

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vybrané práce pod napětím na hladině VN v ČEZ  
Distribučních službách s.r.o. a jejich vliv na spolehlivost  
dodávky elektrické energie**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal FRONĚK**  
Osobní číslo: **E11N0006K**  
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Vybrané práce pod napětím na hladině VN v ČEZ Distribučních službách s.r.o. a jejich vliv na spolehlivost dodávky elektrické energie**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte ucelený přehled popisující metody a postupy vybraných prací pod napětím, používaných v ČEZ Distribučních službách s.r.o.
2. Proveďte analýzu současné situace v používání pracovních postupů vybraných prací pod napětím v ČEZ Distribučních službách z hlediska počtu provedených prací, doby trvání práce a velikosti protékajícího proudu.
3. Zpracujte analýzu vlivu vybraných prací pod napětím na ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie SAIFI, SAIDI a CAIDI.
4. Navrhnete rozvoj vybraných prací pod napětím pro zlepšení ukazatelů spolehlivosti dodávky elektrické energie SAIFI, SAIDI a CAIDI. Porovnejte s variantou neprovádění vybraných prací pod napětím.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 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. Konstantin Schejbal, CSc.**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce:

**15. října 2012**

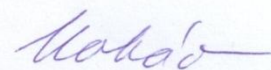
Termín odevzdání diplomové práce:

**9. května 2013**



Doc. Ing. Jiri Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

## **Abstrakt**

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na analýzu vlivu provádění vybraných prací pod napětím na hladině VN ve společnosti ČEZ Distribuční služby, s.r.o. na systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI, SAIDI a CAIDI.

## **Klíčová slova**

SAIFI, SAIDI, CAIDI, spolehlivost dodávky elektřiny, práce pod napětím

## **Abstract**

This thesis is focused on the analysis of the implementation of selected live working at medium voltage in CEZ Distribution Services Ltd. on indicators continuity of electricity distribution SAIFI, SAIDI and CAIDI.

## **Key words**

SAIDI, SAIFI, CAIDI, reliability of electricity supply, live working

## **Prohlášení**

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

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

.....  
podpis

V Ústí nad Labem dne 2.5.2013

Michal Froněk

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval všem, díky jejichž vstřícnému přístupu a pochopení jsem se mohl celých pět let věnovat studiu, především své rodině, na kterou jsem v těchto letech neměl tolik času, kolik bych chtěl.

## Obsah

<b>ZÁKLADNÍ POJMY A ZKRATKY .....</b>	<b>10</b>
<b>ZÁKLADNÍ POJMY .....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>1 PPN V ČDS.....</b>	<b>13</b>
1.1 METODY PPN .....	14
1.1.1 PPN metodou na vzdálenost .....	14
1.1.2 PPN metodou v dotyku .....	15
1.1.3 PPN metodou na potenciálu .....	16
1.1.4 PPN metodou C3M – kombinace základních metod.....	17
1.2 PRACOVNÍ POSTUPY PPN .....	17
1.2.1 Popis pracovního postupu PPN .....	17
1.2.2 Pracovní postupy PPN v ČDS.....	18
1.3 ZVLÁŠTNÍ REŽIM PROVOZU .....	19
1.3.1 Význam ZRP.....	19
1.3.2 Technická a organizační opatření ZRP .....	19
1.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MOŽNOST PROVEDENÍ A DÉLKU PROVÁDĚNÍ PPN .....	20
<b>2 VYUŽITÍ PPN V ČDS.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Sledování a vyhodnocení PPN v ČDS .....	21
2.1.2 Vyhodnocení počtu provedených pracovních postupů PPN.....	22
2.1.3 Vyhodnocení počtu pracovních postupů PPN provedených ze žebříku.....	25
2.1.4 Vyhodnocení PPN z hlediska protékajících proudů.....	25
2.1.5 Vyhodnocení PPN z hlediska délky provádění, porovnání časové náročnosti PPN s prací za vypnutého stavu zařízení.....	28
<b>3 VLIV PPN NA SYSTÉMOVÉ UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> A CAIDI<sub>s</sub> .....</b>	<b>30</b>
3.1 UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY .....	30
3.2 VÝPOČET SYSTÉMOVÝCH UKAZATELŮ NEPŘETRŽITOSTI PŘENOSU NEBO DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI <sub>s</sub> , SAIDI <sub>s</sub> A CAIDI <sub>s</sub> .....	31
3.2.1 SAIFI <sub>s</sub> .....	31
3.2.2 SAIDI <sub>s</sub> .....	32
3.2.3 CAIDI <sub>s</sub> .....	32
3.3 VLIV PPN NA SYSTÉMOVÉ UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI <sub>s</sub> , SAIDI <sub>s</sub> A CAIDI <sub>s</sub> ÚVOD .....	32
3.3.1 Systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI <sub>s</sub> , SAIDI <sub>s</sub> a CAIDI <sub>s</sub> v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever .....	33
3.3.2 PPN provedené v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever, ovlivnění systémových ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIDI <sub>s</sub> a SAIFI <sub>s</sub> a CAIDI <sub>s</sub> .....	34
3.3.2.1 Provedené zásahy PPN.....	34
3.3.2.2 Omezené distribuční trafostanice, protékající proud, počet zákazníků na jednu distribuční trafostanici.....	35
3.3.2.3 Výpočet vlivu provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI <sub>s</sub> , SAIDI <sub>s</sub> a CAIDI <sub>s</sub> ze získaných údajů.....	38
<b>4 VÝVOJ PPN V ČDS, VLIV ZMĚN V PROVÁDĚNÍ PPN NA UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> A CAIDI<sub>s</sub> .....</b>	<b>39</b>
4.1 PRŮMĚRNÉ HODNOTY OVLIVNĚNÍ UKAZATELŮ NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI <sub>s</sub> A SAIDI <sub>s</sub> A CAIDI <sub>s</sub> NA I SKUPINU PPN .....	39



---

4.2	UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY ZA CELÉ DISTRIBUČNÍ ÚZEMÍ DSO .....	43
4.3	VLIV ZMĚN V PROVÁDĚNÍ PPN NA UKAZATELE NEPŘETRŽITOSTI DISTRIBUCE ELEKTŘINY SAIFI <sub>s</sub> SAIDI <sub>s</sub> A CAIDI <sub>s</sub> .....	44
4.3.1	<i>Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření PPN o jednu skupinu PPN.....</i>	44
4.3.2	<i>Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření PPN o dvě skupiny PPN.....</i>	45
4.3.3	<i>Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě neprovádění PPN .....</i>	46
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>		<b>48</b>

---

## Základní pojmy a zkratky

### Základní pojmy

Práce pod napětím (PPN) – Vybrané práce pod napětím, prováděné na venkovním vzdušném vedení VN

Systémové ukazatele – ukazatele nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny vyjadřující parametry kvality dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice souhrnně za všechny napěťové hladiny obsažené v dané síti

Pracovní postup PPN – schválený pracovní postup, dle kterého lze vykonávat vybrané práce pod napětím

Zvláštní režim provozu (ZRP) – soubor organizačních a technických opatření zajišťujících bezpečnost osob provádějících pracovní činnosti na elektrickém zařízení VN postupy a metodami PPN. [6, s. 4]

Úsečník (ÚO) – Úsekový odpínač nebo odpojovač sloužící k manipulacím na venkovním vzdušném vedení VN

Zásah PPN – Práce prováděná metodami PPN, během níž může být provedeno několik pracovních postupů PPN

### Seznam symbolů a zkratk

ČDS .....ČEZ Distribuční služby, s.r.o.

DSO .....ČEZ Distribuce, a.s.

ZČE .....Západočeská energetika a.s.

EdF .....Électricité de France

PPN.....Vybrané práce pod napětím na venkovním vzdušném vedení VN

SAIFI.....System Average Interruption Frequency Index [1, s. 4] - Systémový ukazatel počtu přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v soustavě v hodnoceném období

SAIDI .....System Average Interruption Duration Index [1, s. 4] - Systémový ukazatel průměrné doby trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v soustavě v hodnoceném období

CAIDI.....Customer Average Interruption Duration Index [1, s. 4] - Systémový ukazatel průměrného trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v soustavě v hodnoceném období

VVN .....	Velmi vysoké napětí
VN .....	Vysoké napětí
NN .....	Nízké napětí
ZRP .....	Zvláštní režim provozu
DTS .....	Distribuční trafostanice
ÚO .....	Úsekový odpojovač
DOÚO.....	Dálkově ovládaný úsekový odpojovač
PB .....	Podpěrný bod
$\cos\varphi$ .....	Účinník vyjadřující podíl činného a zdánlivého výkonu
U .....	Napětí
I .....	Proud
t.....	Čas
n <sub>j</sub> .....	Počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny
t <sub>j</sub> .....	Čas, po který jsou zákazníci omezeni na distribuci elektřiny
N <sub>s</sub> .....	Počet vztažných zákazníků
C3M.....	Kombinace 3 metod PPN
B-PPN.....	Příkaz B pro práce pod napětím

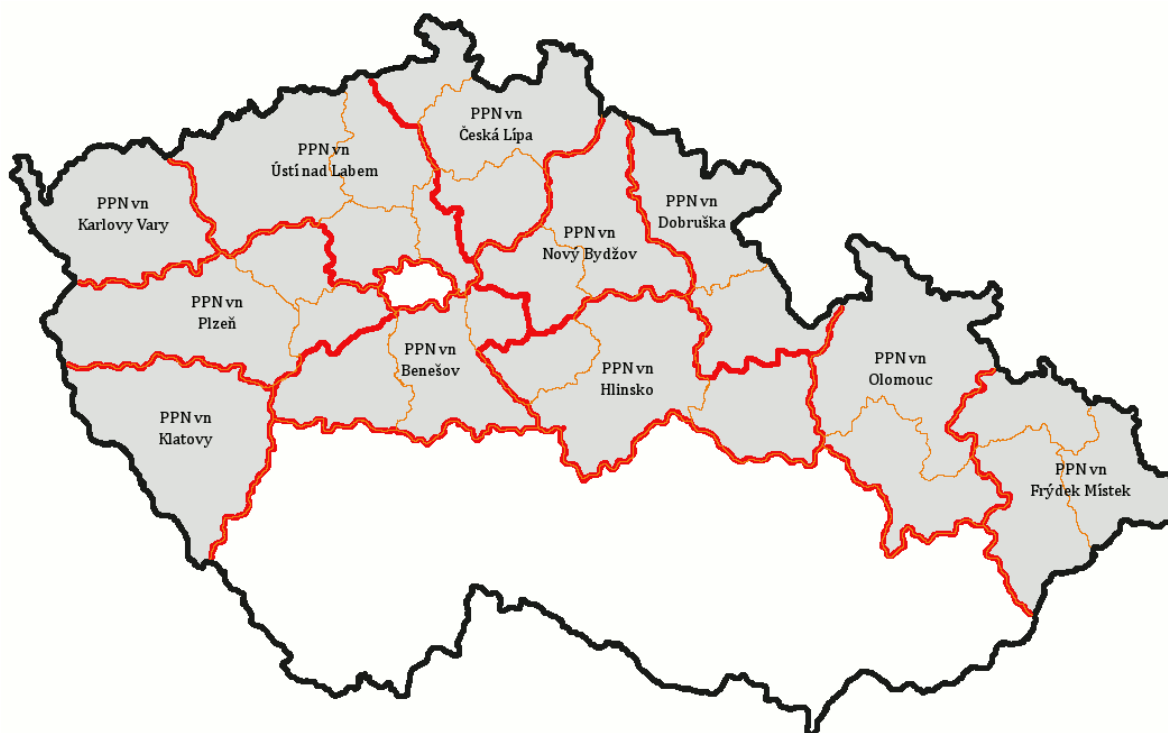
## **Úvod**

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na analýzu vlivu provádění PPN na hladině VN ve společnosti ČEZ Distribuční služby, s.r.o. (ČDS) na systémové ukazatele nepřetržitosti dodávky elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> na distribučním území ČEZ Distribuce (DSO).

Text je rozdělen do čtyř částí. První popisuje přehled metod a pracovních postupů PPN používaných v ČDS, druhá analyzuje současnou situaci v používání těchto postupů z hlediska počtu, doby trvání prací a velikosti protékajícího proudu. Třetí část analyzuje vliv PPN na nepřetržitost dodávky elektrické energie z hlediska systémových ukazatelů spolehlivosti SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>. Čtvrtá část se zabývá porovnáním rozvoje a neprovádění PPN v ČDS a jeho vlivem na zlepšení hodnot ukazatelů nepřetržitosti dodávky elektřiny.

## 1 PPN v ČDS

Práce pod napětím na elektrickém zařízení se v české republice řídí normou PNE 33 0000-6 Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie [5, s. 19] a dělí se na práce běžné, práce na zařízení vypnutých ale jinak nezajištěných a na práce prováděné metodami PPN. Tato diplomová práce se zabývá pouze prováděním PPN na venkovních vzdušných vedeních na hladině VN do hodnoty napětí 35 kV. PPN v ČDS tak jak jsou prováděny v současnosti, vycházejí z technologických postupů převzatých od francouzské společnosti EDF. Pro tento způsob provádění byla v roce 2000 v bývalé regionální distribuční společnosti ZČE, a.s. zřízena a vyškolená první skupina PPN v české republice. Díky pozitivním výsledkům práce této skupiny poté došlo k rozšíření PPN i do dalších regionálních distribučních společností. ČDS v současnosti disponuje jedenácti skupinami PPN rozmístěnými v jednotlivých regionech a to tak, že v regionech západ a východ po třech skupinách PPN, v regionech sever a Morava po dvou skupinách PPN a v regionu střed je jedna skupina PPN. Skupin provádějících PPN je v ČDS méně než Oddělení VN, NN, proto téměř všechny skupiny PPN pokrývají oblast působnosti více těchto oddělení. Rozmístění skupin PPN v ČDS společně s oblastmi působnosti jednotlivých Oddělení VN, NN je znázorněno na obrázku 1.



Obrázek 1: Rozmístění skupin PPN na distribučním území DSO

## 1.1 Metody PPN

PPN zahrnuje tři základní a jednu doplňkovou metodu PPN.

### **Základní metody PPN:**

- na vzdálenost
- v dotyku
- na potenciálu

### **Doplňková metoda PPN:**

- C3M kombinace třech základních metod

### 1.1.1 PPN metodou na vzdálenost

Princip této metody PPN spočívá v použití izolovaných pomůcek umožňujících provádějícím pracovníkům pracovat za dodržení předepsané vzdálenosti od živých částí zařízení. Základními pomůckami používanými při této metodě PPN jsou zejména izolované tyče společně s různými druhy pracovních nástavců, a pomůcky k zakrytí živých i neživých částí zařízení jako izolační příkrývky a protektory vyrobené ze syntetických materiálů. Práce lze provádět z koše izolované i neizolované pracovní plošiny, ze žebříků připevněných k podpěrnému bodu, nebo přímo z konstrukce podpěrného bodu. Výhodou této metody je možnost práce i při malých srážkách nebo sněžení, nevýhodou je větší obtížnost a časová náročnost jednotlivých úkonů oproti práci ostatními metodami, která je způsobena použitím izolovaných tyčí, tedy vzdáleností pracovníků od příslušné části zařízení. Přestože je tato metoda detailně zpracována a popsána do jednotlivých pracovních postupů a skupiny PPN jsou vybaveny nejmodernějšími pomůckami, nelze s její pomocí realizovat všechny úkony, které jsou na vzdušných vedeních VN požadovány. Tato pracovní metoda PPN je vhodná především k rozpojování a spojování vedení, připojování a odpojování zařízení sítě a provádění prací na odpínačích a odpojovačích nového typu dle řádu preventivní údržby.



Obrázek 2: PPN metodou na vzdálenost

### 1.1.2 PPN metodou v dotyku

Během použití této metody PPN jsou provádějící pracovníci vybaveni speciálními izolačními rukavicemi a rukávy určenými pro příslušnou hodnotu napětí. Použitím těchto rukavic je pracovníkům umožněn přímý kontakt ruky s částí zařízení pod napětím, přičemž pracovníci musí dodržet požadovanou vzdálenost od ostatních živých i neživých částí. Tuto metodu lze aplikovat pouze z koše izolované pracovní plošiny, nebo izolované plošinky umístěné na podpěrný bod. V ČDS není tato izolovaná plošinka používána, všechny práce metodou v dotyku jsou prováděny z koše izolované pracovní plošiny. Výhodou této metody je přiblížení pracovníků na krátkou vzdálenost k zařízení. Toto přiblížení pracovníkům umožňuje důkladnou prohlídku zařízení a provádění požadovaných úkonů s vysokou přesností a přehledem. Nevýhodou je možnost práce pouze za příznivých atmosférických podmínek, nutnost zajištění izolované pracovní plošiny až k místu práce a nemožnost měnit provozní stav zařízení (rozpojování a spojování vedení). Nejčastěji jsou touto pracovní metodou PPN měněny podpěrné, závěsné i tahové izolátory a instalovány všechny typy používaných ochranných proti dosedání ptactva.

### **1.1.3 PPN metodou na potenciálu**

Pouze pomocí izolované pracovní plošiny lze provádět PPN metodou na potenciálu. Tato metoda PPN spočívá v přiblížení pracovníků přímo k živé části zařízení pod napětím a jejich uvedení na stejný elektrický potenciál. Pracovníci nejsou vybaveni speciálními izolačními rukavicemi, dotýkají se částí pod napětím holou rukou, přičemž musí dodržet požadovanou vzdálenost od ostatních živých i neživých částí s rozdílným elektrickým potenciálem. Vnitřní část koše izolované pracovní plošiny musí být vybavena kovovou vložkou, všechny vodivé části musí být vodivě spojeny a uvedeny na stejný potenciál, na který jsou připojeni provádějící pracovníci. Výhodami této metody jsou opět přiblížení na krátkou vzdálenost k zařízení, důkladná prohlídka zařízení a dále díky absenci speciálních izolovaných rukavic i vyšší přesnost při provádění pracovních úkonů vyžadujících cit v rukou, než u metody v dotyku. Nevýhody metody jsou stejné jako u metody v dotyku, tedy možnost práce pouze za příznivých atmosférických podmínek, nutnost zajetí izolované pracovní plošiny až k místu práce a nemožnost měnit provozní stav zařízení (rozpojování a spojování vedení). Tato pracovní metoda PPN je vhodná především pro opravy porušených vodičů v rozpětí a montáž jednopólových odpojovačů.



**Obrázek 3: PPN metodou na potenciálu**



#### **1.1.4 PPN metodou C3M – kombinace základních metod**

Doplňková metoda PPN se nazývá C3M. Tato metoda spočívá v kombinaci základních metod během jednoho pracovního postupu, přičemž smí být každá metoda použita pouze samostatně. Všichni provádějící pracovníci tedy v jednom okamžiku pracují stejnou metodou a pouze po jejím ukončení mohou přejít na metodu jinou. Jedná se o velmi často používanou metodu, která zvyšuje možnosti provedení PPN eliminací nevýhod jednotlivých metod. Kombinace základních metod PPN je využívána především pro složitější pracovní postupy jako je výměna úsečníků a výměna podpěrných bodů.

### **1.2 Pracovní postupy PPN**

PPN lze vykonávat pouze podle předem vypracovaných a schválených pracovních postupů, se kterými musí být provádějící pracovníci seznámeni. Každý pracovní postup je vypracován na konkrétní pracovní činnost a obsahuje informace potřebné k bezpečnému provedení práce.

#### **1.2.1 Popis pracovního postupu PPN**

**Pracovní postup pro PPN specifikuje tyto požadavky:**

- počet provádějících pracovníků včetně vedoucího práce
- kvalifikaci pracovníků dle vyhlášky č. 50/1978 ČÚBP a ČBÚ
- vybavení ochrannými pomůckami
- vybavení pracovními pomůckami
- použitou pracovní metodu
- použité předpisy
- popis přípravných prací
- popis řízení a provádění práce
- ukončení práce
- povolené výjimky a odchylky

## 1.2.2 Pracovní postupy PPN v ČDS

V současné době má ČDS zpracovaných 23 pracovních postupů PPN.

### Pracovní postupy PPN v používané v ČDS:

1. Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení
2. Výměna podpěrného izolátoru
3. Výměna kotevního izolátorového řetězce
4. Výměna závěsného izolátorového řetězce
5. Výměna konzoly
6. Oprava vodiče
7. Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů
8. Montáž kluzných zábran
9. Montáž hřebenových zábran
10. Montáž zábran na podpěrné izolátory
11. Montáž svislého nebo podkošového přístroje
12. Montáž venkovního omezovače přepětí
13. Připojení napěťového transformátoru pro DO ÚO
14. Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení
15. Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení
16. Výměna odpojovače umístěného na vrcholu PB
17. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolí pod ÚO
18. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ
19. Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původního rámu, za podkošový typ
20. Montáž svislého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení
21. Kalibrace Švédské nuly
22. Výměna podpěrného bodu
23. Montáž snímačů magnetického pole [5, s. 38-39]

### 1.3 Zvláštní režim provozu

Na venkovních vzdušných vedeních VN je k zajištění bezpečnosti provádějících pracovníků a zařízení během provádění PPN zaveden ZRP. Ten je zřízen vždy před započítáním vykonávání PPN a spočívá v technických a organizačních opatřeních, které koordinuje dispečer technického dispečinku DSO příslušné napěťové hladiny po dohodě s vedoucím práce PPN. ZRP je vždy po ukončení PPN zrušen.

#### 1.3.1 Význam ZRP

- Minimalizace rizika úrazu při chybné manipulaci pracovníků provádějících PPN
- Snížení rizika vyplývajícího z možného výskytu přepětí v době vzniku zemního spojení v místě provádění PPN [5, s. 24]
- Zabezpečení zvýšené spolehlivosti spojení mezi dispečerem technického dispečinku DSO a vedoucím práce umožňující okamžité přerušování práce při vzniku jakéhokoliv nepříznivého provozního stavu zařízení

#### 1.3.2 Technická a organizační opatření ZRP

- Manipulace zjednodušující zapojení distribuční soustavy
- Změna nastavení ochran vedení, na kterých je PPN prováděna a vedení která toto vedení křížují, nebo s ním jsou v souběhu na společných podpěrných bodech. Na ochranách jsou nastaveny minimální vypínací časy, automatiky OZ a automatické zásoky jsou vyřazeny a signalizace napěťového zemního relé je přepojena ze stavu signalizace do stavu vypnutí pro vypínač vývodu, na kterém je PPN prováděna.
- Spojení mezi dispečerem technického dispečinku DSO a vedoucím práce je zajištěno pomocí dvou komunikačních prostředků (mobilní telefon + radiostanice, nebo 2 mobilní telefony)
- Zákaz opětovného zapnutí vedení, na kterém je PPN prováděna po jeho výpadku bez vyjasnění příčiny výpadku mezi dispečerem technického dispečinku DSO a vedoucím práce
- Výrobní elektřiny s instalovanými generátory s cizím buzením o celkovém instalovaném výkonu větším než 500 kVA připojené na vedení, na kterém má být ZRP zřízen, musí být odpojeny, převedeny do ostrovního režimu nebo na jiné vedení.

## 1.4 Faktory ovlivňující možnost provedení a délku provádění PPN

Možnost provedení PPN je ovlivněna řadou faktorů, z nichž některé lze eliminovat technickými opatřeními, avšak některé jsou nepředvídatelné a nelze je nikdy vyloučit. Některé faktory ovlivňují pouze dobu provádění, některé však zcela vyloučí možnost provedení práce metodou PPN.

Mezi faktory ovlivňující délku nebo možnost provádění PPN patří:

- Technické provedení zařízení – dostatečná vzdálenosti a přístupnost částí, na kterých se má pracovat
- Technický stav zařízení - zařízení nesmí být poškozeno takovým způsobem, že hrozí nebezpečí jeho dalšího poškození nebo výpadku dodávky elektřiny při PPN na tomto zařízení
- Provozní zapojení sítě, případné odstávky na souvisejících vedeních, záloha důležitých vedení
- Vybavení rozvoden technickými prostředky umožňující zřízení ZRP
- Přístupnost zařízení pro pracovní plošinu PPN (ne všechny pracovní postupy lze provést z podpěrného bodu, nebo ze žebříků)
- Atmosférické podmínky

Proveditelnost pracovních postupů PPN není zvlášť sledována a vyhodnocována. Pokud pracovník PPN posoudí požadavek na opravu jako nerealizovatelný metodami PPN, je zařízení odstaveno z provozu a práce je provedena metodou práce za vypnutého stavu. Z praktických zkušeností lze konstatovat, že pokud je možné na vedení zřídit ZRP, je pouze 10% požadavků na PPN odmítnuto z důvodu nerealizovatelnosti.

## 2 Využití PPN v ČDS

V ČDS je PPN využívána především k realizaci drobných oprav zařízení venkovního vzdušného vedení VN, k provádění údržby úsečníků VN nového typu dle řádu preventivní údržby a na činnosti související se stavebními pracemi na venkovním vzdušném vedení VN.



Obrázek 4: Výměna úsečniku metodou PPN

### 2.1.1 Sledování a vyhodnocení PPN v ČDS

Provedené PPN byly v minulosti v jednotlivých Distribučních společnostech až do konce roku 2006 evidovány odlišnými způsoby. V roce 2007 došlo ke sjednocení této evidence do jednotné formy. Provádění PPN je nyní sledováno u každé skupiny PPN samostatně, vyhodnocují se tyto údaje:

- 1) počet provedených pracovních postupů PPN
- 2) práce provedené ze žebříku (od roku 2011)
- 3) velikost proudu protékajícího vedením VN při provádění PPN (od roku 2009)
- 4) délka provádění PPN

## 2.1.2 Vyhodnocení počtu provedených pracovních postupů PPN

Požadavky na PPN se v jednotlivých regionech liší, avšak více než 85% prací je u všech skupin PPN provedeno pomocí těchto pracovních postupů PPN:

1. Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení
2. Výměna podpěrného izolátoru
7. Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů
10. Montáž zábran na podpěrné izolátory
14. Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení
15. Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení

Další pracovní postupy PPN jsou využívány v mnohem menším měřítku, u 14 z nich se využití pohybuje pod 1% z celkového počtu provedených prací. Nejčastěji prováděným pracovním postupem PPN je údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení. Tato údržba je z bezpečnostních a provozních důvodů prováděna pouze na odpínačích a odpojovačích VN nového typu. V roce 2011 byl v ČDS optimalizován plán preventivní údržby tak, aby každá skupina PPN prováděla údržbu na úsečnicích VN, které jsou pro tuto metodu nejvhodnější z hlediska jejich typu, počtu zákazníků kteří by byli omezeni při údržbě za vypnutého stavu a z hlediska dojezdových vzdáleností jednotlivých skupin PPN. Druhým nejčastěji využívaným postupem PPN je odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení. Pomocí tohoto postupu jsou do distribuční sítě VN připojována nová zařízení, dále je využíván k rozpojení nebo odpojení vedení pro výměnu dosluhujících zařízení jako například úsečníky VN za vypnutého stavu zařízení. Při tomto způsobu práce je úsečník pod napětím odpojen od sítě VN a po výměně dodavatelskou firmou opět metodou PPN připojen. Dalším využitím tohoto pracovního postupu PPN je vymezení úseků bez napětí při rekonstrukcích linek VN, případně linek VVN v místech kde křížují linky VN, vymezení úseku bez napětí pro akce montáže ochrany proti dosedání ptactva, pokud není ekonomicky výhodné tyto ochrany instalovat metodou PPN a podobně. Třetí nejčastěji využívaný pracovní postup je montáž zábran proti dosedání ptactva na podpěrné izolátory. Četnost jeho využití souvisí s novelou energetického zákona (zák. č. 158/2009 Sb.), která ukládá zabezpečit proti úrazu ptactva všechna vedení VN do r. 2024. Tyto zábrany jsou montovány jak při akcích zaměřených na osazení zábran na celém úseku, kde by bylo omezeno velké množství odběratelů, tak i na každý vyměněný podpěrný izolátor na konzolách kde je to vhodné s ohledem na ochranu ptactva před úrazem elektrickým proudem.

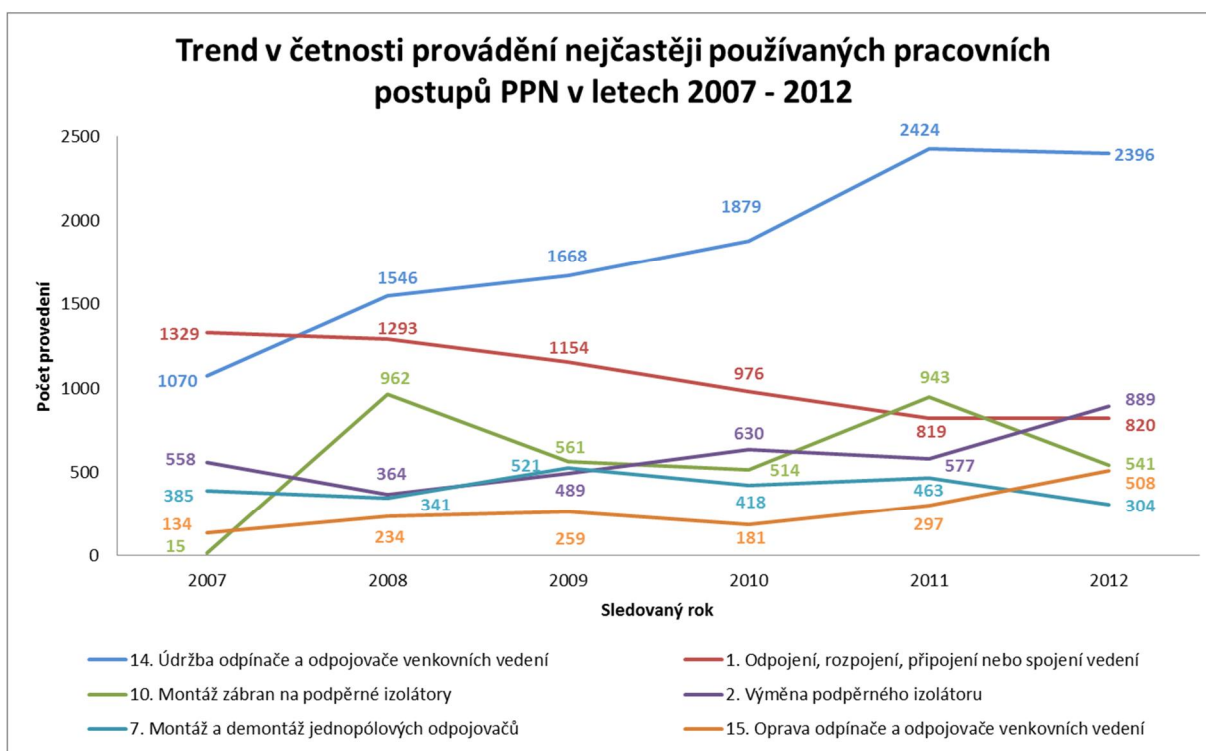


**Obrázek 5: Montáž ochran proti úrazu ptactva PPN - metodou v dotyku**

Čtvrtým nejčastěji používaným postupem PPN je výměna podpěrných izolátorů, které se prozatím velmi často vyskytují v síti VN. Tyto izolátory byly v minulosti v síti VN velmi často osazovány na rovinných konzolách a dnes jsou měněny z důvodu poškozených porcelánových částí, kdy hrozí porušení elektrické pevnosti izolátoru, nebo z důvodu poškozené litiny, kdy hrozí zhroucení izolátoru spolu s vodičem pod napětím na konzolu. Pátým nejčastěji využívaným postupem je montáž a demontáž jednopólových odpojovačů, které slouží k odpojení části vedení VN v místech kde je předpoklad opakovaného rozpojení a spojení. Manipulaci s těmito odpojovači mohou provádět pomocí speciálních izolovaných tyčí pracovníci oddělení VN, NN kteří nemusí být vyškoleni na PPN. V roce 2012 došlo k výraznému nárůstu provádění pracovního postupu oprava odpínače a odpojovače venkovního vedení. Touto metodou mohou být provedeny prakticky všechny typy oprav úsečnicků VN jako je například výměna vypínacích komor a kontaktů, výměna poškozených izolátorů, propojovacích měděných pásků, nebo seřízení dosedání kontaktů. Vývoj v provádění PPN od roku 2007 po současnost znázorňují tabulka 1 a graf na obrázku 6.

**Tabulka 1: Pracovní postupy PPN provedené v letech 2007 – 2012**

Název pracovního postupu PPN	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1. Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení	1329	1293	1154	976	819	820
2. Výměna podpěrného izolátoru	558	364	489	630	577	889
3. Výměna kotevního izolátorového řetězce	106	151	142	99	111	294
4. Výměna závěsného izolátorového řetězce	55	44	108	45	47	47
5. Výměna konzoly	72	55	47	91	75	87
6. Oprava vodiče	172	138	124	79	107	208
7. Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů	385	341	521	418	463	304
8. Montáž kluzných zábran	24	0	204	147	51	43
9. Montáž hřebenových zábran	0	9	2	2	6	6
10. Montáž zábran na podpěrné izolátory	15	962	561	514	943	541
11. Montáž svíslého nebo podkošového přístroje	4	21	29	9	4	11
12. Montáž venkovního omezovače přepětí	9	12	13	16	11	21
13. Připojení napěťového transformátoru pro DO ÚO	26	24	55	19	40	13
14. Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení	1070	1546	1668	1879	2424	2396
15. Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení	134	234	259	181	297	508
16. Výměna odpojovače umístěném na vrcholu PB	43	51	37	20	26	36
17. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolí pod ÚO	0	0	0	0	0	1
18. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ	19	7	6	1	7	2
19. Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původního rámu, za podkošový typ	5	2	0	0	1	0
20. Montáž svíslého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení	7	4	1	3	4	1
21. Kalibrace Švédské nuly	1	0	2	0	1	0
22. Výměna podpěrného bodu	13	5	5	4	9	6
23. Montáž snímačů magnetického pole	24	0	0	7	0	3
1. - 23. Celkem	4071	5263	5427	5140	6023	6237



**Obrázek 6: Graf nejčastěji prováděných postupů PPN v letech 2007 – 2012**



### 2.1.3 Vyhodnocení počtu pracovních postupů PPN provedených ze žebříku

Od roku 2011 bylo pro časovou náročnost vyšší než u PPN prováděných z montážní plošiny zavedeno také sledování PPN provedených ze žebříku. Vyšší časová náročnost je způsobena především instalací izolovaných žebříků a systému trojúhelníkového uspořádání dopravního lana na podpěrný bod a horší manipulací při práci metodou na vzdálenost ze žebříku. Často je také zdržením velká vzdálenost, na kterou je nutné vybavení potřebné k provedení práce dopravit od servisních vozidel k místu provádění PPN. PPN ze žebříku je prováděna zhruba v 10% z celkového počtu provedených prací. Přehled využití práce ze žebříku u jednotlivých postupů je zpracován v tabulce 2.

Tabulka 2: PPN provedené v roce 2012 pomocí žebříku

2012 - Pracovní postup PPN	počet provedení celkem	počet provedení ze žebříku	ze žebříku provedeno [%]
1. Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení	820	35	4,3%
2. Výměna podpěrného izolátoru	889	52	5,8%
3. Výměna kotevního izolátorového řetězce	294	0	0,0%
4. Výměna závěsného izolátorového řetězce	47	0	0,0%
5. Výměna konzoly	87	4	4,6%
6. Oprava vodiče	208	0	0,0%
7. Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů	304	0	0,0%
8. Montáž kluzných zábran	43	7	16,3%
9. Montáž hřebenových zábran	6	0	0,0%
10. Montáž zábran na podpěrné izolátory	541	29	5,4%
11. Montáž svislého nebo podkošového přístroje	11	0	0,0%
12. Montáž venkovního omezovače přepětí	21	0	0,0%
13. Připojení napěťového transformátoru pro DO UO	13	0	0,0%
14. Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení	2396	479	20,0%
15. Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení	508	3	0,6%
16. Výměna odpojovače umístěném na vrcholu PB	36	0	0,0%
17. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolí pod ÚO	1	0	0,0%
18. Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ	2	0	0,0%
19. Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původr	0	0	0,0%
20. Montáž svislého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení	1	0	0,0%
21. Kalibrace Švédské nuly	0	0	0,0%
22. Výměna podpěrného bodu	6	0	0,0%
23. Montáž snímačů magnetického pole	3	0	0,0%
č. 1. - 23. Celkem	6237	609	9,8%

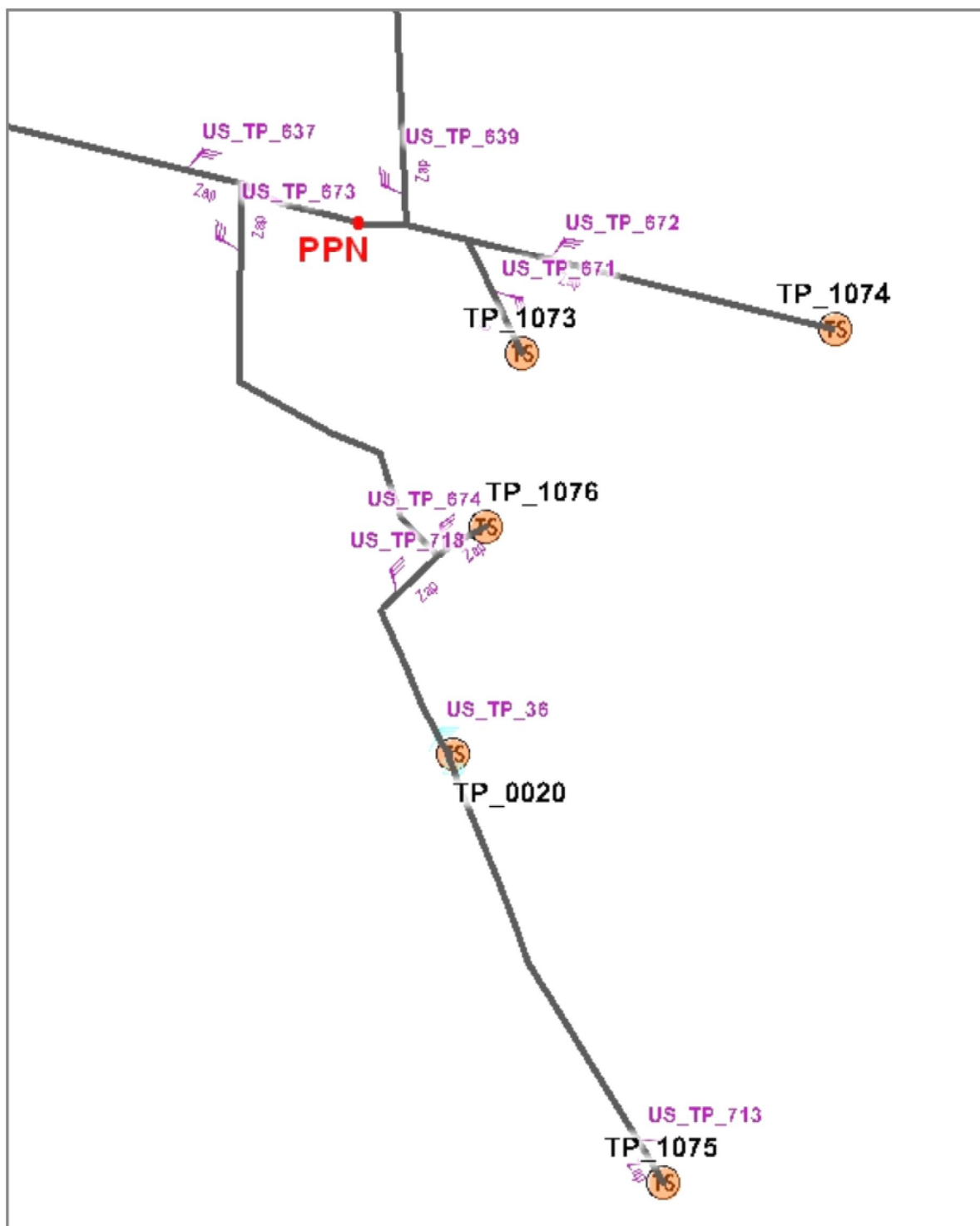
### 2.1.4 Vyhodnocení PPN z hlediska protékajících proudů

Ne ve všech případech je ekonomicky výhodné provádět práce na zařízení metodou PPN. Vhodnost nasazení metody PPN k provedení prací na zařízení VN je nejdříve vyhodnocena z ekonomického hlediska. K tomuto vyhodnocení je potřeba znát množství energie, která by nebyla v případě prací na zařízení za vypnutého stavu dodána zákazníkům.

Vztah pro výpočet nedodané energie je:

$$W = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot t \cdot \cos \varphi \quad (3.1)$$

kde  $U$  [V] je hodnota sdruženého napětí v síti,  $I$  [A] je hodnota proudu procházejícího v úseku, který by byl omezen v případě práce bez napětí,  $t$  [h] je čas po který by byl daný úsek odpojen a účinník je pro zjednodušení uvažován  $\cos \varphi = 1$ . Proud potřebný pro tento výpočet nelze jednoduchým způsobem vyhodnotit měřením. Měření procházejícího proudu je vypovídající pouze v případech kdy je práce PPN prováděna na odbočce vedení VN osazené mezi místem provádění PPN a spojením s hlavním vedením odpojovačem, kdy by byly v případě prací za vypnutého stavu zařízení odstaveny pouze distribuční trafostanice za tímto odpojovačem. V ostatních případech není měření proudu v místě provádění PPN vypovídající, jelikož nezohledňuje topologii sítě VN a možnosti napájení z jiných vývodů VN. Nejjednodušším způsobem vyhodnocení protékajícího proudu poskytujícím dostatečně vypovídající výsledky se ukázalo zjištění skutečného počtu trafostanic, které by byly omezeny na dodávce elektřiny a vynásobení tohoto počtu průměrnou hodnotou protékajícího proudu při napájení jedné trafostanice. Průměrná hodnota proudu, který protéká při napájení jedné trafostanice, byla stanovena na 4A. Touto hodnotou tedy vynásobíme počet trafostanic omezených na dodávce elektřiny a dostaneme požadovanou hodnotu protékajícího proudu potřebnou pro výpočet nedodané energie. Při stanovení protékajícího proudu z modelového příkladu při provádění PPN podle zapojení sítě znázorněném na obrázku 7. uvažujeme vypnutí všech trafostanic, a to z důvodu vymezení úseku vypnutím odpojovačů US\_TP\_639 a US\_TP\_637. Do výpočtu tedy dosadíme hodnotu 5 trafostanic a vynásobíme průměrným proudem 4A. Výsledný proud je tedy 20A. V místě provádění PPN však díky dvěma možným napájecím přívodům naměříme nevypovídající hodnotu procházejícího proudu.



Obrázek 7: Schéma zapojení sítě pro příklad vyhodnocení protékajícího proudu

### **2.1.5 Vyhodnocení PPN z hlediska délky provádění, porovnání časové náročnosti PPN s prací za vypnutého stavu zařízení**

PPN je prací prováděnou na zařízení pod napětím, tedy prací prováděnou pod dozorem vedoucího práce. Aby mohla být tato práce prováděna, je nezbytně nutné ve spolupráci s dispečinkem DSO na zařízení zřídit ZRP a vystavit příkaz B-PPN. Na příkazu B-PPN je evidován datum a čas začátku, konce a případného přerušování PPN. Tato data jsou dispečerem DSO evidována do informačního systému, kde jsou použita k vyhodnocení délky provádění PPN a výpočet hodnoty nedodané energie. Pokud porovnáme délku provádění PPN s délkou provádění stejné práce na vypnutém zařízení, musíme vzít v úvahu skutečnosti, které jsou důvodem vyšší časové náročnosti provádění PPN. PPN je nutno konat soustředěně, rozvážně, s plným vědomím odpovědnosti o stavu a nebezpečnosti zařízení, bez nemístného spěchu nebo časového nátlaku. [7, s. 32] Před započítáním PPN musí být provedena příprava všech potřebných pomůcek, v případě izolovaných pomůcek i jejich vyčištění a ošetření silikonem a teoretický rozbor prováděné práce včetně určení pracovních pozic jednotlivých pracovníků. Pokud není možné práce provádět z izolované pracovní plošiny PPN, je práce prováděna buď z konstrukce mřížového stožáru, nebo musí být na podpěrný bod instalována sestava izolovaných žebříků. Pro omezení pohybu pracovníků na zemi v blízkosti podpěrného bodu z bezpečnostních důvodů, je v těchto případech na podpěrný bod instalována trojúhelníková sestava pomocného lana s kladnicemi. Vlastní práce probíhá za dozoru vedoucího práce, který koordinuje všechny činnosti na pracovišti, provádějící pracovníci jsou mu přímo podřízeni a konají na jeho pokyny. Po celou dobu provádění musí provádějící pracovníci kontrolovat svou zónu pohybu tak, aby předešli možnému riziku úrazu elektrickým proudem. Při práci na vypnutém zařízení jsou zákazníci omezeni již během manipulací a zajišťování pracoviště předcházejícím vlastním vykonáváním prací a poté i během odjišťování pracoviště po jejím skončení a během manipulací vedoucí k obnovení dodávky elektrické energie. Tyto činnosti trvají v průměru 1,2 hodiny na každou prováděnou práci za vypnutého stavu zařízení. Porovnání časové náročnosti PPN a práce za vypnutého stavu zařízení společně s časem zajištění a odjištění pracoviště je znázorněno v tabulce 3.

**Tabulka 3: porovnání času PPN a práce za vypnutého stavu zařízení**

Pracovní postup		Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN [h]	Čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu zařízení [h]	Celkový čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu zařízení včetně zajištění a odjistižení pracoviště [h]	% vyjádření času potřebného k provedení práce za vypnutého stavu zařízení z času práce metodou PPN
č.1	Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení	2	0,5	1,7	85,00%
č.2	Výměna podpěrného izolátoru	2	0,5	1,7	85,00%
č.3	Výměna kotevního izolátorového řetězce	2	0,5	1,7	85,00%
č.4	Výměna závěsného izolátorového řetězce	2,5	0,5	1,7	68,00%
č.5	Výměna konzoly	6,5	1	2,2	33,85%
č.6	Oprava vodiče	2	1	2,2	110,00%
č.7	Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů	2,5	2	3,2	128,00%
č.8	Montáž kluzných zábran	2,5	1	2,2	88,00%
č.9	Montáž hřebenových zábran	2	0,5	1,7	85,00%
č.10	Montáž zábran na podpěrné izolátory	2	0,5	1,7	85,00%
č.11	Montáž svislého nebo podkošového přístroje	6,5	4	5,2	80,00%
č.12	Montáž venkovního omezovače přepětí	2,5	1,5	2,7	108,00%
č.13	Připojení napěťového transformátoru pro DO ÚO	4	4	5,2	130,00%
č.14	Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení	2	1	2,2	110,00%
č.15	Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení	3	1,5	2,7	90,00%
č.16	Výměna odpojovače umístěném na vrcholu PB	9	4	5,2	57,78%
č.17	Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolí pod ÚO	10	4	5,2	52,00%
č.18	Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ	10	4	5,2	52,00%
č.19	Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původního rámu, za podkošový typ	10	4	5,2	52,00%
č.20	Montáž svislého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení	6,5	4	5,2	80,00%
č.21	Kalibrace Švédské nuly	3	2	3,2	106,67%
č.22	Výměna podpěrného bodu	6,5	3,5	4,7	72,31%
č.23	Montáž snímačů magnetického pole	4	1,5	2,7	67,50%
č. 1 - 23	Celkem	103	47	74,6	72,43%

Z tabulky je zřejmé, že provádění pracovních postupů PPN je ve většině případů časově náročnější, než provedení stejné práce metodou za vypnutého stavu zařízení. Pro provádění práce metodami PPN naopak hovoří potřeba dodržení stanovených parametrů kvality distribuce elektřiny a proto je nutné přihlížet k počtu zákazníků, kteří by byli omezeni na distribuci elektřiny v případě vypnutí zařízení. V případě, že danou práci nelze provést metodami PPN je tyto metody možné využít k vymezení úseku tak, aby byl omezen co nejnižší počet zákazníků, nebo provést metodami PPN pouze její část.

### 3 Vliv PPN na systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>

Kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazateli nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny. [2, s. 3]

#### 3.1 Ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny

Ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI, SAIDI a CAIDI slouží k porovnání výkonnosti provozovatelů distribučních soustav. Zahrnují každé přerušení distribuce elektřiny zákazníkovu s dobou trvání delší než 3 minuty, bez ohledu na to, zda příčina vzniku byla v zařízení provozovatele distribuční soustavy nebo v zařízení jiného provozovatele. Za přerušení se přitom nepovažuje přerušení dodávky u zákazníka, jehož příčinou je jeho vlastní odběrné zařízení nebo elektrická přípojka v jeho vlastnictví a není při tom omezen žádný další zákazník. [3, s. 25]

Dle [4, s. 1] jsou kategorie přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny rozděleny

A. Podle doby trvání přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny na:

1. dlouhodobé – s dobou trvání delší než 3 minuty,
2. krátkodobé – s dobou trvání alespoň 1 sekunda a současně ne delší než 3 minuty.

B. Podle příčiny přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny dle tabulky 4. pro účely vykazování

**Tabulka 4: Kategorie přerušení distribuce elektřiny**

Kategorie přerušení		Číselné označení pro vykazování
1.	neplánované	
1. 1.	poruchové	
1. 1. 1.	způsobené poruchou mající původ v zařízení přenosové nebo distribuční soustavy provozovatele soustavy nebo jejím provozu	
1. 1. 1. 1.	za obvyklých povětrnostních podmínek	11
1. 1. 1. 2.	za nepříznivých povětrnostních podmínek	16
1. 1. 2.	způsobené v důsledku zásahu nebo jednání třetí osoby	12
1. 2.	vynucené	15
1.3	mimořádné	14
1. 4.	v důsledku události mimo soustavu a u výrobce	13
2.	plánované	2

### 3.2 Výpočet systémových ukazatelů nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>

Systémové ukazatele SAIFI, SAIDI a CAIDI vyjadřují průměrné hodnoty dopadů událostí na nepřetržitost distribuce elektřiny za všechny zákazníky celé distribuční soustavy. [1, s. 10]

Načítání přerušení distribuce elektrické energie a celkového počtu zákazníků při výpočtech obecných systémových ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny ilustruje tabulka 5. [1, s. 11]

**Tabulka 5: Tabulka pro výpočet vztažných zákazníků**

	Systémový ukazatel		
Událost na hladině nn	$n_{jnn}; t_{jnn}$		
Událost na hladině vn	$n_{jvn}; t_{jvn}$	$n_{jvn}; t_{jvn}$	
Událost na hladině vvn	$n_{jvvn}; t_{jvvn}$	$n_{jvvn}; t_{jvvn}$	$n_{jvvn}; t_{jvvn}$
Celkový počet vztažných zákazníků $N_s$	$N_{snn} + N_{svn} + N_{svvn}$		

Kde  $n_j$  je počet zákazníků, kteří byli omezeni na distribuci elektřiny na jednotlivých napěťových hladinách,  $t_j$  je čas po který byli na distribuci elektřiny tito zákazníci omezeni a  $N_s$  je celkový počet zákazníků na jednotlivých napěťových hladinách. Z tabulky 5. je patrné, že pro výpočty ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny výpadek distribuce na nižší napěťové hladině neovlivní počet vztažných zákazníků vyšších napěťových hladin, ale výpadek distribuce vyšší napěťové hladiny naopak počet vztažných zákazníků ovlivní.

#### 3.2.1 SAIFI<sub>s</sub>

Systémový ukazatel počtu přerušení distribuce elektřiny u zákazníků soustavy v hodnoceném období.

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s} [\text{přerušení/rok/zákazník}] \quad (4.1)$$

kde  $N_s$  je celkový počet zákazníků v soustavě (na hladinách NN, VN a VVN) ke konci předchozího kalendářního roku a  $n_{jh}$  je celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny  $h$ , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny dané kategorie  $j$ -té události. [4, s. 3]

### 3.2.2 SAIDI<sub>s</sub>

Systémový ukazatel průměrné doby trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v soustavě v hodnoceném období.

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s} [\text{minut/rok/zákazník}] \quad (4.2)$$

kde  $N_s$  je celkový počet zákazníků v soustavě (na hladinách NN, VN a VVN) ke konci předchozího kalendářního roku a  $t_{sj}$  je součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku  $j$ -té události u jednotlivých zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny  $h$ , jimž byla přerušena distribuce elektřiny. [4, s. 3]

### 3.2.3 CAIDI<sub>s</sub>

Systémový ukazatel průměrného trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v soustavě v hodnoceném období. [4, s. 4]

$$CAIDI_s = \frac{SAIDI_s}{SAIFI_s} [\text{minut/přerušení}] \quad (4.3)$$

## 3.3 Vliv PPN na systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> úvod

Již z principu PPN je patrné, že provádění těchto prací nemá na žádný typ neplánovaných přerušení z hlediska ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny vliv. PPN mohou ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny ovlivnit pouze snížením počtu plánovaných prací na venkovním vzdušném vedení VN provedených za vypnutého stavu zařízení. Ne všechny plánované práce na tomto vedení lze provést metodou PPN, avšak díky množství zpracovaných pracovních postupů PPN a dlouholeté zkušenosti pracovníků tyto práce provádějících je možnost jejich aplikace v ČDS velká. Pro určení přínosu PPN na snížení parametrů nepřetržitosti distribuce elektřiny jsem vycházel z údajů o provedených PPN a plánovaných odstávkách distribuce elektřiny v distribuční oblasti DSO sever.



### 3.3.1 Systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever

Za uplynulé období roku 2012 byly stanoveny systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny v distribuční oblasti DSO sever takto:

$$SAIFI_s = 2,745 \text{ přerušení}$$

$$SAIDI_s = 245,266 \text{ min}$$

$$CAIDI_s = 89,350 \text{ min}$$

Počet zákazníků pro výpočet systémových ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny v regionu sever = 672 279

Z hodnoty SAIFI<sub>s</sub> lze po dosažení údaje o počtu zákazníků do rovnice (4.1) vypočítat souhrnný počet zákazníků na všech napěťových hladinách, kteří byli v roce 2012 omezeni na dodávce elektřiny.

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s}$$

$$\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh} = SAIFI_s \cdot N_s = 2,745 \cdot 672279 = 1845405,855 \text{ zákazníků}$$

Z hodnoty SAIDI<sub>s</sub> lze pomocí rovnice (4.2) vypočítat parametr t<sub>sj</sub>, který vyjadřuje součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j-té události u jednotlivých zákazníků všech napěťových hladin, jimž byla přerušena distribuce elektřiny.

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s}$$

$$\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj} = SAIDI_s \cdot N_s$$

$$\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj} = 245,266 \cdot 672279 = 164887181,214 \text{ minut}$$

### **3.3.2 PPN provedené v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever, ovlivnění systémových ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIDI<sub>s</sub> a SAIFI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>**

Na distribučním území DSO v oblasti sever působí tři skupiny PPN. Skupiny PPN Ústí nad Labem a PPN Česká Lípa spadají pod tuto oblast geograficky a PPN v této oblasti je jejich hlavní pracovní náplní. Tyto skupiny PPN však zároveň působí v regionu střed, kde je jen jedna skupina PPN. Třetí skupinou PPN provádějící PPN na severu je skupina PPN Karlovy Vary. Tato skupina provádí vzhledem ke kratším dojezdovým vzdálenostem údržbu úsečnicků VN nového typu dle řádu preventivní údržby v okrese Chomutov, který jinak geograficky spadá pod skupinu PPN Ústí nad Labem. Při vyhodnocení provedených PPN tedy musíme zohlednit provedené práce všech těchto skupin PPN. K tomuto vyhodnocení použijeme data z informačního systému používaného k evidenci provádění prací na zařízení distribuční soustavy DSO a z evidence provedených pracovních postupů PPN.

#### **3.3.2.1 Provedené zásahy PPN**

V roce 2012 bylo v distribuční oblasti DSO sever provedeno 509 zásahů PPN. Během těchto zásahů bylo provedeno 1016 pracovních postupů PPN. V tabulce 6. jsou vyhodnoceny tyto provedené pracovní postupy PPN, společně s porovnáním mezi časy potřebnými k jejich provedení metodou PPN a časy potřebnými k provedení prací za vypnutého stavu. K časům potřebným k provedení prací za vypnutého stavu je přičten také čas potřebný k zjištění a odjištění pracoviště, během kterých jsou zákazníci též omezeni na distribuci elektřiny. Porovnáním těchto časů zjistíme, že úsek sítě, na kterém byly PPN provedeny by byl v případě prací za vypnutého stavu 93,07% času potřebného k provedení PPN omezen na distribuci elektřiny. Při analýze ovlivnění PPN systémových ukazatelů nepřetržitosti dodávky elektřiny tedy budeme uvažovat s touto hodnotou časů. Dle tabulky 3. je průměrný čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu 72,43% času potřebného k vykonání stejné práce metodou PPN.

**Tabulka 6: provedené postupy na severu**

Pracovní postup PPN	Počet provedení skupinou PPN v Česká Lípa	Počet provedení skupinou PPN vlnuší nad Labem	Počet provedení skupinou PPN vln Karlovy Vary	Počet provedení celkem	% využití postupu z celkového počtu provedených pracovních postupů PPN	Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN [h]	Čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu zařízení [h]	Celkový čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu zařízení včetně zajištění a odjištění pracoviště [h]	Celkový čas potřebný k vykonání práce za vypnutého stavu zařízení včetně zajištění a odjištění pracoviště * počet provedených postupů [h]	Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN * počet provedených postupů [h]	% vyjádření celkového času potřebného k provedení prací za vypnutého stavu zařízení z času prací metodou PPN
č.1 Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení	38	30	0	68	6,70%	2	0,5	1,7	115,6	136	85,00%
č.2 Výměna podpěrného izolátoru	95	174	0	269	26,50%	2	0,5	1,7	457,3	538	85,00%
č.3 Výměna kotevního izolátorového řetězce	22	73	0	95	9,36%	2	0,5	1,7	161,5	190	85,00%
č.4 Výměna závěsného izolátorového řetězce	0	0	0	0	0,00%	2,5	0,5	1,7	0	0	0,00%
č.5 Výměna konzoly	6	4	0	10	0,99%	6,5	1	2,2	22	65	33,88%
č.6 Oprava vodiče	16	23	0	39	3,84%	2	1	2,2	85,8	78	110,00%
č.7 Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů	18	0	0	18	1,77%	2,5	2	3,2	57,6	45	128,00%
č.8 Montáž kluzných zábran	0	0	0	0	0,00%	2,5	1	2,2	0	0	0,00%
č.9 Montáž hřebenových zábran	0	0	0	0	0,00%	2	0,5	1,7	0	0	0,00%
č.10 Montáž zábran na podpěrné izolátory	57	69	0	126	12,41%	2	0,5	1,7	214,2	252	85,00%
č.11 Montáž svíselého nebo podkošového přístroje	0	0	0	0	0,00%	6,5	4	5,2	0	0	0,00%
č.12 Montáž venkovního omezovače přepětí	0	0	0	0	0,00%	2,5	1,5	2,7	0	0	0,00%
č.13 Připojení napěťového transformátoru pro DO ÚO	0	4	0	4	0,39%	4	4	5,2	20,8	16	130,00%
č.14 Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení	131	126	43	300	29,56%	2	1	2,2	660	600	110,00%
č.15 Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení	40	41	5	86	8,47%	3	1,5	2,7	232,2	258	90,00%
č.16 Výměna odpojovače umístěném na vrcholu PB	0	0	0	0	0,00%	9	4	5,2	0	0	0,00%
č.17 Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolou pod ÚO	0	0	0	0	0,00%	10	4	5,2	0	0	0,00%
č.18 Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ	0	0	0	0	0,00%	10	4	5,2	0	0	0,00%
č.19 Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původního rámu, za podkošový typ	0	0	0	0	0,00%	10	4	5,2	0	0	0,00%
č.20 Montáž svíselého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení	0	0	0	0	0,00%	6,5	4	5,2	0	0	0,00%
č.21 Kalibrace Švédské nuly	0	0	0	0	0,00%	3	2	3,2	0	0	0,00%
č.22 Výměna podpěrného bodu	0	0	0	0	0,00%	6,5	3,5	4,7	0	0	0,00%
č.23 Montáž snímačů magnetického pole	0	0	0	0	0,00%	4	1,5	2,7	0	0	0,00%
č. 1 - č. 23 Celkem	423	544	48	1015	100,00%	103	47	74,6	2027	2178	93,07%

Hodnota 93,07% vyjadřuje tento čas zohledněný četností provádění jednotlivých postupů, tzn. častěji prováděný postup, ovlivňuje tento čas více než postup prováděný minimálně. Postupy, které nebyly ve sledovaném období provedeny, tedy tento čas neovlivní.

### 3.3.2.2 Omezené distribuční trafostanice, protékající proud, počet zákazníků na jednu distribuční trafostanici

Při přípravě a vyhodnocení PPN není díky absenci omezených zákazníků potřeba vyhodnocovat počet zákazníků jednotlivých napěťových hladin omezených distribucí elektřiny, a tento údaj již nelze vyhodnotit zpětně. Při zhodnocení tohoto parametru potřebného k analýze vlivu PPN na systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny proto musíme vycházet z informací ze srovnatelných prací provedených za vypnutého stavu. Z těchto informací získáme výpočtem průměrný počet zákazníků omezených na jednu distribuční trafostanici. Pro vyhodnocení průměrného počtu omezených zákazníků na jednu DTS jsem vybral 312 prací provedených za vypnutého stavu v roce 2012 v distribuční oblasti

DSO sever. Aby tyto práce co nejvíce odpovídaly pracím prováděným metodou PPN, byly do výběru zařazeny práce splňující tato kritéria:

1) na prováděnou práci je zpracován pracovní postup PPN, jedná se tedy o práci na venkovním vzdušném vedení VN, která je též prováděna metodou PPN. Toto kritérium zohledňuje i vliv polohy zařízení na počet zákazníků na jednu DTS (v hustě obydlených oblastech je vedení VN častěji realizováno kabely a počet zákazníků na jednu DTS je vyšší, než v méně obydlených oblastech, kde převládá venkovní vzdušné vedení VN, na kterém jsou PPN realizovány)

2) prováděná práce je plánovaná, byla vyloučena neplánovaná přerušení distribuce elektřiny

3) k provedené práci existuje dostatek informací, jako je počet zákazníků omezených distribucí elektřiny a počet vypnutých distribučních trafostanic, tzn. data v informačním systému, jsou správně vyplněna

4) jedná se o práce s dobou přerušení distribuce elektřiny delší než 3 minuty

#### **Hodnoty získané z 312 sledovaných prací provedených za vypnutého stavu:**

Počet zákazníků VVN omezených na distribuci elektřiny = 0

Počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny = 364

Počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny = 66994

Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny = 67358

Počet vypnutých DTS= 1632

Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{364}{1632} = 0,223$$

Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{66994}{1632} = 41,05$$

Průměrný počet zákazníků celkem omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{67358}{1632} = 41,273$$

Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na 1 práci

$$= \frac{364}{312} = 1,166$$

Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na 1 práci

$$= \frac{66994}{312} = 214,724$$

$$\begin{aligned} & \text{Celkový průměrný počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny na 1 práci} \\ & = \frac{67358}{312} = 215,891 \end{aligned}$$

Pro vyhodnocení PPN jsem vybral údaje všech PPN, provedených v roce 2012 na distribučním území DSO v oblasti sever skupinami PPN Ústí nad Labem, PPN Česká Lípa PPN Karlovy Vary

### **Hodnoty získané z 509 provedených zásahů PPN:**

#### **a) Údaje vyhodnocené pro jednotlivé zásahy PPN:**

1) čas potřebný k provedení práce za vypnutého stavu zařízení = čas PPN x 0,9307 – toto kritérium zohledňuje práci ze žebříku, i počet provedení prací na jeden zásah. (příprava PPN nebo zajištění a odjištění pracoviště při práci na vypnutém zařízení v případě několika provedených postupů na jeden zásah je provedena pouze jednou)

2) Hodnotu parametru  $t_{sj}$  pro každý zásah

#### **b) Údaje vyhodnocené celkově pro všechny zásahy PPN:**

1) Celkový protékající proud během provádění PPN = 10040 A

2) Celkový počet omezených DTS během provádění PPN

$$= \frac{10040}{4} = 2510$$

3) Průměrný počet omezených DTS na 1 zásah PPN

$$= \frac{2510}{509} = 4,931$$

4) Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na jeden zásah PPN

$$= 4,931 \cdot 41,05 = 202,417$$

5) Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na jeden zásah PPN

$$= 4,931 \cdot 0,223 = 1,1$$

6) Celkový průměrný počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny na jeden zásah PPN

$$= 4,931 \cdot 41,273 = 203,517$$

7) Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny během provádění PPN

$$= 2510 \cdot 41,273 = 103595,23$$

8) Parametr  $t_{sj}$  pro výpočet ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIDI<sub>s</sub>

$$= \sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj} = 276104,432 \text{ hodin} = 16566265,92 \text{ minut}$$

### 3.3.2.3 Výpočet vlivu provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> ze získaných údajů

SAIFI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 2,745 přerušení

Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny v distribuční oblasti DSO sever v případě neprovádění PPN = 1845405,855 + 103595,23 = 1949001,085

SAIFI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě neprovádění PPN

$$= \frac{1949001,085}{672279} = 2,899 \text{ přerušení}$$

Navýšení hodnoty SAIFI<sub>s</sub> v případě neprovádění PPN

$$= \left( \frac{2,899}{2,745} - 1 \right) \cdot 100 = 5,610\%$$

SAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 245,266 minut

Hodnota parametru t<sub>sj</sub> v případě neprovádění PPN

$$= 164887181,214 + 16566265,89 = 181453447,134 \text{ minut}$$

SAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě neprovádění PPN

$$= \frac{181453447,134}{672279} = 269,908 \text{ minut}$$

Navýšení hodnoty SAIDI<sub>s</sub> v případě neprovádění PPN

$$= \left( \frac{269,908}{245,266} - 1 \right) \cdot 100 = 10,047\%$$

CAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 89,350 minut

CAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě neprovádění PPN

$$= \frac{\text{SAIDI}_s}{\text{SAIFI}_s} = \frac{269,908}{2,899} = 93,104 \text{ minut}$$

Navýšení hodnoty CAIDI<sub>s</sub> v případě neprovádění PPN

$$= \left( \frac{93,104}{89,350} - 1 \right) \cdot 100 = 4,201\%$$

Pokud bychom chtěli znát zcela přesné hodnoty vlivu provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny, museli bychom znát další parametry jednotlivých provedených zásahů PPN, které však nejsou v současné době evidovány. Vypočtené hodnoty vyjadřují vliv provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny, získané použitím průměrných hodnot některých potřebných údajů získaných z evidence obdobných prací provedených metodou práce na vypnutém a zajištěném zařízení, kde jsou potřebné údaje k dispozici. V celkovém výpočtu byly zohledněny všechny okolnosti, které mohou mít na výsledné hodnoty vliv.

## 4 Vývoj PPN v ČDS, vliv změn v provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>

V ČDS působí 11 skupin PPN, jejich počet a rozmístění však není s ohledem na rozdílné délky venkovního vzdušného vedení VN v jednotlivých regionech optimální. Současnou situaci rozmístění skupin PPN a délku venkovního vzdušného vedení VN popisuje tabulka 7.

**Tabulka 7: Délky vedení připadající na jednotlivé skupiny PPN v regionech**

Region	sever	morava	střed	východ	západ
Venkovní vedení VN - rozv. délka TÚ celkem	5845	7802	10081	9101	7405
Počet skupin PPN	2	2	1	3	3
Venkovní vedení VN - rozv. délka TÚ celkem / 1 skupinu PPN	2922,5	3901	10081	3033,667	2468,333

Budeme-li vycházet z údajů popsaných v kapitole 2 je zřejmé, že činnost všech skupin PPN je téměř totožná s minimálními rozdíly v poměrném využití pracovních postupů PPN a celkovém využití PPN. Pokud budeme uvažovat, že jedna skupina PPN pokryje svou působností přibližně 3000 km délky venkovního vzdušného vedení, je zřejmé že je v regionu střed s délkou venkovního vzdušného vedení VN = 100081 km prostor pro rozšíření PPN o jednu až dvě skupiny PPN. Pro rozšíření PPN v regionu střed hovoří i vyšší hodnoty ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny závislých na plánovaných odstávkách distribuce elektřiny, počet plánovaných prací na venkovním vzdušném vedení VN a s tím související počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny. V souvislosti s rozšířením PPN v regionu střed by musel být rozšířen počet vývodů VN na kterých lze zřídit zvláštní režim provozu.

### 4.1 Průměrné hodnoty ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub> a SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> na 1 skupinu PPN

Pro analýzu vlivu rozšíření, nebo neprovádění PPN potřebujeme znát údaje o vlivu jedné skupiny PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>. Do výpočtů tedy nezahrneme práci skupiny PPN Karlovy Vary, naopak u skupin PPN Ústí nad Labem a PPN Česká Lípa nahradíme činnosti provedené v regionu střed prací v regionu sever. Pro vyhodnocení počtu zákazníků, kteří by nebyli na distribuci elektřiny omezeni v případě provedení práce metodou PPN namísto práce na vypnutém a zajištěném zařízení a doby po kterou byli tito zákazníci na distribuci elektřiny omezeni, jsem vybral 154 prací provedených na vypnutém a zajištěném zařízení v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever. Aby tyto práce co nejvíce odpovídaly pracím prováděným metodou PPN, byly do výběru

zařazeny práce splňující stejná kritéria, jako v případě vyhodnocení průměrného počtu zákazníků omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS. Počet těchto prací byl určen tak, aby doba potřebná k jejich vykonání metodou PPN byla stejná, jako doba PPN, které byly vykonány skupinami PPN Ústí nad Labem a PPN Česká Lípa v distribuční oblasti DSO střed. Vybrané práce jsou uvedeny v tabulce 8.

**Tabulka 8: PPN v regionu střed nahrazené prací v regionu sever**

Pracovní postup	Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN [h]	Práce provedené skupinami PPN Ústí nad Labem a Česká Lípa v regionu střed	Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN * počet provedení v regionu střed [h]	Náhrada v regionu sever za práci provedenou skupinami PPN Ústí nad Labem a Česká Lípa v regionu střed	Čas potřebný k vykonání práce metodou PPN * počet provedení v regionu sever [h]
č.1 Odpojení, rozpojení, připojení nebo spojení vedení	2			1	2
č.2 Výměna podpěrného izolátoru	2	3	6	22	44
č.3 Výměna kotevního izolátorového řetězce	2	5	10		0
č.4 Výměna závěsného izolátorového řetězce	2,5				0
č.5 Výměna konzoly	6,5			1	6,5
č.6 Oprava vodiče	2	1	2	2	4
č.7 Montáž a demontáž jednopólových odpojovačů	2,5				0
č.8 Montáž kluzných zábran	2,5				0
č.9 Montáž hřebenových zábran	2				0
č.10 Montáž zábran na podpěrné izolátory	2	1	2		0
č.11 Montáž svíslého nebo podkošového přístroje	6,5				0
č.12 Montáž venkovního omezovače přepětí	2,5				0
č.13 Připojení napěťového transformátoru pro DO ÚO	4				0
č.14 Údržba odpínače a odpojovače venkovních vedení	2	188	376	88	176
č.15 Oprava odpínače a odpojovače venkovních vedení	3	30	90	12	36
č.16 Výměna odpojovače umístěném na vrcholu PB	9			14	126
č.17 Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB s odlehčovací konzolí pod ÚO	10				0
č.18 Výměna ÚO umístěném na vrcholu PB za podkošový typ	10				0
č.19 Výměna ÚO ÚSO 25 umístěném na vrcholu PB se zachováním původního	10				0
č.20 Montáž svíslého nebo podkošového přístroje do průběžného vedení	6,5				0
č.21 Kalibrace Švédské nuly	3				0
č.22 Výměna podpěrného bodu	6,5			14	91
č.23 Montáž snímačů magnetického pole	4				0
č. 1 - 23 Celkem		228	486	154	485,5

**Hodnoty získané ze 154 prací provedených za vypnutého stavu:**

Počet zákazníků VVN omezených na distribuci elektřiny = 0

Počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny = 70

Počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny = 12808

Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny = 12878

Počet vypnutých DTS = 330

Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{70}{330} = 0,212$$



Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{12808}{330} = 38,812$$

Průměrný počet zákazníků celkem omezených na distribuci elektřiny na jednu DTS

$$= \frac{12878}{330} = 39,024$$

Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na 1 práci

$$= \frac{70}{154} = 0,455$$

Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na 1 práci

$$= \frac{12808}{154} = 83,169$$

Celkový průměrný počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny na 1 práci

$$= \frac{12878}{154} = 83,623$$

Parametr  $t_{sj}$  pro výpočet ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIDI<sub>s</sub>

$$= \sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj} = 58509,191 \text{ hodin} = 3510551,46 \text{ minut}$$

**Hodnoty získané ze 48 provedených zásahů PPN skupinou PPN Karlovy Vary v distribuční oblasti DSO sever:**

**a) Údaje vyhodnocené pro jednotlivé zásahy PPN:**

1) čas potřebný k provedení práce za vypnutého stavu zařízení = čas PPN x 1,04 – toto kritérium zohledňuje práci ze žebříku, i počet provedení prací na jeden zásah. (příprava práce PPN nebo zajištění a odjištění pracoviště při práci na vypnutém zařízení v případě několika provedených postupů na jeden zásah je provedena pouze jednou). Skupina PPN Karlovy Vary provedla v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever 43 pracovních postupů PPN č. 14 a 5 pracovních postupů č. 15. Stanovený čas potřebný k provedení práce za vypnutého stavu zařízení je tedy 104% z času potřebného k provedení metodou PPN

2) Hodnotu parametru  $t_{sj}$  pro každý zásah

**b) Údaje vyhodnocené celkově pro všechny zásahy PPN:**

1) Celkový protékající proud během provádění PPN = 616 A

2) Celkový počet omezených DTS během provádění PPN

$$= \frac{616}{4} = 154$$

3) Průměrný počet omezených DTS na 1 zásah PPN

$$= \frac{154}{48} = 3,208$$

4) Průměrný počet zákazníků NN omezených na distribuci elektřiny na jeden zásah PPN

$$= 3,208 \cdot 41,05 = 131,688$$

5) Průměrný počet zákazníků VN omezených na distribuci elektřiny na jeden zásah PPN

$$= 3,208 \cdot 0,223 = 0,715$$

6) Celkový průměrný počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny

$$= 3,208 \cdot 41,273 = 132,404$$

7) Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny během provádění PPN

$$= 154 \cdot 41,273 = 6356,042$$

8) Parametr  $t_{sj}$  pro výpočet ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIDI<sub>s</sub>

$$= \sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{s,j} = 10942,473 \text{ hodin} = 656548,38 \text{ minut}$$

SAIFI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 2,745 přerušení

V případě provádění PPN dle regionální příslušnosti skupin PPN, kdy by PPN v této oblasti prováděly pouze skupiny PPN Ústí nad Labem a PPN Česká Lípa (vyloučeny PPN provedené skupinou PPN Karlovy Vary), které by zároveň neprováděly PPN v distribuční oblasti DSO střed by byly hodnoty ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny dále sníženy takto:

Celkový počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny v distribuční oblasti DSO sever v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN

$$= 1845405,855 + 6356,042 - 12878 = 1838883,897$$

SAIFI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN

$$= \frac{1838883,897}{672279} = 2,735 \text{ přerušení}$$

Snížení hodnoty SAIFI<sub>s</sub> v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN z hodnoty SAIFI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever

$$= \left(1 - \frac{2,735}{2,745}\right) \cdot 100 = 0,364\%$$

SAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 245,266 minut

Hodnota parametru  $t_{sj}$  v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN

$$= 164887181,214 + 656548,38 - 3510551,460 = 162033178,134 \text{ minut}$$

SAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN

$$= \frac{162033178,161}{672279} = 241,021 \text{ minut}$$

Snížení hodnoty SAIDI<sub>s</sub> v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN z hodnoty SAIDI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever

$$= \left(1 - \frac{241,021}{245,266}\right) \cdot 100 = 1,731\%$$

CAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever = 89,350 minut

CAIDI<sub>s</sub> v distribuční oblasti DSO sever v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN

$$= \frac{SAIDIs}{SAIFIs} = \frac{241,021}{2,735} = 88,125 \text{ minut}$$

Snížení hodnoty CAIDI<sub>s</sub> v případě dodržování regionální příslušnosti skupin PPN z hodnoty CAIDI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever

$$= \left(1 - \frac{88,125}{89,350}\right) \cdot 100 = 1,371\%$$

Skupiny PPN Ústí nad Labem a skupiny PPN Česká Lípa snížily počet zákazníků omezených na distribuci elektřiny v roce 2012 v distribuční oblasti DSO sever celkem o 110117,188 a parametr  $t_{sj}$  o 19420269 minut. Na jednu skupinu je to tedy  $\frac{110117,188}{2} = 55058,594$  zákazníků a  $\frac{194202689}{2} = 9710134,5$  minut

## 4.2 Ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny za celé distribuční území DSO

Za uplynulý rok 2012 byly stanoveny systémové ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny na celém distribučním území DSO takto:

$$SAIFI_s = 3,097 \text{ přerušení}$$

$$SAIDI_s = 312,997 \text{ minut}$$

$$CAIDI_s = 101,067 \text{ minut}$$

Počet zákazníků pro výpočet systémových ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny na celém distribučním území DSO = 3 556 514

Z hodnoty SAIFI<sub>s</sub> lze pomocí údaje o počtu zákazníků dosaženého do rovnice (4.1) vypočítat souhrnný počet zákazníků na všech napěťových hladinách, kteří byli v roce 2012 omezeni na dodávce elektřiny.

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s}$$

$$\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh} = SAIFI_s \cdot N_s = 3,097 \cdot 3556514 = 11014523,858 \text{ zákazníků}$$

Z hodnoty SAIDI<sub>s</sub> lze pomocí rovnice (4.2) vypočítat parametr t<sub>sj</sub>, který vyjadřuje součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j-té události u jednotlivých zákazníků všech napěťových hladin, jimž byla přerušena distribuce elektřiny.

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s}$$

$$\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj} = SAIDI_s \cdot N_s = 312,997 \cdot 3556514 = 1113178212,458 \text{ minut}$$

### 4.3 Vliv změn v provádění PPN na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub>

Počet provedených pracovních postupů PPN na distribučním území DSO je závislý na počtu skupin provádějících PPN. Navýšení počtu skupin PPN by znamenalo více provedených PPN, a tím i méně omezených zákazníků a snížení hodnot ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny. Neprovádění PPN by naopak hodnoty těchto ukazatelů navýšilo.

#### 4.3.1 Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření PPN o jednu skupinu PPN

$$\text{Počet omezených zákazníků: } 11014523,858 - 55058,594 = 10959465,264$$

$$T_{sj} = 1113178212,458 - 9710134,5 = 1103468077,958$$

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s} = \frac{10959465,264}{3556514} = 3,082$$

Snížení hodnoty SAIFI<sub>s</sub> v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o jednu skupinu PPN z hodnoty SAIFI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{3,082}{3,097}\right) \cdot 100 = 0,484\%$$

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s} = \frac{1103468077,958}{3556514} = 310,267$$

Snížení hodnoty SAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o jednu skupinu PPN z hodnoty SAIDI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{310,267}{312,997}\right) \cdot 100 = 0,872\%$$

$$CAIDI_s = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{310,267}{3,082} = 100,671$$

Snížení hodnoty CAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o jednu skupinu PPN z hodnoty CAIDI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{100,671}{101,067}\right) \cdot 100 = 0,392\%$$

#### 4.3.2 Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření PPN o dvě skupiny PPN

$$\text{Počet omezených zákazníků: } 11014523,858 - 2 \cdot 55058,594 = 10904406,670$$

$$T_{sj}: 1113178212,458 - 2 \cdot 9690305,586 = 1093797601,286$$

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s} = \frac{10904406,670}{3556514} = 3,066$$

Snížení hodnoty SAIFI<sub>s</sub> v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o dvě skupiny PPN z hodnoty SAIFI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{3,066}{3,097}\right) \cdot 100 = 1,001\%$$

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s} = \frac{1093757943,458}{3556514} = 307,537$$

Snížení hodnoty SAIDI<sub>s</sub> v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o dvě skupiny PPN z hodnoty SAIDI<sub>s</sub> dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{307,537}{312,997}\right) \cdot 100 = 1,744\%$$

$$CAIDI_s = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{307,537}{3,066} = 100,306$$

Snížení hodnoty  $CAIDI_s$  v případě rozšíření skupin PPN na distribučním území DSO o dvě skupiny PPN z hodnoty  $CAIDI_s$  dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(1 - \frac{100,306}{101,067}\right) \cdot 100 = 0,753\%$$

#### 4.3.3 Ovlivnění ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI<sub>s</sub>, SAIDI<sub>s</sub> a CAIDI<sub>s</sub> v případě neprovádění PPN

Počet omezených zákazníků:  $11014523,858 + 11 \cdot 55058,594 = 11620168,392$

$T_{sj}$ :  $1113178212,458 + 11 \cdot 9710134,5 = 1219989691,958$

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j n_{jh}}{N_s} = \frac{11620168,392}{3556514} = 3,267$$

Zvýšení hodnoty  $SAIFI_s$  v případě neprovádění PPN na distribučním území DSO z hodnoty  $SAIFI_s$  dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(\frac{3,267}{3,097} - 1\right) \cdot 100 = 5,489\%$$

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{nn}^{vvn} \sum_j t_{sj}}{N_s} = \frac{1219989691,958}{3556514} = 343,03$$

Zvýšení hodnoty  $SAIDI_s$  v případě neprovádění PPN na distribučním území DSO z hodnoty  $SAIDI_s$  dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(\frac{343,03}{312,997} - 1\right) \cdot 100 = 9,595\%$$

$$CAIDI_s = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{343,03}{3,267} = 104,998$$

Zvýšení hodnoty  $CAIDI_s$  v případě neprovádění PPN na distribučním území DSO z hodnoty  $CAIDI_s$  dosažené v roce 2012 v celé distribuční oblasti DSO

$$= \left(\frac{104,998}{101,067} - 1\right) \cdot 100 = 3,889\%$$

## **5 Závěr**

Dodržení vyhláškou vymezených standardů kvality distribuce elektřiny, mezi které patří i ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI, SAIDI a CAIDI nabývá na významu zavedením mechanismů finančních náhrad v průběhu II. regulačního období. Pro III. regulační období bude dále zavedena motivační regulace jejíž cílem bude nastavení požadované kvality poskytovaných služeb vzhledem k jejich ceně. Každý držitel licence na distribuci elektřiny bude mít individuálně nastaveny parametry standardu kvality distribuce, jejichž překročení bude sankcionováno penálem, naopak v případě zlepšení těchto parametrů bude uplatňovat bonusy. Práce pod napětím i přes svou vyšší cenu proti práci za vypnutého stavu zařízení pozitivně ovlivňuje parametry nepřetržitosti distribuce elektřiny SAIFI, SAIDI a CAIDI a tím přispívá ke zvýšení kvality distribuce elektřiny. V případě úvah o rozšíření PPN musí být brán ohled na rozsah zařízení vzdušného vedení VN a množství práce vhodné pro tento způsob provádění. Pokud má být PPN využívána častěji, musí být nově budovaná zařízení vzdušných vedení vybírána s ohledem na budoucí údržbu a opravy metodami PPN. Tato diplomová práce řeší PPN z pohledu vlivu na ukazatele nepřetržitosti distribuce elektřiny, nezabývá se ekonomickými hledisky, které by musely být v případě rozšiřování činnosti PPN vyhodnoceny. V případě omezení, nebo dokonce zrušení PPN je také nutno brát v úvahu cenu energie, která by nebyla dodána zákazníkům během údržby, nebo oprav zařízení za vypnutého stavu. Dále by vzhledem k budoucímu plánovanému snižování hodnot ukazatelů nepřetržitosti distribuce elektřiny mohla být DSO jako držitel licence na distribuci elektřiny za nedodržení standardu kvality sankcionována.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ČEZ Distribuce, a. s. *Pravidla provozování distribučních soustav, příloha č. 2 - Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí.* 2011
- [2] Vyhláška ERÚ č. 540/2005 Sb., *o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice*
- [3] ČEZ Distribuce, a. s. *Pravidla provozování distribučních soustav,* 2011
- [4] Vyhláška ERÚ č. 540/2005 Sb., *o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, příloha č. 4 – Kategorie přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny*
- [5] ŽID, Václav. *Metody a pracovní postupy práce pod napětím.* Plzeň, 2011. Diplomová práce. Západočeská univerzita. Fakulta elektrotechnická. Katedra elektroenergetiky a ekologie.
- [6] ČEZ Distribuce, a. s. Vnitřní dokument DSO\_ME\_0017r00z1 *Zvláštní režim provozu při pracovních činnostech prováděných pod napětím na elektrických zařízeních vn.*
- [7] PNE 33 0000-6. *Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektrické energie.* 2. Vydání. 2007