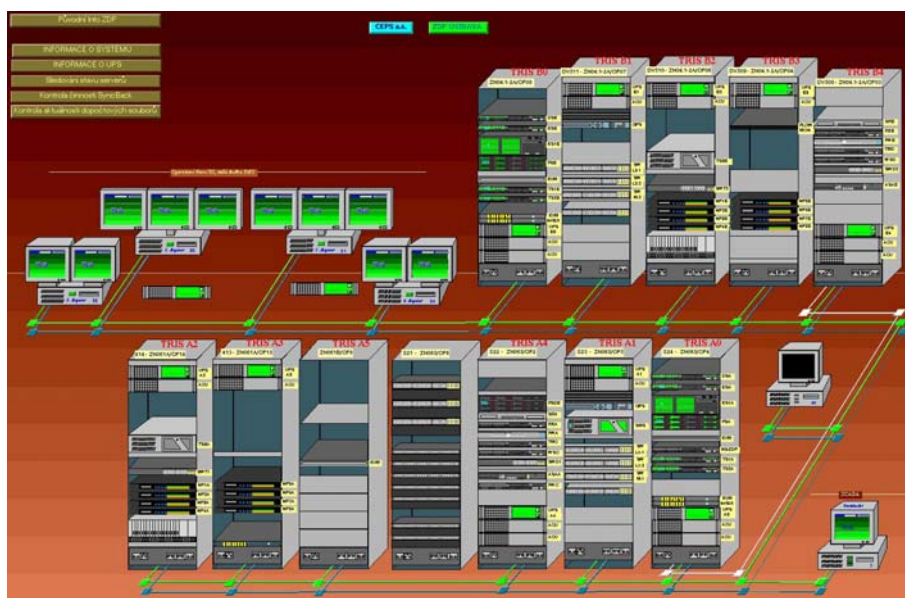
Pro potřeby dispečerského řízení poskytuje systém automaticky všechny funkce sběru, zpracování a prezentace dat v reálném čase pomocí všech dostupných komunikačních protokolů v české i slovenské energetice. Mimo základních funkcí SCADA systém zabezpečuje i další nadstavbové činnosti - výpočty energetických funkcí EMS, OPF, AGC, GCC, C-HRT, ARN, EST, KAN a další doplňkové funkce.

Systém umožňuje grafickou i tabulkovou prezentaci dat uživateli napojenému přímo na systém, nebo uživateli vzdálenému, který je napojen pomocí přenosových cest.



Obr. 2: SDŘS TRIS – Hlavní dispečerské pracoviště HDP

Základní vlastností každého ze subsystémů je zálohování všech důležitých HW komponent v rámci lokality. Při výpadku libovolné zálohované komponenty subsystém automaticky obnoví funkčnost na záložní komponentě.



Obr. 3: SDŘS TRIS – Záložní dispečerské pracoviště ZDP

3. TELEMETRIE SDŘS TRIS

Telemetrie SDŘS TRIS mohou posílat zprávy (telegramy) hlavním i záložním kanálem. Přijaté zprávy jsou kontrolovány na integritu dat, zpracovány jsou jen bezchybně přijaté zprávy. Zpráva může obsahovat datovou informaci, např. měření, čítač, signalizaci, povel nebo specifickou informaci, např. synchronizační zprávu, odečet čítačů, dotaz na celý datový obsah komunikace, tzv. celkový dotaz.

Základem pro hardware telemetrií obou subsystémů HDP/ZDP jsou telemetrické servery (TS):

- TS zajišťují komunikace mezi subsystémy HDP/ZDP a energetickými objekty,
- v každém subsystému HDP/ZDP jsou 2 skupiny vzájemně se zálohujících serverů TSAx a TSBx, každá skupina je umístěna na jiném počítačovém sále,
- TS jsou osazeny lokálními disky pro potřeby zápisu „surových“ dat – tj. pro ukládání odposlechu komunikací,
- TS na HDP jsou řešeny průmyslovými racky s výkonným jednoprocessorovým serverem typu Back Plane s potřebným počtem víceportových komunikačních slotů. Jeden TS umožňuje zpracovávat maximálně 32 sériových komunikací. TS jsou předřazeny karty konverze protokolu umístěné v komunikačních rostech. Tyto rošty jsou rackového provedení a jsou umístěny ve skříních jádra řídicího systému,
- TS na ZDP jsou osazeny servery typu HP, kterým jsou předřazeny konvertory rozhraní MOXA Nport. Konvertory převádějí sériové komunikační kanály na protokol TCP/IP,
- konvertorům rozhraní jsou na HDP/ZDP předřazeny elektronické přepínače sériových datových komunikací. Umožňují přepínání mezi TSAx a TSBx v rámci jednoho subsystému,
- telemetrie SDŘS TRIS umožňují připojení až 128 sériových datových komunikací.



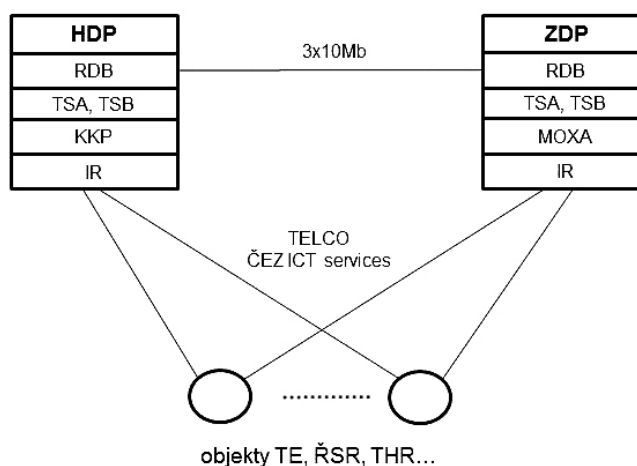
Obr. 4: Telemetrie SDŘS TRIS – přehledové schéma

Přehled o stavu jednotlivých datových komunikací je na obr.4. Obsahuje rovněž informace o stavu komunikací mezi HDP a ZDP. Pro každou datovou komunikaci je zobrazován aktuální stav funkčnosti spojení – zelená OK/červená FAIL a čítače vadných zpráv/telegramů s dělením na hlavní, a je-li použit, i záložní komunikační kanál, viz.obr.5.

Ch		Rst	US AM	ERR	Z	GA	D
		1 1 0	H 2	H Z		M	
1	THR HRA	■	■	0	0	■	■
2	THR LIS	■	■	0	0	■	■
3	THR NOS	■	■	0	0	■	■
4	THR ALB	■	■	0	0	■	■
5	THR SOK	■	■	0	0	■	■
6	THR SLV	■	■	0	0	■	■
7	THR PRE	■	■	64	0	■	■
8	TEVD	■	■	0	0	■	■
9	TEDA	■	■	0	0	■	■
10	TEDS	■	■	0	0	■	■
11	TEDU	■	■	0	0	■	■

Obr. 5: Telemetrie SDŘS TRIS – detail stavu kanálů

Princip připojení objektů PS k SDŘS TRIS je znázorněn na obr.6. Z objektů je vybudována hlavní komunikační trasa směrem na HDP a záložní komunikační trasa směrem na ZDP. Průběh komunikačních tras je nezávislý, tj. výpadek jedné trasy, resp. její části, nemá vliv na funkčnost druhé. V případě výpadku jedné trasy, např. vůči HDP, se data dorovnají přes ZDP prostřednictvím 3x10Mb/s systémovým propojením mezi HDP a ZDP. Požadovaná 99,95 % dostupnost systému jako celku je dlouhodobě plněna.



RDB – databáze reálného času
TSA, TSB – telemetrické servery
KKP – karty konverze protokolu
IR – informační rozvaděč
MOXA – konvertory rozhraní
TELCO – optická síť ČEPS, a.s.
ČEZ ICT services – poskytovatel telekomunikačních kanálů a služeb

Obr. 6: Princip komunikace s objekty

Telemetrie SDŘS TRIS zajišťují data pro řízení salda PS ČR. Primárním zdrojem jsou data z terminálů hraničních rozvodů. Z každého zahraničního vedení je zpracováván činný výkon, jalový výkon, napětí a proud. Z objektu každé hraniční rozvodny se rovněž zpracovává měření frekvence.

Pro řízení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou jsou instalovány na objektech elektráren terminály. Z terminálů elektráren se v SDŘS TRIS, v modulu AGC, zpracovává především měření činného výkonu na generátorech a signalizace stavu připojení, viz. obr.7. Rovněž se zpracovávají informace pro vyhodnocení podpůrných a systémových služeb. Ve směru do elektrárny se posílá požadovaná hodnota výkonu na jednotlivý výrobní blok a aktivace služeb. Pro řešení krizových situací v PS ČR umožňuje SDŘS TRIS vyhlásit na objekty elektráren tzv.mimořádný stav elektrizační soustavy.

Prostřednictvím řídicích systémů rozveden lze dálkově manipulovat se silovými prvky, jako jsou např. vypínače, odpojovače, uzemňovače, apod. Pro řízení PS ČR se z rozveden zpracovává stavová signalizace silových prvků, poruchová signalizace ochrany, napájení, poruchy hardware, atd. Z elektrických veličin jsou zpracovávány činný a jalový výkon, napětí, proud, frekvence a teplota.

ON

HDP

ZDP

MONITOR

bpel

MENU ELEKTŘEN AGC

ARCHIV

AGC

GCC

Saldo

Pavouk

PpS

Meze

TR

DZ

Q515

ZZ

QS15ZAD

0

Cena QS15

0

TZ ZAD

0

G

C ZAD AK

0

C ZAD PR

0

50.008

Hz

TG	P _{GEN}	P _{ZAD}	P _{BASE}	M/D	MOD	PR	TG	P _{GEN}	P _{ZAD}	P _{BASE}	M/D	MOD	PR
ETU2 21	0	0	0		OFF		EME2 9	85	84	90		DO-AUT	
22	0	0	0		OFF		10	84	84	90		DO-AUT	
23	0	0	0		OFF		EME3 11	0	0	0		OFF	
24	0	0	0		OFF		ETI2 6	81	81	87		DO-AUT	
EPR1 3	90	89	95		DO-AUT		ETI1 11	35	35	50		MAN	
4	90	89	95		DO-AUT		ELED 2	101	101	100		MAN	
5	89	89	95		DO-AUT		3	97	97	100		MAN	
6	89	89	95		DO-AUT		4	105	105	105		MAN	
EPR2 21	0	0	0		OFF		EDET 1	0	0	0		OFF	
22	190	189	195		DO-AUT		2	149	149	150		MAN	
23	171	171	170		MAN		3	0	0	0		OFF	
24	155	154	160		DO-AUT		4	0	0	0		OFF	
25	181	180	180		DO-AUT		EHOD F	20	20	17		MAN	
EPOC 2	139	140	147		DO-AUT		EPOR F	57	57	57		MAN	
3	153	154	160		DO-AUT		EDOA F	138	139	148		DO-AUT	
4	159	159	167		DO-AUT		EMET F	39	39	48		DO-AUT	
5	169	169	176		DO-AUT		EDAL F	0	0	0		OFF	
6	156	155	161		DO-AUT		EDST F	0	0	0		OFF	
ECHV 1	131	131	150		MAN		EDEM 1	0	0	0		OFF	
2	129	129	150		MAN		2	1015	1015	1008		MAN	
3	0	0	0		OFF		EDUK RE1	491	491	484		MAN	
4	0	0	0		OFF		RE2	485	485	477		MAN	
EPVR B1	136	136	143		DO-AUT		RE3	485	485	476		MAN	
B2	0	0	0		OFF		RE4	495	495	484		MAN	
EVRE F	132	131	185		MAN		ETBE F	90	91	100		DO-AUT	
EVD F	134	134	134		DO-MAN		4	-1	-1	0		OFF	
ETPL F	62	62	71		DO-AUT		5	90	90	99		DO-AUT	
ECOM F	0	0	0		OFF		EPL F	14	14	14		MAN	
ETTR F	30	30	30		MAN		ETPR F	27	27	33		DO-AUT	
EYOL 3	0	0	0		OFF		ETKA F	24	24	24		MAN	
EKOZ F	0	0	0		OFF								
EXOM F	22	22	22		DO-AUT								
EYOT F	0	0	0		OFF								

Saldo plán

-1205

KOREKCE KMITOČTU

-0.010

Saldo

-1171

Saldo ZAL.

-1147

SACE

28

Reg. ACE V

0

Reg. ACE P

-140

PE SR+

502

PE SR-

-212

ČERPÁNÍ PE SR

-145

TZ+

125

TZ-

-179

PE (SR+) + (TR+)

627

PE (SR-) + (TR-)

-391

VE SR+

36

VE SR-

-36

PE+VE SR+TR +

663

PE+VE SR+TR -

-427

Chyba PE řízení

4

Chyba VE řízení

0

Okamžitá PR

95.8

Požadovaná PR

84

Nedostatek PR

EVD nabídka SR

PpS CHYBA

DO OFF

TR CHYBA

DO NEAKT

CHYBA QS (EDA, EDS)

EDA Pčerp.

0

EDS Pčerp.

0

Chyba salda

-24

Mimor. stav ES

Obr. 7: Terminály elektrárny

Datové komunikace s distribučními společnostmi působícími v rámci energetiky ČR jsou vybudovány jako obousměrné k výměně dat pro podporu tvorby výpočetních modelů, zpřesnění chodu estimací atd. Významnou součástí datové výměny jsou i data z obnovitelných zdrojů energie jako jsou fotovoltaické a větrné elektrárny, kogenerační jednotky. Pro podporu dispečerského řízení PS je implementována funkčnost snížení výkonu obnovitelných zdrojů energie.

Provoz telemetrií SDŘS TRIS, tj. výpadky a náběhy datových komunikací, je evidován v telemetrickém archívu, který je součástí systému. Výpadek komunikačního kanálu aktivuje alarm s optickým a zvukovým upozorněním.

Pro každou datovou komunikaci v telemetriích SDŘS TRIS lze aktivovat ukládání dat pro následnou diagnostiku. Zprávy/telegramy jsou ukládány na disky telemetrických serverů v originálním tvaru. Požadovaná hloubka archivace těchto zpráv je 2 měsíce. V případě potřeby lze soubory se zprávami exportovat mimo SDŘS TRIS.

Telemetrická databáze je přístupna prostřednictvím tabulkového prohlížeče. Na této úrovni systému lze získat informace o kvalitě, hodnotě a čase veličiny prvku databáze u konkrétní datové komunikace. Telemetrická databáze je vytvořena při importu textového souboru s předem definovanou strukturou a parametry pro nastavení komunikace.

4. EH – VÝMĚNA DAT SE ZAHRANIČÍM

Pro výměnu dat se zahraničím je vybudována privátní 2Mb síť. V současnosti probíhá upgrade sítě na 10Mb. Do této sítě mají přístup jednotlivé TSO. SDŘS TRIS je do sítě zapojen přes 2 přístupová místa na HDP a přes jedno spojení na ZDP. Datové komunikace jsou realizovány na bázi ICCP(TASE2) protokolu. Parametrizaci systému lze zvolit jeden z módu, server nebo klient.

Výměna dat se zahraničním je trvale rozšiřována a aktualizována dle potřeb jednotlivých TSO. Ve společnosti ČEPS, a.s. je ve fázi realizace pilotní projekt instalace systému synchronních měření fázorů - WAMS (Wide Area Monitoring System) a jejich využití pro zvýšení kvality řízení, bezpečnosti provozu, pro analýzu chování přenosové soustavy PS ČR v rámci evropského propojení a pro získání nových detailních informací o dynamickém chování přenosové soustavy.

Pilotní projekt WAMS je realizován na vybrané části PS ČR a s omezenou množinou uživatelských aplikací. Řešení zvolená v pilotním projektu musí umožňovat následné rozšiřování WAMS na větší část PS ČR a další uživatelské aplikace.

Realizace pilotního projektu ověří na dostatečně reprezentativní části soustavy PS ČR všechny podstatné součásti a vlastnosti systému WAMS. Ve fázi příprav je spolupráce v oblasti mezinárodní výměny dat z WAMS.

Je společným zájmem národních TSO podporovat spolehlivost a bezpečnost provozu přenosových soustav a tím přispívat k plnění mezinárodních smluv o spolupráci v energetice.

Literatura

- [1] Intranet ČEPS, a.s.
- [2] Dokumentace SDŘS TRIS.
- [3] Obrázky z aktuálního SDŘS TRIS.

1. ÚVOD

Společnost ČEPS jako provozovatel elektroenergetické přenosové soustavy (angl. TSO – transmission system operator) potřebuje ke své činnosti spolehlivý informační systém, který je předpokladem pro plnění všech povinností a závazků vyplývajících z veřejné i vnitropodnikové legislativy. Vzhledem k rozmístění všech objektů společnosti ČEPS na celém území České Republiky musí být i všechny jednotlivé provozované informační systémy propojeny navzájem spolehlivou datovou sítí, kterou nazýváme Telekomunikační síť ČEPS. Základním prostředkem pro dálkový přenos dat mezi objekty jsou optická vlákna. V prostředí energetiky jsou optická vlákna často součástí nadzemních vysokonapěťových vedení, ve společnosti ČEPS tedy vedení s napětím 220 kV a 400 kV.

2. DATA A PŘENOS DAT V ENERGETICE

2.1. Technologické systémy

Zásadním úkolem elektroenergetické přenosové soustavy je trvalé udržení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou a spolehlivý přenos elektřiny, k tomu slouží dispečerské řízení přenosové soustavy. Z dispečerských pracovišť ČEPS (hlavní dispečerské pracoviště v Praze a záložní dispečerské pracoviště v Ostravě) jsou přímo řízeny formou dálkového ovládání všechny silové prvky, tj. vypínače, odpojovače, uzemňovače, apod. ve všech řízených elektrických stanicích, tj. rozvodnách 400kV a 220kV.



Obr. 1: Rozvodna přenosové soustavy

K tomuto účelu jsou na těchto stanicích provozovány řídicí systémy, které zpracovávají všechny „dispečerské“ vstupní informace ze stanice (signály, impulzy, měření,...), a formou datové komunikace v reálném čase je přenášejí do center do dispečerského řídicího systému. Data v těchto komunikacích proudí duplexně oběma směry, ve směru ze stanice do centra mají data především informační charakter, data z centra do stanice mohou přenášet přímé povely dálkového ovládání jednotlivých silových prvků.

Všechny silové prvky zařízení v rozvodnách jsou chráněny automatizovanými ochrannými systémy proti zkratu a jiným poruchám a samozřejmě jsou provozovány i systémy chránění vysokonapěťových vedení. Jejich úkolem je především zajistit vypnutí vedení v krátkém čase a to současně na obou koncích vedení. Ochranný systém trvale monitoruje elektrické parametry vedení, a pokud náhle vyhodnotí potřebu vypnutí vedení (jehož délka může být přes 100 km) na jednom konci vedení, musí být v řádu milisekund tato informace přenesena do ochranného systému na druhý konec vedení.

V elektrických stanicích jsou provozovány i další nezbytné technologické systémy, např. elektroměry pro odečty elektrické práce, zabezpečovací a protipožární systémy, kamerové systémy a také napájení, tzv. vlastní spotřeba. Vzhledem k tomu, že elektrické stanice jsou provozovány jako bezobslužné, jsou všechna provozní a informační data přenášena do řídicích center.

2.2. Informační a komunikační systémy standardní

Společnost ČEPS tvoří samozřejmě i vlastní zaměstnanci, kteří podle potřeby využívají počítačovou síť jak pro práci s daty souvisejícími s řízením energetiky, tak i ostatní kancelářské aplikace. S tím tedy souvisí elektronická pošta, práce s datovými soubory, intranet, přístup na internet, podnikový ekonomický systém apod.

Pro dispečerské řízení, ale i pro ostatní hlasovou komunikaci je provozována interní pevná telefonní síť jako součást PTSE (privátní telefonní síť energetiky).

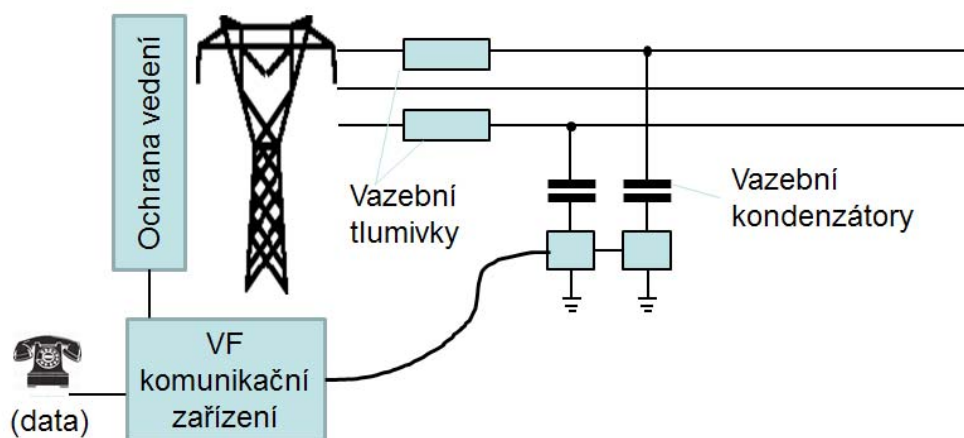
3. HISTORICKÝ VÝVOJ

První řízení energetiky se dělo pouze prostřednictvím hlasu po veřejných telefonních linkách, později přibýly primitivní analogové přenosy některých měřených veličin do centra po „dispečerských“ metalických kabelech energetiky. Tyto přenášené veličiny byly v pozdějším období nahrazeny přenosem digitálních dat z jednoduchých koncentrátorů dat po analogových spojích, v telefonním pásmu 300 Hz – 3,4 kHz bylo přenášeno více kanálů s rychlostí 50Bd až 1200Bd jako frekvenční multiplex, tzv. tónová telegrafie. Tyto datové kanály byly přenášeny samostatně nebo sdílely telefonní pásmo ještě s „dispečerským“ hovorem, který byl frekvenčně omezen ve vyšších kmitočtech (2,3 kHz), což poskytuje ještě přijatelnou srozumitelnost.

Pro tyto účely byly využívány:

- metalické „dispečerské“ kabely energetiky
- pronajaté 2 páry („čtyřky“) od provozovatele veřejné telefonní sítě nebo od provozovatele železniční sítě
- vysokofrekvenční spoje na vedeních vysokého napětí
- radioreleové VKV spoje energetiky v pozdějším období

Vysokofrekvenční spoje na vedeních vysokého napětí využívaly amplitudovou modulaci nízkofrekvenčního telefonního pásma s modulační frekvencí 30 – 750 kHz přes vazební prvky (vazební filtr, vazební kondenzátor a vazební - hradící tlumivka) na pracovní frekvenci fázových vodičů 50Hz.

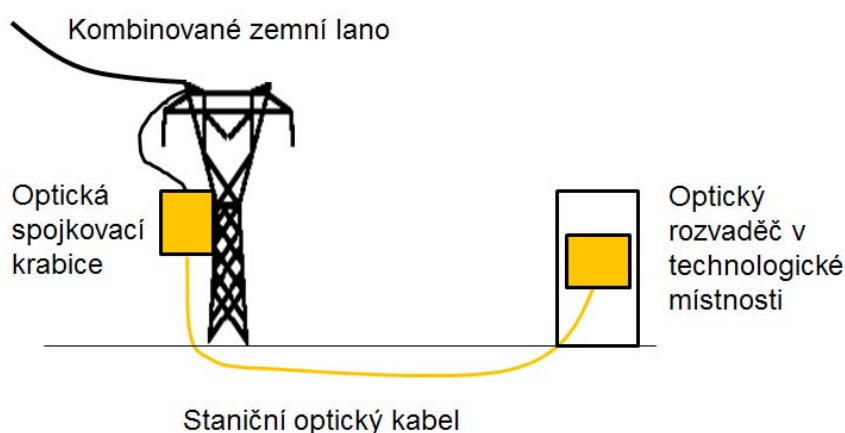


Obr. 2: Schéma vysokofrekvenčního spoje

Tímto způsobem byl přenášen hlas, data a signály ochran vedení na protější konec vedení, mnohdy na vzdálenost přes 100 km.

4. OPTICKÁ SÍŤ ČEPS

S požadavkem na vyšší rychlost a spolehlivost datových přenosů začala v 90. letech minulého století postupně výstavba optických kabelů energetiky formou KZL – kombinovaných zemních lan (angl. OPGW – optical ground wire), kde optická vlákna jsou integrována uvnitř kovového zemního lana (vodič s nulovým potenciálem) jako nejvýše umístěného vodiče nadzemního vedení.



Obr. 3: Ukončení optického kabelu v rozvodně

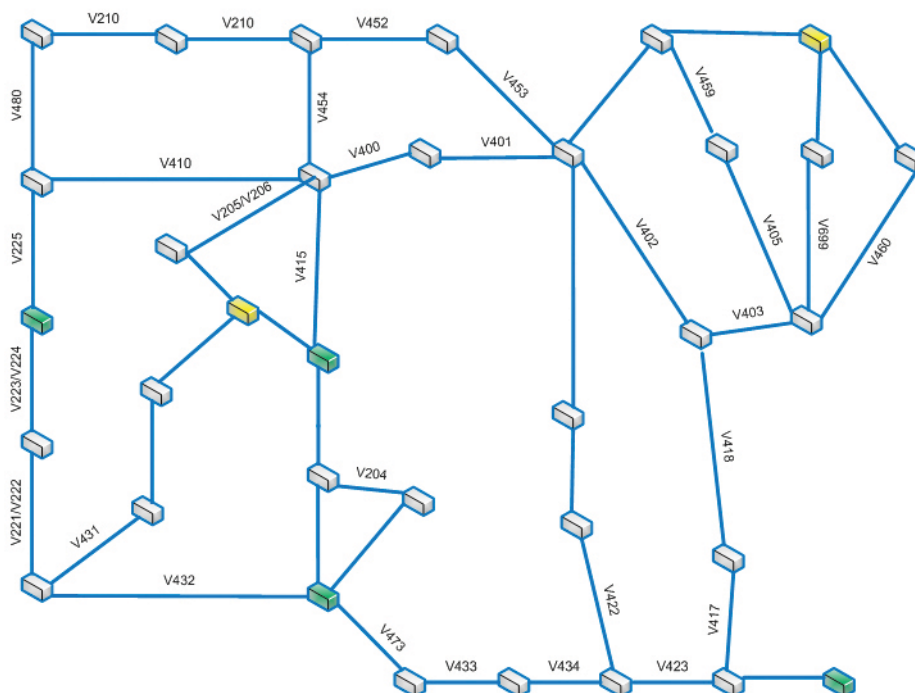
Postupně, a to až do současnosti, je většina vedení 220kV a 400kV přenosové soustavy ČEPS vybavována jedním lanem KZL. Obdobně jsou na tom i některá vedení 110kV distribučních společností a rovněž většina přeshraničních vedení směrem na sousední TSO jsou vybavena optikou v KZL. Optická vlákna v počtu 12 až 48 vláken v jednom kabelu KZL na vedení jsou jednovláková (angl. SM – single mode) 9/125 μm , starší jsou podle doporučení ITU-T G.652.A, nové podle ITU-T G.652.D. Vzhledem k délkám jednotlivých vedení s KZL - průměrná délka je cca 60 km - jsou optická vlákna využívána na vlnové délce 1550nm. Na této vlnové délce vykazují optická vlákna měrný útlum v rozmezí 0,20 – 0,28 dB/km, nejdelší vedení s délkou cca 150km tak vyazuje celkový optický útlum cca 30 dB. Tato optická vlákna v KZL tvoří fyzické medium pro telekomunikační síť ČEPS.

Každá elektrická stanice (rozvodna) tvoří soubor venkovních silových prvků a technologických budov. Při probíhajících rekonstrukcích je vždy v celém areálu položena síť optických kabelů, které umožňují spojení jednotlivých technologických systémů, tj. např. centrála řídicího systému a jednotlivé podstanice, systémy chránění, zabezpečovací a protipožární systémy, kamery a místní LAN síť. Tato optická síť se nazývá místní optický rozvod a využívá mnohavidová (angl. MM – multi mode) vlákna 50/125 μm a 62,5/125 μm a jsou využívána na vlnové délce 850nm.

5. TELEKOMUNIKAČNÍ SÍŤ ČEPS

Topologie a konkrétní řešení telekomunikační sítě předcházelo zvážení následujících bodů:

- každá elektrická stanice nebo centrální lokalita musí být dosažitelná minimálně po dvou přístupových optických trasách
- síť musí zajistit různá spojení z libovolného do libovolného místa v různých rychlostech (jednotky kb/s až 1 Gb/s) a vždy s možností zálohované trasy
- síť musí pokrývat všechny současné potřeby na datové spojení a musí být zároveň dostatečně flexibilní pro rozšíření do budoucna
- síť musí být navržena tak, aby mohla být provozována se spolehlivostí 99,99%



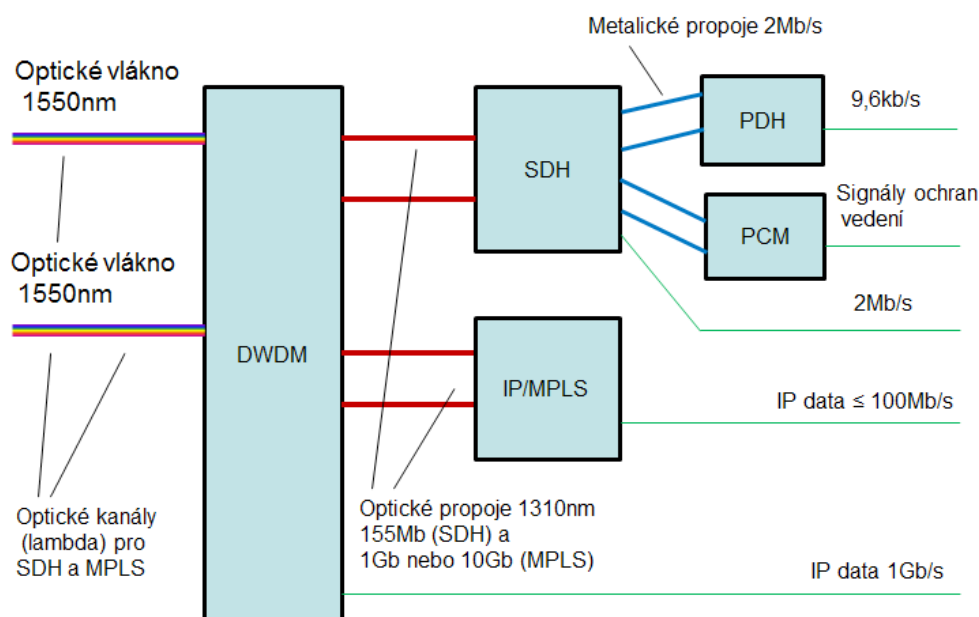
Obr. 4: Topologie Telekomunikační sítě ČEPS

Výsledkem je telekomunikační síť, kterou tvoří nosná část DWDM a dvě samostatné subsítě TDM a IP/MPLS. Nosný DWDM systém (vlnový multiplex) využívá 100GHz odstup jednotlivých optických kanálů dle rastru ITU-T pro provoz 44 optických kanálů („lambda“). Na linkové straně směrem do optického vlákna v KZL (1550nm) jsou vlnové multiplexory osazeny optickými zesilovači a jednotkami pro kompenzaci chromatické disperze. Na nejdelším vedení s optickou délkou 151 km jsou na obou koncích vedení navíc vloženy samostatně RAMAN zesilovače. Na příspěvkové straně DWDM jsou transpondéry poskytující připojení jednotlivým zařízením (službám) pomocí optického propoje (patchcord) 1310nm s rychlostmi 155Mb/s pro TDM a 1Gb/s nebo 10Gb/s pro IP/MPLS. V případě potřeby jsou k dispozici transpondéry i s rychlostí 100Gb/s.

Především pro tzv. „kritické aplikace“, tj. pro komunikace nezbytné pro dispečerské řízení energetiky, je provozována subsítě TDM (multiplex v časové doméně) tvořená prvky SDH (synchronní digitální hierarchie), PDH (plesiochronní digitální hierarchie) a PCM (speciální PDH pro komunikace ochrany vedení). Klasické TDM komunikace nejsou tak efektivní ve využití datového pásma jako moderní IP sítě, ale jsou považovány za spolehlivější a bezpečnější (zpoždění, rychlost zotavení po přepnutí,...)

Datová spojení mezi řídicími systémy v elektrické stanici a dispečerskými řídicími systémy v centrech používají asynchronní sériové komunikace s elektrickým rozhraním RS232 (obvyklá rychlost 9,6kb/s) a využívají pevně definované okruhy (timesloty) v PDH části sítě. Všechny tyto okruhy jsou provozovány jako zálohované 1 + 1. Zařízení PDH je pochopitelně variabilní jak z hlediska počtu přenášených komunikací (a využívaných timeslotů), tak z hlediska vstupních rozhraní.

Signály pro spojení systému ochrany vedení používají zařízení PCM, které zjednodušeně řečeno slouží jako PDH převodník mezi vstupními signály z ochrany a výstupním tokem 2Mb/s. Každé zařízení PCM slouží pro jeden vývod vedení 220kV nebo 400kV a se zařízením PCM v protějšví elektrické stanici je spojeno zálohovaně 1 + 1 v SDH části sítě.



Obr. 5: Schéma propojení zařízení

Pro všechny moderní informační systémy s IP komunikací je provozována subsíť MPLS (angl. multiprotocol label switching), která kombinuje výhodné vlastnosti klasických telekomunikací TDM a počítačových IP sítí. Díky vkládaným značkám (label) k paketům umožňuje tato technologie zasílat data na místo určení rychleji a efektivněji, než při použití klasického směrování. Cestu, kterou mají data využít, je možné předem definovat a zajistit ji dostatečnou propustností a přesně určenou náhradní variantu v případě výpadku některého z prvků (angl. traffic engineering). Používány jsou primárně dvě služby, a to spojení L2 bod – bod (e-pipe) a L3 VPN (angl. virtual private network). MPLS síť je tedy používána jak pro přímé propojení dvou zařízení s rozhraním ethernet, tak k vytváření WAN propojení různých technologických i standardních LAN sítí na jednotlivých objektech. Poskytuje také spojení pro novou interní IP telefonní síť.

6. DOHLED A SERVIS TELEKOMUNIKAČNÍ SÍTĚ

Jestliže na jednom objektu (elektrické stanici) se nachází několik kusů různých typů telekomunikačních zařízení, tak v celé síti je to již cca 300 ks zařízení. Vzhledem k povaze činnosti společnosti ČEPS je nezbytný jejich nepřetržitý provoz a v případě poruchy jakéhokoliv prvku musí být jednak zajištěna plná funkčnost všech ostatních částí a současně musí být porucha lokalizována a ve velmi krátkém čase opravena.

Toho je dosaženo:

- samotným designem a topologií telekomunikační sítě
- plně funkčním dohledovým systémem všech jednotlivých částí sítě
- přísnými podmínkami v servisních smlouvách s externími společnostmi, které poskytují servis na některé části sítě
- vhodnými organizačními opatřeními ve společnosti včetně držení pohotovostní služby konkrétních techniků

Vlastní dohledový systém telekomunikační sítě je tvořen jednak samostatnými dohledovými systémy jednotlivých částí sítě, tj. DWDM, SDH, PDH, PCM, MPLS a napájecí zdroje, a dále zastřešujícím „umbrella“ systémem.



Obr. 6: Dohledové pracoviště telekomunikační sítě ČEPS

Jednotlivé servery k dohledovým systémům jsou umístěny ve dvou různých lokalitách se vzájemným zálohovaným provozem.

Dohledy jednotlivých částí sítě umožňují:

- dálkové zjištění provozního stavu jednotlivých zařízení
- konfiguraci jednotlivých prvků na dálku a konfiguraci celé sítě
- sbírání a archivaci alarmů a lokalizaci event. poruchy

Zastřešující dohledový systém „umbrella“ navíc umožňuje:

- definování jednotlivých komunikací jako služeb
- vyhodnocování provozu jednotlivých služeb a výpočet provozní spolehlivosti služeb za dané období
- zpracování statistik požadovaných veličin
- v případě poruchy – alarmu odeslání SMS zprávy a e-mail zprávy na příslušná čísla a adresy

V případě poruchy pak provozní technik ve spolupráci se servisní firmou musí vyhodnotit, zda se jedná skutečně o poruchu, jaký má charakter, kterých provozovaných (zejména technologických) systémů se dotýká a jak ji co neefektivněji vyřešit.

7. BEZPEČNOST DATOVÉ SÍTĚ

Pod pojmem bezpečnost se rozumí jak fyzická bezpečnost, tak datová bezpečnost. Fyzická bezpečnost telekomunikační sítě je součástí fyzické bezpečnosti celé provozované infrastruktury ČEPS včetně požární bezpečnosti. Optická vlákna jsou umístěna v nejvyšším místě vysokonapěťových vedení a jednotlivá telekomunikační zařízení jsou umístěna v technologických prostorách v uzavřeném areálu ČEPS. Přístup do těchto prostor se řídí přísnými pravidly a vstup je technicky zabezpečen.

Datová bezpečnost není tak viditelná, ale v dnešní době má minimálně stejný význam. Data pro dispečerské řízení jsou provozována odděleně od ostatních IP datových komunikací (jsou v TDM části) a není ani teoreticky možné, aby byla ovlivněna poruchou nebo útokem z IP části sítě. Bezpečnost datové IP sítě je teoreticky nesmírně rozsáhlý a stále se vyvíjející obor. Ve WAN/LAN síti společnosti ČEPS se proaktivně používají všechny nezbytné bezpečnostní prvky, např.:

- NAC (angl. network admission control) - systém kontroly přístupu, který umožňuje přístup do sítě pouze ověřeným zařízením nebo uživatelům splňujícím definovaná kritéria (operační systém, antivirový SW, ..)
- IDS / IPS (angl. intrusion detection / prevention system) - bezpečnostní řešení kontrolující veškerý síťový provoz mříčící ke kritickým zdrojům infrastruktury. Na základě využití signatur a detekce anomálií je možné zjistit potenciační útok a zastavit jej dříve, než se dostane ke svému cíli
- ADS (angl. anomaly detection system) - systém pro detekci anomálií v síti na základě datových toků. Přináší do sítě další stupeň ochrany, kterou klasické bezpečnostní produkty jako jsou firewally, nebo IPS nemohou poskytnout

8. PRIVÁTNÍ TELEFONNÍ SÍŤ ČEPS

Protože v počátcích byla energetika řízena především prostřednictvím hlasové komunikace mezi centrem a elektrickou stanicí, byla vždy podniková telefonní síť jako PTSE (privátní telefonní síť energetiky) nezbytnou součástí celé energetiky. Na každém objektu - elektrické stanici i centrální lokalitě - byla pobočková ústředna a tyto byly navzájem spojeny do sítě s jednotnými pravidly pro číslování objektů a poboček.

V současnosti probíhá výstavba vlastní telefonní sítě ČEPS na bázi IP telefonie. Dostatečná datová kapacita v MPLS síti umožnila vyčlenit neomezuující pásmo pro samostatnou WAN síť pro telefonii. Tato telefonní síť se bude interním uživatelům jevit jako jedna ústředna, budou dosažitelní navzájem v celé síti pouze volbou 4-místné pobočky.

Celá telefonní síť bude řízena ze dvou vzájemně se zálohujících řídicích serverů (angl. call manager) v distribuovaném klastru, které jsou umístěny ve dvou různých lokalitách. V několika lokalitách jsou součástí této telefonní sítě hlasové brány pro propojení na síť telekomunikačního operátora – poskytovatele služby VTS (veřejné telefonní síť) a také propojení do PTSE. Používá se spojení na rozhraní TDM (2Mb/s E1), teoreticky je možné i spojení na úrovni IP (SIP trunk). Ve významných lokalitách umožňují hlasové brány v případě ztráty spojení s oběma řídicími servery přejít do režimu SRST (angl. survivable remote site telephony), což zajistí zachování funkce telefonie v rámci lokality.

Architektura s centralizovaným modelem řízení hovorů pro všechny lokality poskytuje:

- jednotnou sadu služeb pro všechny uživatele v celé síti
- přenositelnost čísla a uživatelských služeb
- centralizovanou správu systému

Samotná IP telefonie ze svého principu umožňuje navíc konvergenci hlasových a datových služeb (angl. unified communications), každý uživatel pevného telefonu tak bude mít k dispozici SW aplikaci telefonního klienta na svém PC.



Obr. 7: IP telefon a SW klient Cisco

Uživatelé tedy budou moci pohodlně ovládat telefon z PC a používat propojení s telefonním seznamem a kontakty ve firemním informačním systému, zasílat textové zprávy, použít videohovory apod. Součástí infrastruktury telefonní sítě jsou záznamová zařízení pro nahrávání hovorů z dispečerských pracovišť, povinnost nahrávat všechny hovory dispečerů vyplývá z platného dispečerského řádu.

9. ZÁVĚR

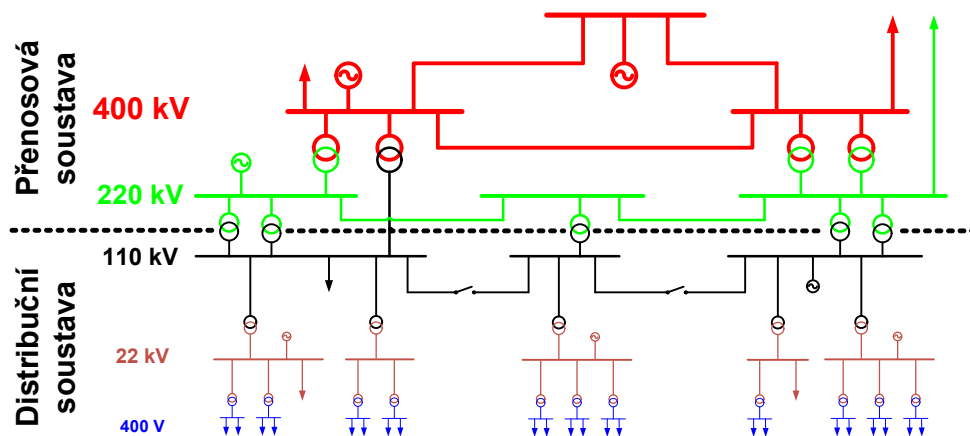
Postupná výstavba optických kabelů v KZL na vysokonapěťových vedeních v 90. letech zajistila energetickým společnostem v následujícím období neomezuující rozvoj datových komunikací všech informačních systémů a z dnešního pohledu i ekonomickou nezávislost na komerčních poskytovatelích telekomunikačních služeb. Kapacita spojení je dána pouze vhodnými koncovými zařízeními na optických vláknech a při použití vlnového DWDM multiplexu je dostačující i pro budoucnost. Spektrum zařízení, které se ve společnosti ČEPS v oblasti telekomunikací a datových komunikací používají, klade na jedné straně vysoké nároky na odborné znalosti provozní techniků, na druhé straně jim to umožňuje být v kontaktu s moderní a perspektivní technikou. Přináší to samozřejmě odborný růst, kontakt s odborníky z dodavatelských firem a účasti na školeních a konferencích.

Literatura

- [1] Ing. Miroslav Kubín, DrSc., Přenosy elektrické energie ČR (V kontextu evropského vývoje) 2006.
- [2] Dpt. Karel Hlaváček, Ing. Josef Ulmann, CSc., Historie dispečerské řídicí techniky MEDu od roku 1945 ze vzpomínek pamětníků, 2012
- [3] Maciej Kucharski, Pavel Dubský, Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras, 1998
- [4] www.ceps.cz, 2013
- [5] Nabídková dokumentace Dimension Data pro ČEPS (Obr. 7), 2012

1. ÚVOD

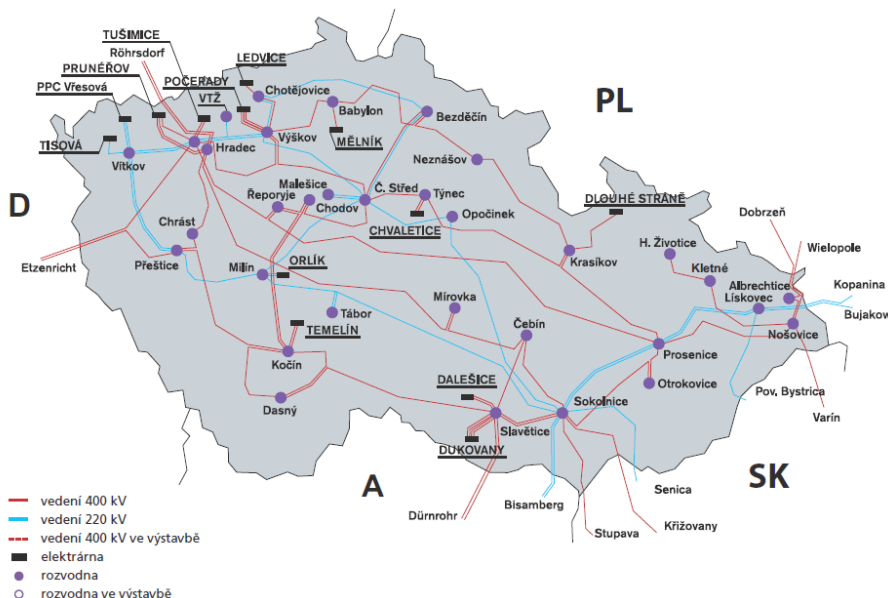
Elektrizační soustava slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie z místa výroby do místa spotřeby. Elektrizační soustavu tvoří elektrické stanice, výrobní elektrické energie a elektrické sítě. Elektrizační soustavu dělíme na přenosovou a distribuční soustavu.



Obr. 1: Elektrizační soustava

Přenosová soustava je sestavena ze sítí 400 a 220 kV a tvoří páteř elektrizační soustavy. Slouží k přenosu výkonů na velké vzdálenosti, zajišťuje propojení elektrizační soustavy se zahraničními elektrizačními soustavami a dále slouží pro vyvedení výkonu z velkých systémových elektráren.

Distribuční soustava slouží k distribuci výkonu k odběratelům. Je tvořena sítěmi 110 kV a nižších napěťových úrovní. Přenáší výkon na kratší vzdálenosti a jsou do ní připojeny elektrárny nižších výkonů. V některých případech zajišťuje přeshraniční propojení, které však slouží pouze pro napájení vydělených oblastí.



Obr. 2: Schéma přenosové soustavy České republiky

Elektrická stanice je ucelené zařízení, které tvoří uzel elektrizační soustavy.

Podle účelu se dělí na:

- **transformovny** – slouží ke změně elektrického napětí
- **rozvodny** (též spínací stanice) – slouží k rozvádění elektrické energie téhož napětí bez transformace či přeměny.
- **měnírny** – slouží ke změně kmitočtu či druhu napětí (ze střídavého na stejnosměrné a naopak).

Typická elektrická stanice přenosové soustavy se skládá z několika rozvodů různého jmenovitého napětí a transformovny. Tyto stanice tvoří uzly přenosové soustavy, v kterých jsou propojena vedení a dále pomocí transformátorů zajišťují propojení přenosové soustavy se soustavou distribuční.

V přenosové soustavě České republiky je zapojeno 33 elektrických stanic.

Tyto stanice můžeme charakterizovat následovně:

- 4 stanice zajišťují svými transformátory propojení přenosových sítí 400 kV a 220 kV
- 32 stanic zajišťuje svými transformátory propojení přenosové a distribuční soustavy
- 10 stanic zajišťuje vyvedení výkonu z elektráren
- 8 stanic je složeno z rozvodny 400 kV a 220 kV

Rozvodny přenosové soustavy jsou ve většině případů venkovního provedení, ve výjimečných případech z důvodu nedostatku prostoru jsou v provedení zapouzdřeném, kde je jako izolační médium použit plyn fluorid sírový SF_6 . Rozvodny přenosové soustavy v takovémto provedení jsou Chodov 400 kV, Chotějovice 400 kV a dále některé vývodové rozvodny elektráren.



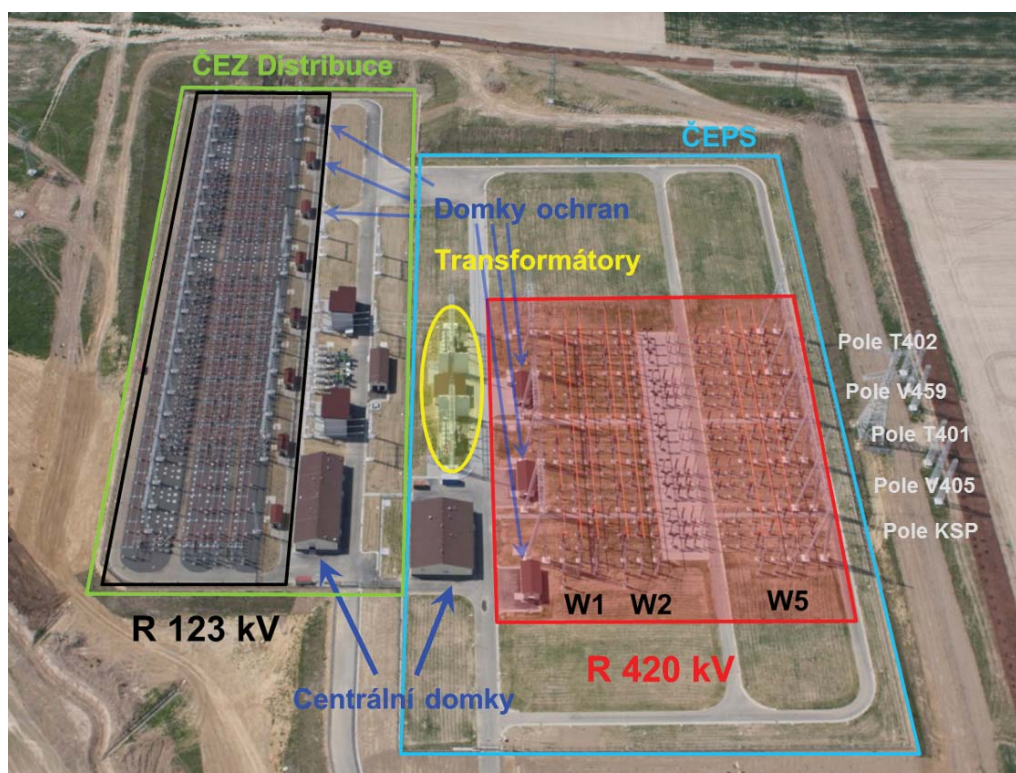
Obr.3: Zapouzdřená rozvodna Chodov 400 kV

Nově budované a již rekonstruované elektrické stanice přenosové soustavy jsou bezobslužné a dálkově ovládané z hlavního a záložního dispečerského pracoviště dispečinku ČEPS, a.s. Dosud nerekonstruované stanice s obsluhou jsou ovládány místně. V současnosti je v místním ovládání ještě 6 stanic, v kterých již probíhá nebo teprve bude započata rekonstrukce pro přechod na dálkové ovládání rozvodny.

Jako příklad stanice přenosové soustavy je na obrázku 4 zobrazen letecký snímek elektrické stanice Kletné. Tato stanice se skládá z rozvodny 400 kV spravované provozovatelem přenosové soustavy ČEPS, a.s. a rozvodny 110 kV spravované provozovatelem distribuční soustavy ČEZ Distribuce a.s. Ve stanici jsou dále dva transformátory 400/110 kV, které zajišťují propojení přenosové a distribuční soustavy. Rozvodna 400 kV se skládá ze dvou hlavních přípojníc W1, W2, pomocné přípojnice W5 a má pět polí.

U dosud nerekonstruovaných elektrických stanic s místní obsluhou je vždy pouze jeden centrální domek pro celou stanici, ve kterém obsluha z velínu řídí všechny rozvodny ve stanici. Dále je v centrálním domku umístěna veškerá sekundární technika, tzn. všechny ochrany a řídicí systém rozvodny.

Rekonstruované a nové dálkově ovládané stanice mají části provozované provozovateli distribuční a přenosové soustavy odděleny. V každé takové části je pak centrální domek s centrálními technologiemi a v polích rozvoden jsou vystaveny domky ochrany, v kterých jsou umístěny technologie pole (ochrany, dolní úroveň řídicího systému). Důvodem umístění technologií přímo v poli je minimalizování vzdálenosti přenosu elektrických údajů v sekundárních obvodech za účelem zvýšení přesnosti. Technologie v domcích ochrany pak komunikují s centrálními technologiemi pomocí optických datových kabelů, kde ke ztrátě přesnosti informací nedochází.



Obr.4: Elektrická stanice Kletné 400/110 kV

2. SILOVÁ ČÁST

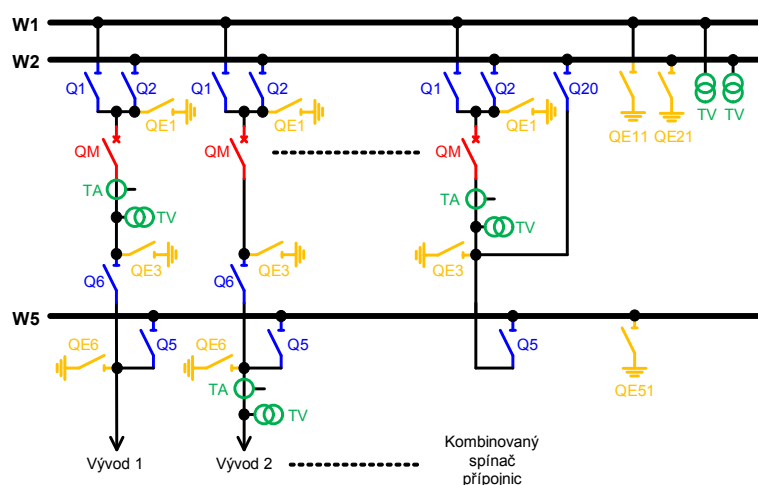
2.1. Typy rozvoden

Podle systému přípojnic můžeme rozvodny rozdělit následovně:

- **Rozvodny s jednoduchým systémem přípojnic** – používají se tam, kde není požadavek na nepřerušovaný provoz při revizích a opravách. U rozvodných zařízení VVN se jednoduchý systém přípojnic používá pouze u některých rozvoden 110 kV ve stanicích 110/22 kV. Jedná se o tzv. H zapojení.
- **Rozvodny s dvojitým systémem přípojnic** – tento systém se využívá v následujících případech:
 1. není přípustné přerušení dodávky při revizi přípojnice
 2. provoz vývodů je potřeba rozdělit do dvou skupin
- **Rozvodny s trojitým systémem přípojnic** – tento systém se využívá v následujících případech:
 1. dvojitý systém musí být trvale v odděleném provozu
 2. provoz vývodů je potřeba rozdělit do třech skupin
- **Rozvodny s pomocnou přípojnicí** – používají se v případech, kdy nelze připustit odstavení odbočky z důvodu revize vypínače a odpojovačů.

- **Rozvodny s okružními přípojnici tzv. polygon** – používá se tam, kde se požaduje omezení následků zkratů přípojníc na minimální počet odboček.
- **Rozvodny bez přípojníc** – tyto rozvodny se používají pro koncové elektrické stanice v distribuční síti a také pro elektrárenské bloky. Patří zde rovněž některé druhy H zapojení rozveden 110 kV.
- **Rozvodny s větším počtem spínačů na odbočku** – používají se v případech mimořádné důležitosti a také z důvodu omezení zkratů na minimální počet odboček.

Typická rozvodna v přenosové soustavě má dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnící a kombinovaným spínačem přípojníc (viz. obrázek 5).



Obr. 5: Schéma rozvodny s dvojitým systémem přípojníc a pomocnou přípojnící

Ve schématu rozvodny jsou modře označeny odpojovače (Q), červeně vypínače (QM), oranžově zemniče (QE) a zeleně přístrojové transformátory proudů (TA) a napětí (TV). Pokud není vývod vybaven uzemňovači, je nutno použít pro uzemnění vyhrazené zkratovací soupravy, kterými se manuálně zkratují vypnutá zařízení, na nichž bude probíhat pracovní činnost.

Hlavní přípojnice (W1, W2) slouží pro zajištění elektrického spojení jednotlivých vývodů. Při běžném provozu v základním zapojení jsou jednotlivé vývody připojeny na jednu z hlavních přípojníc (např. vývod 1 je připojen na přípojnicu W1, vývod 2 na přípojnicu W2) a kombinovaný spínač přípojníc spojuje obě dvě přípojnice. Základní zapojení rozvodny určuje rozdělení vývodů na obě přípojnice takovým způsobem, aby byl minimalizován tok přes spínač přípojníc a dále aby byla zajištěna spolehlivost provozu při výpadku jedné přípojnice.

Dvojitý systém přípojníc umožňuje odstavovat jednu z přípojníc pro revize bez nutnosti vypínání vývodů a také umožňuje rozdělení provozu tzn. dvě různá spojení vývodů při rozepnutém spínači přípojníc. Rozděleného provozu přípojníc se v přenosové soustavě používá v současnosti pouze za účelem tzv. rekonfigurace, což je speciální zapojení rozvodny, které v případě potřeby omezí vlivem vyšší impedance toku výkonů na postižených prvcích.

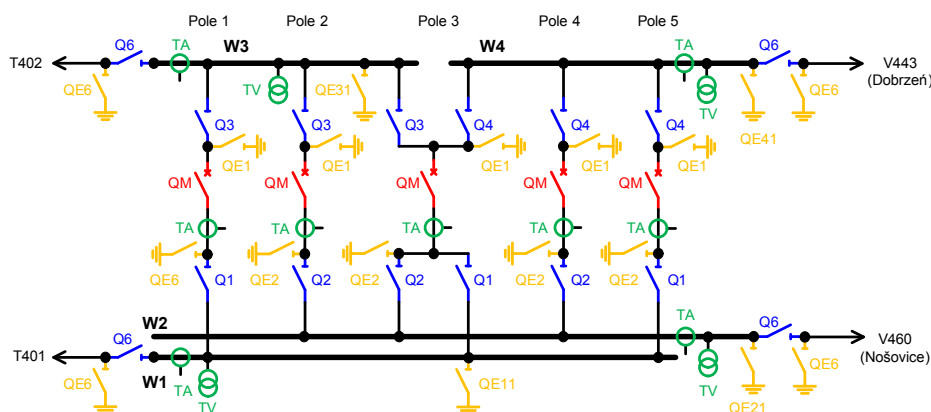
Rozvodny s vysokým počtem vývodů jsou navíc vybaveny podélným spínačem přípojníc, který v případě nutnosti dokáže rozdělit každou přípojnicu na dvě poloviny.

Pomocná přípojnice (W5) slouží ve spojení s kombinovaným spínačem přípojníc pro náhradní provoz všech vývodů, který umožňuje odstavení pole vývodu pro revize odpojovačů, vypínače a přístrojových transformátorů bez nutnosti vypnutí celého vedení či transformátoru daného vývodu. Při náhradním provozu je kombinovaný spínač přípojníc použit jako spínač pomocné a hlavní přípojnice a přebírá funkci odstavených prvků pro vývod v náhradním provozu. Při náhradním provozu přes pomocnou přípojnicu je nutno přepojit zbývající vývody pouze na jednu hlavní přípojnicu, protože kombinovaný spínač přípojníc je použit pro náhradní provoz a nelze ho tedy využít jako spínač hlavních přípojníc.

Přístrojové transformátory proudu (TA) a napětí (TV) jsou standardně umístěny uvnitř pole vývodu mezi vývodovým odpojovačem Q6 a vypínačem QM. Při náhradním provozu takového vývodu přebírají jejich funkci přístrojové transformátory kombinovaného spínače přípojnic. U vývodů (např. přeshraniční vedení), kde je vysoká priorita na přesnost měření, jsou přístrojové transformátory připojeny za odbočkou na pomocnou přípojnicí z pohledu od přípojnic. Je to z toho důvodu, aby při náhradních provozech nedocházelo ke změně přístrojových transformátorů a případnému negativnímu ovlivnění přesnosti měření.

Kromě typického systému přípojnic jsou u některých rozveden v přenosové soustavě použity nestandardní druhy přípojnic. Jedná se o následující stanice:

1. Albrechtice

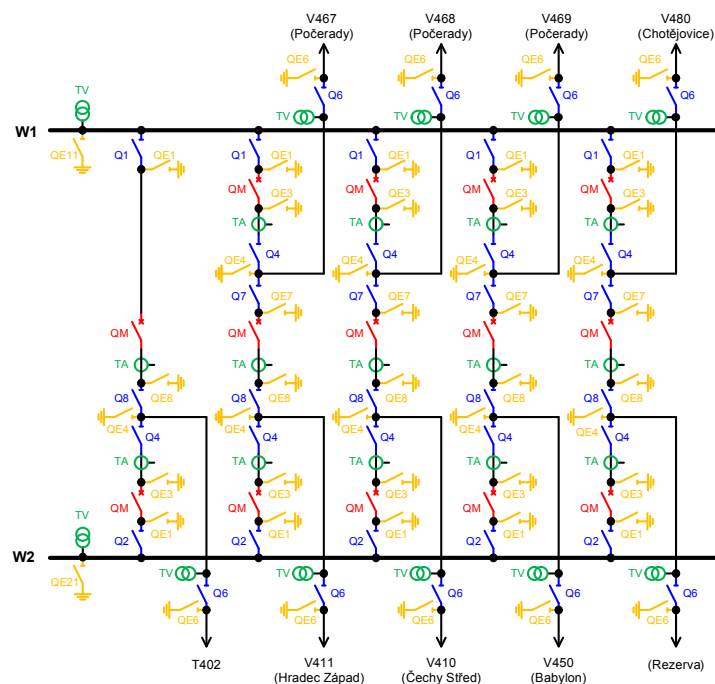


Obr. 6: Schéma rozvodny Albrechtice 400 kV

Elektrická stanice Albrechtice se nachází ve Slezsku, přibližně mezi Havířovem a Českým Těšínem. Rozvodna 400 kV v této stanici je typu polygon tzn. s okružními přípojnicemi. Má čtyři vývody (dvě vedení a dva transformátory 400/110 kV), čtyři přípojnice a 5 polí. Pole 3 je univerzální pole, které slouží k nahrazení ostatních polí v případě jejich odstávky. V základním zapojení je rozvodna provozována jako uzavřený polygon přes pole 1, 2, 4 a 5. V případě vypínání některého vývodu se vždy musí vypnout vypínače ve dvou polích, aby došlo k vypnutí přípojnice, k níž je vývod připojen. Následně je možno vývod odpojit pomocí odpojovače Q6 a přípojnicí opět zapnout pod napětí. Rozvodna s okružními přípojnicemi je spolehlivější pro případ přípojnicového zkratu (došlo by k výpadku pouze jednoho vývodu) a také pro případ poruchy vypínače (nedojde k přerušení dodávky). Z hlediska manipulací a elektrických ochran je však tato rozvodna složitější než rozvodna s dvěma přípojnicemi.

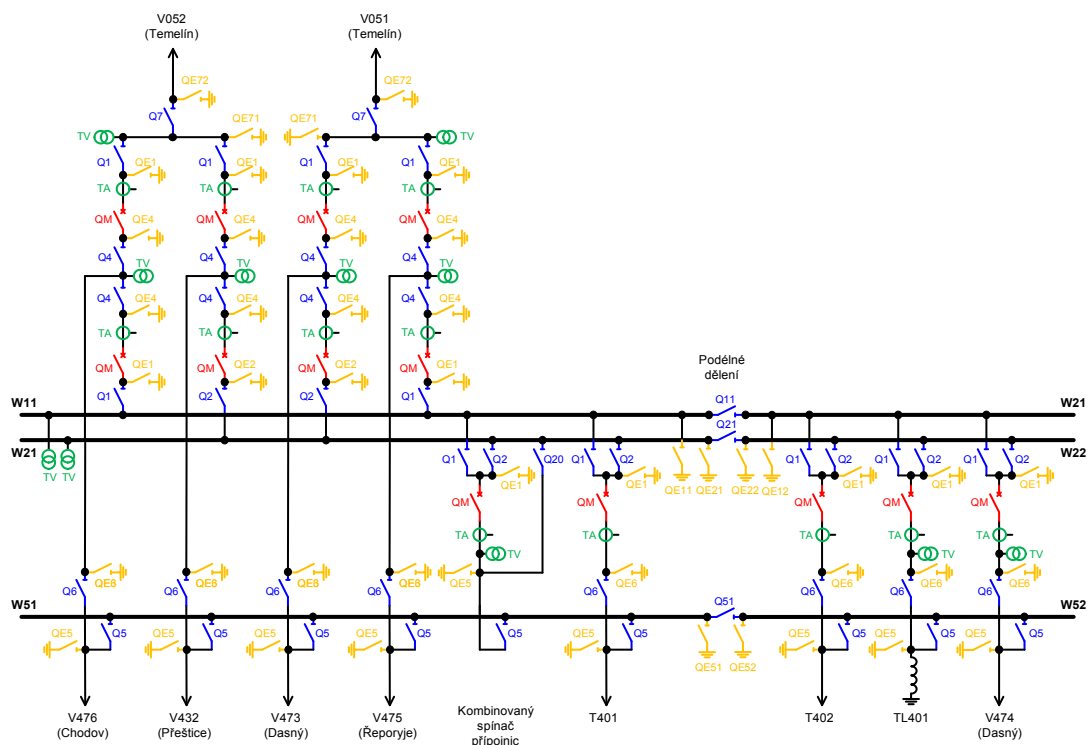
2. Výškov 400 kV

Elektrická stanice Výškov se nachází v Severních Čechách v blízkosti města Louny a slouží pro vyvedení výkonu z elektrárny Počerady. Rozvodna 400 kV má dvě přípojnice a větší počet vypínačů na každý vývod (viz. obrázek 7). Rozvodna 400 kV má osm vývodů, z toho jeden vývod je transformátor T402 (400/110 kV) a tři vývody jsou blokovaná vedení z elektrárny Počerady. V případě potřeby vypnutí některého vývodu je nutno vypnout dva vypínače. Výhody a nevýhody tohoto provedení rozvodny jsou stejné, jako v případě rozvodny s okružními přípojnicemi tzn. vyšší spolehlivost v případě přípojnicového zkratu a poruchy vypínače, ale větší složitost pro manipulace a elektrické ochrany.



Obr. 7: Schéma rozvodny Výšov 400 kV

3. Kočín 400 kV

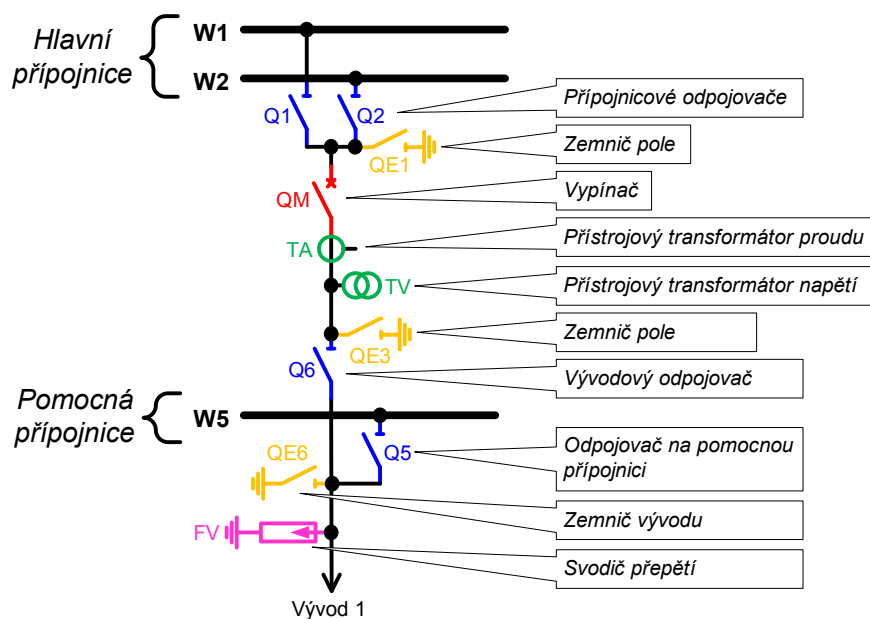


Obr. 8: Schéma rozvodny Kočín 400 kV

4. Slavětice 400 kV

2.2. Silové prvky rozvoden

Silová část rozvodny je sestavena ze silových prvků. Na obrázku 10 je nakresleno typické pole rozvodny přenosové soustavy s označením silových prvků. Každé pole se skládá z vypínače, odpojovačů, přístrojových transformátorů proudu a napětí, svodičů přepětí a ve většině případů i zemničů. Jednotlivá pole jsou vzájemně spojena daným systémem přípojníc (viz. předchozí kapitola). Jednotlivé silové prvky jsou rozepsány v následujících podkapitolách.



Obr.10: Silové prvky rozvodny

2.3. Přípojnice a odbočky

Přípojnice je propojovací vedení napříč celou rozvodnou. Jejich provedení je lanové nebo trubkové, přičemž pro nové rozvodny či rozšiřování přípojníc se upřednostňují trubkové přípojnice.

Elektrické požadavky na přípojnice jsou:

1. Rozvodny 400 kV

- Krátkodobý zkratový proud po dobu 1s (I_k') 50 kA (výjimečně 63 kA)
- Dynamický zkratový proud (I_{km}) 125 kA (výjimečně 160 kA)
- Jmenovitý proud přípojníc 4000 A (nyní pouze 2500 A)
- Nejvyšší provozní napětí 420 kV

2. Rozvodny 220 kV

- Krátkodobý zkratový proud po dobu 1s (I_k') 31,5 kA
- Dynamický zkratový proud (I_{km}) 80 kA
- Jmenovitý proud přípojníc 1400 A
- Nejvyšší provozní napětí 245 kV

Lanové přípojnice jsou provedeny z dvojsvazku lan AlFe. Pro rozvodny 400 kV je použito většinou vodičů 2 x 750 AlFe nebo 2 x 670 AlFe a v rozvodnách 220 kV 2 x 670 AlFe nebo 2 x 350 AlFe.



Obr. 11: Trubkové přípojnice



Obr. 12: Lanové přípojnice

Propoje mezi přístroji v jednotlivých polích jsou buď trubkové nebo lanové. U lanových propojů je použito shodných vodičů jako u přípojníc.

U rozvodu 400 kV jsou požadovány následující elektrické parametry:

- Krátkodobý zkratový proud po dobu 1s ($I_K^{(1)}$) 40 kA
- Dynamický zkratový proud (I_{km}) 100 kA
- Jmenovitý proud přípojníc 2500 A
- Nejvyšší provozní napětí 420 kV

2.4. Vypínače

Vypínač je elektrický přístroj, který slouží k bezpečnému a spolehlivému zapínání a vypínání prvků (vedení, transformátorů, tlumivek atd.). Musí být schopen přerušit obvod za každých okolností, tzn. v normálních i poruchových stavech.

Zhášecí medium u vypínačů se používá fluorid sírový (SF₆), dříve se používal stlačený vzduch. Pohon vypínačů je elektromotorický s pružinovým střadačem samostatný pro každý pól z důvodu proveditelnosti jednofázového cyklu OZ. Kromě elektromotorického pohonu se používá také hydraulický pohon, u kterého je pohon zajištěn rozvodem oleje a funkci střadačové pružiny plní stlačený dusík. U tlakovzdušných vypínačů, které se používaly v minulosti, byl použit pneumatický pohon.

Požadavky na vypínače jsou následující:

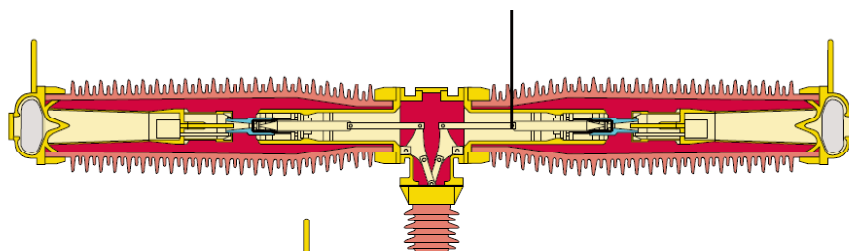
- nejvyšší napětí 420 kV nebo 245 kV
- jmenovitý proud 3150 A
- jmenovitý vypínací proud 40, 50, 63 kA (podle typu rozvodny)
- jmenovitý zapínací proud 100, 125, 157 kA (podle typu rozvodny)



Obr. 13: Výkonový vypínač – fáze L3

Každá fáze vypínače má dvě zhášecí komory s dvěma kontakty přerušující elektrický obvod. K přerušení obvodu tedy dochází ve dvou místech. Z důvodu snadnějšího zhašení elektrického oblouku jsou připojeny paralelně ke zhášecím komorám kondenzátory (menší válce u zhášecích komor na obrázku 13).

Výkonové vypínače jsou vybaveny synchronizačním zařízením, které kontroluje maximální možný rozdíl úhlu a velikosti spínaných napětí (režim kruhování) a dále umožňuje fázovat napětí s rozdílem frekvence do 0,25 Hz (fázování). Synchronizační zařízení je buď speciální hardware nebo je součástí řídicího systému rozvodny.



Obr. 14: Řez zhášecími komorami jedné fáze vypínače

2.5. Odpojovače a zemniče

Odpojovač je elektrický přístroj, který slouží k viditelnému (bezpečnému) rozpojení elektrického obvodu bez zatížení (obvod se musí nejdříve rozepnout vypínačem). V rozvodnách dále slouží odpojovače k volbě proudové cesty, tzn. pomocí odpojovačů se připojí odbočka k požadované přípojnici.

Zemniče nazývané též zemní nože jsou speciálním druhem odpojovačů, který slouží k propojení zařízení s potenciálem země v případě prací na tomto zařízení. Ve většině případů jsou součástí odpojovačů. V případě, že zemniče nejsou instalovány, zařízení se musí uzemnit pomocí vyhrazené zkratovací soupravy.

Podle účelu rozdělujeme odpojovače na:

- přípojnicové
- vývodové
- k pomocné přípojnici
- propojovací

Podle provedení rozdělujeme odpojovače:

- se dvěma otočnými kontakty
- s jedním otočným kontaktem
- pantografové – používají se u trubkových přípojníc

Ovládání odpojovačů je pomocí elektromotoru. V minulosti se používalo tlakovzdušné ovládání.

Požadavky na odpojovače jsou následující:

- | | |
|-----------------------------|--|
| • nejvyšší napětí | 420 kV nebo 245 kV |
| • jmenovitý proud | 3150 A |
| • krátkodobý zkratový proud | 40, 50, 63 kA (podle typu rozvodny) |
| • dynamický zkratový proud | 100, 125, 157 kA (podle typu rozvodny) |



Obr. 15: Odpojovač se dvěma otočnými kontakty a zemničem



Obr. 16: Pantografový odpojovač se zemničtem

2.6. Přístrojové transformátory

Přístrojové transformátory jsou elektrické přístroje, které transformují napětí a proud na nižší hodnoty pro měřicí přístroje a elektrické ochrany.

Přístrojové transformátory rozeznáváme:

- přístrojové transformátory napětí (PTN)
- přístrojové transformátory proudu (PTP)
- přístrojové transformátory kombinované (PTK)

U přístrojových transformátorů je jako izolační médium použit olej nebo fluorid sírový SF_6 .

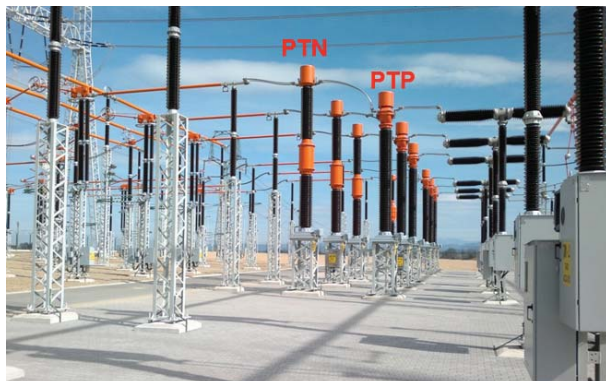
Parametry přístrojových transformátorů napětí jsou:

- nejvyšší napětí soustavy 420 kV nebo 245 kV
- jmenovité primární napětí $400/\sqrt{3}$ kV nebo $220/\sqrt{3}$ kV
- jmenovité sekundární napětí $100/\sqrt{3}$ V

Parametry přístrojových transformátorů proudu jsou:

- nejvyšší napětí soustavy 420 kV nebo 245 kV
- jmenovitý primární proud 1200, 1600, 2000 a 3000 A
- jmenovitý sekundární proud 1 A
- počet jader 2, 3, 4, 6
- přetížitelnost 150% I_N , 200% I_N
- krátkodobý zkratový proud 40, 50, 63 kA (podle typu rozvodny)
- dynamický zkratový proud 100, 125, 157 kA (podle typu rozvodny)
- třída přesnosti 0,2%; 0,5%

U přístrojového transformátoru napětí se nesmí nikdy zkratovat sekundární svorky a po dobu provozu mohou zůstat nezapojené a běžet naprázdno. Sekundární svorky u přístrojového transformátoru proudu se naopak nesmí po dobu provozu nikdy rozpojit a pokud k nim není připojen žádný spotřebič, musí se zkratovat.



Obr. 17: Přístrojové transformátory proudu (PTP) a napětí (PTN)

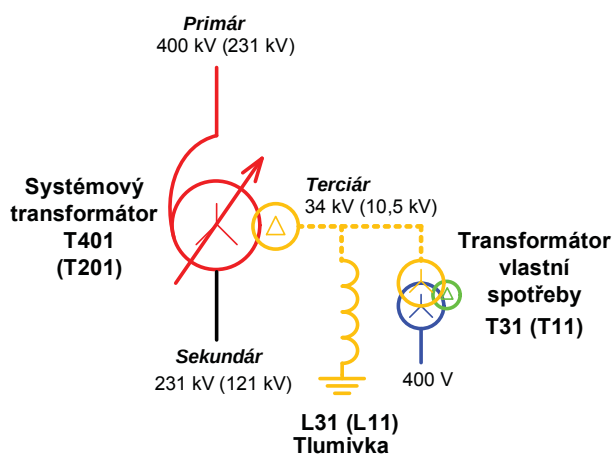
2.7. Svodiče přepětí

V minulosti se pro omezování přepětí v síti používaly bleskojistky, v současnosti se používají omezovače přepětí, které jsou citlivější a dokáží přesněji eliminovat i nižší hodnoty přepětí. Omezovači přepětí jsou vybaveny všechny vývody v rozvodně.



Obr. 18: Omezovače přepětí

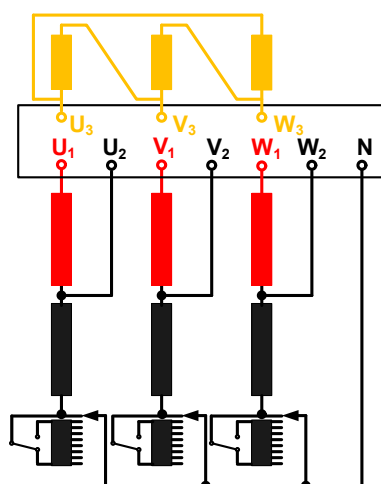
2.8. Transformátory



Obr. 19: Schéma transformační vazby

Transformátor je elektrický stroj netočivý, který se používá ve střídavých sítích pro změnu napětí a proudu při konstantním kmitočtu. V přenosové soustavě se používají systémové transformátory k propojení sítí 400 kV a 220 kV a dále pro propojení přenosové soustavy se soustavou distribuční. Systémové transformátory mají tři vývody vzájemně odlišného napětí tzn. mají primár, sekundár a terciár. Vinutí mezi primárem a sekundárem je autotransformátorového provedení, tzn. je vzájemně propojeno. Mezi primárem a sekundárem tedy nedochází ke galvanickému oddělení sítí. Terciární vinutí je zapojeno do trojúhelníku s hodinovým úhlem 1 nebo 11 vůči vinutí mezi primárem a sekundárem. Terciární vinutí slouží zejména pro připojení kompenzačních tlumivek a transformátorů zajišťujících vlastní spotřebu rozvodu.

Systémové transformátory jsou vybaveny přepínačem odboček, kterým je možno upravovat převod transformátoru za provozu. Přepínače odboček jsou umístěny ve většině případů na sekundární straně vinutí, u některých starších strojů jsou umístěny na primární straně. Přepínače odboček jsou většinou reverzního provedení, tzn. mají pouze půlku regulačních odboček a pro celý regulační rozsah se musí přepojit přepínačem.



Obr. 20: Schéma zapojení vinutí systémového transformátoru

Základní technické údaje systémových transformátorů:

Transformátory 400/220 kV:

- transformační výkon 500 MVA
- převod $400 / 231 \pm 6 \times 1,48\% / 34 \text{ kV}$

Transformátory 400/110 kV:

- transformační výkon 250, 330, 350 MVA
- převod $400 / 121 \pm 8 \times 1,5\% / 10,5 \text{ kV}$

Transformátory 220/110 kV:

- transformační výkon 200 MVA
- převod $230 (231) / 121 \pm 6 \times 2\% / 10,5 \text{ kV}$

Systémové transformátory 400/220 kV a některé starší druhy transformátorů 220/110 kV jsou složeny ze čtyř jednofázových jednotek – z toho tři jednotky jsou vždy v provozu (pro každou fázi) a jedna jednotka je v záloze. Ostatní transformátory jsou v provedení třífázovém.



Obr. 21: Systémový transformátor složený z jednofázových jednotek



Obr. 22: Třífázový systémový transformátor

V naší přenosové soustavě se používají pouze tzv. podélné systémové transformátory, u kterých je výstupní (sekundární) napětí ve fázi s napětím vstupním (primárním). Změnou odboček dochází pouze k regulaci velikosti sekundárního napětí. V zahraničních soustavách jsou nainstalovány transformátory s příčnou regulací, u kterých se změnou odboček reguluje nejen velikost sekundárního napětí ale zároveň i velikost úhlu mezi primárním a sekundárním napětím. Změnou velikosti úhlu mezi primárním a sekundárním napětím je možno regulovat tok činného výkonu protékajícího transformátorem. Speciálním druhem transformátorů s příčnou regulací jsou PST – phase shift transformers, které byly vyvinuty pouze za účelem regulace činného výkonu. Tyto transformátory mají stejnou hodnotu primárního a sekundárního napětí a dále větší rozsah regulačního úhlu mezi primárním a sekundárním napětím než klasický transformátor s příčnou regulací. PST transformátory se instalují v rozvodnách sériově k vedením, ve kterých je potřeba regulovat činný výkon. V naší soustavě se uvažuje o instalaci PST transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně na mezistátních vedeních V445 a V446 do německého Roehrsdorfu.

Do terciárů systémových transformátorů jsou připojeny transformátory vlastní spotřeby, které slouží pro zajištění napájení elektrických stanic. Jedná se o dvou nebo třívínuřové transformátory s nevyvedeným terciárem v zapojení Yy0 nebo Dy1 transformující napětí terciáru 34 nebo 10,5 kV na hodnotu 400 V. Výkon transformátorů vlastní spotřeby je zpravidla 630 kVA, 780 kVA, 1000 kVA a 1250 kVA. Transformátory vlastních spotřeb jsou vybaveny přepínači odboček, které jsou schopny měnit převod transformátoru za provozu.

Transformátory zapojené do distribuční soustavy (400/110 kV, 220/110 kV) a transformátory vlastních spotřeb jsou vybaveny hladinovými regulátory napětí (HRTy). Tyto regulátory jsou hardwarové zařízení, které mají za úkol udržovat nastavené napětí na sekundárních stranách transformátorů automatickým přepínáním odboček.

2.9. Kompenzační tlumivky



Obr. 23: Vzduchová tlumivka

Tlumivka je elektrický prvek, který slouží svou indukčností k regulaci napětí v přenosové soustavě. Kompenzační tlumivky se připojují do sítě v době, kdy je v soustavě přebytek jalového výkonu, který je způsoben poklesem činného přenosu na vedeních pod jejich přirozený výkon. Vedení má kapacitní charakter při přenosu nižšího činného výkonu než je přirozený výkon vedení. To má za následek generaci jalového výkonu, který je spojen s růstem napětí. Pro udržení napětí v předepsaných mezích se musí v takovém případě zapnout kompenzační tlumivky, které jako spotřebiče jalového výkonu tento výkon ze sítě odebírají a způsobí tak pokles napětí.

Kompenzační tlumivky jsou zapojeny buď přímo do hladiny 400 kV nebo do terciárního vývodu transformátorů. Tlumivky instalované v přenosové soustavě mají příkon 45, 90 a 165 MVAR. Tlumivky jsou dle svého provedení buď olejové nebo vzduchové.

2.10. Synchronní kompenzátory

Synchronní kompenzátor je elektrický stroj točivý, který slouží k regulaci napětí a jalového výkonu v síti. V principu se jedná o synchronní motor s nevyvedeným hřídelem napájeným ze sítě, u kterého je možno pomocí buzení regulovat dodávku či odběr jalového výkonu.

V přenosové soustavě České republiky jsou v provozu pouze dva kompenzátory ve stanici Krasíkov. Kompenzátory jsou připojeny do terciáru transformátorů 400/110 kV a slouží pro regulaci napětí na sekundární straně transformátorů.

2.11. Manipulační postupy a blokovací podmínky

Manipulací se rozumí zapínání a vypínání prvků v rozvodně. Důvodem změny stavu prvků je uvádění zařízení do provozu, jeho odstavování a dále nastavení požadované konfigurace zapojení rozvodny. V každé rozvodně jsou pro všechny manipulace sestaveny manipulační postupy, které popisují bezpečný postup provedení manipulací. Manipulační postupy si dále berou za cíl omezení ferorezonančního jevu. Ferorezonance je elektrický kmitavý jev, který nastává v obvodech s cívkami s feromagnetickým jádrem a kondenzátorem. Tento jev je doprovázen přepětím a nadproudy. V rozvodnách přenosové soustavy vzniká ferorezonance při určitých manipulacích, protože dochází k vytvoření oscilačního obvodu mezi cívkou s feromagnetickým jádrem v přístrojovém transformátoru napětí a kondenzátory ve výkonovém vypínači.

Postup vypínání vedení:

1. Vypnutí vedení

- vypnutí vypínače QM

Vedení se nejdříve vypíná v rozvodně s vyšším napětím v daném okamžiku z důvodu vzniku přepětí na konci nezatíženého vedení díky ferantního jevu.

2. Odpojení vedení

- vypnutí přípojnicového odpojovače Q1 (Q2)
- vypnutí vývodového odpojovače Q6

Odpojení vedení se provádí současně v obou rozvodnách.

3. Uzemnění vedení

- zapnutí vývodového zemniče QE6
- v případě potřeby uzemnění pole se zapnou zemniče QE1 a QE3

Uzemnění se provádí současně v obou rozvodnách. V případě, že v rozvodně nejsou zemniče, provede se uzemnění pomocí vyhrazených zkratovacích souprav po zajištění vypnutého stavu.

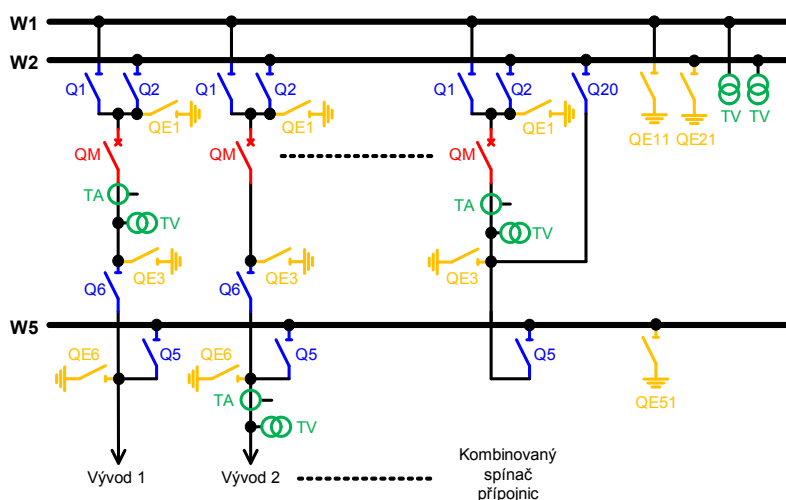
4. Zajištění vypnutého stavu vedení

- přepnutí přepínače režimů provozu pole do režimu „revize“
- zajištění vypnutého stavu vypnutím jističů ovládání prvků pole

Zajištění vypnutého stavu se provádí současně v obou rozvodnách.

Před zahájením prací je potřeba vystavit tzv. „příkaz B“. „Příkaz B“ je písemný doklad se souborem opatření, které zajišťují bezpečnost prací na zařízení nad 1 kV nebo v jeho blízkosti. „Příkaz B“ se ukončuje po ukončení prací na daném zařízení a zajišťuje tak, že zařízení nebude zapnuto před ukončením prací.

Pro osazení vyhrazené zkratovací soupravy za účelem uzemnění daného prvku se vypisuje samostatný „příkaz B“. V rámci „příkazu B“ vypsaného pro práce na daném zařízení se provádí osazení pracovních zkratovacích souprav a vymezení pracoviště.



Obr. 24: Schéma rozvodny s dvěma přípojnici a pomocnou přípojnici

Postup zapínání vedení:

1. Odjištění vypnutého stavu vedení

- zapnutí jističů ovládání prvků v daném poli v obou rozvodnách
- přepnutí přepínače provozů pole do režimu „provoz“

Před odjištěním musí být ukončeny všechny „B příkazy“ pro odjišťované zařízení a sundány všechny pracovní zkratovací soupravy. Odjištění vypnutého stavu se provádí současně v obou rozvodnách.

2. Odzemnění vedení

- Vypnutí zemničů QE1, QE3 a QE6 současně v obou rozvodnách

3. Přípravení k zapnutí

- zapnutí vývodového odpojovače Q6
- zapnutí přípojnicového odpojovače Q1 (Q2)

Přípravení k zapnutí se provádí současně v obou rozvodnách.

4. Zapnutí vedení

- nastavení režimu kruhování na synchronizačním zařízení
- zapnutí vypínače QM

Zapnutí vypínače se provádí nejdříve v rozvodně s nižším napětím v daný okamžik, poté následuje zapnutí vedení v druhé rozvodně.

U vedení je postup vypínání takový, že se vždy nejdříve vypíná vedení v rozvodně s vyšším okamžitým napětím z důvodů omezení ferantiho jevu, který způsobuje na nezátížených vedení napájených z jedné strany vyšší napětí na konci vedení než na jeho začátku vlivem kapacity vedení. Zapínání vedení se provádí v opačném pořadí, tzn. zapíná se v rozvodně s nižším napětím.

U transformátorů je postup zapínání a vypínání opačný než u vedení. Transformátor se nejdříve vypíná ze strany nejnižšího napětí, tj. strana terciáru, následně se vypne ze sekundární strany a nakonec ze strany primární. Zapínání transformátoru se provádí analogicky obráceně, nejdříve se zapne primární strana, následuje sekundární strana a nakonec se zapne terciár.

Postup převádění vývodu na pomocnou přípojnicí W5 přes kombinovaný spínač přípojníc (KSP):

1. Uvolnění KSP z režimu spojky přípojníc

- Převedení provozu rozvodny na jednu přípojnicí
- vypnutí vypínače QM u KSP
- odpojení odpojovačů Q1 (Q2) a Q20 u KSP.

2. Přípravení KSP k zapnutí jako spojku na pomocnou přípojnicí W5

- předvolení sady ochrany na KSP pro daný vývod
- zapnutí odpojovače Q5 převáděného vývodu
- zapnutí odpojovače Q5 u KSP
- zapnutí odpojovače přípojnicového odpojovače Q1 (Q2) u KSP

3. Zapnutí KSP

- předvolení režimu kruhování u synchronizačního zařízení KSP
- zapnutí vypínače QM u KSP

4. Vypnutí převáděného vývodu

- vypnutí vypínače QM v převáděném vývodu

5. Odpojení převáděného vývodu

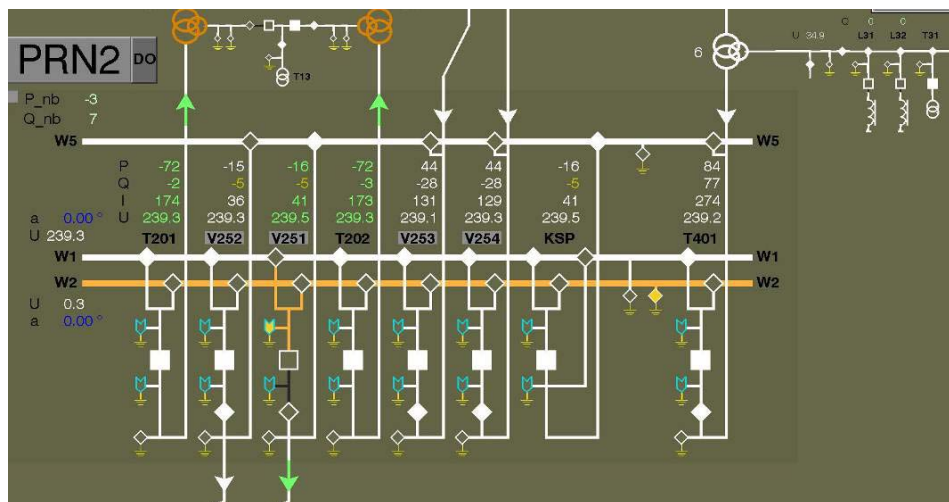
- vypnutí přípojnicového odpojovače Q1 (Q2)
- vypnutí vývodového odpojovače Q6

6. Uzemnění pole převedeného vývodu

- zapnutí zemniče QE1
- zapnutí zemniče QE3

7. Zajištění vypnutého stavu

- přepnutí přepínače režimů provozu pole do režimu „převedeno“
- vypnutí jističů ovládání prvků pole



Obr. 25: Ukázka provozu vývodu přes pomocnou přípojnici W5 a KSP

V obrázku 25 je zobrazena ukázka provozu jednoho vývodu přes pomocnou přípojnici W5. Bílou barvou jsou topologicky zbarveny prvky pod napětím, šedou barvou prvky bez napětí a žlutě uzemněné prvky.

Převedení vývodu z provozu přes pomocnou přípojnici W5 a KSP zpět na vlastní vývod se provádí analogicky v opačném pořadí.

Proti chybným manipulacím, které by způsobily poškození zařízení, jsou v řídicím systému rozvodny implementovány tzv. blokové podmínky, které neumožní provedení chybné manipulace např. vypnutí odpojovače pod zatížením. Blokové podmínky jsou popsány logickými rovnicemi, kde jsou prvky v rovnici označeny ve tvaru **ixx**

a jednotlivé položky mají význam:

i - číslo pole

X - prvek pole - QM – vypínač, Q – odpojovač, QE – zemnič

x - číslo prvku pole

Označení ON značí podmínku pro zapnutí prvku, OFF značí podmínku pro vypnutí prvku. Podržený prvek je označení pro zapnutý prvek (ON).

Matematické operátory mezi prvky mají následující význam:

***** - logický součin (AND)

+ - logický součet (OR)

& - logický součin přes danou množinu (AND)

Σ - logický součet přes danou množinu (OR)

Logická podmínka pro zapnutí zemniče QE1 v poli 1 má následující tvar:

$$1QE1\ ON = 1QM1 * 1Q1 * 1Q2 \quad (1)$$

Ve výše uvedené rovnici je logická podmínka pro zapnutí zemniče QE1 v poli 1, která říká, že pokud je zapnut vypínač nebo některý z odpojovačů Q1 a Q2 v poli 1, blokovací podmínka je aktivní a zemnič nelze zapnout.

Jako příklad je níže uvedena blokovací podmínka pro zapnutí vypínače v poli čtyři:

$$\begin{aligned} 4QM1\ ON = & 4QE1 * 4QE3 * \&(4Qx+4Qx) * [4Q5 + \\ & + 4Q5 * 4Q6 * 3Q5 * 3QM1 * (4Q1 * 3Q1 + 4Q2 * 3Q2)] + \\ & + 4Q1 * 4Q2 * 4Q6 \end{aligned} \quad (2)$$

$x = 1, 2, 5, 6$

V případě potřeby provedení zvláštní manipulace (např. v případě provozních zkoušek), která je blokována blokovacími podmínkami, je možno provést takovou manipulaci pomocí debloku. Pro manipulace pomocí debloku je nutno připravit předem přesný popis manipulace, který musí být schválen a manipulaci musí provádět dva pracovníci.

3. SEKUNDÁRNÍ TECHNIKA

3.1. Vlastní spotřeba stanic přenosové soustavy

Vlastní spotřeba stanic přenosové soustavy je napájena z transformátorů vlastních spotřeb 34/0,4 kV nebo 10,5/0,4 kV, které jsou připojeny do terciárů systémových transformátorů. Ve stanici jsou zpravidla dva transformátory vlastních spotřeb pro případ zálohování, které jsou připojeny do terciárů odlišných systémových transformátorů. Kromě transformátorů vlastních spotřeb je jako další záložní zdroj přivedeno napětí 400 V z části stanice spravované provozovatelem distribuční soustavy.

Vlastní spotřebu rozdělujeme na čtyři napájecí okruhy:

1. Střídavá napájecí síť I. kategorie – bezvýpadková (230V, 50 Hz, TN-S)

U této střídavé sítě nesmí dojít k výpadku napětí. Je napájena ze zajištěné napájecí sítě II. kategorie přes dva záložní střídavé zdroje UPS, které zajišťují napájení v případě ztráty napájecího napětí. Bezvýpadková síť slouží pro napájení řídicího systému rozvodny, telekomunikační techniky, obchodního měření a převodníků. Tento okruh napájení je rozveden pouze v centrálním domku a v obrázku 26 je označen fialově.

2. Střídavá napájecí síť II. kategorie – zajištěná (400V, 50 Hz, TN-C-S)

V této síti může dojít ke ztrátě napájení na několik minut. Je napájena z nezajištěné napájecí sítě III. kategorie a v případě ztráty napětí je napájení zajištěno dieselgenerátorem. Tato síť je rozvedena do všech domků ochrany a jsou z ní napájeny pohony odpojovačů a vypínačů, nouzové osvětlení, chlazení a regulace transformátorů, klimatizace. Dále napájí UPS od střídavé sítě I. kategorie a usměrňovače stejnosměrné vlastní spotřeby. V obrázku 26 je tato síť zakreslena červenou barvou.

3. Střídavá napájecí síť III. kategorie – nezajištěná (400V, 50 Hz, TN-C-S)

V této síti může dojít ke ztrátě napětí na několik hodin. Je napájena z transformátorů vlastních spotřeb a je zde rovněž přivedeno napětí z části stanice spravované provozovatelem distribuční soustavy. Mezi všemi těmito příklady napájení je zajištěn automatický záskok v případě ztráty napájení z transformátoru vlastní spotřeby. Tato síť je rozvedena do domků ochrany a napájí osvětlení rozvodny, nezajištěné zásuvky atd. V obrázku 26 je tato síť zakreslena černou barvou.

4. Stejnosměrná napájecí síť – bezvýpadková (220V, DC, IT)

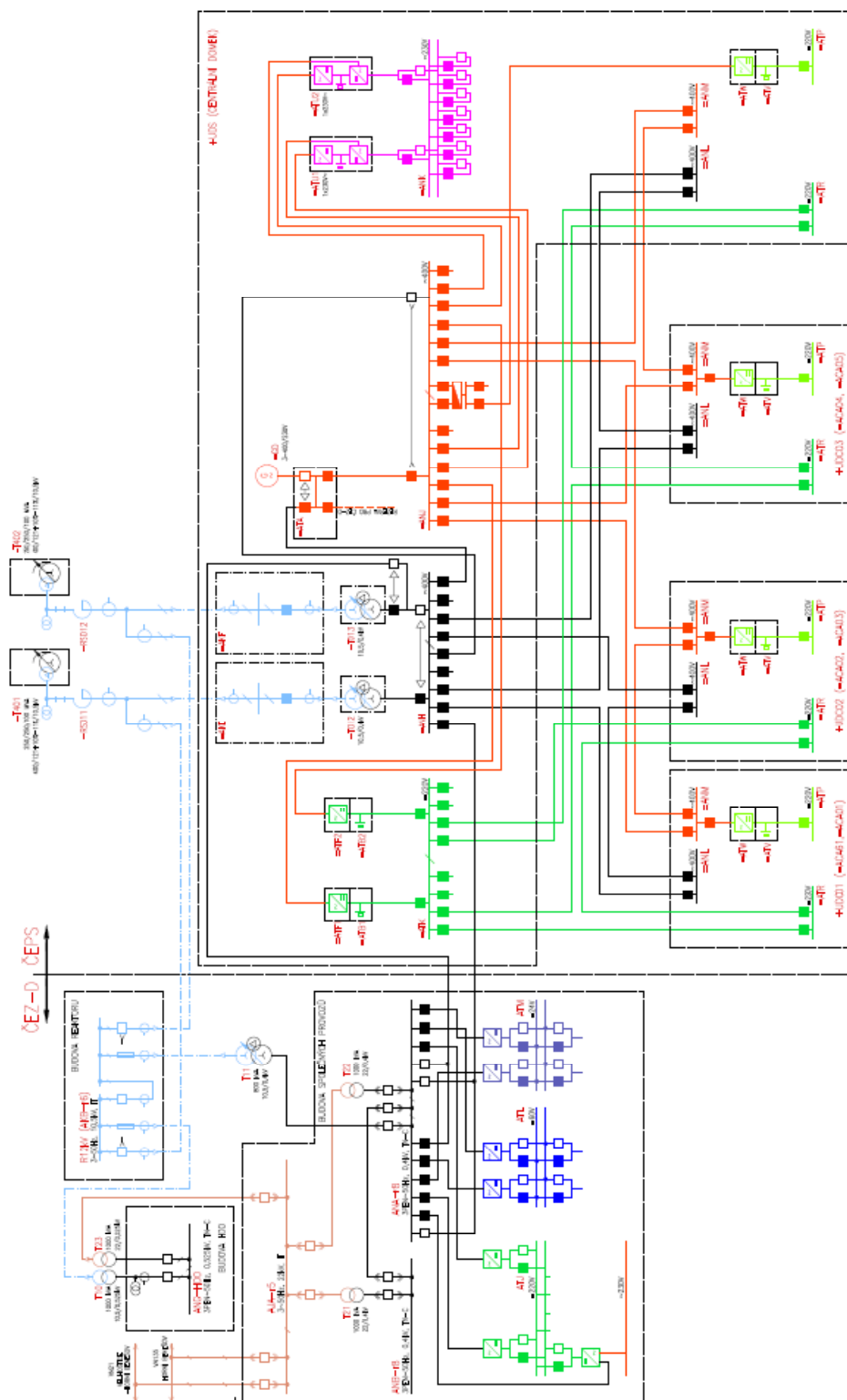
U stejnosměrné sítě nesmí dojít ke ztrátě napájení. Je napájena z baterií, které jsou dobíjeny z usměrňovačů napájených ze zajištěné napájecí sítě II. kategorie. Je tvořena dvěma systémy:

4.1. – Decentralizovaný systém

Tento systém má baterie a usměrňovač v každém z domků ochrany. Napájí první systém elektrických ochrany, podstanice řídicího systému, ovládání odpojovačů a vypínačů. V obrázku 26 je tato síť zakreslena světle zelenou barvou.

4.2. – Centralizovaný systém

Tento systém má baterie a usměrňovače v centrálním domku a odsud je rozveden do domků ochran. Napájí druhý systém ochrany, druhý systém napájení podstanic řídicího systému a druhé ovládací cívky vypínačů. V obrázku 26 je tato síť zakreslena tmavě zelenou barvou.



Obr. 26: Schéma vlastní spotřeby stanice přenosové soustavy

3.2. Elektrické ochrany ve stanicích přenosové soustavy

Elektrická ochrana je zařízení, které má za úkol vypnout co nejrychleji elektrické zařízení, na kterém vznikne porucha.

Požadavky na ochrany instalované v přenosové soustavě jsou následující:

- vypnutí poruchy do 100 ms
- selektivita ochran – vypnutí pouze úseku s poruchou
- zálohování ochran – ochrany se zálohují takovým způsobem, aby při poruše jedné z nich bylo zařízení dále chráněno a nemuselo se odstavit z provozu

Ochrany jsou napájeny stejnosměrným napětím 220 V z bezvýpadkové stejnosměrné napájecí sítě vlastní spotřeby elektrické stanice.

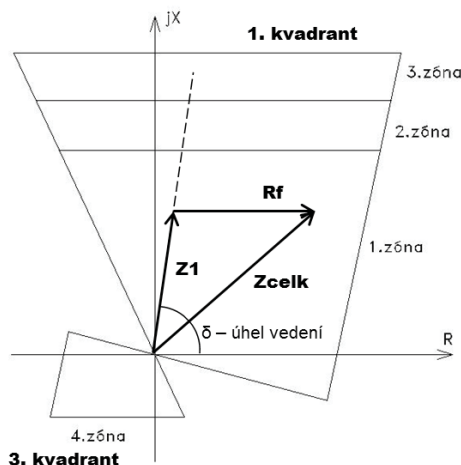
Podle chráněného zařízení můžeme rozdělit ochrany následovně:

1. Ochrany přípojnic

- **Rozdílová ochrana přípojnic** – Každá rozvodna přenosové soustavy je vybavena rozdílovou ochranou, která odstaví přípojnicu v rozvodně v případě její poruchy. Hranici chráněného úseku ochrany tvoří přístrojové transformátory proudů v jednotlivých vývodech, do jejichž sekundárních vývodů je ochrana zapojena.
- **Automatika selhání vypínače** – Rozdílová ochrana přípojnic je většinou doplněna automatikou selhání vypínače. V případě zkratu vyše ochrana impuls na vypínač, který má postižené zařízení vypnout. V případě selhání vypnutí vypínače, např. z důvodu jeho poruchy, zajistí automatika selhání vypínače vypnutí všech ostatních vypínačů v rozvodně, přes které do místa zkratu proudí zkratový výkon. Pokud by byla porucha na vedení, které je připojeno k vývodu 1 v rozvodně a vypínač v tomto vývodu by selhal, automatika selhání vypínače by zajistila vypnutí celé přípojnice, ke které je vývod 1 připojen.

2. Ochrany vedení

- **Distanční ochrany** - Pro svoji činnost potřebují znát napětí a proud chráněného zařízení, ze kterých dopočítávají impedanci. Princip distanční ochrany je založen na monitoringu impedance a jejího úhlu v místě instalace ochrany. Nastavení distančních ochran se provádí nastavením zón zakázané (poruchové) impedance chráněného zařízení. Několik zón (zpravidla 3) s rozdílným vypínacím časem je nastaveno ve směru chráněného vedení a několik zón (zpravidla 1) v protisměru směrem do přípojnic rozvodny. První zóna je nastavena do 80% délky vedení, druhá zóna zasahuje do protější rozvodny a vedení z ní vycházejících. Distanční ochrany jsou na obou stranách vedení propojeny komunikací pro zajištění shodného času vypnutí, kdy ochrana na jednom konci vedení lokalizuje poruchu v zóně 1 a ochrana na druhém konci ji lokalizuje v zóně 2. Vedení přenosové soustavy jsou na každé straně vybaveny dvěma distančními ochranami z důvodu jejich vzájemného zálohování. V distančních ochranách je integrován lokátor poruch, který v případě poruchy uvede její vzdálenost od rozvodny.



Obr. 27: Vypínací charakteristika distanční ochrany



Obr. 28: Distanční ochrana SEL 421

- **Zemní směrové ochrany** – tyto ochrany monitorují nulové složky napětí (U_0) a proudu (I_0), které vznikají při nesymetrických poruchách. Z velikosti úhlu mezi nulovou složkou napětí a proudu dokáže zjistit, zda leží porucha ve směru chráněného zařízení a dále dokáže přesněji reagovat na vysoce odporové poruchy, které distanční ochrana nedokáže zachytit. Zemní směrové ochrany jsou integrovány jako softwarový modul v distančních ochranách.
- **Nadproudové ochrany** – Tato ochrana vypíná chráněné vedení za nastavený čas od překročení hodnoty nastaveného proudu. Může mít několik stupňů. V přenosové soustavě jsou instalovány pouze na několika vedeních, kde plní funkci přetokových automatik – chrání soustavu od nebezpečně vysokých přetoků výkonu.
- **Rozdílové ochrany** - Porovnávají proud na všech koncích chráněného zařízení. Vycházejí z 1. Kirchhofova zákona, tzn. pokud jsou proudy na začátku a konci vedení rozdílné, působí. Jejich výhodou je selektivita, neboť dokážou určit přesně, zda je porucha na zařízení či nikoliv. Pro svoji činnost potřebují komunikaci. Rozdílové ochrany jsou instalovány na všech blokových vedeních z elektráren a některých mezistátních vedeních místo druhé distanční ochrany.
- **Přepěťové ochrany** – jsou naistalovány na mezistátních vedeních a vypínají chráněné vedení v případě překročení hodnoty nastaveného maximálního napětí a maximálního toku jalového výkonu v nastaveném směru.
- **Automatika OZ** – Na přenosových vedeních je instalována automatika opětného zapínání (OZ), která v případě jednofázového zkratu na vedení rychle vypne a zapne tuto postiženou fázi za účelem uhašení oblouku. Automatika OZ je velice úspěšná při odstraňování zkratů způsobených přeskokem elektrického oblouku na porost v blízkosti vedení a výrazně zvyšuje spolehlivost provozu vedení. V přenosové soustavě se používá pouze jednofázový cyklus OZ, který trvá standardně 1,2 s. Na blokových vedeních z elektráren nejsou ve většině případů automatiky OZ instalovány z důvodu nízké délky blokových vedení a zajištění stability generátorů.

3. Ochrany transformátorů

- **Rozdílové ochrany** – Rozdílové ochrany chrání transformátor proti vnitřní poruše porovnáváním proudů na všech stranách transformátoru.
- **Nadproudové ochrany** – Chrání transformátor proti vnitřním zkratům. Jsou naistalovány na primárním vinutí, v některých případech i na terciárním a sekundárním vinutí.
- **Buchholzovo relé** – Jedná se o rychlostní klapku, která působí při rychlém pohybu oleje z nádoby transformátoru do konzervátoru. Buchholzovo relé působí při přetlaku oleje v nádobě způsobené zkratem ve vinutí transformátoru.
- **Přetlakové ventily** – Tyto ventily jsou naistalovány na nádobě transformátoru a přepínáči jednotlivých fází. Slouží k vypnutí transformátoru v případě vzniku přetlaku oleje, který je způsoben zkratem ve vinutí.
- **Kostrová ochrana transformátoru (Chevalierova ochrana)** - Tato ochrana vypíná transformátor v případě, že se objeví napětí na kostře transformátoru. Chrání tak transformátor před průrazem napětí na kostru.
- **Distanční ochrana** – Tato ochrana chrání transformátor před zkratem ve vývodu ze sekundárního vinutí.

4. Ochrany vypínačů

- **Ochrana nesouhlasu pólů vypínače** – Jedná se o automatiku, která vypne vypínač v případě, že nejsou zapnuty všechny tři fáze vypínače.

5. Ochrany spínačů přípojníc

- **Nadproudová ochrana** – Nadproudová ochrana je nainstalována na spínačích přípojníc a na kombinovaném spínači přípojníc (KSP) je aktivní pouze v režimu spínače přípojníc. Tato ochrana chrání spínače přípojníc před vysokým proudem způsobeným zkratem.
- **Distanční ochrana** – Na kombinovaném spínači přípojníc jsou nainstalovány dvě distanční ochrany s automatikou OZ. Tyto ochrany jsou aktivní pouze při náhradním provozu KSP, kde přebírají funkci ochrany převedeného vývodu.

3.3. Řídicí systém stanice přenosové soustavy

Řídicí systém rozvodny zajišťuje sběr, zpracování, předávání a zobrazování informací o rozvodně. Informacemi o rozvodně rozumíme měření elektrických i neelektrických veličin, poruchová a stavová signalizace prvků atd. Kromě zpracování informací zajišťuje manipulační a regulační procesy v rozvodně. Řídicí systém ve stanici se skládá ze staniční úrovně umístěné v centrálním domku a dále jednotek úrovně pole umístěných v domcích ochrany jednotlivých vývodů rozvodny. Řídicí systém umožňuje provádění manipulací prvků z centrálního domku, z domků ochrany a dálkového ovládání z hlavního a záložního dispečinku ČEPS, a.s.

1. Staniční úroveň řídicího systému stanice

Staniční úroveň je řešena dvěma nezávislými systémy, které jsou současně v provozu, přičemž jeden je hlavní a druhý záložní. Hlavní i záložní systém komunikují se zařízeními jednotlivých polí. V případě poruchy hlavního systému přebere jeho funkci systém záložní.

Staniční úroveň je vybavena dvěma průmyslovými osobními počítači, které umožňují obsluhu dohled nad informacemi z rozvodny a ovládání prvků.

Ve staniční úrovni jsou integrovány následující funkce:

- dálková komunikace
- monitorování
- ovládání s blokovými podmínkami pole
- komunikaci s ochranami a jednotkami řídicího systému v polích
- automatizační úlohy
- zpracování a přenos stavové a poruchové signalizace, analogových měření a výkonných povelů
- komunikace s přijímačem GPS Time Server a zpracování jednotného času v systému

2. Úroveň pole řídicího systému

Úroveň pole je rozdělena do domků ochrany v jednotlivých polích. V každém domku je pro řízení, sběr dat a monitorování pole jeden řídicí terminál a jedna podstanice pro sběr poruchových událostí z pole a společné signalizace. Komunikace staniční úrovně s úrovní pole je realizována podle standardu IEC61850.

Technický systém fyzické ochrany pro splnění výše uvedených činností využívá:

- poplachových, zabezpečovacích a tísňových systémů
- systémů kontroly vstupů
- kamerových systémů
- dorozumívacích a ozvučovacích systémů
- výpočetních, spojovacích a audiovizuálních prostředků

Technický systém fyzické ochrany je instalován ve stanicích přenosové soustavy a zajišťuje zabezpečení stanice, dálkové ovládání zastřežení objektů, dálkové ovládání otvírání bran a zámků dveří a možnost dohledu ve stanici pomocí kamer.

4. ZÁVĚR

Elektrické stanice přenosové soustavy jsou velmi důležité části elektrizační soustavy, v kterých je použito velké množství různorodých technických zařízení. Článek si klade za cíl, seznámit čtenáře s principem těchto stanic a s technickými zařízeními v nich použitých.

Literatura

- [1] MERTLOVÁ, J. & BERAN, M. & KOČMICH, M. Skriptum pro výuku na simulátoru Elektrických stanic a sítí. Plzeň: ZČU, 1994.
- [2] KUBÍN, M. Přenosy elektrické energie ČR. Praha : ČEPS, a.s., 2006.
- [3] MRAVEC, R. Elektrické stroje a přístroje. Praha : SNTL, 1982.
- [4] POKLUDA, M. & PEISERT, M. & JIŘÍČEK, J. & HAŇKA, L. Ochrany – manuál pro dispečery. Praha : ČEPS, a.s., 2013.
- [5] FIALA, K. Popis stávajících rozvodů a možnosti aplikace nových technologií v budoucnosti. Praha : ČEPS, a.s., 2010.
- [6] KUNT, J. TN/62/2012 – Koncepce technické infrastruktury PS. Praha : ČEPS, a.s., 2012.
- [7] MAREŠ, M. TN/67/2011 – Technické prostředky fyzické ochrany majetku. Praha : ČEPS, a.s., 2011.
- [8] KODERA, R. TN/72/2010 – Typové řešení rozvodů 420 kV v elektrických stanicích PS. Praha : ČEPS, a.s., 2010.
- [9] Technická dokumentace výkonových vypínačů SIEMENS
- [10] Místní provozní a bezpečnostní předpisy elektrických stanic ČEPS, a.s.

CONTRIBUTION TITLE IN ENGLISH

Keywords

Electric Substation, Substation, Transmission Grid, Distribution Grid, Electric Power technology, Secondary Power Technology.

Summary

This article deals with description of transmission grid substations. There is described the concept of substations and used technologies in substations. Substations are very important parts of transmission grid which ensure the connection with distribution grid by power transformers. Furthermore substations ensure the control, protection, monitoring of transmission grid branches.

1. ÚVOD – stávající stav přenosové soustavy ČEPS, a.s.

Přenosová soustava České republiky je důležitým prvkem v rámci elektrizační soustavy ČR sloužící k přenosu energie mezi jednotlivými uzly elektrizační soustavy. Elektrizační soustava je systém zajišťující výrobu, přenos, rozvod, ale také spotřebu elektrické energie. Do elektrické soustavy patří též celý soubor prvků zajišťujících měření, kontrolu, řízení a regulaci. Elektrická soustava je v současnosti tvořena centralizovaným systémem řízení pracujícím v reálném čase, který zajišťuje plynulé řízení předávání elektrické energie ve všech částech této soustavy.

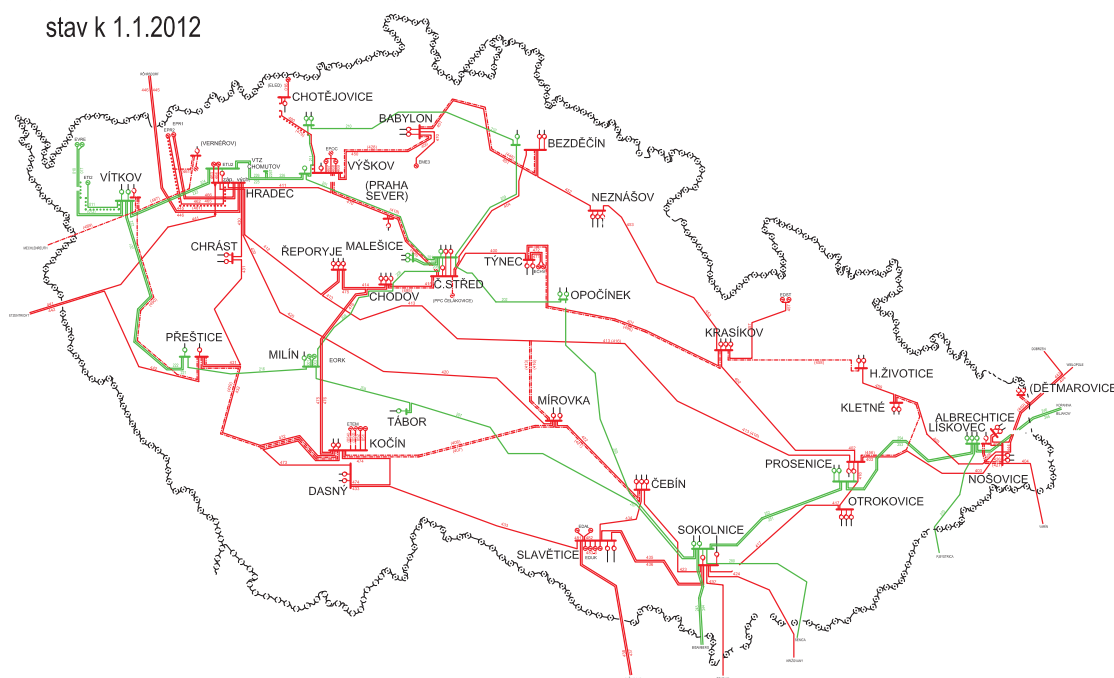
Výhradním provozovatelem přenosové soustavy České republiky, na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem podle Energetického zákona, je společnost ČEPS, a.s. Akciová společnost ČEPS udržuje, obnovuje a rozvíjí 37 rozvodných zařízení 420 kV a 245 kV se 71 transformátory převádějícími elektrickou energii z přenosové do distribuční soustavy a trasy vedení o délce cca 3508 km s napětovou hladinou 400 kV a 1909 km s napětovou hladinou 220 kV. Do přenosové soustavy patří i jedna rozvodna 123 kV a 84 km tras vedení 110 kV. Schéma přenosové sítě České republiky – viz obr.1.

Z celkové délky vedení 110 kV až 400 kV (5 501 km) činí vedení vybavená optikou 2 628 km. Ve 31 transformovných PS je celkovy instalovaný výkon transformátorů 10 980 MVA a kompenzačních tlumivků 1 436 Mvar.

Soustava 400 kV a 220 kV v České republice je koncipována tak, aby v konečném stavu beze zbytku splňovala kritérium N – 1, což představuje schopnost přenosové soustavy udržet parametry normálního stavu po výpadku jednoho prvku (vedení, transformátor, blok apod.), přičemž může dojít ke krátkodobému lokálnímu omezení spotřeby. Přísnější požadavky jsou kladené na zapojení jaderných elektráren. Instalovaný výkon JE musí být bezpečně vyveden i při výpadku dvou vývodů z elektrárenské rozvodny.

Tento stav přenosové soustavy odpovídá požadavkům jak výrobců elektrické energie v ČR, tak distributorům v jednotlivých oblastech naší republiky. Ve velkém rozsahu však přibýlo obnovitelných zdrojů elektrické energie (OZE), a to hlavně fotovoltaických elektráren, ale i větrných. V sousedních zemích, zvláště v Německu je velký nárůst větrných elektráren, které dodávají elektrickou energii nerovnoměrně, zvláště při silných větrech. Nastává pak problém při řízení přenosové soustavy ČR a dochází k hrozbě black-outu.

SCHEMA PŘENOSOVÝCH SÍTÍ ČR 220 - 400 kV
stav k 1.1.2012



Obr. 1: Schéma přenosových sítí ČEPS, a.s.
(400 kV – červená, 220 kV – zelená)

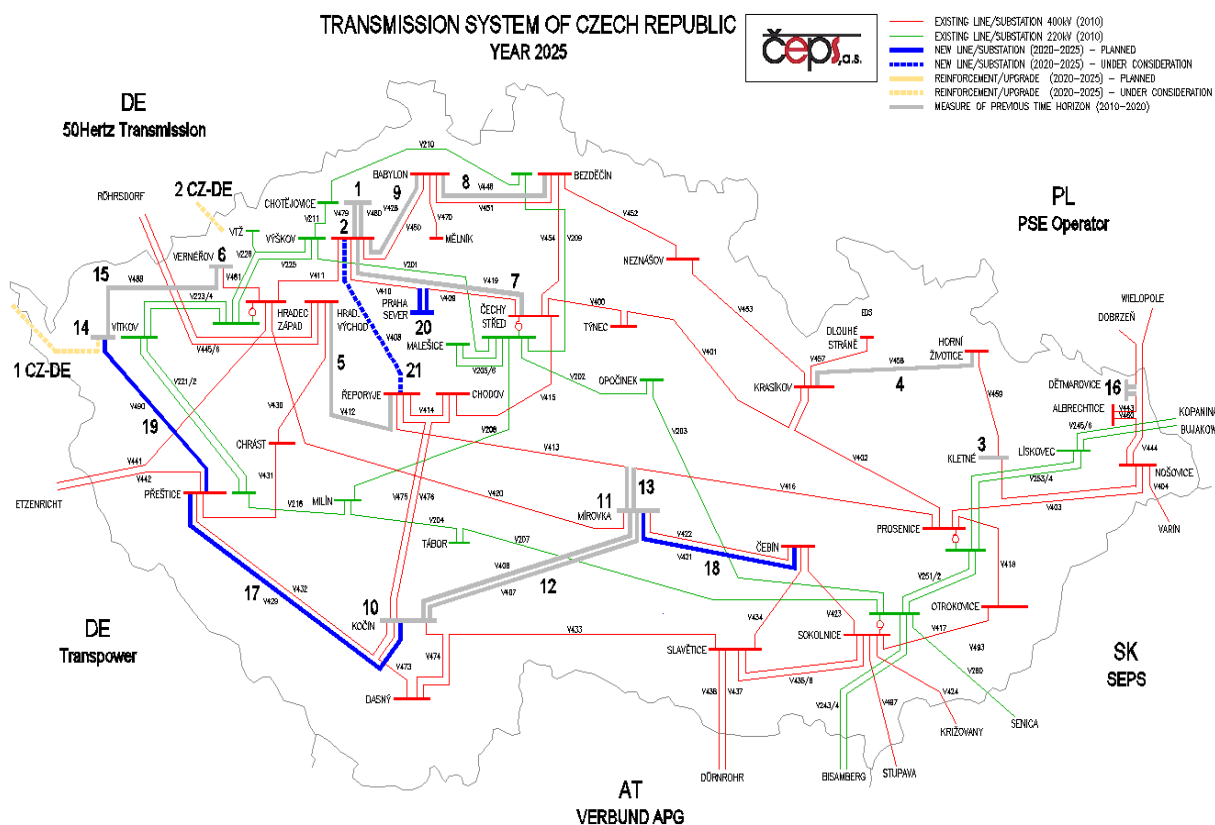
SPLETIVÁ HLADINA	ZNAČENÍ
400 kV	VEDENÍ A STANICE V PROVOZU
220 kV	VEDENÍ A STANICE VE VÝSTAVBĚ
110 kV	VEDENÍ A STANICE VE FÁZOVÝCH PRÁZDINÁCH
10 kV	VEDENÍ A STANICE VE FÁZOVÝCH PRÁZDINÁCH
0,4 kV	VEDENÍ A STANICE VE FÁZOVÝCH PRÁZDINÁCH
0,2 kV	VEDENÍ A STANICE VE FÁZOVÝCH PRÁZDINÁCH

Popis zařízení			ČR celkem
Vedení 400kV	(km)		3 508
z toho dvojité a vícenásobné vedení	(km)		1 145
Vedení 220kV	(km)		1 909
z toho dvojité a vícenásobné vedení	(km)		1 039
Vedení 110kV	(km)		84
z toho dvojité a vícenásobné vedení	(km)		77
Zahraniční vedení 400 kV	(-)		11
Zahraniční vedení 220 kV	(-)		6
Rozvodny 420 kV	(-)		26
Rozvodny 245 kV	(-)		14
Rozvodny 123 kV	(-)		1
Transformátory 400/220 kV	(-)		4
Transformátory 400/110 kV	(-)		46
Transformátory 220/110 kV	(-)		21
Transformační výkon	(MVA)		19 980

Tab. 1: Základní parametry přenosové soustavy ČEPS, a.s.

2. ROZVOJ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY DO ROKU 2025

V této kapitole je naznačen rozvoj přenosové soustavy s výhledem do roku 2025, který je podložen podnikatelským plánem ČEPS, a.s. Hlavním úkolem přenosové soustavy je přenést výkon od výrobců elektrické energie a dále zajistit spolehlivý provoz PS i při výkonových přetocích přes naši republiku.



Obr. 2: Rozvoj přenosových sítí ČEPS, a.s. do roku 2025

Výstavba nových částí přenosové soustavy je zaměřena do těchto oblastí:

- **Oblast Severní Morava**

- TR 400/110 kV Kletné – nová elektrická stanice byla uvedena do provozu v prosinci 2011
- nové vedení V458 Horní Životice – Krasíkov – cca 60 km vedení 400 kV
- TR Dětmárovice – nová elektrická stanice TR 400/110 kV

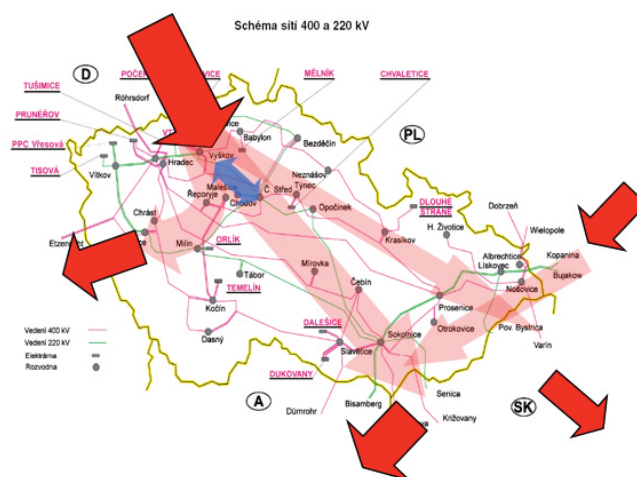
- **Vyvedení výkonu JE Temelín**

- TR Kočín – Rekonstrukce rozvodny R 420 kV pro zvýšení zkratového výkonu S_{ks} 50kA 63kA
- nová vedení 400 kV Kočín - Přestice, Kočín – Havlíčkův Brod Mírovka

- **Oblast Severní Čechy**

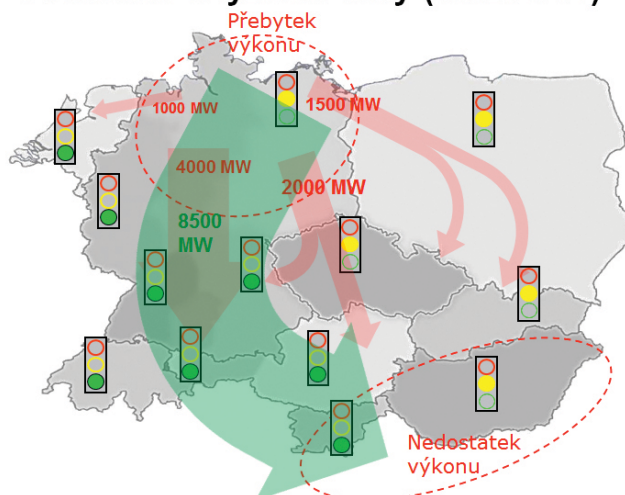
- TR Chotějovice – nová zapouzdřená rozvodna R 420 kV – v provozu od roku 2011
- TR Verněřov – nová elektrická stanice 400/110 kV
- Transformátory PST v TR Hradec u Kadaně
- nová vedení 400 kV

3. VÝROBA VTE V NĚMECKU A VLIV NA PS ČR



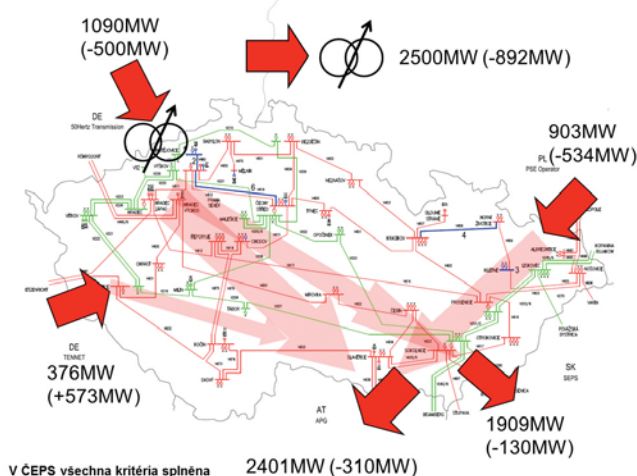
Obr. 3:
Výkonové toky
přes přenosovou síť ČR
při zvýšené výrobě
větrných elektráren v Německu

Obchodní a fyzické toky (3.12.2011)



Obr. 4:
Obchodní a fyzické toky
elektrické energie v Evropě
(aktuální stav z 3.12.2011)

Možné řešení – Instalace PST mezi DE-ČR



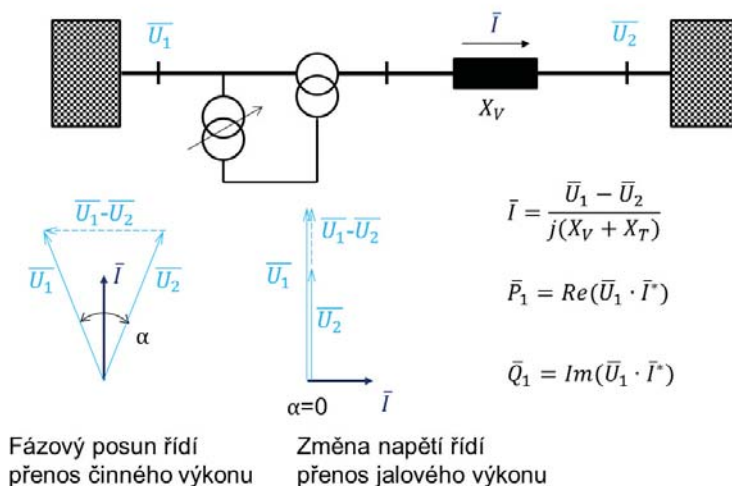
Obr. 5: Řízení výkonových přetoků pomocí transformátorů PST v transformovně TR Hradec u Kadaně

Jedním z možných řešení omezení výkonových přetoků přes naši republiku je instalace transformátoru PST (Phase-shifting transformers) v elektrické stanici TR Hradec u Kadaně na hraničním vedení do Německa. Toto řešení je také vyvoláno plánovanou instalací transformátorů PST na hranici mezi Polskem a Německem.

4. TRANSFORMÁTORY S REGULACÍ NAPĚTÍ A FÁZE – PST

Transformátory s regulací napětí a fáze (Phase-shifting transformers = PST; Phase-angle transformers = PAR) jsou transformátory s komplexním převodem. Jsou používány zejména k řízení výkonových toků na přenosových vedeních. Na rozdíl od jiných typů sériové kompenzace dokáží měnit rozdíl mezi koncovými napětími linky, což může být pro ovlivňování toků velmi klíčové. Každý takový transformátor se skládá z paralelního regulačního transformátoru a sériového přidavného transformátoru. Fázového rozdílu mezi hlavními vývody je dosaženo připojením přidavného transformátoru do série s přenosovou linkou. Činné i jalové výkony vstříkované do přenosové linky musejí být odebrány ze sítě pomocí paralelního transformátoru a přesměrovány do přidavného transformátoru. Princip činnosti způsobuje, že i přes jejich malý jmenovitý výkon dokážou řídit toky relativně velkých výkonů. Základní konfigurace je na obr. 6.

PST – základní princip

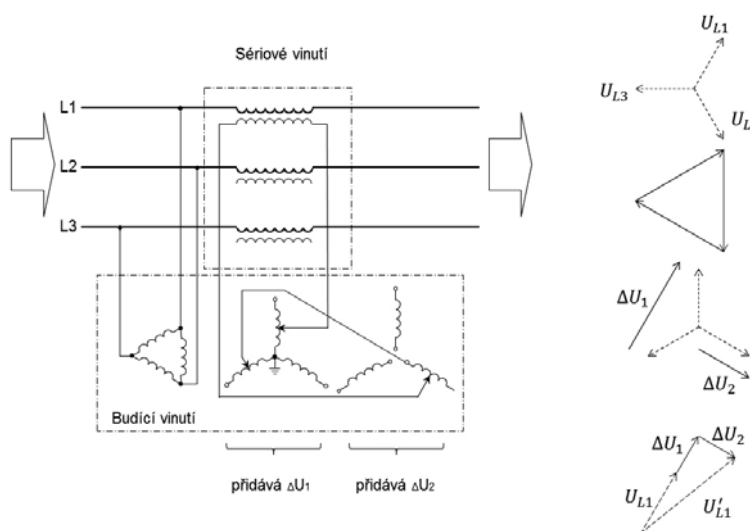


Obr. 6: Základní princip transformátoru PST

Obecně lze konstatovat, že vstřikováním napětí sériovým transformátorem ve fázi se svorkovým napětím v uzlu vyvolá změnu amplitudy napětí a slouží k řízení jalového výkonu. Naopak vstřikováním kolmo na uzlové napětí vede zejména ke změně fáze napětí a tedy k řízení činného výkonu. Kombinace obou způsobů je samozřejmě také možná.

Vstřikování sériového napětí je vždy založeno na přidání vhodné části uzlového napětí právě k tomuto napětí směrem do přenosové linky. V případě vstřikování ve fázi je k uzlovému napětí přičtena příslušná část téhož fázového napětí, v případě kolmé vstřikování se jedná o přičtení části sdruženého napětí. Například k fázovému napětí U_a je vzhledem ke kolmosti přičtena část napětí U_{bc} . Z hlediska dimenzování musí transformátor vydržet průchozí výkon daný maximálním vstřikovaným napětím a proudem tekoucím po vedení $S_{\max} = U_{T\max} \cdot I$.

PST – schéma zapojení



Obr. 7: Schéma zapojení transformátoru PST



Obr. 8: Transformátor PST - $S_n = 1400$ MVA,
 $U_n = 400/400$ kV, $\alpha = \pm 25^\circ$



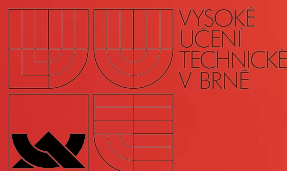
Obr. 9: Transformátor PST - $S_n = 600$ MVA,
 $U_n = 400/400$ kV, $\alpha = \pm 40^\circ$

5. ZÁVĚR

Přenosová soustava České republiky v současné době prochází obdobím rozvoje, které je představováno výstavbou nových vedení a elektrických stanic, dále probíhá rekonstrukce stávajících elektrických stanic s přechodem na dálkové ovládání. Cílem těchto investičních akcí je zajistit spolehlivý provoz přenosové soustavy tak, aby byl zajištěn přenos elektrické energie od výrobců, a to jak z klasických elektráren (jaderných, tepelných a vodních), tak i z obnovitelných zdrojů (větrných, fotovoltaických apod.). Tento záměr vyžaduje nejen finanční zajištění, ale i kvalitní lidský potenciál – odborníky v oblasti elektroenergetiky.

Literatura a odkazy

- [1] Ullman, I.: Rozvoj přenosové soustavy ČR a vliv obnovitelných zdrojů na elektrizační soustavu ČR. VI. Konference „Elektrická zařízení požívána při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jejich bezpečnost a nové trendy“, VŠB TU Ostrava, 26.4. - 27.4.2012
- [2] Ullman, I., Fiala, K.: Technické normy ČEPS pro projektování. Konference Projektanti 2011 Hrotovice, 9.5. - 12.5.2011
- [3] Tlustý, J., Kyncl, J., Musil, L., Špetlík, J., Švec, J., Hamouz, P.: Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav, ČVUT Praha, 2011, str. 55 – 59, ISBN 978-80-01-04940-2



Název projektu: Partnerství v oblasti energetiky

Registrační číslo projektu: CZ.1.07/2.4.00/31.0080

Realizátor projektu: Moravskoslezský energetický klastr, občanské sdružení
Studentská 6202/17
708 33 Ostrava-Poruba
IČ: 26580845
Tel.: +420 558 272 429
www.msek.cz

Partneři projektu: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,
Fakulta strojní, Fakulta elektrotechniky, Fakulta stavební

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

SLEZSKÁ MECHATRONIKA a.s.

ISBN 978-80-905392-3-5



IVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ