

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Technická fakulta**



**Údržba a provoz VN a VVN rozvoden**  
**Bakalářská práce**

**Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Stanislava Papežová, CSc.**

**Autor práce: Antonín Hybner**

**PRAHA 2018**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Antonín Hybner

Inženýrství údržby

Název práce

**Údržba a provoz VN a VVN rozvoden**

Název anglicky

**Service and operation of HV and VHV power distribution points**

---

### Cíle práce

Cílem práce je zpracování uceleného přehledu informací o provozu a údržbě rozvoden vysokého a velmi vysokého napětí z hlediska zajištění spolehlivé funkce elektrických zařízení distribuční sítě VN a VVN a návrh na jejich optimalizaci.

### Metodika

1. Prostudujte požadavky na funkčnost a spolehlivost rozvoden vn a vvn.
2. Provedte rozbor jednotlivých zařízení používaných v soustavě VN a VVN rozvoden včetně nároků na jejich údržbu, nezbytnou pro zajištění bezporuchového provozu těchto zařízení.
3. Vypracujte rozbor nákladů vynaložených na provoz typické rozvodny v rámci jednoho roku, nutných pro zabezpečení spolehlivého provozu a navrhnete jejich optimalizaci.

**Doporučený rozsah práce**

30 – 40 stran

**Klíčová slova**

vn, vvn, rozvodna

---

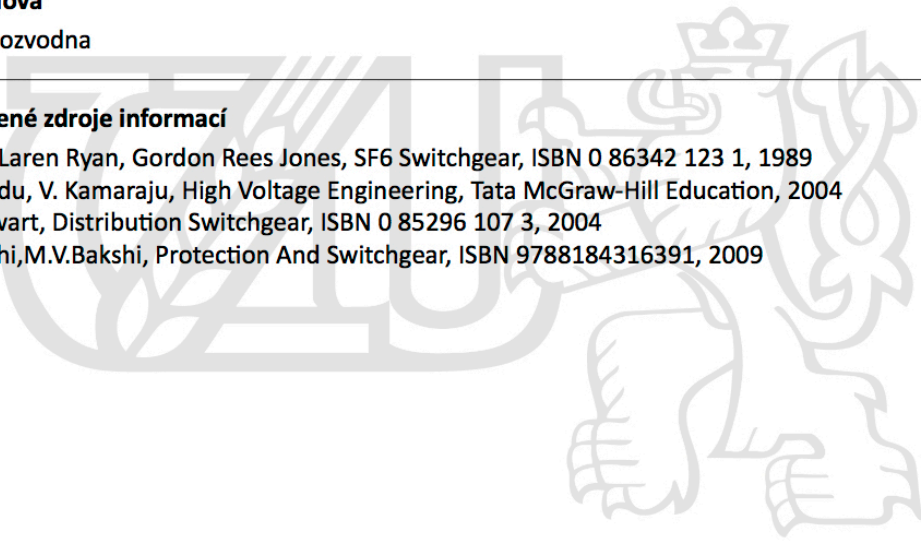
**Doporučené zdroje informací**

Hugh McLaren Ryan, Gordon Rees Jones, SF6 Switchgear, ISBN 0 86342 123 1, 1989

M. S. Naidu, V. Kamaraju, High Voltage Engineering, Tata McGraw-Hill Education, 2004

Stan Stewart, Distribution Switchgear, ISBN 0 85296 107 3, 2004

U.A.Bakshi,M.V.Bakshi, Protection And Switchgear, ISBN 9788184316391, 2009



---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Stanislava Papežová, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2016

**prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2016

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2018

*„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Údržba a provoz VN a VVN rozveden vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.*

*Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“*

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Stanislavě Papežové, CSc. za vedení této bakalářské práce, užitečné rady a připomínky, které mi pomáhaly sepsat celou práci.

**Abstrakt:** Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit uspořádaný přehled informací o provozu a údržbě rozveden vysokého a velmi vysokého napětí z hlediska zajištění spolehlivé funkce elektrických zařízení distribuční sítě VN a VVN a navrhnout kroky vedoucí k jejich optimalizaci. V kapitole „Provoz údržby“ je charakterizován řád preventivní údržby a činnosti spojené s prováděním údržby elektrických zařízení. Kapitola „Rozvodná zařízení“ poskytuje ucelený přehled technických aspektů rozvodných zařízení a v kapitole „Údržba rozvodných zařízení“ je popsána údržba těchto zařízení s následným návrhem na optimalizaci. Náklady na zajištění spolehlivého provozu rozveden a jejich optimalizace jsou probrány v kapitole, která nese název „Náklady na zajištění spolehlivého provozu rozveden“. Kapitola poslední s názvem „Platná legislativa“ obsahuje přehled technických norem, kterými se řídí provoz a údržba elektrických stanic.

**Klíčová slova:** rozvodna; elektrická stanice; provoz; údržba; zařízení

### **Service and operations of HV and VHV power distribution points**

**Summary:** The aim of this bachelor thesis was to create a structured overview of information on the operation and maintenance of high and very high voltage substations in order to ensure the reliable functioning of the electrical equipment of the HV and VHV distribution network and to propose steps leading to their optimization. The chapter "Maintenance operation" describes the order of preventive maintenance and activities related to the maintenance of electrical equipment. The "Distribution device" chapter provides a comprehensive overview of the technical aspects of the distribution equipment, and describes the maintenance of these devices with the proposed optimization in the chapter "Maintenance of distribution devices". The costs of ensuring reliable operation and optimization of the substation are discussed in the penultimate chapter and the last chapter entitled "Valid legislation" contains an overview of the technical standards governing the operation and maintenance of power stations.

**Key words:** distribution points; electrical substation; operation; maintenance; equipments

# Obsah

|   |               |
|---|---------------|
| <b>ÚVOD</b> .....                               | <b>- 9 -</b>  |
| <b>CÍL PRÁCE</b> .....                          | <b>- 10 -</b> |
| <b>METODIKA PRÁCE</b> .....                     | <b>- 11 -</b> |
| <b>1 PROVOZ ÚDRŽBY</b> .....                    | <b>- 12 -</b> |
| 1.1    PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA .....                 | - 12 -        |
| 1.1.1    Řád preventivní údržby (ŘPU).....      | - 12 -        |
| 1.2    MANAŽERSKÁ ČINNOST .....                 | - 15 -        |
| 1.3    TECHNICKÁ ČINNOST .....                  | - 16 -        |
| 1.4    ADMINISTRATIVNÍ ČINNOST .....            | - 17 -        |
| <b>2 ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ</b> .....                | <b>- 19 -</b> |
| 2.1    TRANSFORMÁTORY, TLUMIVKY, REAKTORY ..... | - 19 -        |
| 2.2    SPÍNACÍ PŘÍSTROJE .....                  | - 21 -        |
| 2.3    OCHRANY ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ .....        | - 23 -        |
| 2.4    VLASTNÍ SPOTŘEBA .....                   | - 25 -        |
| 2.5    OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ .....                   | - 26 -        |
| 2.5.1    Silová propojení VN a VVN.....         | - 26 -        |
| 2.5.2    Řídicí systém .....                    | - 27 -        |
| 2.5.3    Ovládací skříně VN a VVN .....         | - 27 -        |
| 2.5.4    Bleskojistky .....                     | - 28 -        |
| <b>3 ÚDRŽBA ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ</b> .....       | <b>- 29 -</b> |
| 3.1    TRANSFORMÁTORY A TLUMIVKY .....          | - 29 -        |
| 3.2    SPÍNACÍ PŘÍSTROJE .....                  | - 30 -        |
| 3.3    OCHRANY ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ .....        | - 32 -        |
| 3.4    VLASTNÍ SPOTŘEBA .....                   | - 32 -        |
| 3.5    OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ .....                   | - 33 -        |
| 3.5.1    Silová propojení VN a VVN.....         | - 33 -        |
| 3.5.2    Řídicí systém .....                    | - 33 -        |
| 3.5.3    Ovládací skříně VN a VVN .....         | - 33 -        |
| 3.5.4    Bleskojistky .....                     | - 33 -        |

|          |  |               |
|----------|--|---------------|
| 3.6      | OPTIMALIZACE PROVOZU ÚDRŽBY.....                   | - 34 -        |
| <b>4</b> | <b>NÁKLADY NA SPOLEHLIVÝ PROVOZ ROZVODEN .....</b> | <b>- 35 -</b> |
| 4.1      | NÁKLADY NA ÚDRŽBU.....                             | - 35 -        |
| 4.2      | OSTATNÍ NÁKLADY .....                              | - 39 -        |
| 4.3      | OPTIMALIZACE NÁKLADŮ .....                         | - 40 -        |
| <b>5</b> | <b>PLATNÁ LEGISLATIVA .....</b>                    | <b>- 41 -</b> |
| <b>6</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>                                 | <b>- 42 -</b> |
| <b>7</b> | <b>SEZNAM LITERATURY .....</b>                     | <b>- 43 -</b> |
| <b>8</b> | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>               | <b>- 44 -</b> |
| <b>9</b> | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>              | <b>- 45 -</b> |



# Úvod

Vzhledem ke vzdálenostem mezi místem výroby a místem spotřeby elektrické energie je nutné zajistit její přenos. K přenosu a rozvodu elektrické energie slouží elektrizační soustava, která se skládá z přenosové soustavy a rozvodné (distribuční) soustavy. Přenosová soustava přenáší elektrickou energii mezi uzly elektrizační soustavy. Aby při přenosu elektrické energie docházelo k minimálním ztrátám, jsou výkony přenášené přenosovou soustavou co možná nejvyšší. Rozvodná soustava slouží k rozdělení a transformaci elektrické energie z napájeného uzlu elektrizační soustavy do jednotlivých oblastí o různých napěťových hladinách. K transformaci elektrické energie na odlišné napěťové hladiny slouží elektrické zařízení nazývané transformátor. Pro rozdělování elektrické energie do jednotlivých oblastí se využívají sestavy elektrických zařízení uspořádané tak, aby bylo možné měnit schéma zapojení rozvodné soustavy, a tím i její parametry. Všechna tato zařízení se nacházejí v elektrických stanicích neboli rozvodnách.

Aby byla zajištěna nepřetržitá dodávka elektrické energie, je třeba provozovat elektrické stanice ve funkčním, spolehlivém a bezpečném stavu, čehož dosáhneme zejména správně prováděnou údržbou. Údržba rozvodných zařízení sebou nese mnoho specifik a bezpečnostních rizik na které je třeba upozornit. K úspěšnému plnění údržbářských činností není možné přistupovat bez patřičných znalostí a bez odborné přípravy.

Provoz rozvodu podstupuje neustálé změny vyvolané technologickým vývojem. Se změnami v provozu rozvodu probíhá i vývoj údržby rozvodných zařízení a je nutné postupy údržby průběžně optimalizovat.

V následujících kapitolách jsou popsány nejen informace potřebné k pochopení problematiky provozu a údržby rozvodu, ale jsou tu uvedeny i metody, jejichž pomocí lze dospět k optimalizaci údržby a ke snížení nákladů na provoz rozvodny.

## **Cíl práce**

Tato práce je psána za účelem provedení uceleného přehledu základních informací o provozu a údržbě rozvodů vysokého a velmi vysokého napětí. Má být zajímavá zejména pro člověka, který se s problematikou údržby seznamuje a rád by se později tématem zabýval podrobněji. Cílem je se alespoň okrajově zmínit o všech aspektech ovlivňujících provoz a údržbu rozvodných zařízení z hlediska zajištění spolehlivé funkce. Jako ukázka možného využití získaných vědomostí je na konci práce předvedena optimalizační úvaha, zaměřená na výpočet a snížení nákladů typické elektrické stanice.

## **Metodika práce**

Čtenář se s problematikou provozu a údržby rozvodů vysokého a velmi vysokého napětí seznámí postupně. Začátkem práce je čtenáři objasněno jaké úkony a činnosti jsou prováděny v rámci provozu a údržby rozvodných zařízení a jakými pravidly se řídí. Následuje technická část, která vysvětluje základní principy a funkce nejdůležitějších rozvodných zařízení z hlediska jejich bezporuchového provozu. Ke každému zařízení je posléze podán výklad o tom, jak takové zařízení správně udržovat a jaké jsou nejčastěji se vyskytující poruchy. Navíc je proveden rozbor možností optimalizace údržby s vysvětlením nejčastějších nedostatků při provádění údržby. Na závěr se čtenář může dozvědět, jakým způsobem se počítají náklady vynaložené na provoz typicky řešené rozvodny v rámci jednoho roku a jak tyto náklady optimalizovat.

# 1 Provoz údržby

Cílem provozovatele elektrické stanice je zajistit její bezporuchový a bezpečný provoz. Záleželi provozovateli i na ekonomické náročnosti provozu, uspěje nejlépe, bude-li dbát na správnou údržbu elektrické stanice a její modernizaci. Porovnáme-li udržované a neudržované distribuční sítě, zjistíme, jak významný vliv má údržba na jejich spolehlivost. V následujícím textu se budeme věnovat zejména zajištění spolehlivé funkce rozvodných zařízení, tedy jejich údržbě.

## 1.1 Preventivní údržba

Jedná se o soubor činností vykonávaných za účelem udržení elektrických zařízení v bezpečném a provozuschopném stavu. Těmito činnostmi jsou:

- manažerská činnost,
- technická činnost,
- administrativní činnost.

V rámci těchto činností se provádí:

- pohledová kontrola,
- diagnostika,
- běžná údržba.

### 1.1.1 Řád preventivní údržby (ŘPU)

Řád preventivní údržby je dokument shrnující nejdůležitější pokyny, povinnosti a lhůty provádění údržby zařízení elektrických rozvodů. Vychází z předpisů, především z norem uvedených na straně 33 a znalost jeho obsahu je předpokladem pro provádění preventivní údržby.

#### Periodicky opakovaná preventivní údržba vykonávaná dle ŘPU

##### 1. *Pohledová kontrola v pevných časových intervalech.*

Je to kontrola prováděná za provozu z bezpečné vzdálenosti a slouží k analýze stavu na základě vnějšího vzhledu. Pohledovou kontrolu provádí zkušený pracovník, který dokáže nalézt pouze za pomoci smyslů stav zařízení, jenž neodpovídá bezvadnému stavu. Jako typický příklad závady, kterou lze odhalit pomocí pohledové kontroly, je sršení kontaktů, opálení kontaktů, nespojitý chod některých součástí např. táhel

odpojovačů, nefunkční osvětlení, spálený měnič, netěsnost některých spojů nebo nádob, nečistota izolátorů, hladina provozních kapalin atd.

2. *Diagnostika v pevných časových intervalech za vypnutého stavu.*

Jsou měřeny veličiny, které vyžadují přímý kontakt pracovníka se zařízením. Příkladem diagnostiky za vypnutého stavu je měření přechodových odporů, měření vypínacích časů vypínačů, měření tlaků tlakových zařízení, měření izolačního stavu média atd.

3. *Diagnostika v pevných časových intervalech za provozu.*

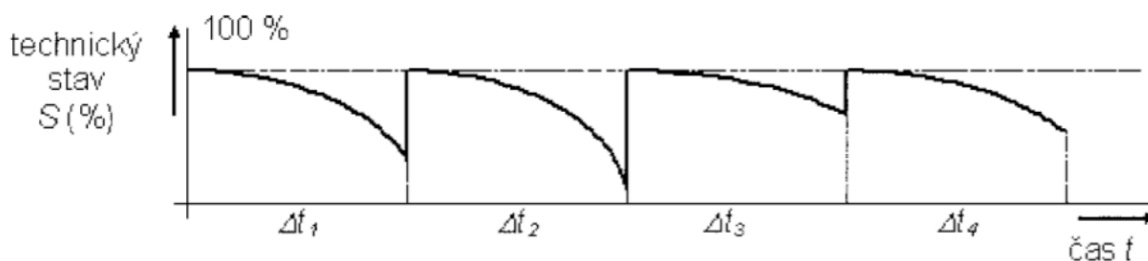
Měření se provádí z bezpečné vzdálenosti. Prováděna jsou měření oteplení proudových spojů pomocí termovizní kamery nebo termo-pointu, měření částečných výbojů atd.

4. *Běžná údržba v pevných časových intervalech.*

Slouží k odhalení stavu jednotlivých součástí zařízení. To napomáhá k hodnocení stavu elektrického zařízení jako celku. Provádí se většinou za vypnutého stavu se zajištěným pracovištěm, kterým je zpravidla funkční celek jako např. sekce VN, pole VVN nebo transformátor. Na obrázku č. 1 je znázorněn pokles technického stavu zařízení v průběhu časové periody  $\Delta t$ . Ve druhé periodě údržby již došlo téměř k poruše, zatímco ve třetí periodě byla prováděna údržba na skoro bezvadném zařízení. V rámci běžné údržby se provádí seřízení, mazání, dolévání hladin provozních kapalin, nedestruktivní zkoušky, čištění, drobné nátěry, dotažení silnoproudých a mechanických spojů, za mimořádných okolností oprava či výměna částí zařízení. Následují funkční testy a zkoušky signalizace a ochran.

Obrázek 1: Běžná údržba v pevných časových intervalech

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \text{konst.}, S_1, S_2, \dots \neq \text{konst.}$$



Zdroj: TŮMA, Jiří. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: Conte, 2006. ISBN 80-239-6483-6.

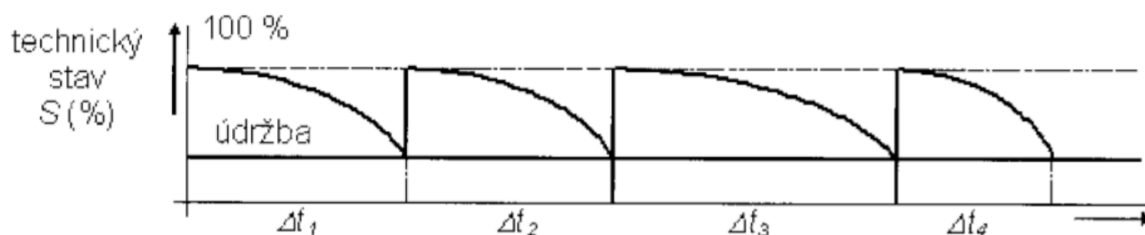
## Nepřavidelná preventivní údržba vykonávaná dle ŘPU

### 1. Běžná údržba na základě stavu zařízení.

Vychází se z informací získaných díky periodicky opakované preventivní údržbě. Technik provozu zhodnotí výsledky uvedené v protokolech o prohlídce, diagnostice a o běžné údržbě. Dle svého uvážení vyvodí, v jakém je zařízení stavu. V případě nutnosti dá příkaz k provedení běžné údržby v nejbližším možném termínu a ve výjimečných případech neodkladně. Příkaz vydává v případě, že pokles stavu zařízení se procentuálně blíží k předem určené krajní hranici jako je ukázáno na obrázku č. 2. Důvodem k příkazu může být např. zjištění oteplení silnoproudého spoje v důsledku velkého přechodového odporu nebo naměření nevyhovujících hodnot izolačních vlastností oleje.

Obrázek 2: Běžná údržba na základě stavu zařízení

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1 = S_2 = \dots = \text{konst.}$$



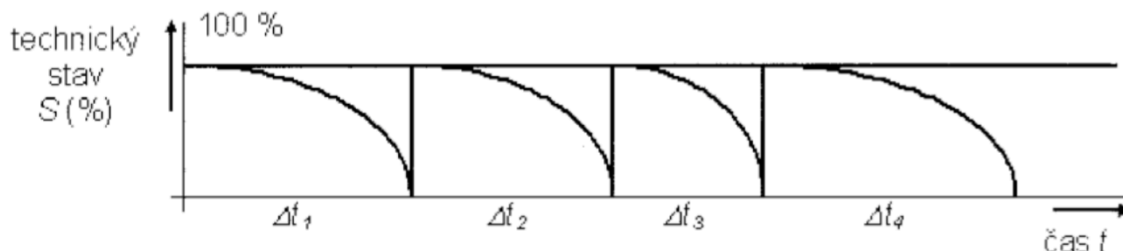
Zdroj: TŮMA, Jiří. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: Conte, 2006. ISBN 80-239-6483-6.

### 2. Běžná údržba do poruchy.

U tohoto způsobu údržby jsou pouze zjišťovány provozní schopnosti zařízení. Je prováděna pohledová kontrola a diagnostika, ale nejsou aplikována žádná opatření pro předcházení poruchy nebo prodloužení životnosti stroje vyjma oprav nutných k zajištění provozu bez rizika vzniku úrazu nebo úmrtí osob. Technický stav zařízení se v průběhu periody  $\Delta t$  zhoršuje až do poruchy. Poté je opraven a jeho funkčnost 100%, jako je znázorněno na obrázku č. 3.

Obrázek 3: Běžná údržba do poruchy

$$\Delta t_1, \Delta t_2, \dots \neq \text{konst.}, S_1 = S_2 = \dots = 0$$



Zdroj: TŮMA, Jiří. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: Conte, 2006. ISBN 80-239-6483-6.(1)

## 1.2 Manažerská činnost

Manažerskou činnost zastává technik provozu, kterým je zaměstnanec odborného útvaru zodpovědný za plánování a provádění preventivní údržby na určeném území, ve lhůtách dle stavu zařízení, maximálně však ve lhůtách doporučených výrobcem zařízení, nebo provozními normami podniku majícím zařízení ve správě.(2)

Lhůty provádění údržby jsou uvedeny dle ŘPU v **plánu preventivní údržby**, který je zpracováván pro jednotlivé prvky, zařízení, nebo soubory zařízení na období jednoho roku s upřesněním na jednotlivé měsíce roku. Časový interval údržby zařízení ovlivňuje zejména:

1. *Provozní maximální lhůta.*

Je to interval, do kterých je možné daný předmět provozovat bez zásahu údržby.

2. *Provozní individuální lhůta.*

Interval je vyhodnocen na základě stavu. Technik provozu má k dispozici výsledky posledně vykonaných preventivních údržeb ve formě protokolů, pomocí kterých se hodnotí stav zařízení a sestavuje čas individuální lhůty údržby. Pro hodnocení priorit údržby využívá počítačových programů, které rovněž čerpají z protokolů vložených v elektronické formě do databáze systému. Programy fungují na principu srovnávací metody a hlavním hodnotícím kritériem programů jsou hodnoty naměřené v rámci diagnostické údržby.

3. *Provozní nároky na manipulaci a celkovou dobu odstávky zařízení z provozu.*

Interval je přizpůsoben provozní náročnosti zařízení. Technik provozu při plánování preventivní údržby dbá toho, aby rizika vzniku finanční ztráty způsobené výpadkem sítě byla minimální. Údržbové práce na jednotlivých typech zařízení, které vyžadují vypnutí zařízení, musí být plánovány a koordinovány ve spolupráci s určenými pracovišti sekce řízení sítě a skupinou technické koordinace. (2)

### **1.3 Technická činnost**

Technickou činnost provádí údržbová skupina, která je pověřena vykonávat veškeré zásahy do zařízení v souladu s řádem preventivní údržby. Prováděné úkony na zařízeních rozvodny podle pracovních postupů vyžadují často odborné znalosti. Ty jsou získávány nejen na častých školeních zaměstnanců, ale zejména dlouholetou praxí, v průběhu níž se zaměstnanec mnohdy setkává se situacemi, které je třeba řešit operativně. Pro některé úkony prováděné při diagnostice je zapotřebí měřících přístrojů, pro jejichž obsluhu a manipulaci jsou zapotřebí odborné znalosti. I když je údržbová skupina považována systémově za jeden celek v rámci interní dohody, bývá zpravidla rozdělena do dalších menších skupin s užším zaměřením.

1. Část pracovníků údržbové skupiny se zabývá údržbou transformátorů, tlumivek a odporníků. Údržba transformátoru vyžaduje přístup k velikému množství transformačního oleje, proto je obvyklé, že sekce olejového hospodářství spadá také do této části.
2. Dále je údržbová skupina rozdělena na část specializující se na VN zařízení rozvodny. Ta provádí zároveň kontrolu stavu kabelového prostoru a opravu elektroinstalace budov, v rámci které dochází nejčastěji k výměnám nefunkčního osvětlení, dotahování kontaktů svorek nízkého napětí nebo k výměnám jističů nízkého napětí. Ve výjimečných případech provádí rovněž instalatérské opravy popřípadě jiné drobné opravy na budovách elektrických stanic.
3. Třetí částí jsou pracovníci s největšími zkušenostmi na VVN zařízeních. Minimálně jeden z pracovníků má oprávnění k manipulaci s vysokozdvížnými plošinami a všichni pracovníci mají povolení pro vykonávání práce ve výškách.

Pracovníci VN i VVN části skupiny mají znalosti a zkušenosti se zajištěním pracoviště, které je nezbytné pro následnou práci na zařízení. Vypomáhají tak při práci provozním elektrikářům, kteří jsou na rozvodnách za zajištění pracoviště zodpovědní a kteří mají veškerá nutná oprávnění pro ovládání a manipulaci s rozvodným zařízením.



4. Čtvrtou a poslední skupinou bývají zaměstnanci, kteří jsou školeni pro práci s plynem SF<sub>6</sub>, který je využíván jako izolační a zhášecí médium. V každé z výše uvedených částí údržbové skupiny je pracovník zabývající se diagnostikou rozvodných zařízení. Ta se provádí vždy před preventivní údržbou a úzce souvisí s administrativní činností.

## 1.4 Administrativní činnost

Nedílnou součástí údržby je administrativní činnost. Každá údržba má být podložena dokumentem neboli protokolem s údaji o provedených zákrocích na zařízení, jeho stavu a vyvozených výsledcích. Protokol je dle charakteru údržby třeba zaznamenat buď ručně a poté přepsat do elektronické podoby (např. v případě pohledových kontrol), nebo je výsledkem rovnou elektronický záznam (např. v případě diagnostických měření).

### Obsah dokladů o preventivní údržbě

Protokoly o prohlídce, běžné údržbě, diagnostické zkoušce a zprávy o revizích (elektrických zařízení, tlakových zařízení) musí obsahovat:

- a) určení druhu řádu preventivní údržby,
- b) číslo hlášení,
- c) Technické místo – vymezení rozsahu zařízení, na kterém byla preventivní údržba provedena (včetně označení rozvodny, vedení, čísla pole, typu vývodu, typu přístroje a jeho sériového čísla apod.),
- d) datum provedení, údržby,
- e) jméno zaměstnance odpovědného za provedení preventivní údržby (vedoucí údržbové skupiny), v případě dodavatelských prací i razítko dodavatelské organizace,
- f) druh provedených úkonů dle typu opatření (prohlídka, diagnostika, běžná údržba),
- g) naměřené hodnoty a výsledky zkoušek, včetně popisu použitých metod a použitých přístrojů,
- h) technické bodové ohodnocení stavu zařízení (1, 2, 3 nebo 4),
- i) popis všech provedených preventivních zásahů (včetně veškeré manipulace s olejem a SF<sub>6</sub> plynem, v případě výměny oleje se musí také uvést typ vyměněného oleje),
- j) soupis zjištěných závad,
- k) závěrečné prohlášení s uvedením, zda zařízení „JE – NENÍ“ schopno dalšího provozu,
- l) datum a jméno zpracovatele protokolu.

### **Termíny vypracování dokladů o preventivní údržbě**

Kompletní doklady musí být vypracovány nejpozději do 3 pracovních dnů od ukončení prací a uloženy v elektronickém systému. Zjištěné závažné závady musí být příslušnému technikovi provozu nahlášeny okamžitě. Rozhodnutí o stavu zařízení musí být provedeno před uvedením zařízení do provozu, v předaném protokolu o údržbě nesmí být obsah tohoto prohlášení změněn.

(2)

## 2 Rozvodná zařízení

Rozvodná zařízení se nacházejí v rozvodných soustavách a slouží k rozdělení elektrické energie z napájecího uzlu do potřebných oblastí a sfér.(3) Zaměříme se na obecné informace o nejpodstatnějším zařízení rozvodné soustavy a tyto znalosti poté využijeme k pochopení provádění jejich údržby.

### 2.1 Transformátory, tlumivky, reaktory

Výkonové transformátory používané k transformaci z jedné hladiny napětí na jinou jsou hlavním elektrickým zařízením, respektive hlavním strojem celé rozvodny. Podle výkonu, počtu a typu transformátoru se určuje provedení celé rozvodny. Aby bylo dosaženo vyšší spolehlivosti dodávky elektrické energie, používají se v rozvodnách vždy alespoň dva výkonové transformátory.

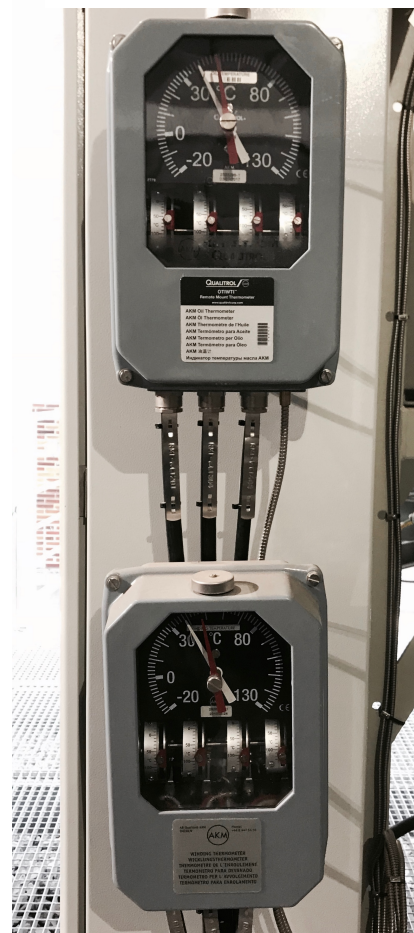
**Výkonové transformátory** pro převod velmi vysokých napětí 400 kV/110 kV mají olejovou náplň, která je pomocí kompresoru hnána do tepelného výměníku s ventilátory, který můžeme vidět na obrázku č. 4. Oběh oleje je tedy nucený a jde o chlazení transformátoru typu ONAD. V případě převodu mezi napětím 110 kV a 22 kV se transformátor tolik nezahřívá a olejová náplň obíhá chladicím systémem samovolně. Nenucené chladicí systémy transformátorů jsou typu ONAN. Z důvodu nebezpečí kontaminace životního prostředí v případě úniku izolačního nebo chladicího oleje jsou stání výkonových transformátorů opatřena jímkami. Objem jímky musí být schopný pojmout celý obsah oleje transformátoru. Jímka bývá napojena na gravitační, kotoučový či vibrační odlučovač oleje, který je schopný ropnou látku oddělit od dešťové vody. Nově vystavěná stání transformátorů se budují jako krytá, a tím dochází ke snížení znečištění životního prostředí a ke snížení negativních účinků okolního prostředí na transformátor. Součástí transformátoru jsou ochrany, které mohou zabránit škodám způsobeným například přehřátím transformátoru nebo vznikem přílišného množství par. Pro ochranu proti přehřátí oleje a vinutí transformátoru slouží teploměr s termostatem nastavitelným na dvě teploty viz obrázek č. 5. Dosažením první teploty dojde ke spuštění ventilátorů transformátoru a dosažením druhé k odpojení transformátoru. Vznik par je hlídán Buchholzovým plynovým relé. Transformátor je dále chráněn proudovými chrániči na primární i sekundární straně a rozdílovou ochranou.

Obrázek 4: Tepelný výměník s ventilátory



Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 5: Teploměr transformátoru



**Transformátory vlastní spotřeby** 22 kV/0,4 kV mívají kryté stání. Na elektrických stanicích jsou vždy alespoň dva, aby došlo při poruše jednoho z nich k zálohování napájení. Transformátory menších výkonů se vyrábějí jako suché transformátory se silikonovou izolací a vzduchovým chlazením, nebo jako transformátory olejové. (4)

**Měřicí transformátory** zajišťují oddělení napájení měřicích přístrojů a ochran popřípadě regulací od zbytku sítě. Rozdělují napětí na požadované hodnoty napájecích napětí.

**Tlumivky** jsou konstrukčně shodné s transformátory, mají však pouze jedno vinutí pro fázi. Využívají se k vyrovnání nesouměrnosti sítě, ke kompenzaci kapacitních proudů, zhášení oblouku při zemním spojení, k odvádění statických nábojů ven ze soustavy do země nebo k vytvoření umělého nulového bodu. Při zemním spojení je díky tlumivce možné nepřerušeně provozovat síť po určitou dobu, nejlépe do odstranění zemního spojení. Výkon tlumivky je

zvolen podle kapacity sítě. (5) Řízení tlumivek je prováděno automaticky. K tlumivkám je paralelně řazen odporník, který je k tlumivce připojen automaticky v případě hledání místa s poruchou.

**Reaktory** jsou konstrukčně provedeny jako tlumivky bez železného jádra. Omezují (zmenšují) proud proti zkratu tím, že zvyšují reaktanci obvodu. Instalují se především ve větších transformovnách. (5)

## 2.2 Spínací přístroje

Spínací přístroje se v základě rozdělují na **vypínače**, které vypínají a zapínají tok elektrické energie, nebo mají za úkol přerušit tok elektrické energie při poruše a zabránit tak dalšímu rozšíření poruchy a na **odpojovače**, které slouží k přenastavení schématu sítě. (6) Zvláštním druhem spínacích přístrojů jsou odpínače.

**Vypínače** mají schopnost přerušovat elektrický proud všech velikostí v rozsahu od nuly až do hodnot zkratového proudu, pro které je daný typ vypínače navrhován. Zajišťuje zapínání a vypínání přívodu elektrické energie. Vypínač je tedy ovládán buď samočinně impulsem z ochrany, a nebo, je-li dán záměrný pokyn k jeho vypnutí či zapnutí. (6) Při spínání vypínače se vytváří elektrický oblouk, který je vypínač schopný zhasit během zlomku vteřiny. Ke zhášení oblouku se používá zhášecí médium.

Podle druhu média můžeme provést základní **rozdělení vypínačů**.

- a) **Vypínače olejové** využívají oleje jako zhášecí médium pro zhášení oblouku a zároveň olej izoluje póly od sebe navzájem a vůči zemi.
- b) **Vypínače s malým množstvím oleje** (málo olejové) využívají zhášecích vlastností oleje, ale olej neslouží jako izolační médium. V České republice se s málo olejovými vypínači setkáme často. V části sítě 22 kV se hojně používají kobkové vypínače HL-6, které vyrábí firma EJV a v síti 110 kV s typem VMM od firmy Škoda. Využívají při práci tepelné energie vznikající při zhášení elektrického oblouku. Oblouk je chlazen olejem, přičemž vznikají páry které vtlačují do kontaktního místa další olej čímž se podporuje zhášení.
- c) **Vypínače s izolačním plynem SF<sub>6</sub>**. Plyn má výborné zhášecí i izolační vlastnosti, navíc vlivem elektrického oblouku dochází k zahřátí plynu a tedy zvýšení tlaku v komoře vypínače čímž se jeho zhášecí vlastnosti zlepšují. Dnes jsou plynové vypínače

často využívané. Na obrázku č. 6 je vidět vypínač 110 kV jako součást zapouzdřené rozvodny od výrobce Areva, typ B 65, využívající zhášecí plyn SF<sub>6</sub>.

- d) **Vypínače vakuové** zhášejí oblouk pomocí difuzí do okolního prostředí zhášecí komory. Jsou často instalovány zejména v nově budovaných rozvodnách.
- e) **Vypínače vodní** zhášejí elektrický oblouk vodou nebo směsí vody a glycerinu.
- f) **Vypínače se stlačeným vzduchem**, u nichž je oblouk zhášen proudem stlačeného vzduchu, rozeznáváme například vypínače s vyfukáváním vzduchu v ose oblouku nebo s vyfukáváním příčně mířeným vůči oblouku. (6) Také se rozlišuje, zda je zdroj stlačeného vzduchu vlastní nebo cizí.
- g) **Vypínače magnetické** dokáží pomocí magnetického pole nasměrovat oblouk do zhášecí komory, kde je oblouk ochlazen a roztržen.
- h) **Vypínače s tuhým hasivem** obsahují tuhou látku, která je vlivem elektrického oblouku měněna na zhášecí plyny.

*Obrázek 6: Vypínač 110 kV se zhášecím plynem SF<sub>6</sub>*



*Zdroj: Vlastní zpracování*

**Odpojovače** se používají pro změnu schématu zapojení sítě. S odpojovači manipulujeme pouze, jsou-li nezátížené, a proto není nutné, aby byly vybaveny zhašením elektrického oblouku. Na obrázku č. 7 vidíme vzdálenost mezi odpojenými póly odpojovače, která musí být dostatečná na to, aby se eliminovalo riziko úrazu při údržbě nebo revizi na odpojené části sítě.

*Obrázek 7: Odpojovač 22 kV (opojený stav)*



*Zdroj: Vlastní zpracování*

**Odpínače** slouží pro zapínání, přenášení a vypínání normálních provozních proudů, popřípadě stanovených proudů při přetížení. Nejsou schopny vypínat zkratové proudy, ale jsou schopny je zapínat. Ve vypnuté poloze odpojovače splňují podmínky předepsané pro odpojovače. (3) Používají se pouze pro VN napětí, především jako výkonové vypínače transformátorů vlastní spotřeby.

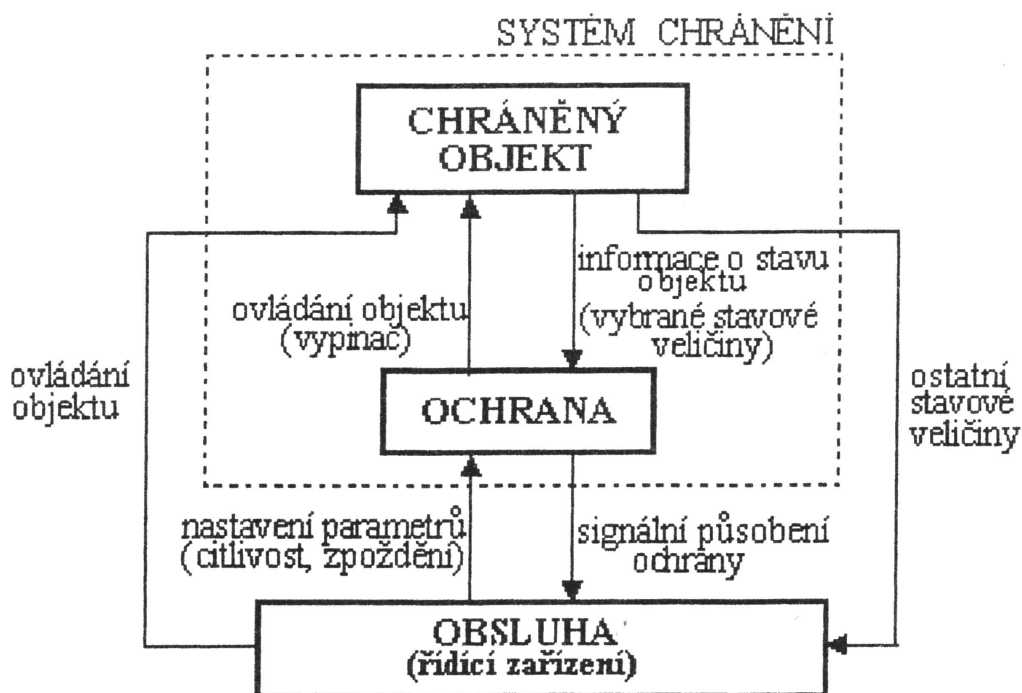
### **2.3 Ochrany rozvodných zařízení**

Elektrická ochrana slouží ke kontrole chodu částí elektrizační soustavy. Požadavkem je zajistit, aby chráněný objekt nepřekročil hranice normálního provozu a zabránil tím vzniku poškození

objektu či havárii. Chráněným objektem mohou být kterákoliv zařízení sloužící k přenosu elektrické energie jako například transformátory, přípojnice, elektrická vedení atd. (4)

Ochrana zahrnuje soubor měřících čidel a přístrojových transformátorů, prostřednictvím kterých snímá informace o stavech měřených veličin. Informace dále zpracovává a vyhodnocuje, zda je stav měřené veličiny v mezích bezpečného provozu, nebo zda je hodnota veličiny v oblasti nepřipustných hodnot. (4) V případě překročení hodnot do zakázaného pásma provede ochrana automatické odpojení zařízení od přívodu všech zdrojů. Tím ochrana zabrání případnému poškození zařízení nebo vzniku havárie. O provedeném zásahu podá pomocí signalizace hlášení obsluze. Parametry jako např. citlivost nebo časové zpoždění je možné nastavovat. Pro jednodušší pochopení funkce systému chránění je na obrázku č. 8 znázorněno základní schéma zapojení bloků ochrany mezi sebou a popsána vzájemná komunikace systému.

Obrázek 8: Základná schéma zapojení bloků ochrany



Zdroj: FENCL, František. Rozvodná zařízení. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-01798-2.

U transformátoru je důležitá především rozdílová ochrana. Ta snímá proud tekoucí do transformátoru a porovnává jej s proudem z transformátoru vystupujícím. Vedení je nutné chránit před případným zkratem pomocí rozdílové ochrany a před přetížením pomocí nadproudové ochrany. Dalšími hlídanými stavy jsou přepětí, podpětí, snížení a zvýšení



kmitočtu, zemní spojení a u neelektrických veličin hlídáme teploty, hladiny provozních kapalin a podobně.

## 2.4 Vlastní spotřeba

Pod pojmem vlastní spotřeba si můžeme představit všechna zařízení zajišťující dodávku NN pro bezpečný chod elektrické stanice. Elektrická zařízení důležitá pro provoz elektrické stanice jsou:

- elektrické pohony přístrojů,
- pohony kompresorů pro výrobu stlačeného vzduchu,
- ventilátory chlazení a větrání,
- zařízení hromadného dálkového ovládání (HDO),
- ochranné ovládací, signalizační, dorozumívací a měřicí soustavy,
- pohony v pomocných provozech,
- osvětlení,
- topení,
- jiná zařízení. (7)

Dodávku je třeba zajistit ve všech provozních stavech elektrické stanice, a proto se vlastní spotřeba řadí do prvního stupně dodávky elektrické energie. Zdrojem napájení soustavy vlastní spotřeby je elektrická energie přivedená buď z přípojnice VN hlavního transformátoru, nebo energie dodaná záložním zdrojem, čímž může být např. benzinový alternátor nebo jako je tomu ve většině případů soustava akumulátorových baterií.

Základní napájení je zajištěno dvěma transformátory 22 kV/0,4 kV, kde jeden transformátor slouží jako pracovní a druhý jako záložní. Základní napájecí napětí je zálohováno nejčastěji soustavou akumulátorových baterií, kterou tvoří několik akumulátorů sériově za sebou spojených pomocí proudových vodičů, jako je tomu na obrázku č. 9. Soustavou je generováno stejnosměrné napětí, které se využívá pro napájení přístrojů a obvodů ovládací, ochranné, dorozumívací, signalizační a měřicí soustavy a pro napájení osvětlení. (7) Pro pohon motorů je nutné použít střídač. Akumulátorové baterie jsou nabíjeny pomocí usměrňovačů.

Obrázek 9: Záložní zdroj - soustava akumulátorů



Zdroj: Vlastní zpracování

Dimenzování rozvodu vlastní spotřeby se provádí obdobně jako u průmyslových sítí. Vypočítá se maximální příkon všech zařízení (u elektromotorů se počítá s příkonem proudu v momentě rozběhu motoru – ve špičce) v soustavě a na základě výsledku zvolí výkon zdroje.

## 2.5 Ostatní zařízení

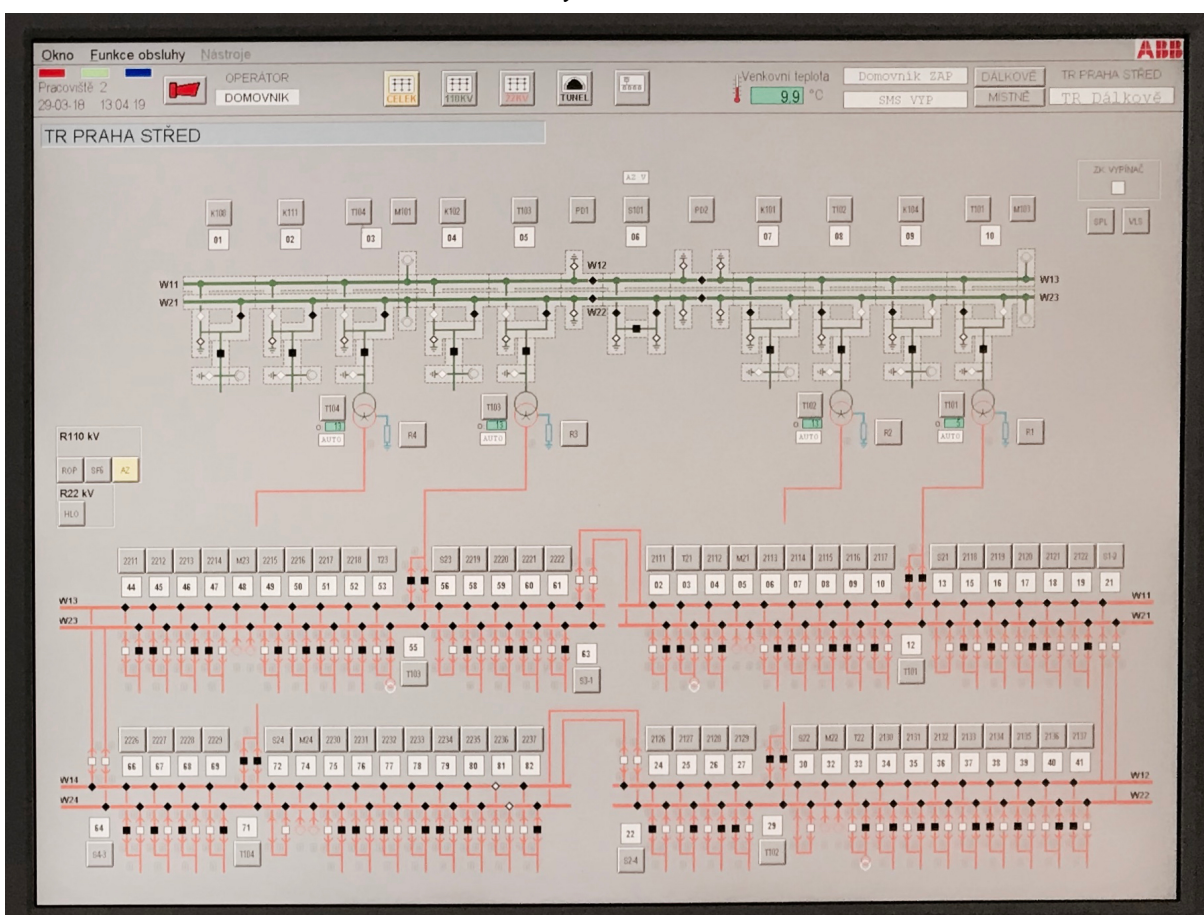
### 2.5.1 Silová propojení VN a VVN

Silová propojení v elektrických stanicích jsou provedena pomocí holých nebo izolovaných vodičů. V případě holých vodičů to mohou být pásy, trubky, nebo lana, přičemž pro VVN se smí používat pouze lana nebo trubky a v oblasti NN se používají zejména profilové vodiče. Silové vodiče se mezi sebou propojují pomocí armatur a svorek. Uchycení holých vodičů je provedeno pomocí izolátorů. Ty podle funkce dělíme na podpěrné, průchodné a závěsné. Izolované vodiče se popisují pomocí písmen, která značí materiál žil vodičů a jmenovitá proudová zatížení vodičů. Dalším parametrem izolovaných vodičů je počet žil, jmenovitý průměr jádra, proudové zatížení, dovolená provozní teplota jádra, největší vnější průměr nad jádrem atd.

## 2.5.2 Řídicí systém

Informace o hodnotách (stavech) ze všech měřících přístrojů a senzorů elektrické stanice jsou převedeny pomocí převodníků do binární soustavy a shromažďovány ve skříňových rozvaděčích. Modulární řídicí systém zajišťuje zpracování dat a pomocí softwaru data převádí do uživatelského rozhraní ve formě grafického zobrazení. Jak můžeme vidět na obrázku č. 10 díky systému vznikne přehledný obraz schématu zapojení. Pracovník vyškolený pro ovládání systému je schopný si zobrazit aktuální hodnoty měřených veličin, polohy vypínačů a odpojovačů, výkonové zatížení jednotlivých prvků soustavy a mnoho dalších informací vypovídajících o stavu rozvodny. V případě poruchy si pomocí systému snadno zobrazí detail poruchy. Navíc mu systém umožňuje manipulovat se zařízením rozvodny a měnit tak schéma zapojení.

Obrázek 10: Uživatelské rozhraní řídicího systému



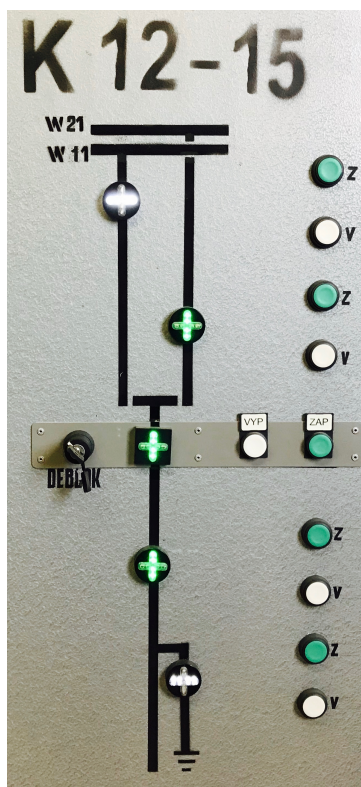
Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.5.3 Ovládací skříně VN a VVN

V ovládacích skříních se nachází soubor tlačítek a signalizací umožňující manipulaci s ovládaným zařízením. Nejčastěji se používá k ovládání vypínačů a odpojovačů. Bývá

v blízkosti ovládaného zařízení a v případě venkovního stání je opatřena topením pro bezpečný provoz v zimním období. Analogové ovládací skříně mají pro přehlednost tlačítka a signalizace opatřena pomocným schématem zapojení, jako tomu vidíme na obrázku č. 11. Analogově ovládané skříně jsou postupně nahrazovány digitálním ovládáním které jsou osazeny displejem, viz obrázek č. 12.

Obrázek 11: Analogové ovládání skříně 22 kV



Obrázek 12: Digitální ovládání skříně 110 kV



Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.5.4 Bleskojistky

Slouží jako svodiče přepětí. V případě přetížení umožňují přechodné zemní spojení a tím dojde k odlehčení sítě a tedy k ochraně přetížení zařízení. Dojde-li k dosažení zapalovací hodnoty bleskojistky, prochází bleskojistkou veliký proud, zabraňující dosažení napětí, které by mohlo poškodit některé zařízení v soustavě. Po odeznění přepětí v síti se proud procházející bleskojistkou zmenšuje, až dosáhne hodnoty, za které dojde při průchodu nulou k přerušení zemního spojení.

## 3 Údržba rozvodných zařízení

Pro pochopení provádění údržby rozvodných zařízení je základním předpokladem znalost vlastností a funkcí udržovaného zařízení.

Neboť administrativní činnost je v rámci preventivní údržby rozvodných zařízení vždy téměř shodná a spočívá pouze ve vyplňování protokolů o provedené údržbě, zaměříme se v této kapitole na běžnou údržbu a diagnostiku rozvodných zařízení.

### 3.1 Transformátory a tlumivky

Vzhledem k podobnému konstrukčnímu uspořádání transformátoru a tlumivky je i jejich údržba v principu stejná. Nejprve se provede kontrola úniku oleje. Kontrolují se netěsnosti zejména v oblasti kohoutů, ventilů, konzervátoru, regulace a plynového relé. V případě nalezení olejové stopy se olej setře, místo se vyčistí a kontroluje případné opětovné objevení oleje. Pokud se olej opět objeví, je provedeno odstranění úniku oleje. Podle stavu výkonového přepínače se provede jeho čištění. V případě dobrého stavu se přepínač pouze opláchne čistým olejem. U špatného stavu přepínače se olej odčerpá, přepínač vyjme a provede důkladné čištění (zejména kontaktů). Proměří se všechny rezistory, přepínač se vrátí do nádoby, nádoba se naplní čistým olejem a odvzdušní. Skříň a pohon regulace se vyčistí a nakonzervuje. Promaže se převodovka regulace a všechny kluzné části. Při každé údržbě musí proběhnout výměna náplně vysoušeče oleje, tedy silikagelu. Odpojí se proudové spoje, kontakty se vyčistí a namažou kontaktní vazelinou. Při odpojení zařízení se provede měření odporu vinutí a izolační stavy zařízení. Zkontroluje se stav ovládací skříně a skříň se vyčistí. Spustí se všechny chladicí ventilátory a zkontroluje jejich chod. Případně se promažou ložiska ventilátorů, nebo se ventilátor vymění za nový. Nastaví se hodnoty termostatu pro ochrany při dosažení nebezpečných teplot. Vyčistí se žebrování chladicí soustavy. Provede se odvzdušnění průchodek a vyčistí se izolátory. Zkontroluje se funkčnost plynového relé u nádoby vinutí a výkonového přepínače. Vyzkouší se místní i dálkové ovládání funkcí zařízení a změří převodové poměry přepínače odboček. Odebere se vzorek oleje. Před odebráním se nechají asi dva litry oleje odtéct. V laboratoři se měří vlastnosti oleje - zejména kyselost, vlhkost a průraznost oleje. Nakonec se doleje hladina oleje na požadovanou a provede se zkouška ochrany.

## 3.2 Spínací přístroje

V praxi se aktuálně setkáme zejména s **vypínači** málo olejovými, vakuovými a s vypínači používající plyn SF<sub>6</sub>. Málo olejové jsou dnes již postupně nahrazovány jinými typy, nicméně stále se jedná o jeden z nejpoužívanějších typů, a proto jej nelze vynechat. Údržba **odpojovačů** je z technického hlediska značně jednodušší než u vypínačů, ale neméně důležitá.

### Vypínače

#### *Vypínače VN s malým množstvím oleje*

V první řadě se provede kontrola stavu zevnějšku. Zjistí se, zda nedochází k úniku oleje, a zda je hladina oleje na rysce. V případě úniku oleje se provede výměna těsnění, což je jedna z nejčastějších oprav málo olejových vypínačů. Důvodem tomu jsou velké rázy při vypínání ovlivňující mechanickou stabilitu vypínače a tím i jeho mechanickou těsnost. U střadačového pohonu se vyzkouší jeho funkce, popřípadě se seřídí. Promažou se všechny hybné plochy střadače a provede se dotažení mechanických spojů. U vzduchového pohonu se provede kontrola provozních tlaků a těsnosti soustavy. Provede se diagnostika, v rámci které se měří přechodové odpory vypínače každé fáze zvlášť. Měří se izolační odpor a časy spínání kontaktů. Vyzkouší se funkčnost ovládání (vypnutí, zapnutí) a signalizace vypínače.

#### *Vypínače VVN s malým množstvím oleje*

U málo olejových vypínačů VVN je údržba v mnoha ohledech stejná jako u málo olejových vypínačů VN. Rozdílem může být, že u VVN vypínačů se používá častěji vzduchový pohon, tudíž je třeba se více zaměřit na tlakovou techniku vypínače. Problémem bývá u ventilové hlavice, kde je častou závadou prasklá membrána a v zimním období může dojít ~~na~~ k zamrznutí hlavice, které způsobuje vysoký podíl vlhkosti ve vzduchové soustavě. Je tedy nutné se při údržbě důkladně věnovat těsnosti vzduchové soustavy. Také je u vypínačů nutné očistit izolátory a zkontrolovat jejich stav. Poté se zaměříme na veškeré činnosti popsané v odstavci věnujícím se údržbě vypínače VN s malým množstvím oleje.

#### *Vypínače vakuové a s izolačním plynem SF<sub>6</sub>*

Oba tyto typy vypínačů mají interval běžné údržby 8 let a pro vykonání diagnostiky interval 4 roky. Nejprve se vypínače vyčistí a ohledá se jejich zevnější stav. Následuje měření izolačního odporu, měření přechodových odporů, měření vypínacích a zapínacích časů hlavních kontaktů, měření soudobosti vypínání a zapínání pólů a návaznost na signalizaci přepínače. (2) Poté se

provede test ovládání, test pohonu a test funkce manostatu. U vypínačů s izolačním plynem SF<sub>6</sub> se pomocí detekčního zařízení zkontroluje únik plynu SF<sub>6</sub> a popřípadě se doplní na požadovaný tlak. Z důvodu technické složitosti provádí případné opravy zařízení specializovaný servis nebo samotný výrobce zařízení.

## **Odpojovače**

### *Odpojovače VN*

Nejprve se zkontroluje pohledem stav uzemnění, ocelové konstrukce a izolátorů. Provede se čištění izolátoru a dotáhnou se vodiče ve svorkách. Změří se přechodové odpory a provede se čištění proudových spojů. Spoje, které jsou posouzeny podle termovizní diagnostiky jako nevyhovující, se důkladně vyčistí a namažou kontaktní vazelínou. Následuje test ovládání, blokování, signalizace a uzemnění. Zkontroluje se plynulost pohybu odpojovače a vyzkouší funkčnost spínačů koncových poloh, popřípadě se seřídí mechanismy a pohon odpojovače. V nutných případech se provede oprava nebo výměna součástí zařízení.

### *Odpojovače VVN venkovní*

V případě venkovních odpojovačů se provedou stejné kroky údržby jako u odpojovačů VN a navíc se provedou tyto úkony:

Prohlédne se, zda nedošlo vlivem podnebí k poškození odpojovače a ke vzniku koroze. Aplikují se drobné nátěry. Vzhledem k větší délce ramen spojů se zkontrolují jejich vůle a dosedání kontaktů. Promažou se převody a ložiska táhel. Vymění se popraskané nebo roztržené prachovky kulových čepů. V případě pohonu odpojovače pomocí stlačeného vzduchu se navíc zkontroluje těsnost vzduchového systému. U elektrického pohonu odpojovače je zase zapotřebí dotáhnout všechny svorky a zkontrolovat funkčnost topného tělesa vyhřívající motor pohonu.

### *Odpojovače VVN s izolačním plynem SF<sub>6</sub>*

Provede se stejná údržba jako v případě vypínačů s izolačním médiem SF<sub>6</sub> vyjma měření vypínacích a zapínacích časů a měření soudobosti vypínání a zapínání pólů. Jedná se o málo údržbová zařízení s nízkým výskytem poruch.

## **Odpínače**

Údržba odpínačů je shodná s údržbou odpojovačů.

### **3.3 Ochrany rozvodných zařízení**

Zkontroluje se nastavení ochrany podle nastavovacího protokolu. Provede se kontrola svorek a kabeláže sekundárních obvodů přístrojové kabeláže proudu a napětí (PTP, PTN). Prohlédne se, zda je zapojení ochrany provedeno podle aktuálního schématu zapojení a také v jakém mechanickém stavu je ochranné zařízení. Provede se stažení a uložení databáze hlášení ochran, vymění záložní baterie a nastaví aktuální datum a čas. Následuje podrobné zkoušení funkčnosti ochran, které se provádí ve zvláštním režimu provozu ZRP.

### **3.4 Vlastní spotřeba**

Spolehlivý provoz vlastní spotřeby se odvíjí především od stavu zdrojů. Popis údržby transformátorů VN/NN, je popsána v kapitole 3.1., je třeba se zaměřit především na údržbu záložních zdrojů. Zejména tedy na údržbu akumulátorových baterií a jejich příslušenství.

#### **Olověné akumulátorové baterie**

V případě údržby akumulátorových baterií (akumulátorů) se jedná o práci se žíravými roztoky. Proto je nutné znát a dodržovat zvláštní bezpečnostní předpisy.

Provede se kontrola hladin elektrolytu a případné doplnění. Protože se v akumulátorech vlivem chemických reakcí vyvíjejí při nabíjení a vybíjení plyny, zkontroluje se průchodnost zátek, kterými jsou plyny odváděny. Změří se nabíjecí napětí a popřípadě se provede na usměrňovačích korekce. Je nutné dotáhnout objímky proudových vodičů a kontakty nakonzervovat. Na závěr se pohledem ověří stav olověných desek a hladina kalu. Nejčastější závadou u olověných akumulátorů bývá degradace desek, způsobená nízkou hladinou elektrolytu.

#### **Usměrňovače**

Změří se výstupní napětí usměrňovačů a zkontroluje jejich nastavení. Dotáhnou se všechny kontakty. Usměrňovače se důkladně vyčistí vně i uvnitř a ověří funkčnost chladicího větráku. Je-li nutná oprava usměrňovače, provádí ji odborný servis nebo výrobce.



## **Střídače**

Postupuje se stejně jako při údržbě usměrňovače a k tomu se navíc provedou tyto úkony: Změříme výstupní frekvenci střídače a vyzkoušíme funkčnost bypass systému. Ten musí být schopný převést napájení sítě z hlavního zdroje na záložní bez přerušení napětí. Na závěr se provede zátěžová zkouška. Zatížení odpovídá maximální velikosti součtu příkonů všech napájených zařízení.

## **3.5 Ostatní zařízení**

### **3.5.1 Silová propojení VN a VVN**

Je důležité provést důkladnou termovizní diagnostiku, díky které lze snadno odhalit zvýšené přechodové odpory. V případě zjištění zhoršené vodivosti některých armatur a svorek, je nutné provést rozebrání spoje, spoj důkladně vyčistit popřípadě namazat kontaktní vazelinou a opět smontovat. Obecně se provádí dotahování všech silových spojů, čištění izolátorů případně oprava nátěrů. U průchodek často dochází k sršení (jiskření), které je způsobeno zoxidovaným povrchem izolátoru. To se odstraní vyjmutím vodiče z průchodky, důkladným vyčištěním izolátoru i vodiče, nebo jejich výměnou a opětným smontováním.

### **3.5.2 Řídicí systém**

Zkontroluje se aktualizace softwaru a funkčnost hardwaru. Vyčistí se rozvaděče řídicího systému a zkontroluje stav kabeláže a spojek. Vyzkouší se funkčnost chlazení skříní řídicího systému a vymění filtr prachových částic.

### **3.5.3 Ovládací skříně VN a VVN**

Prohlédneme, zda je zařízení správně uzemněno, utěsněno a vyzkoušíme funkčnost topení a ventilátoru. Zkontrolujeme elektrické a vzduchové rozvody pole, a zda jsou veškeré napěťové spoje dotažené a vodivé. Skřín vyčistíme, provedeme drobné nátěry a test blokace, signalizace a ovládání.

### **3.5.4 Bleskojistky**

Zkontroluje se stav jiskřiště a zaznamená počet svodů proudu, který se odečte z počítadla bleskojistky. Provede se test uzemňovací soustavy a dotažení svorek. Vyčistí se izolátory, eventuálně se provedou drobné nátěry.

### 3.6 Optimalizace provozu údržby

Provádění údržby rozvodných zařízení je možné optimalizovat v několika směrech. Před samotnou optimalizací je však dobré situaci dlouhodobě sledovat, vyhodnocovat a vést podrobnou dokumentaci. Na základě shromážděných dat můžeme odhalit případné nedostatky při provádění údržby. Zaměřit bychom se měli zejména na tyto oblasti:

#### 1. *Manažerská činnost*

Je důležité aby byla údržba správně vedena. Nedostatkem může být nízká motivace pracovníků, špatná koordinace a rozdělování práce, neefektivní plánování přejezdů mezi rozvodnami atd.

#### 2. *Školení pracovníků*

Častým nedostatkem bývá zanedbání vzdělání pracovníků údržby. Vzhledem k neustálé modernizaci rozvodných zařízení je důležité pracovníky seznamovat s novými postupy a technologiemi údržby.

#### 3. *Kvalita používaného nářadí a měřících přístrojů*

Je běžné že se málo investuje do vybavení údržby. To má za následek delší dobu provádění úkonů údržby a zhoršený výsledek. Navíc to vede k demotivaci pracovníků, neboť práce s nekvalitním a zastaralým nářadím je obtížná. V případě měřících přístrojů je nutná pravidelná kalibrace.

#### 4. *Administrativní činnost*

Zde je důležité dbát zejména na jednoduchost a přehlednost protokolů. Při vyplňování protokolu by měl pracovník vědět k čemu jsou vyplňované údaje užitečné, aby mu administrativa nepřišla zbytečná a nesmyslná.

#### 5. *Kvalita používaného materiálu*

Má-li být údržba efektivní a dlouhodobá, je třeba investovat do kvalitních materiálů a náhradních dílů. Při opravách, doplňování provozních kapalin, mazání kluzných částí atp. je dobré používat díly a materiály doporučené výrobcem.

Možností jak zkvalitnit provoz údržby je mnoho a vždy záleží především na schopnostech a kreativitě vedoucího údržby. Kvalitní údržby je možné dosáhnout nejnázem za předpokladu, že bude kladen důraz na neustálou optimalizaci výše zmíněných pěti oblastí.

## 4 Náklady na spolehlivý provoz rozvoden

Náklady nutné pro zajištění spolehlivého provozu rozvoden jsou úzce spojeny s údržbou rozvodných zařízení. Pro výpočet nákladů na údržbu rozvoden je nutné znát časovou náročnost údržby jednotlivých zařízení a náklady na materiál potřebný pro provedení údržby. Následující informace napomůžou spočítat náklady na zajištění spolehlivého provozu typicky řešených rozvoden v rámci jednoho roku.

### 4.1 Náklady na údržbu

#### Časová náročnost údržby

Pro výpočet časové náročnosti údržby rozvoden je nutné znát všechna zařízení dané rozvodny a jejich počet. Počet jednotlivých zařízení následně vynásobíme celkovou roční dobou trvání údržby, kterou pro každé zařízení nalezneme v posledním sloupci tabulky 1 - 4. Máme-li tedy například rozvodnu se čtyřmi transformátory 110 kV/22 kV, bude výpočet pro určení časové náročnosti údržby 4 transformátorů rozvodny v rámci jednoho roku vypadat takto:

$$a) \text{ doba pohledové kontroly} = \sum \text{trvání pohledové kontroly za 1 rok}$$

doba pohledové kontroly – časová náročnost pohledové kontroly se nedefinuje pro jednotlivá zařízení, ale pro části rozvoden. Nelze tedy spočítat dobu pohledové kontroly pouze pro transformátor. Nicméně časová náročnost pohledové kontroly je v porovnání s ostatními úkony údržby velmi malá a zanedbáním tohoto údaje neovlivníme výrazně výsledek výpočtu.

Tabulka 1: Časová náročnost - pohledová kontrola

| Oblast stanice             | Intenzita pohledové kontroly za rok | Trvání jedné pohledové kontroly (min) | Trvání pohledové kontroly za rok |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Část VVN                   | 1                                   | 60                                    | 60                               |
| Část VN                    | 1                                   | 60                                    | 60                               |
| Zařízení společná VN a VVN | 1                                   | 240                                   | 240                              |

Zdroj: Vlastní zpracování interních informací PRE

$$\begin{aligned}
 \text{b) doba opravy} &= \text{počet transformátorů} \times \text{trvání oprav zařízení za 1 rok} \\
 &= 4 \times 50 \\
 &= 100 \text{ minut}
 \end{aligned}$$

Průměrný čas potřebný na opravy 4 transformátorů v rámci jednoho roku je 100 minut.

*Tabulka 2: Časová náročnost - opravy poruch*

| Druh zařízení stanice             | Intenzita poruch za 1 rok | Trvání opravy jedné poruchy (min) | Trvání jedné opravy za 1 rok (min) |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| odpojovače VN                     | 0,025                     | 240                               | 6                                  |
| odpínače VN                       | 0,03                      | 300                               | 9                                  |
| vypínače VN                       | 0,05                      | 480                               | 24                                 |
| odpojovače VVN, ZVN               | 0,001                     | 480                               | 0,48                               |
| vypínače VVN, ZVN                 | 0,003                     | 4300                              | 12,9                               |
| měření napětí VN                  | 0,002                     | 240                               | 0,48                               |
| měření napětí VVN                 | 0,002                     | 480                               | 0,96                               |
| bleskojistky VN                   | 0,002                     | 240                               | 0,48                               |
| bleskojistky VVN                  | 0,002                     | 480                               | 0,96                               |
| <b>Transformátory</b>             |                           |                                   |                                    |
| o vyšším napětí: 400 kV           | 0,03                      | 3000                              | 90                                 |
| 220 kV                            | 0,025                     | 2800                              | 70                                 |
| 110 kV                            | 0,02                      | 2500                              | 50                                 |
| 35 kV                             | 0,15                      | 2000                              | 300                                |
| 22 kV                             | 0,15                      | 2000                              | 300                                |
| 10 kV                             | 0,005                     | 2000                              | 10                                 |
| 6 kV                              | 0,005                     | 2000                              | 10                                 |
| přístrojové transformátory proudu | 0,001                     | 240                               | 0,24                               |
| přístrojové transformátory napětí | 0,002                     | 240                               | 0,48                               |
| usměřňovače                       | 0,04                      | 180                               | 7,2                                |
| střídače                          | 0,5                       | 200                               | 100                                |
| klasické ochranné relé            | 0,02                      | 180                               | 3,6                                |
| tepelné relé                      | 0,005                     | 60                                | 0,3                                |
| spojení relé-vypínač              | 0,05                      | -                                 | -                                  |
| spínače, tlačítka                 | 0,04                      | 60                                | 2,4                                |
| relé, jističe, stykače            | 0,009                     | 60                                | 0,54                               |
| z toho cívky                      | 0,084                     | 60                                | 5,04                               |
| kontakty                          | 0,005                     | 60                                | 0,3                                |
| <b>Kabel dlouhý 1 km</b>          |                           |                                   |                                    |
| o napětí: 110 kV                  | 0,05                      | 3000                              | 150                                |
| 35 kV                             | 0,06                      | 1500                              | 90                                 |
| 22 kV                             | 0,06                      | 1500                              | 90                                 |
| 10 kV                             | 0,04                      | 1000                              | 40                                 |
| 6 kV                              | 0,03                      | 1000                              | 30                                 |
| do 1 kV                           | 0,01                      | 1000                              | 10                                 |

*Zdroj: Vlastní zpracování interních informací PRE*

$$\begin{aligned}
 \text{c) doba běžné údržby} &= \text{počet transformátorů} \times \text{trvání běžné údržby za 1 rok} \\
 &= 4 \times 900 \\
 &= 3\,600 \text{ minut}
 \end{aligned}$$

Průměrný čas potřebný na běžnou údržbu 4 transformátorů v rámci jednoho roku je 3 600 minut.

Tabulka 3: Časová náročnost - běžná údržba

| Druh zařízení stanice                    | Intenzita běžné údržby za 1 rok | Trvání jedné běžné údržby (min) | Trvání jedné běžné údržby za rok (min) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|--|
| odpínače vn                              | 0,25                            | 120                             | 30                                     |
| vypínače vn - expanzní, olej, vzduch     | 0,5                             | 180                             | 90                                     |
| vypínače vn - SF6                        | 0,125                           | 100                             | 12,5                                   |
| vypínače vn - vakuum                     | 0,125                           | 100                             | 12,5                                   |
| odpojovače vn - vnitřní, do r. 1994      | 0,25                            | 60                              | 15                                     |
| odpojovače vn - vnitřní, od r. 1994      | 0,125                           | 60                              | 7,5                                    |
| odpojovače vn - venkovní, vzduch. pohon  | 1                               | 100                             | 100                                    |
| odpojovače vn - venkovní, ostatní pohon  | 0,25                            | 80                              | 20                                     |
| vypínače vvn - olej                      | 0,25                            | 240                             | 60                                     |
| vypínače vvn - SF6                       | 0,125                           | 120                             | 15                                     |
| vypínače vvn - vzduch                    | 0,25                            | 120                             | 30                                     |
| odpojovače vvn - venkovní, vzduch. pohon | 1                               | 200                             | 200                                    |
| odpojovače vvn - venkovní, ostatní pohon | 0,125                           | 180                             | 22,5                                   |
| bleskojistky vn                          | 0,125                           | 100                             | 12,5                                   |
| bleskojistky vvn                         | 0,125                           | 120                             | 15                                     |
| <b>Transformátory</b>                    |                                 |                                 |  |
| o vyšším napětí: 400 kV                  | 0,5                             | 2000                            | 1000                                   |
| 220 kV                                   | 0,5                             | 1800                            | 900                                    |
| 110 kV                                   | 0,5                             | 1800                            | 900                                    |
| 35 kV                                    | 0,25                            | 1200                            | 300                                    |
| 22 kV                                    | 0,25                            | 1200                            | 300                                    |
| 10 kV                                    | 0,125                           | 1200                            | 150                                    |
| 6 kV                                     | 0,125                           | 1000                            | 125                                    |
| zhášecí tlumivka                         | 0,25                            | 1200                            | 300                                    |
| odporník                                 | 0,125                           | 400                             | 50                                     |
| přístrojové transformátory vnitřní       | 0,125                           | 60                              | 7,5                                    |
| přístrojové transformátory venkovní      | 0,25                            | 60                              | 15                                     |
| usměrňovače                              | 0,5                             | 300                             | 150                                    |
| střídače                                 | 0,5                             | 300                             | 150                                    |
| uzemnění el. stanic                      | 0,125                           | neuveдено                       | -                                      |
| ovládací skříň venkovní                  | 0,5                             | 120                             | 60                                     |
| ovládací skříň vnitřní                   | 0,25                            | 120                             | 30                                     |
| staniční baterie                         | 1                               | neuveдено                       | -                                      |

Zdroj: Vlastní zpracování interních informací PRE

$$\begin{aligned}
 \text{d) doba diagnostiky} &= \text{počet transformátorů} \times \text{trvání diagnostiky zařízení za 1 rok} \\
 &= 4 \times 400 \\
 &= 1\,600 \text{ minut}
 \end{aligned}$$

Průměrný čas potřebný na diagnostiku 4 transformátorů v rámci jednoho roku je 1 600 minut.

Tabulka 4: Časová náročnost - diagnostika

| Druh zařízení stanice                    | Intenzita diagnostiky za 1 rok | Trvání jedné diagnostiky (min) | Trvání jedné diagnostiky za rok (min) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| odpínače vn                              | 0,25                           | 60                             | 15                                    |
| vypínače vn - expanzní, olej, vzduch     | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| vypínače vn - SF6                        | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| vypínače vn - vakuum                     | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| vypínače vvn - olej                      | 0,25                           | 200                            | 50                                    |
| vypínače vvn - SF6                       | 0,25                           | 200                            | 50                                    |
| vypínače vvn - vzduch                    | 0,5                            | 200                            | 100                                   |
| odpojovače vvn - venkovní, ostatní pohon | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| bleskojistky vn                          | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| bleskojistky vvn                         | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| <b>Transformátory</b>                    |                                |                                |                                       |
| o vyšším napětí: 400 kV                  | 0,5                            | 1200                           | 600                                   |
| 220 kV                                   | 0,5                            | 800                            | 400                                   |
| 110 kV                                   | 0,5                            | 800                            | 400                                   |
| 35 kV                                    | 0,25                           | 600                            | 150                                   |
| 22 kV                                    | 0,25                           | 600                            | 150                                   |
| 10 kV                                    | 0,125                          | 600                            | 75                                    |
| 6 kV                                     | 0,125                          | 600                            | 75                                    |
| zhášecí tlumivka                         | 0,25                           | 400                            | 100                                   |
| odporník                                 | 0,25                           | 120                            | 30                                    |
| usměřovače                               | 1                              | 300                            | 300                                   |
| uzemění el. stanic                       | 0,125                          | neuveďeno                      | -                                     |
| přípojnice vn                            | 0,25                           | neuveďeno                      | -                                     |
| přípojnice vvn                           | 0,25                           | neuveďeno                      | -                                     |
| staniční baterie                         | 1                              | 600                            | 600                                   |

Zdroj: Vlastní zpracování interních informací PRE

Sečteme-li vypočítané hodnoty a) až d), dostaneme průměrnou dobu trvání údržby 4 transformátorů v rámci jednoho roku.

$$\begin{aligned}
 \text{průměrná doba údržby za rok} &= \text{doba opravy} + \text{doba diagnostiky} + \text{doba běžné údržby} \\
 &= 100 + 1\,600 + 3\,600 \\
 &= 5\,300 \text{ minut}
 \end{aligned}$$

Vydělíme-li celkový čas číslem 60 dostaneme průměrnou celkovou dobu údržby 4 transformátorů v hodinách.

$$\begin{aligned}
\text{celkový čas údržby} &= \text{celkový čas údržby} / 60 \\
&= 5\,300 / 60 \\
&= 88,3 \text{ hodiny}
\end{aligned}$$

Známe-li průměrnou hodinovou mzdu pracovníka údržby, můžeme pomocí vynásobení mzdy a celkového času údržby vypočítat, jaké jsou náklady na pracovníky pro vykonání údržby 4 transformátorů v rámci jednoho roku. Pro ukázkou budeme předpokládat, že průměrná hodinová mzda pracovníka údržby činí 156 Kč/h.

$$\begin{aligned}
\text{náklady na údržbu} &= \text{celkový čas údržby} \times \text{průměrná hodinová mzda pracovníka údržby} \\
&= 88,3 \times 156 \\
&= \underline{\underline{13\,780 \text{ Kč}}}
\end{aligned}$$

Provedeme-li tento výpočet pro všechna zařízení vyskytující se v elektrické stanici a výsledky sečteme, dostaneme čas potřebný pro vykonání údržby v rámci jednoho roku vyjádřený peněžní částkou, neboli roční náklady na mzdy pracovníků údržby.

Z důvodu nedostatečného množství dat chybějí informace o některých rozvodných zařízeních.

### **Náklady na materiál**

Materiál potřebný pro vykonávání údržby je velmi různorodý. Jedná se zejména o maziva, izolační látky, elektroinstalační materiál, čističe a rozpouštědla, náhradní díly atd. Ceny materiálu potřebného při vykonávání údržby rozveden se rychle mění. Také množství spotřebovaného materiálu je různé. Pro určení průměrné spotřeby materiálu na jednotlivá rozvodná zařízení by bylo zapotřebí vést dlouholetou statistiku. Obecně lze náklady na materiál vypočítat jako:

$$\text{náklady na materiál} = \text{cena za jednotkové množství materiálu} \times \text{spotřebované množství za 1 rok}$$

## **4.2 Ostatní náklady**

### **Náklady na obsluhu**

Pro spolehlivý provoz je důležité zajistit obsluhu rozveden. Výpočtem získáme časovou náročnost obsluhy, vyjádřenou peněžně. Rozvodny mohou být s trvalou obsluhou, bez trvalé obsluhy, a nebo bez obsluhy. V praxi se nejčastěji setkáme s rozvodnami bez trvalé obsluhy.

$$\text{Náklady na obsluhu} = \text{doba obsluhy za rok} \times \text{průměrná hodinová mzda zaměstnance}$$

### **Náklady na dopravu pracovníků**

Nezanedbatelnou položkou nákladů na spolehlivý provoz rozvoden je doprava pracovníků obsluhy a údržby mezi rozvodnami. K tomuto účelu využívají služebních vozů ve kterých převáží i materiál a nástroje potřebné ke své práci. Do ročních nákladů za dopravu je tedy nutné zahrnout: pořizovací náklady vozů přepočítané na roky používání, pohonné hmoty, servis vozů, silniční daň a pojištění vozu.

### **Náklady na modernizaci**

Pro zajištění spolehlivého provozu rozvoden je dobré vyměňovat stará zařízení za nová. Při renovacích je ovšem vždy nutné hledět na ekonomickou výhodnost výměny. Pro výpočet stanovení okamžiku obnovy zařízení využíváme diagramy stanovení normativu pro obnovu a dispoziční doby provozu. Každá rozvodna vyžaduje individuální přístup a není proto možné obecně stanovit průměrná roční náklady na modernizaci a zahrnout je do výpočtů.

Sečteme-li všechny výše uvedené náklady dostaneme jako výsledek celkové roční náklady na zajištění spolehlivého provozu dané rozvodny a její zařízení.

## **4.3 Optimalizace nákladů**

Základem jakékoliv optimalizace je dostatečné množství dat o optimalizovaném předmětu. V případě optimalizace nákladů na spolehlivý provoz rozvodny je důležité vést dlouhodobou a podrobnou databázi o rozvodných zařízeních a to nejlépe v elektronické podobě. Pomocí takto získaných dat je poté možné vypracovat přehled parametrů jednotlivých rozvodných zařízení a to zejména:

- průměrnou časovou náročnost údržby zařízení
- průměrnou spotřebu materiálu při údržbě zařízení
- průměrnou četnost údržby a poruch zařízení
- počet osob nutných k vykonání údržby zařízení
- nutnost speciálních nástrojů a techniky k vykonání údržby zařízení

Díky takovému přehledu můžeme optimalizovat počet pracovníků, zásobu materiálu a náhradních dílů, počet vozů, okamžik obnovy zařízení, nebo dobu obsluhy rozvodny. Zásadním nedostatkem je často špatné vedení takovýchto databází a ke snížení nákladů dospějeme především kvalitní analýzou.



## 5 Platná legislativa

Elektrická zařízení je možné provozovat pouze ve stavu odpovídajícímu platným technickým normám a v souladu s právními předpisy. Provozovatel elektrického zařízení má povinnost vypracovat analýzu elektrického nebezpečí, podle které osoba zodpovědná za provoz určuje a schvaluje pracovní postupy. Osoba provádějící činnost na elektrickém zařízení musí mít platnou elektrotechnickou kvalifikaci. Provoz a údržba elektrických stanic se řídí následujícími normami:

- ČSN 33 1500 - Revize elektrických zařízení
- ČSN 33 2000-6 - Provádění výchozích a pravidelných revizí v elektrických instalacích a vypracování zpráv o revizích
- ČSN 33 3201 - Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV
- ČSN EN 61936-1 - Elektrické instalace nad AC 1 kV
- ČSN 69 0012 - Tlakové nádoby, lahve na plyn
- ČSN 33 0121 - Elektrotechnické předpisy - Jmenovitá napětí veřejných distribučních sítí NN
- ČSN EN 50341-1 - Elektrická vedení s napětím nad AC 1 kV. Část 1
- ČSN EN 50341-2 - Elektrická vedení s napětím nad AC 1 kV. Část 2
- ČSN EN 61140 ED.2 - Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení

## 6 Závěr

Provoz a údržba elektrických stanic vyžaduje specifický přístup podložený přísnými pravidly. V první kapitole jsme se proto seznámili s řádem preventivní údržby, který stanovuje postupy při údržbě rozvodných zařízení. Vysvětlili jsme si jaké činnosti údržba rozvodu zahrnuje, jakým způsobem se dělí a jakou souvislost má údržba rozvodných zařízení se spolehlivým provozem rozvodny.

Pro snadnější pochopení údržby nejdůležitějších rozvodných zařízení jsme se ve druhé kapitole věnovali popisu jejich funkcí a technických částí. Tato kapitola byla sepsána na základě technické literatury věnující se elektrickým stanicím.

Samotná údržba rozvodných zařízení je popsána v kapitole třetí. Ke každému z uvedeného zařízení jsou v této kapitole sepsány úkony prováděné při běžné a při diagnostické údržbě. Jednotlivé úkony jsou psány chronologicky tak, jak jsou v praxi běžně po sobě prováděny. Též se u některých zařízení dozvíme, jaké jsou jejich nejčastější poruchy, a jak těmto poruchám předcházet. Na konci kapitoly se můžeme seznámit s častými nedostatky při provádění údržby a se způsoby, kterými je možné nedostatky odstranit. Třetí kapitola vychází z vlastních zkušeností autora, z odborné literatury a z interních dokumentů PRE.

Ve čtvrté kapitole jsou podrobeny finanční analýze činnosti, kterým se věnujeme v kapitolách předcházejících. Ukázali jsme si univerzální výpočet, kterým můžeme za pomoci vytvořených tabulek spočítat náklady na zabezpečení spolehlivého provozu typicky řešené rozvodny v rámci jednoho roku. Vlivem nedostatečného množství dat jsou však tabulky neúplné a jejich využitelnost je tím snížena. Předvedli jsme si také kroky, vedoucí k optimalizaci nákladů a popsali si důležitost vedení databází.

Vzhledem ke specifickým požadavkům a nebezpečím, hrozícím při práci v blízkosti elektrických zařízení, jsou v poslední kapitole vypsány platné technické normy.

V poli elektrotechniky se setkáváme s rychlým vývojem a modernizací elektrických zařízení a tomu je nutné přizpůsobovat i způsob jejich provozu a údržby. I přesto, že se dnes nově zřizovaná zařízení označují za bezúdržbová, tak i ta vyžadují patřičnou péči a kontrolu provozu.

## 7 Seznam literatury

1. TŮMA, Jiří. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: Conte, 2006. ISBN 80-239-6483-6.
2. SCHMIDT, Karel. *Řád preventivní údržby (interní dokument)*. 2017
3. KRYCHTÁLEK, Zbyněk a Josef PAUZA. *Elektrické stanice*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1989. ISBN 80-03-00075-0.
4. FENCL, František. *Rozvodná zařízení*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-01798-2.
5. HRBEK, V. *Instalace, provoz a údržba transformátorů*. B.m.: SNTL, 1954. Řada energetické literatury. ISBN není uvedeno.
6. KALINOVSKÝ, Rudolf. *Vypínače VVN a jejich údržba*. B.m.: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. ISBN není uvedeno.
7. SANTARIUS, Pavel. *Elektrické stanice a vedení*. Dotisk. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1993. ISBN 80-7078-032-0.

## 8 Seznam obrázků a tabulek

|   |        |
|---|--------|
| Obrázek 1: Běžná údržba v pevných časových intervalech..... | - 13 - |
| Obrázek 2: Běžná údržba na základě stavu zařízení.....      | - 14 - |
| Obrázek 3: Běžná údržba do poruchy.....                     | - 15 - |
| Obrázek 4: Tepelný výměník s ventilátory.....               | - 20 - |
| Obrázek 5: Teploměr transformátoru.....                     | - 20 - |
| Obrázek 6: Vypínač 110 kV se zhašecím plynem SF6.....       | - 22 - |
| Obrázek 7: Odpojovač 22 kV (opojený stav).....              | - 23 - |
| Obrázek 8: Základná schéma zapojení bloků ochrany.....      | - 24 - |
| Obrázek 9: Záložní zdroj - soustava akumulátorů.....        | - 26 - |
| Obrázek 10: Uživatelské rozhraní řídicího systému.....      | - 27 - |
| Obrázek 11: Analogové ovládání skříně 22 kV.....            | - 28 - |
| Obrázek 12: Digitální ovládání skříně 110 kV.....           | - 28 - |
| <br>  |        |
| Tabulka 1: Časová náročnost - pohledová kontrola.....       | - 35 - |
| Tabulka 2: Časová náročnost - opravy poruch.....            | - 36 - |
| Tabulka 3: Časová náročnost - běžná údržba.....             | - 37 - |
| Tabulka 4: Časová náročnost - diagnostika.....              | - 38 - |

## 9 Seznam použitých zkratek

|                 |                                  |
|-----------------|----------------------------------|
| NN              | Nízké napětí                     |
| PTN             | Přístrojový transformátor napětí |
| PTP             | Přístrojový transformátor proudu |
| ŘPÚ             | Řád preventivní údržby           |
| SF <sub>6</sub> | Fluorid sírový                   |
| VN              | Vysoké napětí                    |
| VVN             | Velmi vysoké napětí              |
| ZRP             | Zvláštní režim provozu           |