

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Metody údržby silových zařízení v přenosové soustavě

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Denisa OSVALDOVÁ**

Osobní číslo: **E15N0032P**

Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**

Název tématu: **Metody údržby silových zařízení v přenosové soustavě**

Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Zásady pro vypracování:

1. Popište metody pravidelné údržby užívané pro silová zařízení přenosové soustavy.
2. Popište bezúdržbovou metodu.
3. Navrhněte nejvýhodnější způsob údržby přístrojů v rozvodnách přenosové soustavy včetně ekonomického a technického zhodnocení.
4. Sestavte vztah pro určení pravidelné údržby na zařízeních pro jednotlivé silové přístroje.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Miloslava Tesařová, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá metodami údržby silových zařízení v přenosové soustavě. Porovnáním, zda je výhodnější provádět na zařízení pravidelné údržby ve stanovených periodách, anebo zařízení ponechat bez údržby. K tomuto srovnání byl vyhotoven matematický model, který porovnává náklady na údržbu a opravu zařízení proti průměrné pořizovací ceně nového zařízení.

Klíčová slova

Metody údržby, periody provedení údržbových prací, rentabilita, technické zhodnocení, ekonomické zhodnocení, poruchy zařízení, náklady na údržbu zařízení

Abstract

Presented diploma thesis deals with methods of maintaining equipment in the power grid. In the thesis there is comparison, whether it is better to perform regular maintenance in specific periods or leave the equipment unattended. For this comparison, a mathematical model was compiled by comparing maintenance and repair costs to the average purchase price of the new equipment.

Keywords

Maintenance methods, periods of maintenance work, profitable, technical evaluation, economic evaluation, device failures, equipment maintenance costs

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala 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 19.5.2017

Denisa Osvaldová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce paní doc. Ing. Miroslavě Tesařové, Ph.D. a konzultantovi diplomové práce panu Ing. Václavovi Škrétovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA	11
2 SILOVÉ ZAŘÍZENÍ V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ NA NAPĚŤOVÉ HLADINĚ VVN A ZVN	12
2.1 ROZDĚLENÍ SILOVÝCH ZAŘÍZENÍ.....	12
2.2 VYPÍNAČE.....	13
2.3 ODPOJOVAČE A UZEMŇOVAČE.....	14
2.4 PŘÍSTROJOVÉ TRANSFORMÁTORY.....	14
2.5 KOMPENZAČNÍ TLUMIVKY.....	17
2.6 OMEZOVAČE PŘEPĚTÍ (SVODIČE PŘEPĚTÍ).....	17
2.7 TRANSFORMÁTORY.....	17
3 METODY ÚDRŽBY	18
3.1 AUTOMATICKÝ CENTRÁLNÍ MONITORING.....	20
3.2 POPIS PRACÍ NA JEDNOTLIVÝCH SILOVÝCH ZAŘÍZENÍCH.....	21
3.2.1 Vypínač.....	22
3.2.2 Odpojovače a uzemňovače.....	24
3.2.3 Přístrojové transformátory.....	26
3.2.4 Svodiče přepětí.....	27
3.3 PERIODY ÚDRŽBY NA SILOVÝCH ZAŘÍZENÍCH V PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ.....	28
4 NÁVRH VÝHODNĚJŠÍHO ZPŮSOBU ÚDRŽBY V ROZVODNÁCH ČEPS, A.S.	30
4.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ.....	30
4.1.1 Vypínače.....	31
4.1.2 Odpojovače a uzemňovače.....	34
4.1.3 Přístrojový transformátor proudu.....	37
4.1.4 Přístrojový transformátor napětí.....	38
4.1.5 Kombinované přístrojové transformátory.....	41
4.1.6 Svodiče přepětí.....	42
4.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	42
4.2.1 Matematický model.....	42
4.2.2 Ekonomické zhodnocení vypínačů.....	44
4.2.3 Ekonomické zhodnocení svodičů.....	48
4.2.4 Odpojovač a uzemňovač.....	51
4.2.5 Ekonomické zhodnocení přístrojových transformátorů.....	52
ZÁVĚR	61
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	64
PŘÍLOHY	1
Příloha A – periody údržby stanovené výrobcem pro vypínače.....	1
Příloha B – periody údržby stanovené výrobcem pro odpojovače a uzemňovače.....	3
Příloha C - periody údržby stanovené výrobcem pro přístrojové transformátory proudu.....	4
Příloha D - periody údržby stanovené výrobcem pro přístrojové transformátory napětí.....	5
Příloha E - periody údržby stanovené výrobcem pro kombinované přístrojové transformátory.....	7
Příloha F - periody údržby stanovené výrobcem pro omezovače přepětí.....	8

Úvod

Vzhledem k tomu, že údržba není zanedbatelnou položkou v nákladech každé firmy, je nutné najít nejlepší a nejvýhodnější řešení jak po technické, tak ekonomické stránce.

Cílem této diplomové práce je ve spolupráci se společností ČEPS, a.s. zhodnotit, jsou-li současné modely údržby výhodné a zda je výhodnější ponechávat silová zařízení v bezúdržbovém stavu a v okamžiku jeho destrukce zakoupit nové zařízení anebo provádět pravidelné údržby.

První část diplomové práce je věnována přenosové soustavě v České republice.

Ve druhé části jsou stručně popsány základní termíny spojené s tématem diplomové práce, rozdíl mezi plánovanou a neplánovanou údržbou, popis činností prováděných při údržbě jednotlivých elektrických zařízení a následně jsou uvedeny periody údržby pro nejčastěji vyskytovaná silová zařízení přenosové soustavy.

Třetí část diplomové práce se zabývá problematikou technického zhodnocení údržby současného modelu. Je zde uvedeno technické zhodnocení, ve kterém je brána v potaz četnost výskytu poruch, nastavená perioda a stáří zařízení.

Čtvrtá část je věnována ekonomickému zhodnocení, ve kterém byl sestaven matematický model, na jehož základě dojde k vyhodnocení rentability nastaveného modelu údržby.

Seznam symbolů a zkratek

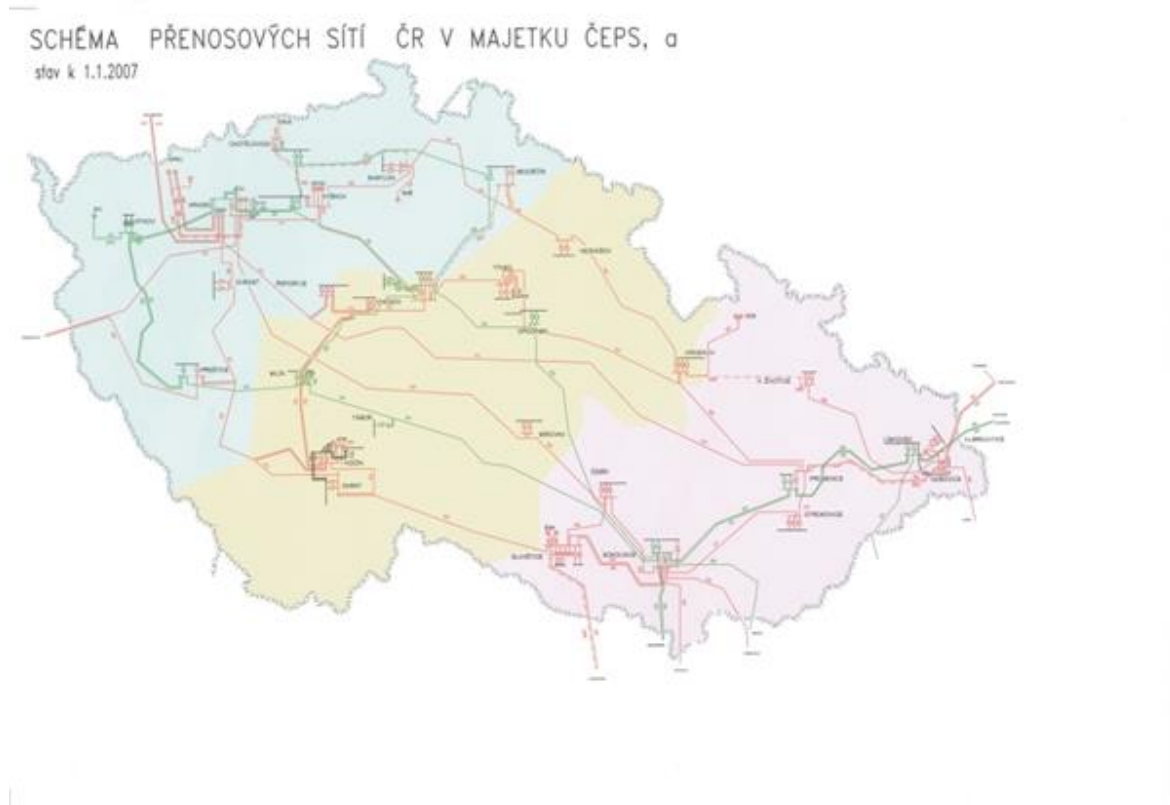
PS.....	Přenosová soustava
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
PTP	Přístrojový transformátor proudu
PTN.....	Přístrojový transformátor napětí
KPT.....	Kombinovaný přístrojový transformátor
ŘPÚ	Řád preventivní údržby
AP	Adresná příloha
ACM.....	Automatický centrální monitoring
TSFO	Technický systém fyzické ochrany
CO.....	Close open
RCM	Údržba založená na spolehlivosti
TBM	Časově závislá údržba
CMB	Údržba založená na provozním stavu
C00	Pravidelná prohlídka zaměřená na celkovou údržbu v základní periodě
D00	Běžná údržba provedena v základní periodě
EC0	Diagnostika při pravidelné prohlídce v základní periodě
ED0	Diagnostika při běžné údržbě v základní periodě
ED1.....	Diagnostika při běžné údržbě v další periodě
EF0	Diagnostika při generální údržbě v základní periodě
F00	Generální údržba provedená v základní periodě
COP.....	Cena oprav
COPS.....	Cena oprav za sledované období
T_{SO}	Sledované období
$T_{žP}$	Doba životnosti zařízení
p	počet přístrojů v oblasti Západ
C_U	Cena údržby
P_P	Perioda prováděné práce
C_{PP}	Cena za provedenou údržbovou práci

1 Přenosová soustava

Přenosová soustava je tvořena systémem zařízení, která zajišťují přenos elektrické energie od zdroje energie – elektráren k rozvodnám, odkud je elektrická energie přenesena k jednotlivým odběratelům pomocí distribuční soustavy.

V české republice se o přenos elektrické energie stará společnost ČEPS, a.s. - Česká energetická přenosová soustava. Jedná se o přenos v napěťových hladinách 400k V, 220 k V a 110k V. Napěťová hladina 110k V je řazena k distribuční soustavě, ovšem několik linek je využíváno společností ČEPS jako součást PS. Současná podoba přenosové soustavy vznikla již v 50. letech minulého století, kdy v roce 1950 došlo ke sjednocení izolované přenosové soustavy v jeden celek. V roce 1998 byla zahájena činnost společnosti pod dnešním názvem ČEPS, a.s.

Českou přenosovou soustavu představují dvě hlavní části, kterými jsou rozvodny a vedení velmi vysokého napětí (ZVN). Tvoří ji celkem 41 rozvodnů a přibližně 6000km vedení. Vzhledem k rozsáhlosti přenosové soustavy je Česká republika rozdělena na tři části Západ, Střed a Východ. (viz obr. 1.1). [1, 2, 3]



Obr. 1.1 – Schéma přenosových sítí v ČR v majetku ČEPS, a.s. [9]

2 Silové zařízení v přenosové soustavě na napěťové hladině VVN a ZVN

2.1 Rozdělení silových zařízení

Rozdělení dle účelu člení elektrická zařízení na silové zařízení; zařízení na zpracování informace, sdělovací zařízení a zařízení pro zvláštní účely.

Elektrické zařízení

„Elektrické zařízení je zařízení, které ke své činnosti nebo působení využívá účinků elektrických nebo elektromagnetických.“ [4]

Tato elektrická zařízení dále dělíme dle různých faktorů, jako jsou druh proudu, napětí, účel, nebezpečí úrazu elektrickým proudem a v neposlední řadě provozní spolehlivost. [4]

Norma ČSN 330010, ed.2 definuje silové zařízení takto: „Elektrické zařízení sloužící k výrobě, přeměně, přenosu a rozvodu elektrické energie a k její přeměně v práci nebo na jiný druh energie (účelem silových zařízení je využití elektřiny jako formy energie“ [4]

Silová zařízení lze dále rozdělit dle

- napěťových pásem
 - MN – do 50V
 - NN – 50V – 1000V
 - VN – 1000V – 52kV
 - VVN – 52kV – 300kV
 - ZVN – 300kV – 800kV
 - UVN – více než 800kV
- druhu proudu
 - stejnosměrná zařízení (DC)
 - střídavá zařízení (AC)

- počtu fází
 - jednofázová
 - trojfázová
 - vícefázová
 - nízkofrekvenční
 - středofrekvenční
 - vysokofrekvenční

2.2 Vypínače

Vypínač je zařízení, které je určeno k bezpečnému a spolehlivému spínání a odpínání jednotlivých součástí přenosové soustavy. Jeho úkolem je přerušit tok proudu ve všech provozních stavech ve velmi krátkém okamžiku (řádově v ms). Pro venkovní provedení jsou vypínače realizovány typem live tank, což znamená, že jednotka zhášedla je umístěna v izolátorovém plášti, který může být vyroben z porcelánu nebo kompozitu se skleněným vláknem. Pro proces zhášení elektrického oblouku je použito jako zhášecí médium fluorid sírový (SF₆). [5]

SIEMENS		
Typ	3APZF1	Výrobní číslo 02/25075447
Řek výroby	2002	
Jmenovité napětí	470 kV	
Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu	1425 kV	
Jmenovité výdržné napětí při spínacím impulsu	1050 kV	
Jmenovitý kmitočet	50 Hz	
Jmenovitý proud	3150 A	
Jmenovitý krátkodobý proud/Jmenovitá doba zkratu	50/1 kA/s	
Jmenovitý vypínací proud	40 kA	
Jmenovitý vypínací proud za nesynchronního stavu	10 kA	
Číselní l. pólu	1.3	
Jmenovitý vypínací proud nezátíženého venkovního vedení	400 A	
Jmenovitý spínací sled	D-0.3s-C0-3mm-C0 nebo C0-15s-C0	
Jmenovitý tlak plynu SF ₆ při +20°C	0.60 MPa	
- plnění	0.52 MPa	
- signalizace poklesu	0.50 MPa	
- blokovácí		
Celková hmotnost / Pál	1795 kg	
Hmotnost SF ₆ / Pál	12.9 kg	
Jmenovité napětí pomocných obvodů		
Ovládací	220 V~	
Motoru pohonu	220V~ 50Hz (1870W/Pál)	
Topných těles	220V~ (348W/3Pál)	
Jmenovité napájecí napětí zapínací a vypínací cívky	220V~ (225W)	
Klimatické podmínky	-35 ~ +40 °C	
Norma IEC 60056 / 1987		



Obr. 2.2.1 – Pružinový vypínač zn. Siemens [9]

2.3 Odpojovače a uzemňovače

Odpojovač je elektrické zařízení, které slouží k viditelnému odpojení a zároveň tak k bezpečnému oddělení částí, které jsou bez napětí od částí pod napětím, a také k volbě proudové cesty v daném poli rozvodny. S odpojovačem je možno manipulovat pouze bez proudového zatížení tzn., že s ním nelze spínat nebo rozpínat proudy. Hlavní úkol odpojovače je především ochrana osob, které mají vykonat práci na odpojených částech zařízení. V okamžiku odpojení odpojovače dojde ke vzniku elektrického oblouku, který je způsoben kapacitním proudem. Při současném vybíjení kondenzátoru a natahování oblouku odpojovačem nastane samo zhášení oblouku. [5]



Obr. 2. 3.1 – Sklápěcí odpojovač [9]

Uzemňovač nebo také uzemňovací nůž může být součástí odpojovače, nebo jej lze nalézt i samostatně. Jedná se o přístroj, který slouží ke spojení živých částí elektrického zařízení se zemí a tím dojde k bezpečnému zajištění pracoviště. [5]

2.4 Přístrojové transformátory

Přístrojové transformátory se rozdělují na přístrojové transformátory proudu (PTP), přístrojové transformátory napětí (PTN) a přístrojové transformátory kombinované (PTK).

Přístrojové transformátory proudu (PTP) je zařízení určené k přeměně proudů o velikosti řádově tisíce ampér, které protékají silovým obvodem, na proudy o velikosti

jednotek ampér, které jsou nutné pro napájení měřících a jisticích zařízení (viz obr. 2.4.1). [5]

Přístrojové transformátory napětí (PTN) je zařízení sloužící, obdobně jako PTP, k přeměně vysokých napětí (stovky tisíc voltů) na napětí o hodnotě přibližně stovky voltů. Toto napětí je rovněž potřebné pro napájení měřících a jisticích zařízení. (viz obr. 2.4.2). [5]

Kombinované přístrojové transformátory (PTK) jsou ve své podstatě kombinací dvou měřících jednotek, a to transformátoru proudu a napětí. Používají se pro měření proudů a napětí. Zároveň izolují připojené přístroje od velmi vysokého napětí v síti (viz obr. 2.4.3). [5]



Obr. 2.4.1 – Přístrojový transformátor proudu (vlevo) a přístrojový transformátor napětí (vpravo) [9]



Obr. 2.4.2 – Přístrojový transformátor napětí [9]



Obr. 2.4.3 – Kombinovaný přístrojový transformátor [9]

2.5 Kompenzační tlumivky

Na prvcích rozvodné soustavy, jako jsou např. venkovní vedení, kabelové vedení apod., vzniká kapacitní proud. Pro jeho kompenzaci jsou používány kompenzační tlumivky, které se připojují k vedení paralelně, a tím dojde k dodání induktivního výkonu do sítě. [5]

2.6 Omezovače přepětí (Svodiče přepětí)

Jedná se o elektrické zařízení, které slouží k ochraně elektrických přístrojů a zařízení v rozvodnách. Jsou tedy schopny velmi rychle svést vysokoenergetické přepětíové impulsy, které mohou vznikat při spínání dlouhých vedení, nebo mohou být naindukovány při bouřkové činnosti. [5]

2.7 Transformátory

V přenosové soustavě se transformátory rozdělují dle své funkce na transformátory systémové, ty zprostředkovávají vazbu mezi systémy 400kV a 220kV přenosové soustavy, a síťové transformátory které mají za úkol zásobovat distribuční soustavu. Další dělením je samotné provedení transformátorů, jednofázové transformátory mají každou fázi umístěnou v samostatné nádobě, kdežto třífázové transformátory mají všechny tři fáze uloženy v jedné nádobě.

V rozvodnách přenosové soustavy jsou vyhrazena samostatná stanoviště splňující veškeré ekologické požadavky na únik ropných produktů. [5]

3 Metody údržby

Veškeré kontroly a údržby prováděné na elektrických zařízeních přenosové soustavy ČEPS, a.s. se řídí technickou normou TN/22/2015 - *Řád preventivní údržby elektrických zařízení přenosové soustavy*, která je průběžně aktualizována podle legislativních předpisů výrobců zařízení. [6]

Řád preventivní údržby elektrických zařízení přenosové soustavy (dále jen ŘPÚ) definuje jednotlivé práce na elektrických zařízeních následovně:

Údržba – „kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností dozoru, zaměřených na udržení ve stavu nebo navrácení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci“ [6]

Neplánovaná údržba – za neplánovanou údržbu považujeme opravu elektrického zařízení, tzn., že se jedná o obnovení nezávadného stavu zařízení. [6]

Preventivní údržba – jedná se o údržbu, která je prováděna v pravidelných časových intervalech, nebo je odvozena dle výsledků diagnostických zkoušek. Veškeré časové intervaly jsou stanoveny v souladu dle normy ČSN EN 62271-1, ve které je i dále rozdělena na jednotlivé údržbové operace. (viz tab. 3.1) [6]

Tab. 3.1 – Členění preventivní údržby [4]

Název údržbové operace	Označení	Popis údržbové operce
Pochůzková nebo letecká kontrola	A	Vizuální vyšetření stavu zařízení
Funkční zkoušky	B	Ověření funkčnosti zařízení a vybavení
Prohlídka	C	Vizuální vyšetření hlavních vlastností spínacího a řídicího zařízení v provozu, bez jeho demontáže
Běžná údržba	D	Prohlídka včetně částečné demontáže doplněná dalšími opatřeními, např. měření a nedestruktivní zkoušky atd.
Diagnostické zkoušky	E	Porovnávací zkoušky charakteristických parametrů spínacího a řídicího zařízení prováděné měřením

Monitorování		Nepřetržitě prováděná operace E
Generální údržba	F	Práce prováděné za účelem opravy nebo náhrady částí, u kterých bylo zjištěno, že neodpovídají stanoveným tolerancím
Revize tlakového zařízení		Činnost prováděná na tlakovém zařízení vymezená v ČSN 69 0012
Revize elektrických zařízení		Činnost prováděná na el. zařízení vymezená v ČSN 33 1500

Údržbové operace s písmenným označením C a D jsou nejběžnější činností.

Výše uvedené činnosti (tab. 3.1) jsou dále upřesněny:

- Prohlídka – tato činnost je rozdělena:
 - Pochůzkovou kontrolou
 - Prohlídkou – součástí prohlídky mohou být i diagnostické zkoušky

Obě tyto činnosti jsou časově závislé

- Běžná údržba – jedná se o časově závislou činnost a součástí jsou i diagnostické zkoušky
- Velká údržba – u složitých zařízení (silové transformátory a vypínače) je tato činnost spojena s podrobnou vnitřní prohlídkou, na základě výstupů z diagnostických zkoušek a monitorování stavu zařízení.
- Nápravná údržba – činnost časově závislá, která se dělí na:
 - Opravy – jedná se o práci při poruchovém stavu nebo při objevení závady
 - Mimořádnou údržbu – práce na skupině prvků identických, jako byl prvek, u něhož se vyskytla porucha nebo závada a byla vyhodnocena jako systematická.

Důsledkem nápravné údržby jsou neplánované výpadky v síti. Jedná se o nežádoucí stav, kterému se dá předejít pouze v 50 - 60% případech poruch, nelze jej však odstranit úplně. [6]

Řád preventivní údržby společnosti ČEPS byl vyhotoven podle pracovního postupu údržby založené na spolehlivosti (RCM), což znamená, že se jedná o metodu, která identifikuje projevy poruch a definuje vhodné údržbové činnosti pro řízení dopadů těchto poruch. Údržba založená na spolehlivosti označuje nejefektivnější přístup k poruše jak z hlediska technického, tak i ekonomického. Tato metoda garantuje vybrání pouze těch činností, které jsou technicky proveditelné, ekonomicky výhodné a zároveň zahrnují příčiny kritických typů poruch. [6]

V současné době je praxe ve společnosti ČEPS řešena kombinací metod, které jsou označeny jako TBM, RCM a CMB. [6]

TBM je označení pro časově závislou údržbu tzn., že se jedná o činnosti preventivního charakteru prováděné v daných časových intervalech. [6]

CMB je zkratkou pro údržbu založenou na provozním stavu. Tento proces si zakládá na logickém výběru činností údržby z metody RCM. Vyzdvihuje skutečnost, že výměny částí elektrických zařízení nebo rozsáhlé údržby je nutno provádět pouze tehdy, je-li odhaleno měřitelné opotřebení nebo zestárnutí zařízení. [6]

3.1 Automatický centrální monitoring

Automatický centrální monitoring je systém, který umožňuje docílit nejjednoduššího a nejefektivnějšího rozhodnutí při výběru typu údržby, opravy nebo naplánování výměny zařízení vvn a zvn stanic. Nástroj, který plní tuto funkci, nazýváme index zdraví zařízení. Jedná se o normalizované jednorozměrné číslo, které vyjadřuje stav zařízení. Výsledné číslo indexu zdraví se vytváří s ohledem na možnost srovnání různých druhů zařízení, tzn. že je normované a pro nejlepší přehlednost se často volí jako norma číslo 100. Aby mohlo dojít k rozhodnutí, je nutné si stupnice čísel možného výsledku rozřadit do intervalů. Těmto intervalům jsou přiřazena určitá rozhodnutí. [7, 8]

Index zdraví se dále dělí na dílčí index zdraví (DI), který hodnotí veličiny vypovídající o stavu zařízení pomocí kritéria, to se pohybuje na stupnici diskrétních čísel 1,2,3,4 (vynikající až nevyhovující). Toto číslo je dílčím indexem zdraví.

Další podskupinou indexu zdraví je skupinový index zdraví (SI), jenž sdružuje veličiny vstupující do samotného indexu zdraví. V každé skupině se vypočte SI, který se pohybuje v rozsahu 1 až 4, kdy 1 = stav super Ok; 2= stav OK; 3= stav OK s omezením; 4= stav neOK. Dále bylo specifikováno 6 skupin pro tvorbu skupinových indexů: 1. Stáří zařízení; 2. Kumulativní zatížení zařízení; 3. Aktuální stav zařízení; 4. Historie zařízení; 5. Historie technického typu; 6. Udržovatelnost a opravitelnost typu. [7, 8]

3.2 Popis prací na jednotlivých silových zařízeních

V kapitole 3.2 jsou vypsány konkrétní údržbové činnosti pro jednotlivé silové prvky PS vč. stanovených period pro tyto činnosti. Data byla čerpána z poskytnutých 50 ks adresných příloh technické normy TN22, kde jsou uvedeny adresné přílohy pro každého výrobce níže uvedených zařízení.

Tato diplomová práce se nezabývá metodikou údržby silových výkonových transformátorů ani sekundární techniky z důvodu obsáhlosti a účelnosti této problematiky. Obě tyto kategorie mají své vlastní adresné přílohy, které jsou popsány v technické normě TN22 a věnuje se jim specializovaná skupina pracovníků ČEPS, a.s.

Vzhledem k tomu, že silový transformátor je jeden z nejdůležitějších a nejdražších prvků přenosové soustavy, je na něm prováděna údržba i diagnostika každý rok včetně diagnostiky oleje. K tomu je na každém netočivém stroji nainstalován tzv. MST (monitoring system transformer), který kontinuálně snímá nejdůležitější veličiny transformátoru, mezi které patří: kapacita průchodky, rozkladné plyny v oleji, obsah vody, teplota transformátoru aj.. Tyto nasnímané hodnoty dále posílá do speciálního SW programu, který je umožňuje sledovat online.

V sekundární technice vykonávají pravidelně 1x ročně nastavení, revize, kontroly a zkoušky ochran, dále vlastní spotřeby a TSFO (technický systém fyzické ochrany) zaměstnanci ČEPS, a.s. ve spolupráci s dodavatelem. S ohledem na důležitost těchto zařízení se jedná o standardní postup.

3.2.1 Vypínač

A00. Pochůzková kontrola [6]

Pochůzkovou kontrolu provádí obsluha rozvodny a jsou při ní konány tyto činnosti:

- vizuální kontrola polohy ukazatelů tlakových čidel SF₆ (manostatů)
- vizuální kontrola celkového stavu vypínače včetně stavu primárních připojovacích míst (svorek a svodů),
- vizuální kontrola výskytu mechanického poškození porcelánové izolace
- vizuální kontrola stavu prostoru kolem vypínače

C00. Pravidelná prohlídka (vizuální kontrola, inspekce) [6]

Pravidelnou prohlídku provádí dodavatelská organizace a jsou při ní vykonávány nejčastěji tyto činnosti:

- Kontrola počtu operací VYP-ZAP (CO)
- Kontrola počtu vypínání zkratových proudů
- Výpočet Σ počtu výkonových operací
- Všeobecná vizuální kontrola, včetně kontroly koroze a nátěrů
- Kontrola izolátorů, včetně čištění, kontrola stavu tmelení
- Kontrola všech proudových spojů včetně dotažení, vyčištění a nakonzervování
- Kontrola stavu uzemnění
- Kontrola a vyčištění skříní pohonů a ovládací skříně vypínače, vč. kontroly tlumičů, svorkovnic a větrání (skříně a kryté mechanické propojení)
- Kontrola tlaku plynu – kontrola polohy ukazatele plynu hustoty SF₆
- Kontrola vytápění proti kondenzaci vody
- Kontrola a vyčištění řídicí skříně pole, vč. jističů, relé a svorkovnic
- Odzkoušení funkce vypínače
- Kontrola místní a dálkové signalizace

D00. Běžná údržba (údržba) [6]

Běžná údržba a diagnostika se smí uskutečnit pouze za přítomnosti pracovníka, terý je nositelem certifikátu daného výrobce pro montáž, uvádění do provozu a údržbu vypínače daného typu. Při těchto prací jsou vykonány tyto činnosti:

- Všeobecná vizuální kontrola, včetně kontroly koroze a nátěrů
- Kontrola izolátorů (vč. čištění), kontrola stavu tmelení
- Kontrola všech proudových spojů, vč. dotažení, vyčištění a nakonzervování
- Kontrola stavu uzemnění
- Kontrola a vyčištění skříní pohonů a ovládací skříně vypínače, vč. kontroly tlumičů, svorkovnic a větrání (skříně a kryté mechanické propojení)
- Kontrola tlaku plynu – kontrola polohy ukazatele hustoty SF6
- Kontrola vytápění proti kondenzaci vody
- Kontrola a vyčištění řídicí skříně pole, vč. jističů, relé a svorkovnic
- Odzkoušení funkce vypínače
- Kontrola místní a dálkové signalizace
- Kontrola všech kabelových připojení
- Kontrola pojistných prvků táhla pohonu
- Kontrola šroubových spojů
- Funkční zkoušky ovládacích obvodů

ED0. Diagnostika po běžné údržbě [6]

Diagnostiku provádí buď přímo výrobce anebo proškolení či certifikovaní zaměstnanci ČEPS, a.s. Při těchto prací jsou vykonány pomocí speciálních diagnostických přístrojů tyto specifické měření:

- Měření základních časových charakteristik
- Měření odporu hlavní proudové dráhy
- Měření přechodových odporů
- Měření vlhkosti, rozkladných produktů a čistoty plynu SF6

- Kontrola a měření systému tlaku hydrauliky
- Měření proudu motoru
- Měření primárních obvodů vypínače
- Měření zapínací a vypínací doby a soudobosti pólů vypínače
- Měření času nastavení vypínání při nesouhlasu pólů
- Měření křivky pohybu hlavních kontaktů a funkce tlumení
- Měření dynamického odporu kontaktního systému
- Měření křivky proudu ovládacích cívek
- Aj.

F00. **Generální údržba pohonu a kontaktního systému (revize)** [6]

Generální údržba je souhrn činností běžné údržby, diagnostiky při běžné údržbě a diagnostiky při celkové generální údržbě. Jedná se o funkční nastavení a ověření před znovuvvedením do provozu. Tato činnost se musí provádět vždy uvědoměním výrobce zařízení a je nutné se s ním domluvit na vhodné formě spoluúčasti. Tato podmínka je platná i pro generální údržbu kontaktního systému.

Generální údržba kontaktního systému je složena ze stejných činností jako generální údržba pohonu, popsána výše a je součástí generální údržby

3.2.2 Odpojovače a uzemňovače

A00. **Pochůzková kontrola** [6]

Pochůzkovou kontrolu provádí obsluha rozvodny a jsou při ní konány tyto činnosti:

- Vizuální kontrola odpojovačů a uzemňovačů
- Kontrola celkového stavu
- Kontrola čistoty izolátorů
- Kontrola primárních připojovacích míst
- Kontrola výskytu mechanického poškození porcelánové izolace

C00. Pravidelná prohlídka (vizuální kontrola, inspekce) [6]

Pravidelnou prohlídku provádí dodavatelská organizace a jsou při ní vykonávány nejčastěji tyto činnosti:

- Celková kontrola přístroje
- Kontrola uzemnění
- Kontrola izolátorů odpojovače nebo uzemňovače a přilehlých podpěrek
- Kontrola všech proudových spojů, včetně hlavních proudových kanálů a kontaktů zemnicího nože
- Kontrola pohonu odpojovače včetně pohonu uzemňovače
- Kontrola ovládací skříně
- Funkční zkouška celého přístroje a případné seřízení jeho koncových poloh a najíždění pevného kontaktu do kontaktní hlavice
- Kontrola šroubových spojů
- Kontrola svorkovnice motoru pohonu proti zatékání vody
- Kontrola místní i dálkové signalizace
- Měření izolačního stavu motoru pohonu proti zemi

D00. Běžná údržba (údržba) [6]

Běžná údržba a diagnostika se smí uskutečnit pouze za přítomnosti pracovníka, který je nositelem certifikátu daného výrobce pro montáž, uvádění do provozu a údržbu vypínače daného typu. Při těchto pracích jsou vykonány tyto činnosti:

- Obnovení všech ochranných opatření proti zatékání a kondenzaci vody
- Kontrola mazací náplně ložisek, kontrola a konzervace měděných pásů
- Oprava všech poškozených ochranných krytů a kabelových vedení

ED0. Diagnostika po běžné údržbě [6]

Diagnostiku provádí buď přímo výrobce anebo proškolení či certifikovaní zaměstnanci ČEPS, a.s.. Při těchto pracích jsou vykonány pomocí speciálních diagnostických přístrojů tyto specifické měření:

- Kontrola průniku kontaktů odpojovače
- Kontrola průniku kontaktů zemnicího nože
- Měření izolačního stavu elektrické instalace
- Měření přechodových odporů proudové dráhy
- Měření izolačního stavu motoru pohonu

3.2.3 Přístrojové transformátory**A00. Pochůzková kontrola** [6]

Pochůzkovou kontrolu provádí obsluha rozvodny a jsou při ní konány tyto činnosti:

- Polohy ukazatele stavu oleje stop prolínání oleje
- Celkového stavu PT včetně stavu primárních přípojovacích míst (svorek a svodů), izolace, vodičů, armatur a konstrukcí
- Výskytu mechanického poškození porcelánové izolace
- Stavů prostoru kolem PT

C00. Pravidelná prohlídka (vizuální kontrola, inspekce) [6]

Pravidelnou prohlídku provádí dodavatelská organizace. Pro přístrojové transformátory napětí jsou specifikovány celkem čtyři prohlídky. Tyto prohlídky se dělí na pravidelné a při zvláštních událostech, mezi tyto patří:

- Před uvedením do provozu nebo při přemístění přístroje
- Po změně zátěže, zapojení sekundárních vinutí
- Po zvýšeném mechanickém namáhání, po velké poruše nebo indikaci zhoršeného stavu

Při pravidelné prohlídce jsou vykonávány tyto specifické práce:

- Kontrola uzemnění
- Kontrola propojení
- Kontrola zapojení sekundárních vinutí
- Kontrola stavu oleje indukční jednotky
- Vizuální kontrola úniku oleje
- Kontrola sekundární skříňky na korozi a čistotu
- Koroze mechanického poškození, koroze a stavu nátěrů
- Vizuální kontrola prostoru kolem PT

3.2.4 Svodiče přepětí

C00. Pravidelná prohlídka (vizuální kontrola, inspekce) [6]

Pravidelnou prohlídku provádí dodavatelská organizace. Pro svodiče (omezovače) přepětí jsou specifikovány celkem dvě prohlídky. Tyto prohlídky se dělí na po zvláštních událostech a pravidelné mezi tyto patří:

- Kontrola počítadla přeskoků
- Kontrola diagnostického jiskřiště
- Kontrola stavu uzemnění
- Kontrola stavu a čistoty izolátorů a jejich přechodů
- Kontrola stop ohoření
- Kontrola stavu zařízení pro uvolnění přitlaku
- Kontrola stavu a utažení přípojovacích svorek a šroubových spojů
- Kontrola mechanického poškození, koroze a stavu nátěrů všech vnějších částí

EC0. Diagnostika [6]

Diagnostiku provádí dodavatelská organizace a jsou při ní vykonávány nejčastěji tyto činnosti:

- Měření referenčního napětí
- Kontrola izolačního stavu vložených izolátorů

- Měření odporu kontrolního jiskřiště

EC1. **Diagnostika svodiče přepět** [6]

Diagnostika svodiče přepětí je provedena za provozu proškolenými zaměstnanci ČEPS, a.s. Při této diagnostice je provedeno měření:

- Měření svodového proudu

3.3 Periody údržby na silových zařízeních v přenosové soustavě

V přenosové soustavě jsou použita silová zařízení dodávaná od různých výrobců. Každý výrobce si stanovuje interval period údržby pro jednotlivé údržbové práce. Intervaly period jsou uvedeny obecně pro jednotlivá zařízení v kapitole 2.1.1. až 2.1.4. Tyto rozdílnosti pro jednotlivá zařízení a konkrétní výrobce jsou uvedeny v příložené příloze A až F [6]

Vypínače

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna minimálně jednou za měsíc
- běžná prohlídka (C00) je prováděna jednou za 2 roky
- běžná údržba (D00) se provádí v intervalu 5 až 12 let, jejíž bližší specifikace jsou uvedeny v AP
- diagnostika (ED0) se provádí v intervalu 5 až 10 let
- generální údržba (F00) je provedena dle výsledku diagnostických zkoušek

Odpojovače

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna jednou za 3 měsíce
- běžná údržba (D00) je prováděna 1 za 2 roky a dále pravidelně po 5 letech po dobu životnosti zařízení
- diagnostika (ED0) je provedena jednou za 5 let

Přístrojový transformátor proudu

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna jednou za 3 měsíce
- běžná prohlídka (C00) je prováděna jednou za 2 roky
- běžná údržba (D00) je provedena v intervalu 5 až 10 let
- diagnostika (ED0) je provedena v intervalu 5 až 10 let

Přístrojový transformátor napětí

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna jednou za 3 měsíce
- běžná prohlídka (C00) je prováděna jednou za 2 roky
- běžná údržba (D00) je provedena v intervalu 5 až 10 let
- diagnostika (ED0) je provedena v intervalu 8 až 10 let

Kombinovaný přístrojový transformátor

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna jednou za 3 měsíce
- běžná prohlídka (C00) je prováděna v intervalu 2 až 5 let
- běžná údržba (D00) je provedena v intervalu 5 až 10 let
- diagnostika (ED0) je provedena v intervalu po 5 letech a dále po 10 letech

Omezovače (Svodiče) přepětí

- pochůzková kontrola (A00) je prováděna jednou za 3 měsíce
- běžná prohlídka (C00) je prováděna v jednou za 2 roky
- běžná údržba (D00) je provedena v 4. a 8. rok provozu, poté každé 2 roky po dobu životnosti zařízení
- diagnostika (EC0) je provedena jednou za rok

4 Návrh výhodnějšího způsobu údržby v rozvodnách ČEPS, a.s.

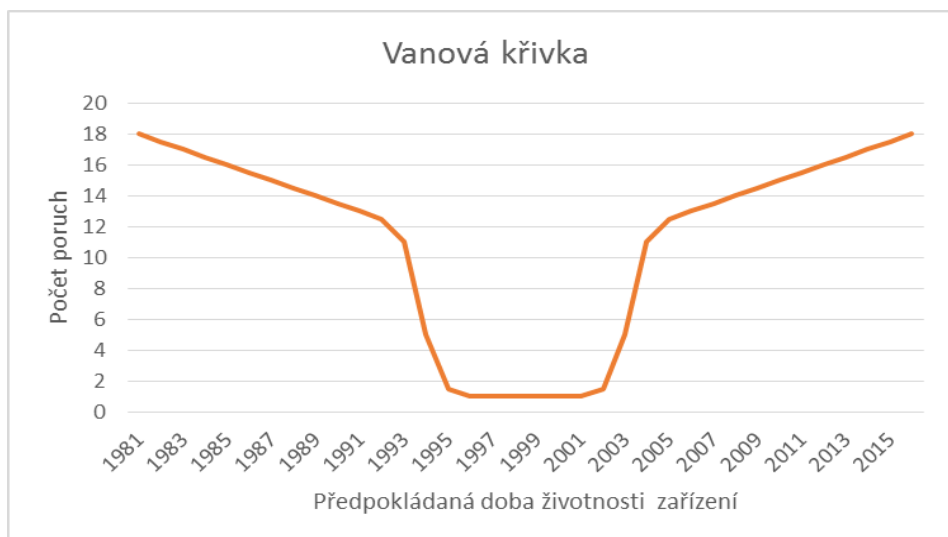
Pro určení výhodnějšího způsobu údržby v rozvodnách ČEPS, a.s. bylo nutné tuto problematiku řešit po technické i ekonomické stránce. Jsou zde posuzovány výhodnosti zavedených modelů pro údržbu rozvoden. Tato diplomová práce vznikla za spolupráce s oblastí Západ. Vzhledem k podobnosti rozvoden v jednotlivých oblastech lze předpokládat, že níže uvedené závady a výpočty je možno aplikovat celorepublikově.

4.1 Technické zhodnocení

V této kapitole jsou vypsané veškeré závady a poruchy na zařízení ČEPS v oblasti Západ. Byly vybrány přístroje a výrobci s nejpočetnějším zastoupením v rozvodnách ČEPS, a.s. na kterých byla tato optimalizace provedena.

Použitá data byla vypracována z poskytnutých zpráv ČEPS v oblasti Západ o poruchách a závadách od roku 2012 do roku 2016. K poskytnutým údajům bylo nutné přiřadit název výrobce a následně dohledat rok výroby daného zařízení. Tyto údaje slouží jako podklad nejen pro technické zhodnocení, ale také pro ekonomický pohled na provádění údržby v ČEPS, a.s.

U jednotlivých elektrických zařízení je uvedena předpokládaná délka životnosti stanovená výrobcem. Na posouzení četnosti poruch na zařízení vzhledem k jeho stáří je vhodné aplikovat vanovou křivku. S ohledem na rozdílný rok výroby zařízení, byli pro každý typ vybráni zástupci, kteří se v daném sledovaném období nacházejí v odlišné části vanové křivky.



Obr. 4.1 – Graf předpokládané vanové křivky poruch vzhledem ke stáří zařízení

4.1.1 Vypínače

Nejčastější zastoupení vypínačů v rozvodnách ČEPS, a.s. mají níže uvedení výrobci, pro každého výrobce je uveden počet závad za sledované období a jejich specifikace. Předpokládaná životnost uváděná výrobcem je u vypínačů 35 let. Poruchy byly zaznamenány na vypínačích s rokem výroby 1988 až 2010.

Výrobce ABB

Na vypínači od firmy ABB bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 10 poruch.

Z toho byl:

- 2 krát přetržený řetěz
- 1 krát únik plynu SF6
- 2 krát vadný densostat
- 3 krát vypadnutá klema/vodič
- 1 krát nesoudobost paketového prepínače
- 1 krát závada mechanické spoušti pohonu

Výrobce AEG

Na vypínači od firmy AEG bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 22 poruch.

Z toho byl:

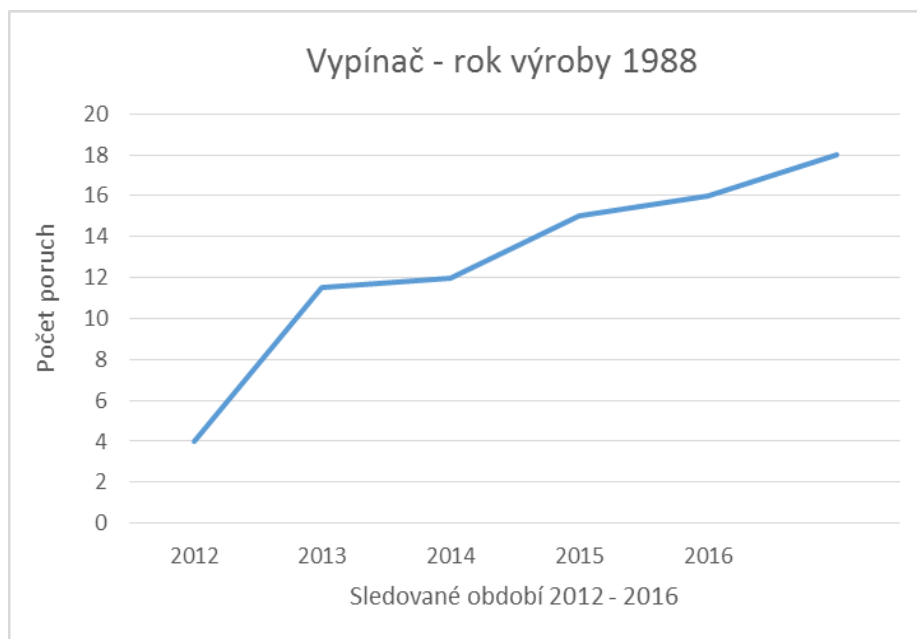
- 2 krát vadné relé
- 1 krát vadný sdružený tlakový spínač
- 1 krát vadný drát v obvodech
- 8 krát vadný vysoušeč vzduchu
- 1 krát vysoký tlak
- 1 krát únik oleje
- 2 krát únik vzduchu
- 1 krát nefunkční přepínač
- 2 krát nefunkční automatika kompresoru
- 1 krát volný vodič
- 1 krát výpadek jističe pohonu

Výrobce SIEMENS

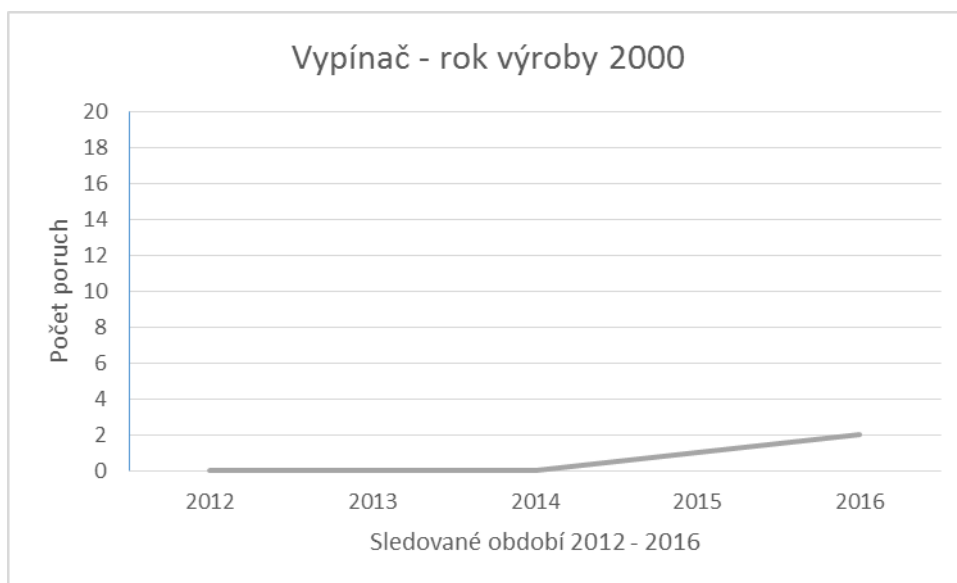
Na vypínači od firmy SIEMENS bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 10 poruch.

Z toho byl:

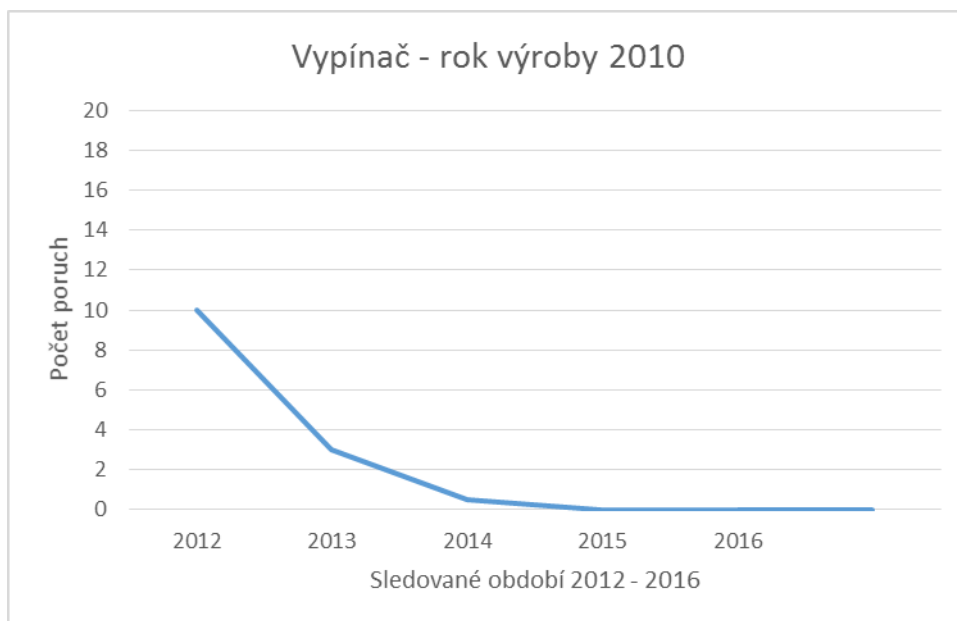
- 1 krát vypínač nevypnul na povel
- 1 krát nedotažené šrouby
- 4 krát únik oleje
- 3 krát propouštění plynu SF6
- 1 krát závada na relé



Obr. 4.1.1.1 – Graf vanové křivky vypínače z roku 1988 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.1.2 – Graf vanové křivky vypínače z roku 2000 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.1.3 – Graf vanové křivky vypínače z roku 2010 ve sledovaném období 2012- 2016

Z výše uvedených grafů vyplývá, že četnost výskytu poruch na jednotlivých vypínačích v závislosti na stáří zařízení odpovídá vanové křivce.

4.1.2 Odpojovače a uzemňovače

Odpojovače mají v rozvodnách největší zastoupení od výrobce – SERW (dříve Škoda). Ve sledovaném období byly zaznamenány poruchy na odpojovačích a uzemňovačích s rokem výroby 1991 až 2012. Předpokládaná délka životnosti odpojovače a uzemňovače uvedená výrobcem je 30 let.

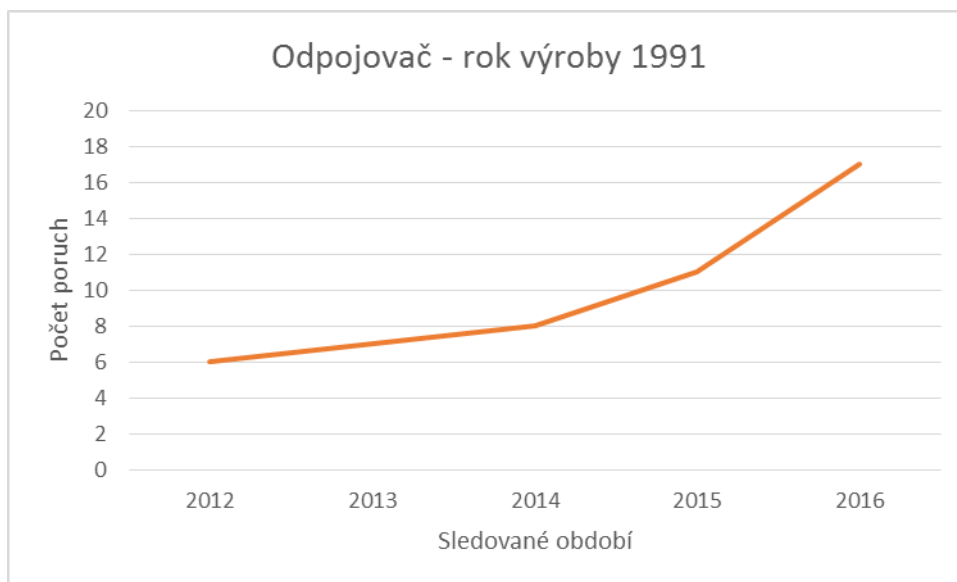
Výrobce SERW

Na odpojovači a uzemňovači od firmy SERW (Škoda) bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 84 poruch.

Z toho:

- 10 krát odpojovač nezapnul na povel
- 5 krát mechanické poškození zemnicího nože
- 1 krát přeskok na hlavu ramene odpojovače

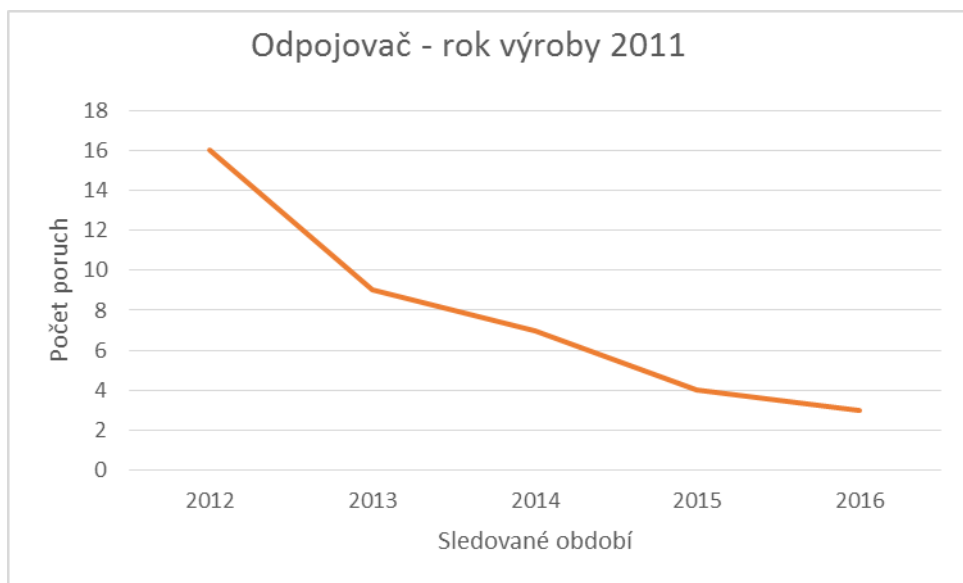
- 1 krát spálené vinutí motoru pohonu
- 18 krát vysoké přechodové odpory
- 2 krát odpojovač nevypnul na povel
- 10 krát neúplně zapnuté kontakty
- 1 krát zoxidované silové kontakty
- 2 krát nešel odzemnit uzemňovací nůž
- 5 krát odpojovač zůstal v mezi poloze
- 1 krát zkrat na napájecím kabelu
- 1 krát stržený šroub na čepu táhla odpojovače
- 1 krát zarezlé pohyblivé části
- 2 krát mechanické poškození izolátorové sukýnky
- 1 krát poškození kabelu
- 19 krát poškození na el. propojení hlavní proudové části
- 2 krát výpadek jističe
- 1 krát poškození hydrauliky
- 1 krát ohnutý horní stavěcí šroub



Obr. 4.1.2.1 – Graf vanové křivky odpojovače z roku 1991 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.2.2 – Graf vanové křivky odpojovače z roku 2001 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.2.3 – Graf vanové křivky odpojovače z roku 2011 ve sledovaném období 2012- 2016

Z výše uvedených grafů vyplývá, že četnost výskytu poruch na jednotlivých odpojovačích v závislosti na stáří zařízení odpovídá vanové křivce.

4.1.3 Přístrojový transformátor proudu

Pro přístrojové transformátory proudu byli vybráni zástupci s největším zastoupením a četností poruch. Jsou zaznamenány poruchy na PTP od roku výroby 1991 do roku 1998. Vzhledem k nízkému časovému rozpětí nebyla pro tyto transformátory sestavena vanová křivka. Předpokládaná životnost uváděná výrobcem je 30 let.

SIEMENS (Haefely Trench)

Na přístrojovém transformátoru proudu od firmy Haefely Trench bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 12 poruch.

Z toho:

- 3 krát vysoký obsah vodíku
- 1 krát závada na elektrickém propojení proudové části
- 5 krát vysoký obsah oxidu uhelnatého
- 1 krát pokles tlaku plynu SF₆
- 1 krát vadný densostat
- 1 krát únik oleje okolo víčka ventilu

Výrobce SIEMENS (MWB)

Na přístrojovém transformátoru proudu od firmy MWB bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 5 poruch.

Z toho:

- 1 krát únik oleje z densostatu
- 1 krát zvýšený přechodový odpor hlavní proudové dráhy
- 2 krát vadný densostat
- 1 krát závada na elektrickém propojení hlavní proudové části

Výrobce Nuova Margrini Galileo

Na přístrojovém transformátoru proudu od firmy Nuova Margrini Galileo bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 8 poruch.

Z toho:

- 1 krát vysoký obsah SO₂
- 4 krát závada na elektrickém propojení proudové části
- 1 krát nízký tlak plynu SF₆
- 1 krát závada na šroubových spojích
- 1 krát zvýšení hustoty plynu SF₆

4.1.4 Přístrojový transformátor napětí

Přístrojové transformátory napětí mají v rozvodnách zastoupení hned od několika výrobců s uvedeným datem výroby od roku 1992 do roku 2010. Předpokládaná životnost uváděná výrobcem je 30 let.

Výrobce Passoni Vila Milano

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy Passoni Vila Milano bylo v letech 2012- 2016 zaznamenáno celkem 8 poruch.

Z toho:

- 1 krát nízká hladina oleje v sekundární části
- 5 krát vysoká hodnota etanu
- 5 krát vysoká hodnota metanu
- 1 krát vysoká hodnota vodíku
- 1 krát vysoká hodnota oxidu uhelnatého
- 1 krát vysoká hodnota oxidu uhličitého

Výrobce AEG (AREVA, ALSTOM)

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy AREVA bylo v letech 2012 – 2016 zaznamenáno celkem 13 poruch.

Z toho:

- 2 krát nízká hladina oleje
- 2 krát nadlimitní hodnoty nízkotlakých plynů v oleji
- 7 krát vysoký obsah oxidu uhličitého
- 1 krát vysoký obsah oxidu uhelnatého a etanu
- 1 krát únik oleje z indukční části

Výrobce ARTECHE

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy ARTECHE byla v letech 2012 - 2016 zaznamenána 1 porucha.

Z toho:

- 1 krát vysoký obsah oxidu uhelnatého

Výrobce SIEMENS (MBW)

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy SIEMENS bylo v roce 2012 - 2016 zaznamenáno 10 poruch.

Z toho:

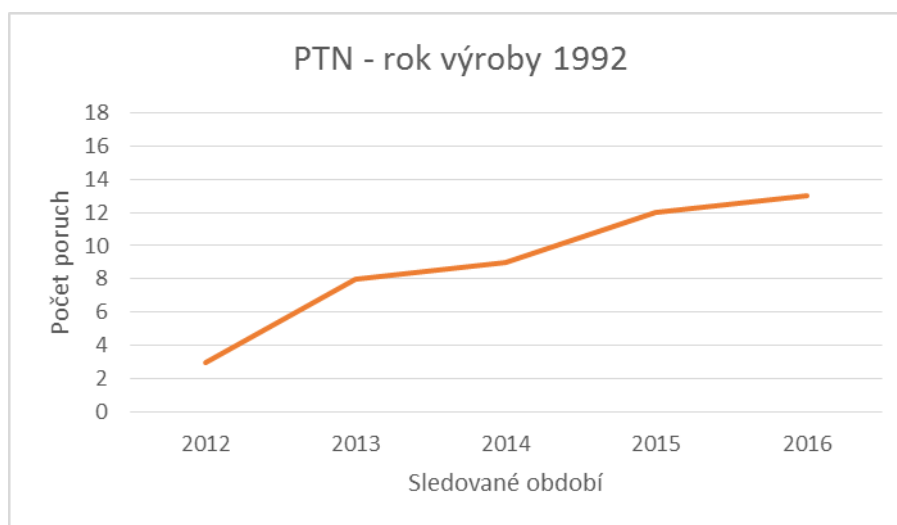
- 6 krát vadný densostat
- 1 krát zvýšená hlučnost z magnetického jádra
- 1 krát pokles tlaku plynu SF6
- 1 krát vyšší obsah nízkotlakých plynů v oleji
- 1 krát nižší hodnota kvality plynu SF6

Výrobce ABB

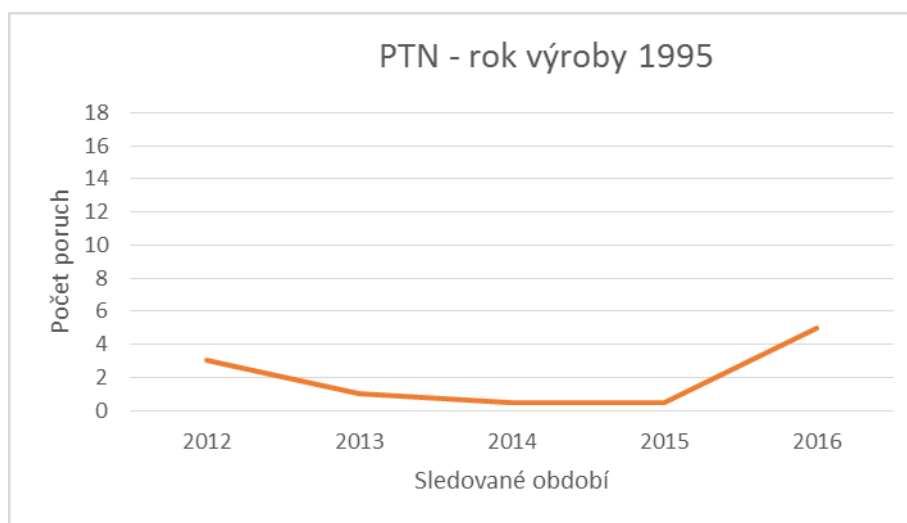
Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy ABB byly v roce 2012 až 2016 zaznamenány 2 poruchy.

Z toho:

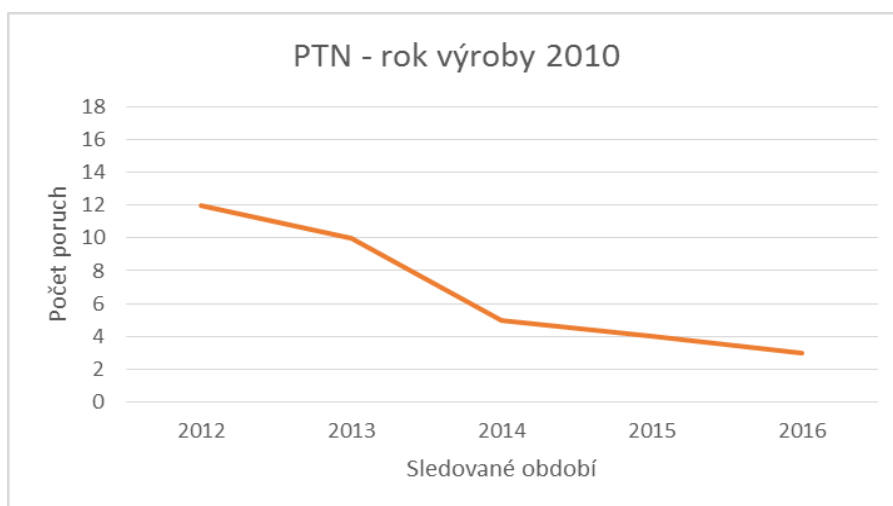
- 1 krát vyšší obsah nízkotlakých plynů v oleji
- 1 krát propálení kondenzátorů v kapacitní části měničů



Obr. 4.1.4.1 Graf vanové křivky PTN z roku 1992 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.4.2 – Graf vanové křivky PTN z roku 1995 ve sledovaném období 2012- 2016



Obr. 4.1.4.3 Graf vanové křivky PTN z roku 2010 ve sledovaném období 2012- 2016

4.1.5 Kombinované přístrojové transformátory

Kombinované přístrojové transformátory jsou na rozvodnách ČEPS, a.s. v zastoupení od výrobců Alstom, SIEMENS a Pfiffner. Ve výčtu poruch je uveden zástupce s největším zastoupením a četností poruch. Poruchy jsou zaznamenány na KPT od roku výroby 1993, až 2003. Vzhledem k nízkému časovému rozpětí nebyla pro tyto transformátory sestavena vanová křivka. Předpokládaná životnost uváděná výrobcem je 30 let.

Výrobce SIEMENS

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy Siemens bylo v roce 2012 až 2016 zaznamenáno 12 poruch.

Z toho:

- 5 krát vadný densostat
- 2 krát vyšší obsah rozpouštěného plynu v oleji
- 1 krát únik oleje z densostatu
- 2 krát překročené hodnoty rozkladového plynu
- 1 krát zvýšená hladina akustického hluku
- 1 krát degenerace silikonové izolace

4.1.6 Svodiče přepětí

Největší zastoupení svodičů přepětí ve společnosti ČEPS mají výrobci ABB a SIEMENS. Vzhledem k nízkému počtu zastoupení těchto přístrojových transformátorů v rozvodnách ČEPS, a.s. nebyla pro tyto transformátory sestavena vanová křivka. Předpokládaná životnost těchto zařízení udávaná výrobcem je 30 let.

Výrobce ABB

Na svodiči přepětí napětí od firmy ABB byly v roce 2012 zaznamenány 2 poruchy.

Z toho:

- 1 krát vadný horní i spodní díl omezovače přepětí
- 1 krát čtyřnásobně vyšší podíl třetí harmonické proudu

Výrobce SIEMENS

Na přístrojovém transformátoru napětí od firmy SIEMENS bylo v roce 2013 a 2015 - 2016 zaznamenáno 7 poruch.

Z toho:

- 7 krát vypálené jiskřiště

4.2 Ekonomické zhodnocení

V ekonomickém zhodnocení rentability zařízení je posuzována cena za údržbu a opravu zařízení ve srovnání s pořizovací cenou nového 3F zařízení. Na základě těchto výsledků je následně posouzena výhodnost oprav.

4.2.1 Matematický model

Matematický model byl sestaven z ceny za opravy a z ceny za údržbu za celou dobu životnosti zařízení.

Vzorec pro výpočet nákladů na opravu elektrického zařízení. Údaje o nákladech na opravy za sledované období byly zprůměrovány a vynásobeny předpokládanou délkou

životnosti, tato cena vypovídá o nákladech na opravy pro veškeré elektrické zařízení toho druhu. Výsledná cena je vydělena počtem kusů zařízení umístěných v rozvodně.

Ke stanovení tohoto vzorce bylo potřebné získat ceny oprav jednotlivých zařízení, počet kusů zařízení v rozvodně a ceny jednotlivých údržbových prací na zařízení od jednotlivých výrobců.

Veškeré údaje byly poskytnuty společností ČEPS, a.s. a vypočteny pro část Západ, s ohledem na podobnost osazení rozvodů a pravděpodobnost totožného výskytu poruch ve zbylých dvou částech České republiky je možné ve výsledku vynásobit údaje třemi pro celorepublikový pohled na tuto problematiku.

Výpočet ceny opravy za jedno 3F zařízení:

$$\left(\left(\left(\frac{C_{OPS}}{T_{SO}} \right) \right) \cdot T_{ŽP} \right) \div p = C_{OP} \quad (4.2.1.1)$$

C_{OP} Cena oprav [Kč]

C_{OPS} Cena oprav za sledované období [Kč]

T_{SO} Sledované období [rok]

$T_{ŽP}$ Doba životnosti zařízení [rok]

p Počet přístrojů v oblasti západ [ks]

Výpočet ceny za údržbu jednoho 3F zařízení:

Dle period údržby pro konkrétní zařízení (viz. kap. 3.2 a příloha A až F) a životnosti přístroje je stanovena četnost provedených úkonů, tato hodnota je vynásobena cenou stanovenou poskytovatelem práce.

$$\left(\frac{T_{ŽP}}{P_P} \right) \cdot C_{PP} = C_{Ú} \quad (4.2.1.2)$$

$C_{Ú}$ Cena údržby [Kč]

$T_{ŽP}$ Doba životnosti zařízení [rok]

P_P Perioda prováděné práce [rok]

C_{PP} Cena za provedenou údržbovou práci [Kč]

Výsledná cena za opravy a údržby jednoho 3F :

$$\left[\left(\left(\frac{C_{OP}}{T_{SO}} \right) \cdot T_{ŽP} \right) \div p \right] + \left[\left(\frac{T_{ŽP}}{P_P} \right) \cdot C_{PP} \right] = C_{OP} + C_{Ú} \quad (4.2.1.3)$$

4.2.2 Ekonomické zhodnocení vypínačů

Vypínač od výrobce ABB

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.1.1 – Náklady na opravu jednoho 3F vypínače ABB

Výrobce	COPS [Kč]	Tso [roky]	TžP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
ABB	3.150.000	5	35	28	787.500

Celkové náklady na opravy jednoho 3F zařízení:

$$\left(\left(\left(\frac{C_{OPS}}{T_{SO}} \right) \cdot T_{ŽP} \right) \div p \right) = \left(\left(\left(\frac{3.150.000}{5} \right) \cdot 35 \right) \div 28 \right) = 787.500, -Kč$$

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.1.2 – Náklady na údržbu jednoho 3F vypínače ABB

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{ŽP}}{PP}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	54.000	2	17	918.000
D00	54.000	7	5	270.000
ED0	60.000	7	5	300.000
F00+EFO	520.000	28	1	520.000

Perioda provádění údržbové práce je uvedena v kapitole 3.2 a příloze č. 1

Cena za údržbovou práci typu C00 na jednom 3F vypínači ABB:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{35}{2}\right) \cdot 54.000 \doteq 918.000, -K\check{c}$$

Cena za údržbovou práci typu D00 na jednom 3F vypínači ABB:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{35}{7}\right) \cdot 54.000 \doteq 270.000, -K\check{c}$$

Cena za údržbovou práci typu ED0 na jednom 3F vypínači ABB:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{35}{7}\right) \cdot 60.000 \doteq 300.000, -K\check{c}$$

Cena za údržbovou práci typu F00 + EF0 na jednom 3F vypínači ABB:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{35}{28}\right) \cdot 520.000 \doteq 520.000, -K\check{c}$$

Celková cena údržby na jednom 3F vypínači ABB:

$$\begin{aligned} C_{\check{U}}(C00) + C_{\check{U}}(D00) + C_{\check{U}}(ED0) + C_{\check{U}}(F00 + EF0) = \\ = 918.000 + 270.000 + 300.000 + 520.000 = 2.008.000, -K\check{c} \end{aligned}$$

Cena opravy a údržby na jednom 3F vypínači ABB za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\check{U}} = 787.500 + 2.008.000 = 2.795.500, -K\check{c}$$

Průměrná cena nového vypínače je 2.600.500, -Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že ceny opravy a údržba na vypínači od výrobce ABB je dosti nákladná ve srovnání s ostatními výrobci (viz Tab. 4.3.1.7), dle tohoto srovnání by bylo výhodnější pro společnost ČEPS kupovat vypínače od jiných výrobců.

Vypínač od výrobce SIEMENS

Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F vypínače SIEMENS je postup stejný, jako u vypínače ABB.

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.1.3 – Náklady na opravu jednoho 3F vypínače SIEMENS

Výrobce		COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SIEMENS		2.700.000	5	35	58	325.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.1.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F vypínače SIEMENS

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\Sigma P}}{PP}$ [-]	C _ú [Kč]
C00	30.000	2	17	510.000
D00	120.000	12	3	360.000
ED0	54.000	12	3	162.000
F00+EFO	327.000	24	1	327.000
Celková cena za údržbu				1.359.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F vypínači SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 325.862 + 1.359.000 = 1.684.862, -Kč$$

Průměrná cena nového vypínače je 2.600.500, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Vypínač od výrobce AEG (ALSTOM)

Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F vypínače AEG je postup stejný, jako u vypínače ABB.

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.1.5 – Náklady na opravu jednoho 3F vypínače AEG

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
AEG	4.500.000	5	35	30	1.050.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.1.6 – Náklady na údržbu jednoho 3F vypínače AEG

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\Sigma P}}{PP}$ [-]	C _ú [Kč]
C00	36.000	2	17	612.000
D00	150.000	10	3,5	525.000
ED0	0	10	3,5	0
F00+EF0	700.000	35	1	700.000
Celková cena za údržbu				1.837.000

Práci EDO není vykonána dodavatelem, ale provádí ji zaměstnanci ČEPS, a.s., není proto započítána do nákladů na údržbu.

Cena opravy a údržby na jednom 3F vypínači SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 1.050.000 + 1.837.000 = 2.887.000, -Kč$$

Průměrná cena nového vypínače je 2.600.500, -Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Ekonomické shrnutí vypínačů:

V tabulce 4.3.1.7 je uvedeno celkové srovnání vypínačů od dodavatelů, s nejčastějším výskytem těchto zařízení v rozvodnách oblasti Západ a nejčastějším výskytem poruch. Z níže uvedených výpočtů je patrné, že nejlevnější náklady na údržbu vyžaduje zařízení od výrobce SIEMENS, na tom to zařízení bylo ve sledovaném období evidováno 10 poruch. Oproti tomu, jako nejnákladnější zařízení na údržbu se prokázal vypínač od výrobce AEG, toto zařízení se jeví také jako nejporuchovější v porovnání se zbylými dvěma zařízeními.

Tab. 4.3.1.7 – Celkové finanční náklady na opravy a údržbu vypínačů

Výrobce	COPS [Kč]	T _{SO} [roky]	T _{ŽP} [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena CÚ [Kč]	COP + CÚ [Kč]	Cena nového přístroje	Počet poruch [ks]
ABB	3.150.000	5	35	28	787.500	2.008.000	2.795.500	2.600.000	10
SIEMENS	2.700.000	5	35	58	325.000	1.359.000	1.684.000	2.600.000	22
AEG	4.500.000	5	35	30	1.050.000	1.837.000	2.887.000	2.600.000	10

4.2.3 Ekonomické zhodnocení svodičů

Svodič od výrobce SIEMENS

Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F svodiče SIEMENS je postup stejný, jako u vypínače ABB

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.2.1 – Náklady na opravu jednoho 3Fsvodiče SIEMENS

Výrobce	COPS [Kč]	T _{SO} [roky]	T _{ŽP} [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SIMENS	300.000	5	30	61	29.500

Celkové náklady na opravy jednoho 3F zařízení:

$$\left(\left(\left(\frac{C_{OPS}}{T_{SO}} \right) \cdot T_{ŽP} \right) \div p = \left(\left(\left(\frac{300.000}{5} \right) \cdot 30 \right) \div 61 \right) = 29.500, -Kč$$

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.2.2 – Náklady na údržbu jednoho 3F svodiče SIEMENS

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\check{Z}P}}{PP}$ [-]	C _ú [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
EC0	30.000	4., 8., a poté každé 2 roky	11	330.000
Celková cena za údržby				525.000

Cena za údržbovou práci typu C00 na jednom 3F svodiči SIEMENS:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{30}{2}\right) \cdot 13.000 \doteq 195.000, -Kč$$

Cena za údržbovou práci typu EC0 na jednom 3F svodiči SIEMENS:

$$\left(\frac{T_{\check{Z}P}}{P_p}\right) \cdot C_{PP} = \left(\frac{30}{11}\right) \cdot 54.000 \doteq 330.000, -Kč$$

Četnost provedení práce na svodiči SIEMENS:

(30let – 4.rok) = 26 let četnost provedení 1

(26 let – 8.rok) = 18 let četnost provedení 1

(18let ÷ 2(poté každé dva roky)) = 9 četnost provedení 9

Cena opravy a údržby na jednom 3F svodiči SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\check{U}} = 29.500 + 525.000 = 554.500, -Kč$$

Průměrná cena nového svodiče je 300.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů a vzhledem k nízkému výskytu poruch je patrné, že koupě nové zařízení se jeví jako levnější alternativa, nežli provádění údržbových prací v takto nastavených periodách.

Svodič od výrobce ABB

Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F svodiče ABB je postup stejný, jako u vypínače ABB

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.2.3 – Náklady na údržbu jednoho 3F svodiče ABB

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
ABB	1.200.000	5	30	63	114.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.2.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F svodiče ABB

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\text{ŽP}}}{PP}$ [-]	C _Ú [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
ECO	30.000	4., 8., a poté každé 2 roky	11	330.000
Celková cena za údržbu				525.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F svodiči ABB za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 114.000 + 525.000 = 639.000, -Kč$$

Průměrná cena nového svodiče je 300.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nové zařízení se jeví jako levnější alternativa, nežli provádění údržbových prací v takto nastavených periodách.

Ekonomické shrnutí svodičů:

Z níže uvedeného shrnutí uvedeného v tab. 4.3.2.5 je patrné, že jediným prvkem, na kterém se společnosti ČEPS údržba prodraží, je svodič přepětí. Na tomto zařízení je velmi malý počet poruch a závad a údržbové úkony na tomto prvku nejsou tak náročné a je

brán spíše jako doplňkový prvek. V tomto případě by bylo vhodné periody údržby pravidelné prohlídky prodloužit min. 1x za 5let a diagnostiku EC0 zachovat po celou dobu přístroje také po 5 letech. Tím by náklady na údržbu rapidně klesly a stále by byla zachována spolehlivost přístroje.

Tab. 4.3.2.5 – Celkové náklady na opravy a údržby 3F svodičů přepětí

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena CÚ [Kč]	COP + CÚ [Kč]	Cena nového přístroje	Počet poruch [ks]
SIMENS	300.000	5	30	61	29.500	525.000	554.500	300.000	7
ABB	1.200.000	5	30	63	114.000	525.000	639.000	300.000	2

4.2.4 Odpojovač a uzemňovač

Ve většině případů je uzemňovač, součástí odpojovače, proto je zde není uveden uzemňovač samostatně. Podrobnější výpočet je naznačen u výpočtu vypínačů (viz kap. 4.3.1) Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F odpojovače SERW je postup stejný, jako u vypínače ABB

Odpojovač od výrobce SERW

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.3.1 – Náklady na údržbu jednoho 3F odpojovače SERW

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SERW	7.100.000	5	30	407	140.800

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.2.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F odpojovače SERW

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\text{ŽP}}}{PP}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	22.000	2	1	22.000
D00	27.000	5	6	162.000
ED0	18.000	5	6	108.000
Celková cena za údržby				292.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F odpojovači SERW za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 140.800 + 292.000 = 432.800, -Kč$$

Průměrná cena nového vypínače je 1.350.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti, i přes vysoký počet poruch. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Tab. 4.3.2.5 – Celkové náklady na opravy a údržby 3F odpojovače SERW

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena CÚ [Kč]	COP + CÚ [Kč]	Cena nového přístroje	Počet poruch [ks]
SERW	7.100.000	5	30	407	140.800	292.000	432.800	1.350.000	84

4.2.5 Ekonomické zhodnocení přístrojových transformátorů

4.2.5.1 Kombinovaný přístrojový transformátor (PTK)

Pro výpočet nákladů na opravu jednoho 3F PTK je postup stejný, jako u vypínače ABB

Kombinovaný přístrojový transformátor od výrobce SIEMENS

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.4.1.1 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTK SIEMENS

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SIEMENS	160.000	5	30	15	64.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.4.1.2 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTK SIEMENS

Údržbová	CPP	PP		CÚ

práce	[Kč]	[roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{ZP}}{Pp}$ [-]	[Kč]
C00	13.000	2	17	330.000
D00	13.000	5	6	78.000
EDO	5.000	5	6	30.000
Celková cena za údržby				438.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F kombinovaném přístrojovém transformátoru SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 64.000 + 438.000 = 502.000, -Kč$$

Průměrná cena nového PTK je 1.500.000, -Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Kombinovaný přístrojový transformátor od výrobce PFIFFNER

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.4.1.3 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTK PFIFFNER

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
PFIFFNER	160.000	5	30	2	480.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.4.1.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTK PFIFFNER

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{ZP}}{PP}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	13.000	2	17	330.000
D00	13.000	5	6	78.000
EDO	9.000	5	6	54.000
Celková cena za údržby				462.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F kombinovaném přístrojovém transformátoru SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 480.000 + 462.000 = 942.000, -Kč$$

Průměrná cena nového PTK je 1.500.000, -Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Ekonomické shrnutí PTK:

V tabulce (Tab. 4.3.4.2.1) je uvedeno celkové srovnání kombinovaných přístrojových transformátorů od dodavatelů, s nejčastějším výskytem těchto zařízení v rozvodnách oblasti Západ. Z níže uvedených výpočtů je patrné, že náklady na údržbu zařízení od výrobce SIEMENS jsou ve srovnání s pořizovací cenou ekonomicky výhodnější. Periody údržbových prací jsou tedy nastaveny ekonomicky výhodně.

Tab. 4.3.4.2.1 Celkové náklady na opravy a údržby 3F pro kombinovaný přístrojový transformátor

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena CÚ [Kč]	COP + CÚ [Kč]	Cena nového přístroje
SIEMENS	160.000	5	30	15	64.000	438.000	502.000	1.500.000
PFIFFNER	160.000	5	30	2	480.000	462.000	942.000	1.500.000

4.2.5.2 Přístrojový transformátor napětí

Podrobnější výpočet je naznačen u výpočtu vypínačů (viz kap. 4.3.1)

Přístrojový transformátor napětí od výrobce AEG (ALSTOM)

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.5.2.1 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTN AEG

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
AEG	160.000	5	30	32	30.000

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.5.2.2 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTN AEG

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{ŽP}}{PP}$ [-]	C _Ú [Kč]
C00	12.000	2	17	180.000
D00	13.000	5	6	78.000
ED0	8.100	5	6	48.100
Celková cena za údržbu				306.100

Cena opravy a údržby na jednom 3F přístrojovém transformátoru napětí AEG za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 30.000 + 306.100 = 336.100, -Kč$$

Průměrná cena nového PTN je 1.050.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Přístrojový transformátor napětí od výrobce SIEMENS

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.5.2.3 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTN SIEMENS

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SIEMENS	160.000	5	30	28	34.300

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.5.2.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTN SIEMENS

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\text{ŽP}}}{PP}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
D00	12.000	5	6	75.000
ED0	9.000	10	3	27.000
Celková cena za údržbu				297.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F přístrojovém transformátoru napětí SIEMENS za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 34.300 + 297.000 = 331.300, -Kč$$

Průměrná cena nového PTN je 1.050.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Ekonomické shrnutí PTN :

V níže uvedené tabulce (Tab. 4.3.4.2.5) je uveden celkový souhrn nákladů na opravu a údržbu zařízení s největším zastoupením v rozvodnách ČEPS, a.s. Pořizovací ceny obou zástupců dodavatelů PTN jsou podstatně dražší než ceny za údržbu a opravu. Je tedy patrné, že nastavení period u zmíněných PTN je ekonomicky výhodné. Jako méně poruchovější se jeví PTN od výrobce SIEMENS.

Tab. 4.3.5.2.5 Celkové náklady na opravy a údržby 3F přístrojové transformátoru napětí

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena CÚ [Kč]	COP + CÚ [Kč]	Cena nového přístroje	Počet poruch [ks]
AEG	160.000	5	30	32	30.000	306.100	336.100	1.050.000	13
SIEMENS	160.000	5	30	28	34.300	297.000	333.300	1.050.000	10

4.2.5.3 Přístrojový transformátor proudu

Přístrojový transformátor proudu od výrobce ABB

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.5.3.1 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP ABB

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
ABB	160.000	5	30	28	34.300

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.5.3.2 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP ABB

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\text{ŽP}}}{P_p}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
D00	12.000	8	4	52.000
ED0	8.100	8	4	32.400
ED1	7.500	8	4	15.000
Celková cena za údržby				294.400

Cena opravy a údržby na jednom 3F přístrojovém transformátoru proudu ABB za předpokládanou délku životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 34.300 + 294.400 = 328.700, -Kč$$

Průměrná cena nového PTP je 1.050.000, -Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Přístrojový transformátor proudu od výrobce SIEMENS

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.5.3.3 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP SIEMENS

Výrobce	COPS [Kč]	T _{SO} [roky]	T _{ŽP} [roky]	p [ks]	COP [Kč]
SIEMENS	160.000	5	30	39	24.600

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.5.3.4 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP SIEMENS

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{ŽP}}{PP}$ [-]	C _Ú [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
D00	12.000	5	6	72.000
ED0	9.000	10	3	27.000
ED1	7.500	5	6	45.000
Celková cena za údržby				339.000

Cena opravy a údržby na jednom 3F přístrojovém transformátoru proudu SIEMENS s předpokládanou délkou životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 24.600 + 339.000 = 363.600, -Kč$$

Průměrná cena nového PTP je 1.050.000, -Kč, plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Periody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Přístrojový transformátor proudu od výrobce AEG (ALSTOM)

Náklady na opravu:

Tab. 4.3.5.3.5 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP AEG

Výrobce	COPS [Kč]	TSO [roky]	TŽP [roky]	p [ks]	COP [Kč]
ABB	160.000	5	30	28	34.300

Náklady na údržbu:

Tab. 4.3.5.3.6 – Náklady na údržbu jednoho 3F PTP AEG

Údržbová práce	CPP [Kč]	PP [roky]	Četnost provedení práce $\frac{T_{\text{ŽP}}}{PP}$ [-]	CÚ [Kč]
C00	13.000	2	17	195.000
D00	12.000	5	6	72.000
ED0	8.100	10	3	24.300
ED1	7.500	5	6	45.000
Celková cena za údržby				336.300

Cena opravy a údržby na jednom 3F přístrojovém transformátoru proudu SIEMENS s předpokládanou délkou životnosti:

$$C_{OP} + C_{\dot{U}} = 34.300 + 336.300 = 370.600, -Kč$$

Průměrná cena nového PTP je 1.050.000, –Kč plus investiční náklady, které mohou dosahovat řádově až milionu korun, dle typu zařízení.

Závěr:

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že koupě nového zařízení je podstatně dražší, než provádění údržbových prací po celou dobu jeho životnosti. Períody údržby jsou tedy pro společnost ČEPS, a.s. nastavené ekonomicky výhodně.

Ekonomické shrnutí PTP:

V níže uvedené tabulce (Tab. 4.3.4.3.6) je uveden celkový souhrn nákladů na opravu a údržbu zařízení s největším zastoupením v rozvodnách ČEPS, a.s. Ceny za opravy

a údržby uvedených dodavatelů PTP jsou několika násobně menší v porovnání s pořizovací cenou těchto zařízení. Je tedy patrné, že nastavení period u zmíněných PTP je ekonomicky výhodné. Z uvedeného výčtu hodnot je patrné, že zařízení s nejmenšími náklady spojené s opravou a údržbou je od výrobce ABB.

Tab. 4.3.5.3.6 – Celkové náklady na opravy a údržby 3F přístrojové transformátoru proudu

Výrobce	COPS [Kč]	T _{SO} [roky]	T _{ŽP} [roky]	p [ks]	COP [Kč]	Celková cena C _Ú [Kč]	COP + C _Ú [Kč]	Cena nového přístroje
AEG	160.000	5	30	14	68.600	336.000	404.600	1.050.000
SIEMENS	160.000	5	30	39	24.600	339.000	363.600	1.050.000
ABB	160.000	5	30	28	34.300	294.400	328.700	1.050.000

Závěr

V ekonomickém zhodnocení bylo posouzeno, zda je současný model údržby ekonomicky výhodný pro společnost ČEPS. Z výše uvedených výsledků je patrné, že nastavená údržba pro je ČEPS výhodná, jelikož nedosahuje téměř v žádném případě cenu nového přístroje. Navíc musíme brát v potaz ještě investiční náklady na výměnu případně instalaci nového přístroje, které obsahují, montáž kabeláže, vypracování projektové dokumentace, revize, zkoušky pro uvedení do provozu, aj. Tyto náklady dosahují až milion korun podle typu přístroje

Vzhledem k bezpečnému a spolehlivému chodu PS a zařazení společnosti ČEPS do kritické infrastruktury státu, nám z modelu jednoznačně vyplývá, že metoda provozovat zařízení bez údržby až do poruchy či závady, se nejeví jako výhodná.

Naopak, v této diplomové práci je prokázáno, že takto nastavený model předchází poruchovým či havarijním stavům, kde škody na okolním majetku mohou mít ve skutečnosti mnohem horší dopady. K tomuto závěru přispívá fakt, že některá zařízení jsou umístěna na blokových linkách elektráren (např. Temelín) a jejich porucha může způsobit mnohonásobně vyšší škody.

V technickém zhodnocení, je naopak poukázáno na to, že současný model údržby dle AP, který ČEPS používá je v jistém směru poměrně zastaralý a částečně ekonomicky nevýhodný. Z uvedené statistiky je patrné, že největší poruchovost zařízení se vyskytuje ke konci odhadované životnosti zařízení. Z toho vyplývá, že periody údržby a diagnostiky by se měli upravit v závislosti na stavu přístroje a vyhodnocení poruch a závad. Systém údržby a diagnostiky má ČEPS na velmi vysoké úrovni a má k němu hned několik nástrojů kterými jsou jak nejmodernější SW programy, tak i praktické informace a podklady od specialistů přímo z rozvodů. Ti mají na starost údržbu tohoto zařízení a na určitém počtu zařízení provádějí většinu diagnostických zkoušek vlastními silami.

Pokud by ČEPS tyto poznatky více aplikoval do praxe, mohlo by dojít k přerovnění period údržby jednotlivých přístrojů a tím i k snadnějšímu a ekonomicky výhodnějšímu plánování údržby.

Např. u přístrojových transformátorů by AP po úpravě vypadala následovně: Po roce provozu by bylo provedeno diagnostické měření plynu či oleje, tím by došlo ke sběru výchozích hodnot pro další roky. Následně po dvou letech by se provedla pravidelná prohlídka C00 a poté by po 6 letech provozu mohla být vykonána další diagnostika ED0 společně s běžnou údržbou (D00). Po 4 periodách D00 a ED0 od 24 let stáří měniče by byla opět prováděna v intervalu dvou let C00 příp. D00 až do konce životnosti zařízení, která je dle výrobců odhadována na 30 let. Periody diagnostiky oleje by mohli zůstat zachovány, protože ke zkracování period dochází v závislosti na výsledcích kvality oleje. Takto by to vypadalo po úpravě:

Po uvedení do provozu příp. po 1 roce provozu ED0.

Po dvou letech C00.

Po 6 letech D00 společně s ED0.

A od 24 roku provozu opět po dvou letech C00 příp. D00.

Dalším zjištěním, které bylo nalezeno při pročitání podkladů AP, byl nesoulad vybraných údržbových úkonů na stejných typech přístrojů, které se lišily pouze výrobcem. Bylo by tedy vhodné, aby došlo ke sjednocení údržbových úkonů C00, D00 a ED0 na typově stejných přístrojích do stejných period. Zároveň by bylo účelné sloučit i nejednotný obsah činností, které se provádějí ve výše uvedených úkonech, i přesto, že přístroje jsou totožné. Např. při pravidelných prohlídkách C00, na kterých jsou vykonávány základní údržbové práce jako je čištění izolátorů, dotažení šroubů, kontrola čistoty, topení, aj.. V AP jsou tyto úkony nekompletní, některé jsou doporučené nebo některé chybí úplně.

Vhodným krokem pro nápravu těchto nesrovnalostí, by bylo provést revize AP ne podle výrobců, ale dle typu zařízení. Např. vytvořit dvě AP pro přístrojové transformátory napětí, dvě přílohy pro přístrojové transformátory proudu a dvě pro kombinované přístroje s dělením podle izolačního média (plyn SF6, olej)..

Dále by stačily pouze dvě adresné přílohy pro vypínače, kde by bylo dělení podle napět'ové hladiny, protože vypínače na napět'ové hladině 245kV jsou pouze jednokomorové a vypínače na napět'ové hladině 420 kV jsou dvoukomorové.

Pro svodiče přepětí by stačila pouze jediná adresná příloha.

Pro odpojovače s uzemňovačem by byly pouze 3 adresné přílohy dle typu provedení. Ve společnosti ČEPS se používají tři druhy provedení odpojovačů: sklápěcí, pantografický a horizontální.

Z těchto poznatků vyplývá, že místo 50 ks AP pro silové přístroje by mohl mít ČEPS ve výsledku jen 12 ks AP, kde by byly sjednocené údržbové operace a periody pro dané typy přístrojů. Došlo by tím k usnadnění plánování údržby, větší přehlednosti prováděných činností, jednotnosti a konkrétnějšímu zadání pro dodavatele do obchodních smluv.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] KUBÍN, Miroslav. *Přenosy elektrické energie ČR v kontextu evropského vývoje*. 1. vyd. ČEPS, a.s. PRAHA, 567 s, 2004
- [2] HONIŠ, R. KONEČNÝ, M. GALETKA, M. ULLMAN, I. *Přenosová soustava České republiky*, 2004
- [3] O Energetice.[online]. Poslední změna srpen 2015.[Cit. 12. 11. 2016]
Dostupnéz:<http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/ceska-prenosova-a-distribucni-soustava-2-dil-rozvodny-prenosove-soustavy/>
- [4] ČSN 330010: *Elektrická zařízení – Rozdělení a pojmy*, MACHÁČEK, V. ed. 2, PRAHA, 2014
- [5] ULLMAN, I. RAŠKA, Z. KODERA, R. MOTAL, M. TRČKA M. DUDEK, J. JUCHELKA L. *Příručka elektrotechnika PS*. 1. vyd. ČEPS, a.s. PRAHA, 2014
- [6] SPURNÝ, P. KOPEJTKOVÁ, D. *TN22 Řád preventivní údržby*. Revize č. 7, ČEPS, a.s. PRAHA, 2015
- [7] UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA, APLIKACE E-SADA, verze 1.6, EG – EXPERT s.r.o, Turnov
- [8] KOČIŠ, L. KOPEJTKO, P. *Index zdraví VVN a ZVN*, EGU, 2013
- [9] Interní archiv fotografií elektrických zařízení ČEPS, a.s., použito březen 2017

PŘÍLOHY

Příloha A – periody údržby stanovené výrobcem pro vypínače

AEG (Areva, Alstom) – s pružinovým pohonem

Označení	Perioda
A00	min. 1 za měsíc
C00	1 x za 2 roky
D00	po 12 letech a dále pak každých 6 let
ED0	po 12 letech a dále pak každých 6 let
F00	dle vyhodnocení výsledků diagnostických zkoušek

AEG (Areva, Alstom) – s hydraulickým pohonem

Označení	Perioda
A00	min. 1 za měsíc
C00	1 x za 2 roky
D00	po 10 letech a dále pak každých 5 let
ED0	po 10 letech a dále pak každých 5 let
F00	dle vyhodnocení výsledků diagnostických zkoušek

SIEMENS

Označení	Perioda
A00	min. 1 za měsíc
C00	před skončením záruční doby a dále 1 za 2 roky
D00	po 12 letech nebo po 3000 CO mechanických
ED0	po 12 letech nebo po 3000 CO mechanických
F00	po 24 letech nebo po překročení 6000 CO cyklů

ABB

Označení	Perioda
A00	min. 1 za měsíc
C00	1 za 2 roky
D00	po 7 letech nebo po 2500 mech. ZAP-VYP
ED0	po 7 letech nebo po 2500 mech. ZAP-VYP
D01	po 14 letech
E01	po 14 letech nebo po 5000 mech. ZAP - VYP
F00	po 28 letech po 10000 mech. ZAP-VYP

**Příloha B – periody údržby stanovené výrobcem pro odpojovače a
uzemňovače****SERW**

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
D00	1 za 2 roky 1. perioda a dále pravidelně po 5 letech
ED0	1 za 5let

Příloha C - periody údržby stanovené výrobcem pro přístrojové transformátory proudu**Siemens (Haefely Trench)**

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 10 let
ED0	1 za 10 let

MWB (Siemens Trench)

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 5 let
ED0	1 za 10 let
ED1	1 za 5 let

Nuova Magrini Galileo

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 5 let
ED0	1 za 10 let

Příloha D - periody údržby stanovené výrobcem pro přístrojové transformátory napětí

Passoni Villa Milano

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 10 let
ED0	1 za 10 let a po 20 letech každé 4 roky
EPO	1 za 5 let

ARTECHE

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 6 let
ED0	1 za 6 let

MWB (Siemens Trench)

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za 5 let
ED0	1 za 10 let
ED1	1 za 5 let

ABB

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
D00	1 za max. 8,16 a 24 let a dále pak každé 4 roky
ED0	1 za max. 8,16 a 24 let a dále pak každé 4 roky
EPO	1 za 5 let

Pfiffner

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 za 5 let
EC01	1 za 5 let
EC02	1 za 5 let

**Příloha E - periody údržby stanovené výrobcem pro kombinované
přístrojové transformátory****ALSTOM**

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 za 5 let
ECO	po 5 letech provozu, a dále pak po 10 letech pro jednotky v normálním stavu

SIEMENS

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 za 2 roky
D00	1 za 5 let
ED0	1 za 5 let

Pfiffner

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 za 5 roky
EC02	1 za 5 let

Příloha F - periody údržby stanovené výrobcem pro omezovače přepětí**Siemens**

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
EC0	4 a 8 rok provozu, poté každé 2 roky
EC1	1 za rok

ABB

Označení	Perioda
A00	1 za 3 měsíce
C00	1 x za 2 roky
EC0	4 a 8 rok provozu, poté každé 2 roky
EC1	1 za rok