ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vyhodnocení výskytu krátkodobých poklesů a zvýšení napětí v distribučních sítích

Bc. Michal Šulc **2018**

Originál (kopie) zadání DP

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá vyhodnocováním výskytů krátkodobých poklesů a zvýšení napětí v distribuční síti. Diplomová práce je koncipována na tři části. V první, teoretické části, jsou shromážděny obecné informace o problematice výskytu poklesů a zvýšení napětí v distribuční síti. Je zde také uveden legislativní rámec s ohledem na dopad těchto jevů na konečné zákazníky. Ve druhé části, je zpracováno statistické vyhodnocení krátkodobých poklesů a zvýšení napětí na zadané napěťové hladině pro jednotlivé roky a místa měření. Ve třetí části je popsána souvislost mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území, poté je zde uvedena identifikace míst s nadprůměrným výskytem událostí.

Klíčová slova

Distribuční soustava, kvalita napětí, událost na napětí, pokles napětí, zvýšení napětí, vyhodnocení.

Abstract

The thesis deals with the evaluation of long-term voltage dip and sweel monitoring in the distribution system. The thesis consists of three main parts. The first theoretical part describes the voltage characteristics and the occurrence of voltage dips and voltage swells in the distribution system. There is also presented a legislative framework with regard to the impact of the voltage events on customers. In the second part, a statistical evaluation of voltage dips and voltage swells is made for specific voltage levels as well as for the individual years and measuring points. The third part describes the connection between the occurrence of voltage events and the character of the supply territory, and after that the measuring points with above-average occurrence of events are identified.

Key words

Distribution system, voltage quality, voltage event, voltage dip, voltage swell, long-term evaluation

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 15.5.2018 Bc. Michal Šulc

Poděkování

Tímto bych rád poděkovala Doc. Ing. Miloslavě Tesařové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkovat Ing. Martinu Kašpírkovi, Ph.D. za odborné rady, poskytnutí všech potřebných podkladů a informací pro vypracování mé diplomové práce a mé rodině.

Obsah

ÚVOD ... **1**

1 CHARAKTERISTIKY DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE ... **2**

1.1 PRŮBĚŽNÉ JEVY ... 3
1.1.1 Kmitočet sítě ... *3*
1.1.2 Velikost napájecího napětí ... *3*
1.1.3 Odchylky napájecího napětí ... *4*
1.1.4 Rychlé změny napětí ... *5*
1.1.5 Nesymetrie napájecího napětí ... *7*
1.1.6 Harmonická napětí ... *7*
1.1.7 Meziharmonická napětí ... *9*
1.2 NAPĚŤOVÉ UDÁLOSTI ... 9
1.2.1 Přerušení napájecího napětí ... *9*
1.2.2 Poklesy napájecího napětí ... *11*
1.2.3 Přechodná zvýšení napětí ... *17*

2 LEGISLATIVNÍ RÁMEC PROBLEMATIKY KVALITY NAPĚTÍ ... **18**

2.1 POVINNOSTI DISTRIBUTORA ELEKTŘINY ... 20
2.2 POČTY A DŮVODY REKLAMACÍ ... 20
2.3 DOPAD NA KONCOVÉ ODBĚRATELE ... 20
2.4 FINANČNÍ KOMPENZACE ... 21

3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAPĚŤOVÝCH UDÁLOSTÍ ... **24**

3.1 PŘEHLED INFORMACÍ K STATICKÉMU VYHODNOCENÍ ... 24
3.1.1 Popis distribuční soustavy a provozovatele E.ON distribuce, a.s. ... *24*
3.1.2 Důvody statistického vyhodnocení napěťových událostí ... *26*
3.1.3 Zpracování surových dat a kontrola třídícího algoritmu ... *27*
3.2 VÝSKYT UDÁLOSTÍ NA NAPĚTÍ V SÍTI 0,4KV ... 29
3.2.1 Poklesy napětí ... *29*
3.2.2 Zajímavé případy – Poklesy napětí ... *31*
3.2.3 Přechodná zvýšení napětí ... *37*
3.2.4 Zajímavé případy – Přechodná zvýšení napětí ... *38*
3.2.5 Přerušení napětí ... *39*
3.3 VÝSKYT UDÁLOSTÍ NA NAPĚTÍ V SÍTI 22KV ... 42
3.3.1 Poklesy napětí ... *42*
3.3.2 Přechodná zvýšení napětí ... *50*
3.3.3 Odběratelé 22kV ... *51*

4 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ... **53**

4.1 SOUVISLOST MEZI VÝSKYTEM UDÁLOSTÍ A CHARAKTEREM ÚZEMÍ ... 53
4.1.1 Definování charakteru měřících míst na hladině nn ... *53*
4.1.2 Definování charakteru měřících míst na hladině vn ... *54*
4.1.3 Hledání souvislosti mezi rozdělenými místy měření a výskytem událostí ... *57*
4.2 IDENTIFIKACE MÍST S NADPRŮMĚRNÝM VÝSKYTEM UDÁLOSTÍ ... 64
4.2.1 Souvislost identifikovaných míst s geografickými podmínkami ... *65*
4.2.2 Souvislost identifikovaných míst s klimatickými podmínkami ... *66*
4.3 SHRNUTÍ ... 70

ZÁVĚR ... **71**

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ ... **1**

SEZNAM OBRÁZKŮ: ... **3**

SEZNAM TABULEK: ... **4**

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na vyhodnocení výskytu krátkodobých poklesů, přerušení a přechodných zvýšení napětí v distribuční síti a to konkrétně na zásobovacím území společnosti E.ON Distribuce, a.s.. Abychom získali statisticky relevantní informace o výskytu napěťových událostí, je nutné sledovat tyto události delší dobu a pravidelně je vyhodnocovat, neboť se řadí mezi jevy s relativně malou četností výskytu a je tedy obtížné předvídat dobu a četnost jejich výskytu. Právě s pomocí monitorování těchto událostí na všech napěťových úrovních během období několika let je možné vytvořit statistické vyhodnocení, díky kterému je také možnost analyzovat zajímavé případy, při nichž došlo k enormnímu výskytu některého ze sledovaných parametrů napětí. Tato práce vychází a navazuje na každoroční statistické vyhodnocení napěťových událostí, prováděné Ing. Martinem Kašpírkem, Ph.D. a Doc. Ing. Miloslavou Tesařovou, Ph.D. a jejím cílem je tedy pokračovat ve statistickém vyhodnocování, rozšiřovat je o nové poznatky a následně vyhledat souvislosti, které z této dlouhodobé analýzy vyplývají. Analýzy jsou důležité jednak z pohledu zákazníka, ale také přinášejí užitečná data pro regulaci kvality dodávek elektřiny, které bude možné následně využít pro stanovení závazných hodnot výskytu krátkodobých poklesů, přerušení a přechodných zvýšení napětí. Následně je také možné vysledovat určité souvislosti mezi výskytem události a charakterem zásobovacího území. Pomocí těchto souvislostí lze lépe předvídat četnost výskytu a dobu těchto událostí v distribuční síti.

1 Charakteristiky dodávky elektrické energie

Jednotlivě budou probrány body kvalitativních požadavků na napájecí napětí a povolené tolerance jednotlivých parametrů dle normy ČSN EN 50160. Elektrická energie přichází k uživateli prostřednictvím soustavy zařízení výroby, přenosu a distribuce. Každá část této soustavy podléhá poškození a poruchám způsobených elektrickým, mechanickým a chemickým namáháním, jejichž původ má různé příčiny. Takové poškození může znehodnotit nebo i přerušit dodávku jednomu nebo více uživatelům. [1]

Kvalitativní parametry elektrické energie se dělí do dvou skupin. První skupina se zabývá spojitými jevy, jako jsou například odchylky od jmenovitých hodnot, které se vyskytují v průběhu času. Takové jevy jsou způsobeny charakterem a změnami zatížení nebo nelineárními zatíženími. Druhou skupinou jsou pak napěťové události, do kterých patří například náhlé a závažné odchylky od normálního nebo požadovaného tvaru vlny. Napěťové události jsou typicky způsobeny nepředvídatelnými jevy nebo vnějšími vlivy. [2]

- Průběžné jevy
    - Kmitočet sítě
    - Velikost napájecího napětí
    - Odchylky napájecího napětí
    - Rychlé změny napájecího napětí
    - Nesymetrie napájecího napětí
    - Harmonická napětí
    - Mezi-harmonická napětí
- Napěťové události
    - Přerušení napájecího napětí
    - Poklesy napájecího napětí
    - Přechodné zvýšení napětí

Hlavní charakteristiky napětí popisuje a udává norma ČSN EN 50160 [2] a to konkrétně v místech připojení uživatelů k veřejné distribuční síti nn a vn za normálních provozních podmínek. Také uvádí meze nebo hodnoty charakteristických hodnot napětí, jaké může uživatel za normálních provozních podmínek očekávat. Tato diplomová práce se v druhé části bude zabývat převážně vyhodnocováním napěťových událostí. [1]

1.1 Průběžné jevy

Tato kapitola má za úkol popsat charakteristiky napětí dodávané elektrické energie z veřejných distribučních sítí pro průběžné jevy. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, jde o takové jevy, které jsou způsobeny především charakterem a změnou zatížení nebo nelineárním zatížením. [4]

1.1.1 Kmitočet sítě

Jmenovitá hodnota kmitočtu v distribučních sítích je dle normy [2] rovna 50 Hz. Kmitočet napájecí sítě závisí na vzájemném působení mezi generátory a zátěží. Lze říci, že rozsah odchylek klesá s rostoucím poměrem mezi výkonem generátorů a kolísáním zatížení. Základem pro statistickou analýzu je základní měření, při kterém se provádí stanovení průměrné hodnoty kmitočtu z po sobě jdoucích deseti sekundových intervalů. [2]

Dle normy ČSN EN 50160 musí za normálních provozních podmínek být střední hodnota kmitočtu základní harmonické měřena v intervalu 10 s, v následujících mezích:

- u systémů se synchronním připojením k propojenému systému

50 Hz ± 1 %	(tj. 49,5 …50,5 Hz)	během 99,5 % roku
50 Hz + 4 %/-6%	(tj. 47…52 Hz)	po 100 % času

- u systémů bez synchronního připojení k propojenému systému

50 Hz ± 2 %	(tj. 49…51Hz)	během 95 % týdne
50 Hz ± 15 %	(tj. 42,5…57,5 Hz)	po 100 % času

Riziko poruch klesá propojením více sítí do jedné soustavy, což má za následek zvýšení výkonu oproti změnám, které mohou ovlivnit nárůst nebo pokles kmitočtu. Při určitých poruchových stavech, mohou být části soustavy odpojeny a provozovány jako ostrovní sítě. [2]

1.1.2 Velikost napájecího napětí

Norma ČSN EN 50160 [2] definuje dohodnuté napájecí napětí jako normální jmenovité napětí sítě U_n. I takové napětí, které je odlišené od jmenovitého lze pokládat za dohodnuté napájecí napětí, jestliže, mezi dodavatelem a uživatelem vznikne dohoda o jiném přivedeném napětí odlišném od jmenovitého napětí, které je přiváděno do předávacího místa. Předávací místo je bod připojení zařízení uživatele k veřejné distribuční síti. [5]

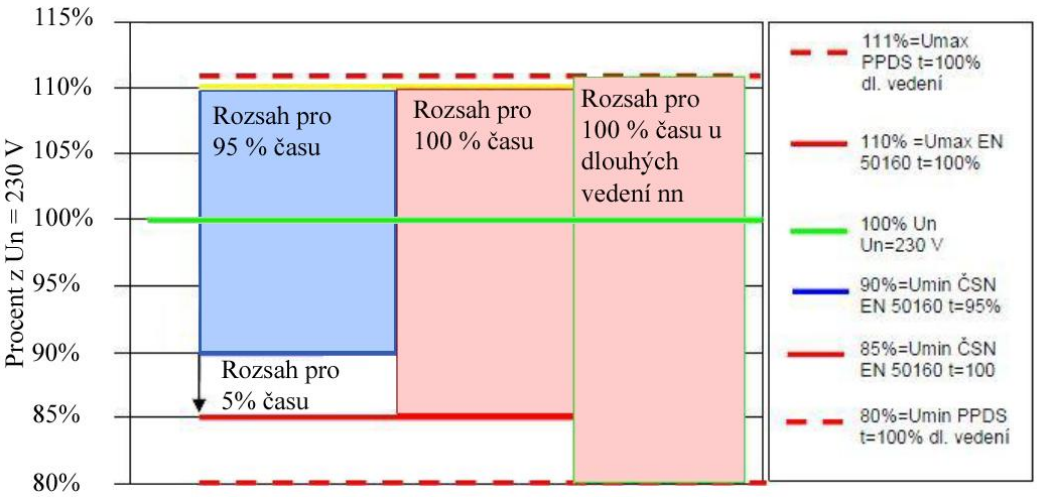
Normalizované jmenovité napětí U_n pro veřejnou síť nízkého napětí je pro čtyřvodičové trojfázové soustavy rovno U_n = 230 V mezi fází a uzlem. V soustavách nízkého napětí je dohodnuté a jmenovité napětí stejné, kdežto v soustavách vysokého napětí je velikost napájecího napětí je dána dohodnutým napájecím napětím U_c. [6]

1.1.3 Odchylky napájecího napětí

Odchylky napájecího napětí vznikají, kvůli nezávislému zapínání a vypínání stovek nebo tisíců spotřebičů v každé síti. Odchylky napětí lze charakterizovat denními, týdenními a sezónními cykly. [2]

- Odchylky napájecího napětí v distribučních sítích by ovšem neměly přesáhnout ± 10 %.

Situace způsobené poruchami nebo přerušením napětí pak tvoří výjimku. Aby se vyloučily okamžité vlivy na měření, které bývají způsobeny spínáním jednotlivých zatížení, případně poruchami, je nutné provádět měření za relativně dlouhé období pro samotné stanovení velikosti napájecího napětí. Z těchto důvodů se pro charakterizování těchto pomalých odchylek s pomalými cyklickými změnami používá 10 minutová efektivní hodnota. Krátce trvající odchylky mimo meze se charakterizují jako krátké poklesy napětí nebo překročení napětí. [6]



Obrázek 1.1 Dovolené odchylky napájecího napětí (Upraveno z [1])

Dle normy ČSN EN 50160 [2] musí za normálních provozních podmínek platit pro sítě nn:

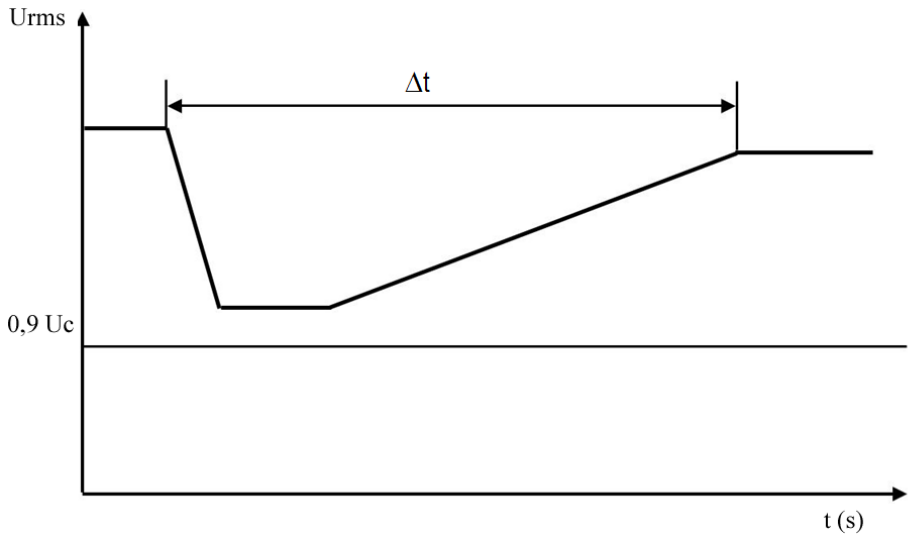
- musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřících intervalech 10 minut v rozsahu Un ±10 %;
- všechny průměrné efektivní hodnoty napájecího napětí v měřících intervalech 10 minut musí být v rozsahu Un +10 % / -15 %;
- v případech napájení vzdálených oblastí, napájených dlouhými vedeními nn může někdy být napětí v rozsahu Un+11 %/-20 %;

Za normálních provozních podmínek platí pro sítě vn:

- musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřících intervalech 10 minut v rozsahu Uc ±10 %;

1.1.4 Rychlé změny napětí

Dle zdrojů [2] a [1] lze stanovit, že v distribučních sítích nn se mohou objevovat rychlé změny napětí. Lze ji charakterizovat pomocí několika parametrů a to konkrétně rozdílem mezi ustálenou hodnotou po změně a počáteční ustálenou hodnotou, dobou trvání přechodného jevu mezi dvěma stavy. Rychlé změny napětí mohou být způsobeny několika jevy, jako je například náhlé zvýšení nebo snížení zatížení, jenž je někdy spojované s vypínáním poruchy. [1]



Obrázek 1.2 Rychlá změna napětí vyvolaná spuštěním motoru [1]

Jestliže jsou rychlé změny napětí způsobeny rozběhovým proudem motoru, tak rychlá změna napětí začíná většinou strmým poklesem, následuje postupné zotavování napětí a vše končí na hodnotě, která je menší než hodnota napětí před spuštěním motoru. [2]

Doba Δt, po níž lze tuto charakteristiku sledovat je závislá na specifických okolnostech. Jestliže během rychlé změny poklesne napětí pod úroveň 90 % napájecího napětí Un, je to nutné považovat za krátkodobý pokles napětí. [2]

Velikost rychlých změn napětí

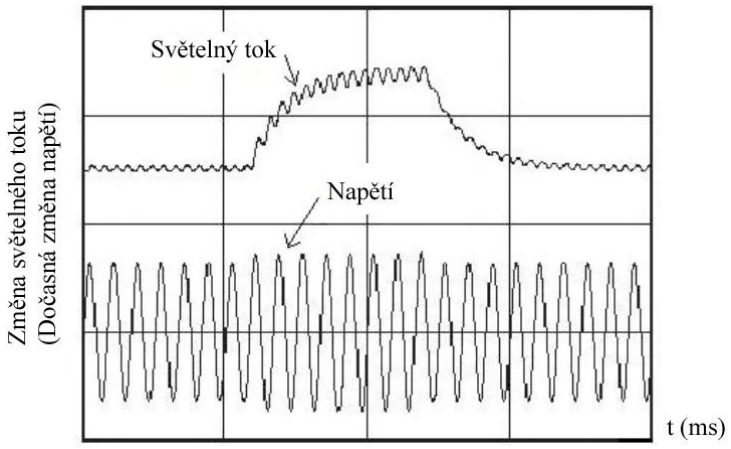
Rychlé změny napětí jsou tedy důsledkem spínání zatížení a nepřesahují velikost ± 5 % jmenovitého nebo dohodnutého napětí. Omezení je možné z důvodu připojování zatížení, které vyvolávají rychlé změny napětí podléhající směrnicím. Za určitých podmínek ovšem může nastat výskyt vyšších hodnot až do 10 %. Dle normy ČSN EN 50160 [2] platí, že za normálních podmínek rychlá změna napětí:

- v sítích nn obvykle nepřesáhne 5 % U_c, ovšem za určitých problémových okolností mohou několikrát za den nastat krátkodobé změny do 10 % U_c.
- v sítích vn za normálních provozních podmínek nepřesáhne 4 % U_c, ovšem za určitých problémových okolností mohou několikrát za den nastat krátkodobé změny až do 6 % U_c

Užší rozsah u sítí vn je proto, že pro připojení zatížení do sítí vn se uplatňují přísnější omezení než u sítí nn, větší počet odběratelů ovlivněno událostmi v síti vn.

Míra vjemu flikru

Flikr je jev působící na vizuální vnímání člověka změnami světelného toku světelných zdrojů. Ty jsou způsobeny rychlým kolísáním napájecích napětí. Flikr je možné popsat pomocí kolísání napětí spočívajících ze sledu jejich rychlých změn, které následují dostatečně těsně po sobě tak, že stimulují odezvu oka v mozku. [1]



Obrázek 1.3 Změna světelného toku způsobená dočasnou změnou napětí [1]

Obtěžování způsobené flikrem je funkcí intenzity vnímání a trvání jeho působení. Závažnost flikru popisují dle normy ČSN EN 50160 [2] dva parametry:

- krátkodobá míra vjemu P_{st}, která je měřená po 10 minutách;
- dlouhodobá míra vjemu P_{lt}, která je měřena po 120 minutách.

Dlouhodobá míru vjemu P_{lt} se vypočte z posloupnosti dvanácti hodnot P_{st} po dobu dvouhodinového intervalu

- Pro parametr dlouhodobá míra vjemu se stanovuje limit činící 95 % procentního rozdílu.

Dle normy ČSN EN 50160 flikr způsobuje pro každého subjektivní reakci, která je závislá na příčině flikru a na délce doby jeho výskytu (P_{lt} = 1 může způsobit potíže, zatímco u jiné osoby vyšší hladina P_{lt} obtíže nezpůsobí). Z toho vyplývá, že zařízení způsobující flikr podléhá určitým emisním limitům. Úroveň rušení zařízení je funkcí velikosti proudu a vztažné impedance.

1.1.5 Nesymetrie napájecího napětí

Stav, při němž dojde ke ztrátě symetrie vektorů fázového napětí, která je většinou vyvolána nesymetrií zatížení, lze nazývat nesymetrií třífázového napájecího napětí. Normální provozní podmínky definují, že během libovolného týdenního měření má být 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot nulové složky napájecího napětí v rozsahu od 0 % do 2 % sousledné složky. Nesymetrie může dosahovat v trojfázových předávacích místech až 3 % a to v místech odběratelů elektrické energie na hladině nn, které mají hodně jednofázových nebo dvoufázových přípojek. [1]

Dle normy ČSN EN 50160 [2] je nesymetrie uvažována pouze ve vztahu k trojfázovému systému a pouze ke zpětné složce napětí. Přiměřeně přesné výsledky pro úroveň nesymetrie, obvykle počítané jako poměr zpětné a sousledné složky poskytuje několik aproximací. [6]

1.1.6 Harmonická napětí

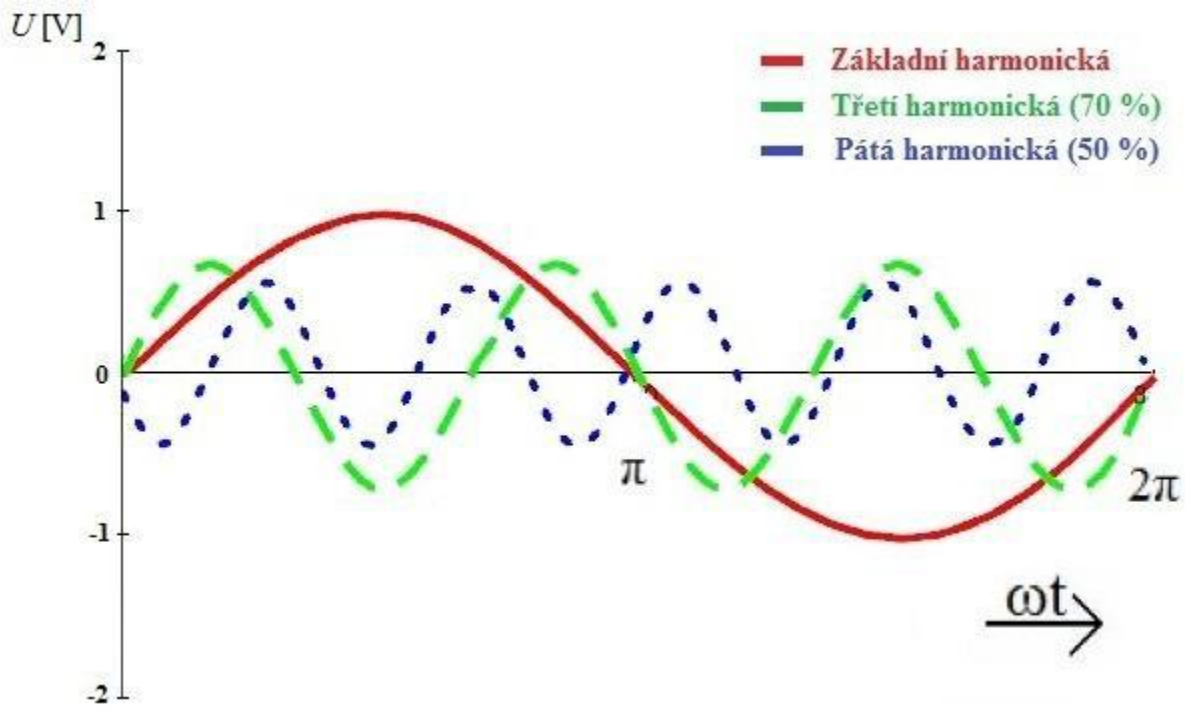
Harmonické napětí U_h je definováno jako napětí s kmitočtem rovným celému násobku základního kmitočtu napájecího napětí v síti. Harmonická napětí lze rozpoznávat následujícími způsoby:

- jednotlivě, pomocí jejich relativní amplitudy U_h vztahující se k napětí základní harmonické
- souhrnně, pomocí činitele celkového harmonického zkreslení THD

Harmonické popisujeme frekvencí nebo poměrem k základní frekvenci. Parametr charakterizující nelinearitu se nazývá činitel harmonického zkreslení THD.Harmonické napájecí napětí je způsobeno nelineárním zatížením uživatelů připojených do všech napěťových úrovní distribučních sítí. Harmonické proudy, impedance sítě a harmonická napětí v odběrných místech sítě jsou časově proměnlivé. [1]

Během normálních provozních podmínek má být v náhodném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot napětí všech harmonických menší nebo rovno hodnotě uvedené v normě. U jednotlivých harmonických mohou rezonance způsobit napětí vyšší. THD napájecího napětí, který zahrnuje všechny harmonické až do řádu 40, má být menší nebo roven 8 %. [2]

V normě [2] je obecnou snahou interpretovat všechny charakteristiky napětí vůči jmenovitému napětí U_n nebo dohodnutému napětí U_c. U měřicích přístrojů je typické vztahovat se při měření harmonických k hodnotě základního napětí. Mnohé přístroje pro měření harmonických popisují výsledky měření vůči základní harmonické složce (zvláště ty, které měří THD).



Obrázek 1.4 Základní harmonická s třetí a pátou harmonickou [1]

1.1.7 Meziharmonická napětí

Mezihamornická napětí jsou v podstatě sinusová napětí s kmitočtem ležícím právě mezi harmonickými. Kmitočet tedy není celý násobek základního kmitočtu síťového napětí. Meziharmonická napětí, s kmitočty blízkých základnímu kmitočtu, mohou při nízkých hladinách vyvolávat flikr. Meziharmonická napětí mohou působit rušivě pro hromadné dálkové ovládání. Specifikace měřicích přístrojů meziharmonických napětí prakticky odpovídá těm, která se používají pro harmonická napětí. [7]

1.2 Napěťové události

Tato kapitola má za úkol popsat charakteristiky napětí dodávané elektrické energie z veřejných distribučních sítí pro napěťové události. Jde o takové události, které jsou hlavně způsobeny neočekávatelnými jevy, jako jsou například poruchy. Případně mohou být způsobeny vnějšími vlivy, tedy počasím nebo cizím zaviněním. Právě těmito událostmi se bude zabývat praktická část této diplomové práce. [1]

1.2.1 Přerušení napájecího napětí

Dle normy [2] dělíme přerušení napájecího napětí do dvou skupin:

- krátkodobé přerušení napájecího napětí, které trvá do 3 minut včetně;
- dlouhodobé přerušení napájecího napětí, které trvá 3 minuty a déle.

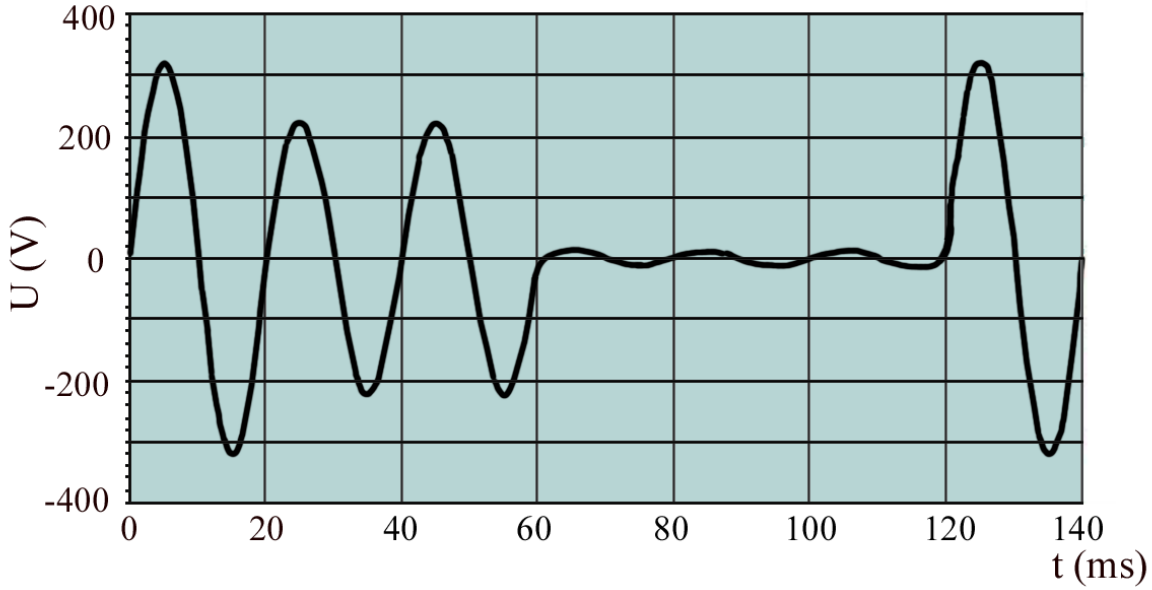
Toto rozdělení bere v úvahu používané systémy chránění a automatické opětné zapínání v sítích.

A) Krátkodobé přerušení

Za normálních provozních podmínek je roční výskyt krátkodobých přerušení napájecího napětí v rozsahu od několika desítek až do několika stovek. Přibližně 70 % krátkodobých přerušení může mít dobu trvání do 1 sekundy.

Norma ČSN EN 50160 [2] dodavateli elektrické energie předepisuje maximální přípustné tolerance průměrné efektivní hodnoty napájecího napětí, nejsou však stanoveny žádné meze pro okamžité hodnoty napětí v případě krátkodobých přerušení.

Na obrázku (1.5) je vidět pokles napětí sítě nn na 70 % po dobu dvou period a krátkodobé přerušení napětí po dobu tří period.



Obrázek 1.5 Pokles napětí v síti nn po dobu dvou period a krátkodobé přerušení napětí po dobu tří period [1]

B) Dlouhodobé přerušení

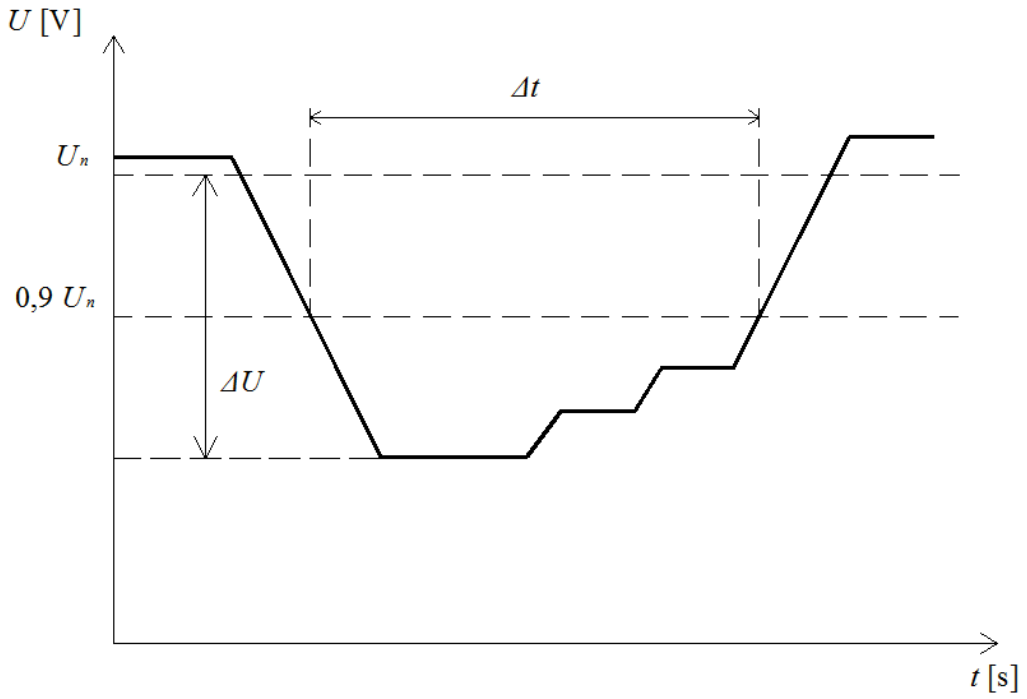
Náhodná přerušení napětí jsou obvykle způsobena vnějšími událostmi nebo vlivy, kterým provozovatel distribuční sítě nemůže předcházet. Pro roční četnost a doby trvání dlouhodobých přerušení není možné udat typické hodnoty. Dlouhodobá přerušení jsou způsobena velkými rozdíly v uspořádání a struktuře elektrických sítí a rovněž nepředvídatelnými důsledky činnosti třetích stran a počasí. [1]

Za normálních provozních podmínek se pro směrné hodnoty dle normy ČSN EN 50160 [2] uvádí roční četnost přerušení napětí v rozmezí 3 až 10 minut, ovšem v závislosti na oblasti může dosahovat až 50 minut. Pro předem dohodnutá, plánovaná přerušení se směrné hodnoty neuvádějí, protože tato přerušení se ohlašují v dostatečném předstihu.

1.2.2 Poklesy napájecího napětí

Pro popsání problematiky poklesů napětí bylo čerpáno ze zdrojů [1], [6] a [7]. Lze říci, že náhlé snížení efektivní hodnoty napětí se nazývá pokles napájecího napětí. Efektivní hodnota napětí klesne pod 90 % jeho dohodnuté hodnoty a následně se vrátí na hodnotu nad 90 % dohodnuté hodnoty, celý tento jev je v časovém rozmezí od 10 ms do 180 s.

Zjednodušený tvar poklesu napětí je znázorněn na obrázku (1.6) a jsou na něm zřetelně vidět charakterizující parametry a to hloubka a trvání poklesu.



Obrázek 1.6 Zjednodušený tvar poklesu napětí [1]

Veličiny popisující pokles napájecího napětí [7]:

- hloubka poklesu tvoří procentuální rozdíl mezi referenčním napětím a zbytkovým napětím
- zbytkové napětí je minimální hodnota napětí zaznamenaná během poklesu udávaná jako procentuální nebo poměrná hodnota referenčního napětí
- trvání poklesu je časový interval označující dobu trvání poklesu napětí od snížení pod prahovou hodnotu do okamžiku návratu na hodnotu prahovou nebo vyšší, plus případné hysterezní napětí, což je okrajová hodnota prahového napětí používána pro měření.

Hloubka poklesu ΔU

Z důvodu praktických měření je vyžadováno, aby se úroveň napětí registrovaná během poklesu napětí vztahovala k referenčnímu napětí (typicky vůči jmenovitému napětí nebo dohodnutému napětí), spíše než ke skutečnému napájecímu napětí na začátku poklesu. Tím se v podstatě zajistí to, že snížení napájecího napětí na 0 V je rovno snížení o 100 % hodnoty. Hloubka poklesu napětí je rozdíl mezi referenčním napětím a zbytkovým napětím. Pokles napětí je tedy pouze jedna událost (bez ohledu na průběh a na počet postižených fází). [1]

Většina průmyslových a komerčních odběratelů v distribučních sítích nn má v současné době třífázové napájení s instalacemi, které však často obsahují jednofázová zařízení citlivá na poklesy napětí. Jestliže se události v jednotlivých fázích časově překrývají, potom se může vícefázová událost považovat za jednu událost. V potaz se také musí brát rozdíl mezi poklesem napětí a přerušením napětí. Norma ČSN EN 50160 [2] uvádí konvenční práh 1 % dohodnutého napětí (hloubka poklesu 99 %). Jestliže potom úroveň napájecího napětí poklesne pod 1 % dohodnutého napájecího napětí U_c, můžeme daný jev považovat za krátké přerušení.

Zbytkové napětí

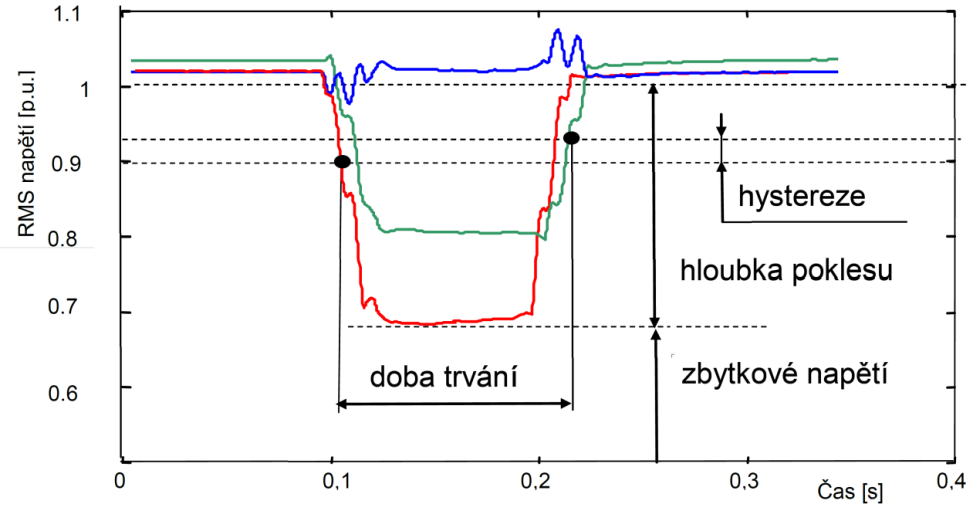
Podle IEC 61000-2-8 je moderní pohled na popis poklesu napětí takový, že se uvádí zbytkové napětí. Tedy minimální hodnota napětí zaznamenaná během poklesu, jako procentní nebo poměrná hodnota referenčního napětí. Tudíž hloubka poklesu napětí je rozdílem mezi referenčním napětím a zbytkovým napětím.

Trvání poklesu napětí Δt

Trvání poklesu napětí definováno jako časový interval mezi okamžikem, kdy napětí poklesne pod prahovou hodnotu do okamžiku, kdy je napětí rovno nebo vyšší než prahová hodnota, plus případné hysterezní napětí. Hystereze je okrajová hodnota prahových hodnot používaná při měření, aby se zamezilo kmitání naměřených hodnot, v případě, že se měřený parametr pohybuje kolem prahové úrovně. [8] Dolní hranice trvání je obecně 10 ms. Je to minimální doba, za kterou lze stanovit efektivní hodnotu. Horní hranice trvání je 60 s. Musí být zahrnuty účinky spínání zatížení a činnosti přepínače odboček transformátoru v napájení síti nebo v instalaci odběratele. [1]

Za normálních provozních podmínek může být očekávaný počet krátkodobých poklesů napětí během roku od několika desítek až do jednoho tisíce. [6]

- Většina krátkodobých poklesů napětí má dobu trvání kratší než 1 sekundu a zbytkové napětí větší než 40 %.
- V některých oblastech se mohou velmi často vyskytovat krátkodobé poklesy napětí se zbytkovým napětím mezi 85 % až 90 % U_n jako následek spínání zatížení u uživatelů.



Obrázek 1.7 Veličiny popisující vícefázový pokles napětí [22]

A) Příčiny vzniku krátkodobých poklesů napětí

Typickou příčinou krátkodobých poklesů napětí jsou zejména poruchy v síti distributorů i odběratelů a následná funkce ochran a automatik, dále pak spínání zátěže nebo zapínání transformátorů. Poklesy způsobené výše uvedenými příčinami se liší tvarem, hloubkou a dobou trvání poklesu. Pro poklesy napětí způsobené poruchami a následnou funkcí ochran a automatik je typická velmi krátká doba trvání, obvykle do 1 sekundy, která je dána reakční dobou systému chránění. Hloubka poklesu napětí pak závisí na elektrické vzdálenosti poruchy od místa měření poklesu. Vzdálené poruchy se projevují jako krátkodobé poklesy se zbytkovým napětím v rozpětí 80-90 % U_n. Počet krátkodobých poklesů pak závisí na rozsáhlosti sítě. V sítích vn se jako krátkodobé poklesy napětí mohou projevit poruchy ve vzdálenosti několik desítek kilometrů. [22]

V sítích nn se projevují poruchy na dané napěťové hladině i poruchy v nadřazených sítích, v závislosti na velikosti zkratového výkonu tedy na tvrdosti sítě nn, pak i změny zatížení, o čemž svědčí v některých případech značný počet zaznamenaných krátkodobých poklesů napětí. Nejčastější příčiny poklesů napětí tedy jsou: [1]

- Zkratové poruchy
- Rozběhy motorů
- Připnutí transformátoru k síti

B) Vyhodnocení krátkodobých poklesů a přerušení napětí

Krátkodobé poklesy napájecího napětí se vyhodnocují dle tabulky (1.1), která je upravená podle normy [6]. Místo poklesů napětí se vyhodnocuje zbytkové napětí a pro přerušení napájecího napětí se uvažuje mez 5 % Un. Řádek se zbytkovým napětím 85 až 90 % uvádíme pro srovnávací účely a pro označování měřících intervalů poklesy napětí se použije mez – 15 % ze jmenovité hodnoty. Tento přístup k poklesům napětí podle [6] lépe vyjadřuje vliv na zařízení v síti, poklesy napětí jsou vhodnější pro stanovení flikru. Trvání poklesu t odpovídá času, po který bylo napětí menší než 90 % jmenovitého napětí. N_{ij} je zjištěná četnost poklesů pro určité zbytkové napětí a jeho trvání, která není překročena v 95 % sledovaných v příslušném napěťovém pásmu.

Tabulka 1.1 Třídění krátkodobých poklesů a přerušení napětí dle normy [6]

Zbytkové U_{ret} [%] Trvání (t)	**10 ms ≤ t < 100 ms**	**100 ms ≤ t < 200 ms**	**200 ms ≤ t < 500 ms**	**500 ms ≤ t < 1 s**	**1 s ≤ t < 3 s**	**3 s ≤ t < 20 s**	**20 s ≤ t < 1 min**	**1 min ≤ t < 3 min**
85 ≤ d < 90	N_{11}	N_{21}	N_{31}	N_{41}	N_{51}	N_{61}	N_{71}	N_{81}
70 ≤ d < 85	N_{12}	N_{22}	N_{32}	N_{42}	N_{52}	N_{62}	N_{72}	N_{82}
40 ≤ d < 70	N_{13}	N_{23}	N_{33}	N_{43}	N_{53}	N_{63}	N_{73}	N_{83}
5 ≤ d < 40	N_{14}	N_{24}	N_{34}	N_{44}	N_{54}	N_{64}	N_{74}	N_{84}
***d* < 5**	N_{15}	N_{25}	N_{35}	N_{45}	N_{55}	N_{65}	N_{76}	N_{86}

V této tabulce jsou zobrazeny parametry trojfázové sítě a pro události působící v jednotlivých fázích trojfázových soustav je nutné mít další informace, pro jejich výpočet musí být použity rozdílné způsoby vyhodnocení. Pro tabulku (1.1) jsou důležité dle PPDS [4] tyto poznámky:

- interval zbytkového napětí 85 % až 90 % se překrývá s pásmem dovolených 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut
- podle výsledků sledování může být počet tříd zvýšen
- řádek se zbytkovým napětím < 5 % U_{ret} je určen pro napěťové poklesy, při kterých pod 5 % U_{ret} kleslo napětí v jedné nebo dvou fázích a není tedy splněna podmínka pro vyhodnocení události jako přerušení napětí

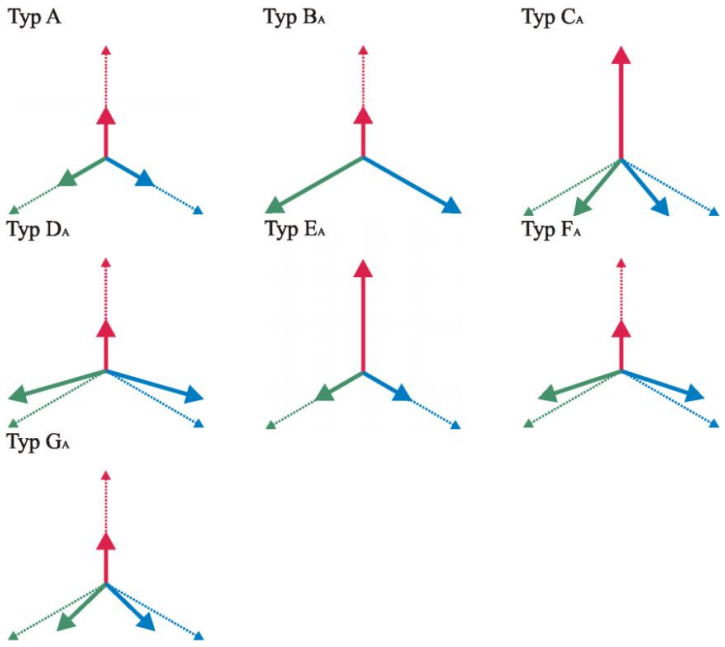
C) Charakter poklesů napětí

Poklesy napětí lze klasifikovat do sedmi typových skupin A až G, z nichž první, tedy typ A je způsoben 3-fázovými poruchami, které způsobují symetrické poklesy napětí bez nulové složky. Ostatní typy, konkrétně typy B až G, způsobené 1-fázovým, 2-fázovými a 2-fázovými zemními zkraty., jsou tedy nesymetrické poklesy napětí. Jednotlivé typy poklesů napětí na fázových napětích zobrazuje obrázek (1.8) a jsou přehledně uvedeny v tabulce (1.2). [27]

Tabulka 1.2 Přehled různých typů poklesů napětí způsobených poruchami [27]

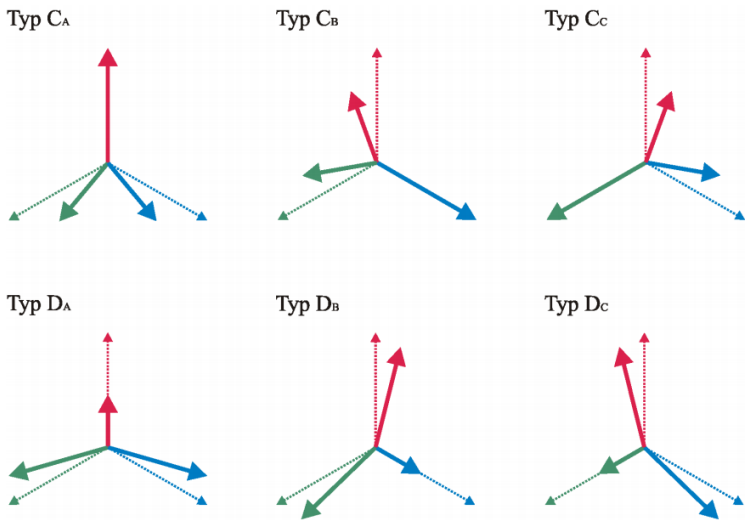
Typ poklesu	Typ zkratu
Typ A	3-fázový
Typ B	1-fázový
Typ C	2-fázový
Typ D	2-fázový (zátěže spojené do D) 1-fázový (odstraněna nulová složka)
Typ E	2-fázový zemní (zátěže zapojené do Y)
Typ F	2-fázový zemní (zátěže zapojené do D)
Typ G	2-fázový zemní (odstraněna nulová složka)

Při šíření napěťové události přes jednotlivé napěťové hladiny dochází ke změně typu události. Poklesy napětí typu B a E, obsahující nulovou složku napětí, naměříme jen na napěťové hladině, kde vznikla porucha vyvolávající tyto poklesy napětí, což je způsobeno tím, že vinutí transformátorů, které jsou bez uzemnění tedy vinutí zapojené do trojúhelníku a do hvězdy bez vyvedeného středu, separuje nulovou složku napětí a ta se pak nepřenáší dál. Nulová složka napětí se přenáší jen v případě transformátoru YNyn. [27]



Obrázek 1.8 Typy poklesů napětí [27]

Při vyhodnocování typů poklesů napětí můžeme zavést určitá zjednodušení díky, kterým lze uvažovat pouze tři typy událostí. Událost typu A pokrývá symetrické poklesy napětí a pro nesymetrické poklesy napětí jsou to typy událostí C a D. Kde událost C označuje dvoufázové poklesy napětí a událost D označuje jednofázové poklesy napětí. Ke zkratům v soustavě, vyvolávající nesymetrické poklesy napětí, může docházet v různých fázích, proto zavádíme pojem symetrická fáze. Malé písmeno u typu události značí fázi, ve které nedošlo k jejímu natočení. Symetrická fáze nám rozšiřuje počet událostí, které mohou nastat na šest událostí, které lze vidět na následujícím obrázku. [27]



Obrázek 1.9 Výčet všech napěťových událostí typu C a D [27]

Poklesy napětí se přenáší v distribuční soustavě přes jednotlivé napěťové hladiny. Typ události je tedy ovlivňován druhem poruchy a typem transformátoru umístěným v přenosové cestě poruchy.

Tabulka 1.3 Přenos poklesů napětí přes transformátor [28]

Zapojení transformátoru	Typy událostí na primární straně						
	A	Ca	Cb	Cc	Da	Db	Dc
T1: Yd, Dy, Yz	A	Da	Db	Dc	Ca	Cb	Cc
T2: Yy, Dd, Dz	A	Ca	Cb	Cc	Da	Db	Dc
T3: YNyn	A	Ca	Cb	Cc	Da	Db	Dc

Z tabulky (1.3) lze vidět, že tento fakt platí pro nesymetrické poruchy typu C a D. Pro sudé hodinové úhly transformátorů dochází pouze k natočení daného typu události, a tedy pokles napětí v jedné fázi na primární straně se projeví na sekundární straně poklesem napětí v jiné fázi. Naopak u lichých hodinových úhlů transformátorů dochází ke změně typu události a to třeba tak, že pokles napětí v jedné fázi na primární straně, se přenese na sekundární stranu jako menší pokles fázového napětí a to ve dvou fázích. [27]

Také je nutné při sledování šíření poklesů napětí uvažovat fakt, zda měříme na fázovém nebo sdruženém napětí, neboť typ napěťové události je ovlivněn tím, zda vyhodnocujeme sdružené nebo fázové napětí. Na hladině nn, kde je střední vodič vždy uzemněn se pro hodnocení událostí vychází z fázových napětí, zatímco v sítích vn se měří napětí sdružená. Při konečném vyhodnocování poklesů napětí v rámci distribuční soustavy je nutné zohlednit způsob zapojení měření a typ transformátoru v přenosové cestě. [27,28]

1.2.3 Přechodná zvýšení napětí

Přechodná zvýšení napětí v předacích místech jsou obecně způsobeny atmosférickým přepětím nebo spínáním v soustavě. Obdobně jako u poklesů napětí jsou i tyto jevy nepředvídatelné a mají převážně náhodný charakter. Jejich četnost výskytu za rok se značně mění podle typu napájecí sítě a místa sledování, jejich rozložení během roku je také velmi nepravidelné.

- Prahová hodnota přechodného zvýšení napětí je rovna 110 % referenčního napětí. [4]

Doba čela může zahrnovat široký rozsah od milisekund po méně než mikrosekundu. Nicméně z fyzikálních důvodů mají přechodná zvýšení napětí s dlouhou dobou trvání mnohem nižší amplitudy. Proto náhodný výskyt vysokých amplitud s dlouhou dobou čela je velmi nepravděpodobný. Energie přechodných zvýšení napětí se značně mění podle jejich původu. Přechodná zvýšení napětí způsobené bleskem mají obvykle vyšší vrcholovou hodnotu energie. U přechodných zvýšení napětí způsobených spínáním lze očekávat obvykle nižší vrcholovou hodnotu energie, což je způsobeno obvykle delší dobou trvání takovýchto spínacích přepětí. [4]

D) Vyhodnocování dočasných zvýšení napětí

Vyhodnocování dočasných zvýšení napětí se musí vyhodnotit podle normy EN 61000-4-30. Obvykle v sítích vn uvažujeme více fázovou agregaci, která vytváří ekvivalentní jev charakterizovaný jednou dobou trvání s jedním maximálním napětím. Zároveň se může použít časová agregace. Poté co jsou shromážděny statistické údaje, je možné dočasná zvýšení napětí klasifikovat podle následující tabulky. [6]

Tabulka 1.4 Klasifikace dočasných zvýšení napětí podle maximálního napětí a doby trvání [6]

Dočasné zvýšení napětí u (%)		Doba trvání t (ms)	
	$10 \leq t \leq 500$	$500 \leq t \leq 5\,000$	$5\,000 \leq t \leq 60\,000$
$u \geq 120$	CELL S1	CELL S2	CELL S3
$120 > u \geq 110$	CELL T1	CELL T2	CELL T3

2 Legislativní rámec problematiky kvality napětí

Trh s elektřinou přináší značný tlak na zavádění penalizací a sankcí. V případě zjištění snížené kvality napětí bude vyplácet distributor elektřiny postiženému zákazníkovi. Tyto sankce by mohly mít také charakter slevy z platby za elektřinu. V České republice utváří legislativní rámec problematiky kvality napětí energetická legislativa, která je popsána v dalších podkapitolách. K sepsání následujících podkapitol bylo použito zdrojů [14] a [7].

a) ČSN EN 50160

Norma ČSN EN 50160 uvádí hlavní charakteristiky napětí v místech připojení odběratelů z veřejných distribučních sítí nízkého, vysokého a velmi vysokého napětí za normálních provozních podmínek. Norma se tedy nevztahuje na mimořádné provozní podmínky vzniklé poruchou sítě, dočasného přerušení dodávky elektřiny za účelem prací na rozvodné síti, nevyhovující instalací nebo zařízením odběratele, které nevyhovuje příslušným normám nebo technickým podmínkám pro připojení odběratele.

Dále se norma nevztahuje na podmínky, na které nemá dodavatel elektrické energie vliv. Norma udává meze a velikost charakteristických hodnot napětí, které může za normálních provozních podmínek očekávat kterýkoliv odběratel, jenž je připojený na distribuční síť.[1]

b) Pravidla provozování distribučních soustav – Příloha 3

Příloha 3 PPDS vychází z Energetického zákona 458/200 Sb.[8] a z Vyhlášky Energetického regulačního úřadu č 540/2005 Sb., které ukládají PPDS stanovit kvalitu napětí a podmínky pro jejich dodržování uživateli distribuční sítě. Dále zjišťuje jednotlivé parametry a požadavky na měřící soupravy pro jejich zjišťování. Dalším cílem je definovat možné způsoby uplatnění parametrů kvality napětí ve smlouvách o distribuci elektřiny.[5]

c) Norma PNE 333430-0

Norma PNE 333430-0 se zabývá výpočetním hodnocením zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav. Tato norma platí pro plánování, připojování a provozování elektrických zařízení distribučních soustav nn, vn a 110 kV z hlediska vlivu na elektrizační soustavu a zařízení hromadného dálkového ovládání. [4]

Norma ale neplatí pro domácí spotřebiče. Rozsahy hodnot pro jednotlivé charakteristiky napětí v sítích nn, vn a vvn jsou stanoveny v ČSN EN 50160 [1]. Dále norma definuje jednotlivé dílčí impedance sítě a vztaženou impedanci. Norma také udává limity zpětných vlivů pro jednoho odběratele, kdy při kumulaci většího počtu odběratelů nedojde k překročení limitních hodnot dle normy ČSN EN 50160 [9].

d) Energetický zákon

Energetický zákon 458/2000 Sb. umožňuje provozovateli distribuční soustavy omezit nebo přerušit odběr elektřiny zákazníkovy který svým odběrným zařízením ovlivňuje kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních odběratelů a dále nevybavil svá odběrná zařízení dostupnými technickými prostředky k omezení těchto vlivů. Provozovatel distribuční soustavy je povinen každému, kdo požádá o připojení k distribuční soustavě, stanovit podmínky a termín připojení. [9]

Při prokazatelných nesplnění těchto podmínek má provozovatel distribučních soustav právo zamítnout žádost o připojení. Provozovatel distribučních soustav je povinen dodržovat a zveřejňovat ukazatele kvality dodávek elektřiny a při nedodržení kvality dodávky elektřiny ze strany distributora, které může být způsobeno nedostatečným zkratovým výkonem v místě připojení zákazníka, může tento zákazník od distributora požadovat vyplacení sankcí nebo slev [5].

e) Vyhláška 540/2005 Sb.

Vyhláška 540/2005 SB definuje požadovanou kvalitu dodávek elektřiny a služeb souvisejících s činnostmi v elektroenergetice. Určuje také výše náhrad za nedodržení kvality elektřiny, která neodpovídá parametrům velikosti a odchylky napájecího napětí a frekvence, které jsou v souladu s PPDS, nebo na sjednaných parametrech napětí a frekvence na základě smlouvy mezi zákazníkem a distributorem [6].

2.1 Povinnosti distributora elektřiny

Z výše uvedených legislativních dokumentů vyplývají pro distributora elektřiny tři základní povinnosti: [5]

- První je dodržování parametrů kvality napětí v distribuční síti.
- Druhou je pak reklamace zákazníků na kvalitu napětí vyřídit v termínu 60 dní od jejich obdržení. V opačném případě má zákazník nárok na vyplacení náhrady ve výši až 30 tisíc Kč.
- Třetí je v případě oprávněné reklamace na kvalitu napětí má provozovatel distribuční soustavy povinnost odstranit příčiny snížené kvality napětí do určité lhůty, v opačném případě má zákazník nárok na vyplacení náhrady ve výši až 60 tisíc Kč.

2.2 Počty a důvody reklamací

Nespokojenost s kvalitou dodávané elektrické energie vyjadřuje zákazník prostřednictvím reklamace nebo stížnosti na kvalitu napětí, přičemž počet těchto reklamací na kvalitu napětí rok od roku roste. To lze částečně vysvětlit tak, že s rostoucí cenou plateb za elektřiny zákazníci očekávají i její vyšší kvalitu, a proto nespokojenost s kvalitou vyjadřují prostřednictvím reklamace. Dalším důvodem rostoucího počtu reklamací je vyšší citlivost spotřebičů, zejména na poklesy a krátkodobá přerušení napájecího napětí.

Většina případů poklesu napětí je způsobeno poruchami v napájecí síti. Příčinou těchto poruch mohou být například spínací operace jako například zapnutí velkých odběrů, zkratové poruchy a následná funkce ochran nebo změny jalových a činných proudů odebíraných zátěžemi, které jsou připojené k síti. V některých případech mohou poruchy v napájecích sítích zapříčinit velké finanční ztráty. [17]

2.3 Dopad na koncové odběratele

Krátkodobé poklesy napětí jsou zdánlivě bezvýznamné jevy, avšak mohou způsobit odběratelům vysoké náklady respektive škody. V případě počítačem řízených výrobních linek dochází k jejich zastavení a k prodlevě výroby do doby, než se linka opět spustí. S časem na případné vyčištění linky to mohou být hodiny. Dalším příkladem škody způsobené poklesem napětí může být v tomto případě zlomený vrták obráběcího stroje v hodnotě několika tisíc korun. V případě vysoce automatizovaného leteckého průmyslu může možná škoda na výrobku způsobená krátkodobým poklesem napětí dosáhnout stovek tisíc korun.

Problém spočívá v tom, že reakce jednotlivých typů zařízení není známa a tak je nemožné předem odhadnout nebo řídit chování celého systému. V případě nepřetržité výroby nebo v některých případech provozu vysoce vyspělé a automatizované technologie, mohou být důsledky poklesu napětí, ale i rychlé změny napětí stejně vážné jako při úplném přerušení dodávky se stejnými náklady na vyčištění výrobní linky a stejnou ztrátou na materiálu a produkci. [17]

Krátkodobé poklesy napětí jsou způsobeny poruchovými stavy v distribuční síti, což je zcela náhodný jev jak z hlediska času, tak místa výskytu. Není však možné je ze strany distributora elektřiny úplně eliminovat. S možností krátkodobých poklesů nebo krátkodobých přerušení napájecího napětí z veřejné distribuční sítě je nutno počítat. Podle i u nás platné evropské normy ČSN EN 50160 [2] je za normálních provozních podmínek roční výskyt krátkodobých poklesů od několika desítek až do jednoho tisíce a krátkodobých přerušení od několika desítek až do několika stovek. Většina těchto událostí bývá kratší než 1 sekundu. [17]

Ve věci možného poškození spotřebičů nebo výrobního zařízení je vhodné poznamenat, že zákazník je povinen udržovat svá odběrná elektrická zařízení ve stavu, který odpovídá právním předpisům a technickým normám. Provozovatel má distribuční soustavy právo omezit nebo přerušit dodávku elektrické energie při vzniku a odstraňování poruch na zařízení distribuční soustavy, přičemž nevzniká právo na náhradu škody a ušlého zisku. Z výše uvedených skutečností vyplývá potřeba vybavit zařízení citlivá na přerušení nebo pokles napětí záložním napájením, které výpadky a poklesy překoná. U výrobních nebo výkonových zařízení je třeba zvýšit jeho odolnost. Opatření je tedy třeba realizovat na straně odběratele. [14]

2.4 Finanční kompenzace

Kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny. Za nedodržení standardů je možné žádat náhradu. K sepsání této kapitoly bylo použito zdroje [5].

Náhradu podle vyhlášky 540/2005 Sb., uplatňuje zákazník za:

- nedodržení standardu distribuce elektřiny u provozovatele distribuční soustavy, k jehož soustavě je jeho předávací nebo odběrné místo připojeno a má sjednanou smlouvu na distribuci elektřiny;
- nedodržení standardu dodávek elektřiny u dodavatele nebo dodavatele sdružené služby, který na základě příslušné smlouvy dodává elektřinu zákazníkovi;

Uplatňuje-li náhradu za nedodržení standardu u provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy dodavatel sdružené služby, hradí provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy náhradu tomuto dodavateli sdružené služby. Současně s uplatněním náhrady za nedodržení standardu podle předchozí věty postupuje dodavatel sdružené služby provozovateli přenosové nebo distribuční soustavy uplatněnou žádost zákazníka o poskytnutí náhrady. [5]

Náhradu lze uplatnit při nedodržení standardů:

- do 60 kalendářních dnů ode dne následujícího po dni, ve kterém uplynula lhůta podle standardů nebo ve kterém mělo být podle standardu omezení nebo přerušení distribuce elektřiny započato nebo ukončeno

Standardem ukončení přerušení distribuce elektřiny je ukončení přerušení distribuce elektřiny mimo přerušení plánovaného, v odběrném nebo předávacím místě provozovatele lokální distribuční soustavy nebo zákazníka. [5]

Standard ukončení přerušení distribuce elektřiny nastává po uplynutí lhůty:

- do 8 hodin v síti distribuční soustavy s napěťovou úrovní nad 1 kV na území města Prahy
- do 12 hodin v síti distribuční soustavy s napěťovou úrovní do 1 kV na území města Prahy
- do 12 hodin v sítích distribuční soustavy s napěťovou úrovní nad 1 kV
- do 18 hodin v síti distribuční soustavy s napěťovou úrovní do 1 kV

Za nedodržení standardu ukončení přerušení distribuce elektřiny poskytuje provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi náhradu ve výši 10 % z jeho roční platby za distribuci. Maximální částky náhrady jsou: [5]

- 6 000 Kč v sítích do 1 kV
- 12 000 Kč v sítích nad 1 kV do 52 kV
- 120 000 Kč v sítích nad 52 kV.

Dalším důvod z jakého může zákazník žádat o náhradu je nedodržení standardu výměny měřicího zařízení a vyrovnání plateb do 15 kalendářních dnů ode dne, kdy provozovatel distribuční soustavy obdržel písemnou žádost zákazníka o výměnu měřicího zařízení. [5]

Za nedodržení standardu výměny měřicího zařízení a vyrovnání plateb poskytuje příslušný provozovatel distribuční soustavy zákazníkovi náhradu ve výši 600 Kč za každý den prodlení, nejvýše však 24 000 Kč. [5]

Problematika kvality napětí nabývá na významu a je třeba jí věnovat pozornost. Hlavním signálem je právě rostoucí počet reklamací na kvalitu napětí. Není však možné provádět rozhodnutí v této problematice bez řádné racionální technicko-ekonomické analýzy. A proto se v následujících kapitolách budu zabývat problematikou vyhodnocování, třídění a statistickým hodnocením výskytu událostí na napětí a to na všech napěťových hladinách distribuční sítě. [5]

3 Statistické vyhodnocení napěťových událostí

Tato část práce se zabývá vyhodnocením dlouhodobých záznamů událostí na napětí, u kterých bude provedena vícefázová agregace záznamů. Časová agregace nebyla při všech vyhodnocení použita, tedy při více po sobě jdoucích poklesech napětí, způsobených působením automatiky opětného zapínání, nebylo považováno za jednu událost, nýbrž za několik po sobě jdoucích událostí. Obdobně jako u analýzy provedené v minulých letech nebudou předmětem předávací místa mezi PS/DS. Byla vyhodnocena měření výstupů vybraných distribučních transformačních stanic vn/nn a výstupů transformátorů 110/22kV v rozvodnách, kde jsou dlouhodobě umístěné analyzátory napětí. Práce vychází z již provedených analýz a statistického vyhodnocení z předchozích let, cíl této práce je tedy navázat na tyto již zpracovaná data a rozšířit je o další poznatky a vyhodnocení.

3.1 Přehled informací k statickému vyhodnocení

V této kapitole si představíme společnost E.ON Distribuce, a.s, která poskytla potřebná data k vyhodnocení. Dále zde budou sepsány cíle a důvody statistického vyhodnocení a postup zpracování dodaných dat. V této kapitole bylo použito zdrojů [11] a [12].

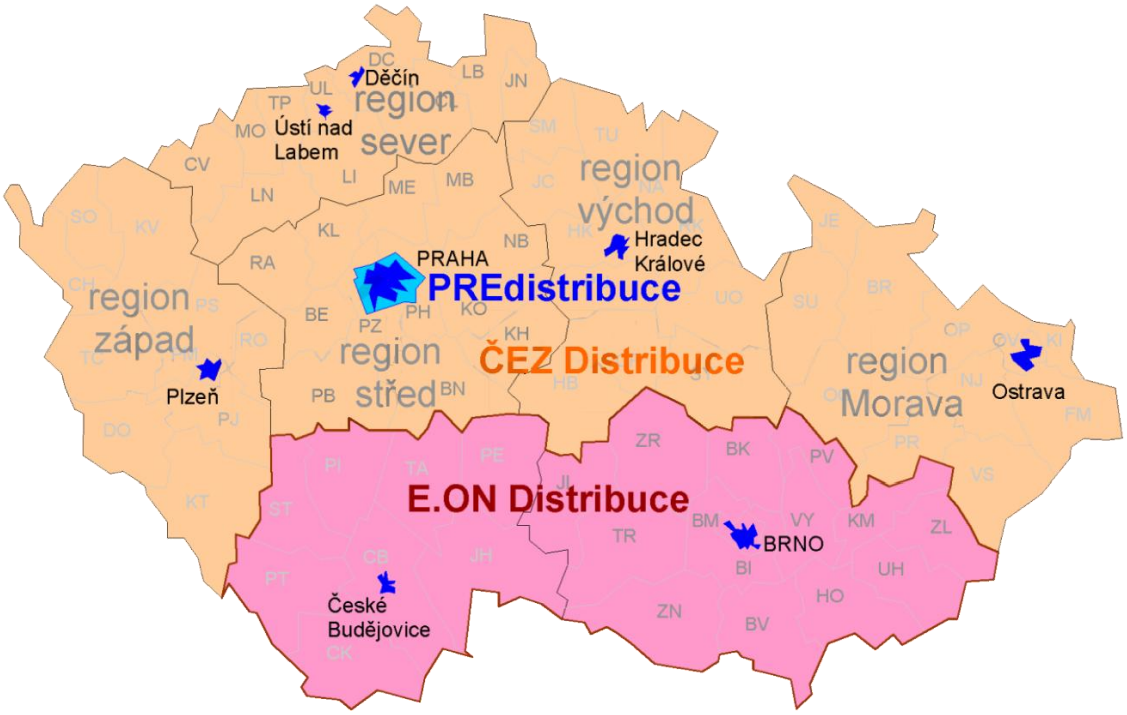
3.1.1 Popis distribuční soustavy a provozovatele E.ON distribuce, a.s.

Distribuční soustava je definována jako systém zařízení pro rozvod elektrické energie z přenosové soustavy nebo ze zdrojů zapojených do ní až ke koncovým uživatelům. Hlavními částmi distribuční soustavy jsou elektrická vedení a elektrické stanice. Přitom elektrické stanice stejného napětí tvoří elektrickou síť. [11]

Správce přenosové soustavy a jednotliví provozovatelé distribučních soustav tvoří dva hlavní subjekty elektroenergetiky. V České republice je firma ČEPS, a.s. správcem přenosové soustavy a držitelem licence na přenos elektrické energie. Provozovatelů distribučních soustav je několik:

- PREdistribuce, a.s. - působnost hlavně na území hlavního města Prahy a města Roztoky
- E.ON Distribuce, a.s. - spravuje hlavně územní oblasti jižních Čech a jižní Moravy
- ČEZ Distribuce, a. s. - spravuje především územní oblasti krajů: Plzeňského, Karlovarského, Ústeckého, Středočeského, Libereckého, Královéhradeckého, Pardubického, Olomouckého, Moravskoslezského a částečně kraj Zlínský a Vysočina

E.ON Distribuce, a.s. provozuje distribuční sítě v napěťové hladině velmi vysokého napětí, vysokého napětí a nízkého napětí. Provoz distribuční sítě je převážně napájen z přenosové soustavy (PS) společnosti ČEPS, a.s. prostřednictvím nadřazených transformací 400/220/110 kV v majetku ČEPS, a.s.. Distribuční síť je dále napájena z výroben E.ON, závodních elektráren a ostatních lokálních zdrojů. [12]



Obrázek 3.1 Působnost provozovatelů distribučních soustav [26]

E.ON Distribuce, a.s. spravuje územní oblasti jižních Čech a jižní Moravy. Toto území na dvě zásobovací části, a to E.ON východ a území E.ON západ. Na zásobovacím území E.ON Distribuce je napájení distribuční sítě velmi vysokého napětí o napěťové hladině 110 kV zajištěno z nadřazené soustavy vvn. Nadřazené transformace PS/110 kV: [12]

- 400/110 kV ČEBÍN 3x350 MVA
- 400/110 kV OTROKOVICE 3x350 MVA,
- 400/110 kV SLAVĚTICE 2x350 MVA
- 400/220/110 kV SOKOLNICE 1x350 MVA (400/110 kV);
- 400/110 kV DASNÝ 2x350 MVA
- 400/110 kV KOČÍN 2x350 MVA
- 220/110 kV TÁBOR 1x200 MVA
- 400/110 kV MÍROVKA – vyčleněný provoz části transformačního výkonu 2x350 MVA pro zásobování části území E.ON východ a území E.ON západ.

Na území E.ON východ je distribuční síť 110 kV provozována v deseti oddělených systémech příslušných jednotlivým transformátorům 400/110 kV případně 220/110 kV s maximálně možným zkruhováním jednotlivých síťových celků. Rozpojovací místa jsou volena tak, že z hlediska ztrát se způsob provozu sítě 110 kV blíží paralelnímu chodu. Výhledově se počítá s přechodem na můstkový a paralelní provoz vytypovaných uzlových oblastech. [12]

V oblasti západ je převážná část sítě 110 kV napájena prostřednictvím transformátorů přenosové soustavy 400/110 kV zapojených v paralelním můstkovém provozu se čtyřmi transformátory 400/110 kV s propojením přes vedení 2x110 kV.

Distribuční síť 22 kV E.ON Distribuce, a.s. napájenou z distribučních transformací 110/22 kV provozujeme téměř výhradně paprskově. Ve výjimečných případech z důvodů zvýšení spolehlivosti popř. zlepšená napěťových poměrů je síť v této napěťové hladině provozována paralelně. [12]

Provoz distribuční sítě nízkého napětí je převážně určen jejich stavem a typem napájené aglomerace. V oblastech s nízkou a střední hustotou zatížení se distribuční sítě nízkého napětí provozují jako paprskové. V oblastech s vysokou hustotou zatížení se sítě provozují jako polomřížové nebo okružní.

3.1.2 Důvody statistického vyhodnocení napěťových událostí

Statistické vyhodnocení výskytu krátkodobých poklesů, přerušení a zvýšení napětí je v distribuční soustavě na zásobovacím území společnosti E.ON Distribuce, a.s. prováděno, jelikož se takovéto napěťové události řadí mezi jevy s relativně malou četností výskytu a je tedy obtížné předvídat dobu a četnost výskytu. Chceme-li získat statisticky relevantní informace o jejich výskytu je potřebné tyto jevy sledovat delší dobu a pravidelně je vyhodnocovat. Takové vyhodnocení je možné díky monitorování těchto jevů na všech napěťových úrovních během období několika let.

Lze tak analyzovat zajímavé případy, při nichž došlo k enormnímu výskytu některého ze sledovaných parametrů napětí. Analýzy jsou důležité jednak z pohledu zákazníka, ale také přinášejí užitečná data pro regulaci kvality dodávek elektřiny a bude možné je následně využít pro stanovení závazných hodnot výskytu krátkodobých poklesů, přerušení a zvýšení napětí. Následně je také možné vysledovat určité souvislosti mezi výskytem události a charakterem zásobovacího území. Pomocí zjištěných souvislostí lze lépe předvídat četnosti výskytu a dobu těchto jevů na distribuční síti.

3.1.3 Zpracování surových dat a kontrola třídícího algoritmu

Pro veškerá vyhodnocení jsem musel zpracovat obsáhlá data od společnosti E.ON a.s. a to za pomocí softwaru MS Excel a chytrého využití složitějších filtrů a funkcí, díky kterým bylo možné vybrat specifická data pro jednotlivá hodnocení a detailní analýzy.

Nejprve bylo nutné ověřit funkci třídícího algoritmu surových dat do souhrnných tabulek. Na obrázku (3.2) je možné vidět původní stav surových dat. Pro rozdělení do souhrnných tabulek bylo nejprve zapotřebí jednotlivé události roztřídit dle jejich druhu a to pomocí procentuálního zbytkového napětí na jednotlivých fázích.

Začátek	Konec	Délka	L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]
čt 18.01.2007 23:17:55,290	čt 18.01.2007 23:17:55,360	0,07 sec v		83	
čt 18.01.2007 23:17:56,180	čt 18.01.2007 23:17:56,240	0,06 sec v		83	
čt 18.01.2007 23:17:56,880	pá 19.01.2007 06:49:22,000	7 hod 31 n	0,5	0,5	0,5
ne 21.01.2007 19:58:33,690	ne 21.01.2007 19:58:33,790	0,10 sec v	73,6		
ne 21.01.2007 19:58:34,770	ne 21.01.2007 19:58:34,920	0,15 sec v	71		
so 10.02.2007 07:02:23,220	so 10.02.2007 07:02:23,280	0,06 sec v		76,2	80,9
út 20.03.2007 09:14:54,020	út 20.03.2007 09:14:54,110	0,09 sec v		78,8	36
út 20.03.2007 09:14:56,820	út 20.03.2007 09:14:56,910	0,09 sec v	80,9	35,5	89,2
út 20.03.2007 09:49:16,300	út 20.03.2007 09:49:16,410	0,11 sec v	59	87,7	86,1
út 20.03.2007 09:49:16,850	út 20.03.2007 09:49:16,930	0,08 sec v	63,7	89,2	87,1
út 20.03.2007 09:49:16,970	út 20.03.2007 09:49:17,100	0,13 sec v	87,7		
út 20.03.2007 09:59:02,420	út 20.03.2007 09:59:02,500	0,08 sec v	62,1	89,2	86,6
út 20.03.2007 09:59:02,950	út 20.03.2007 09:59:03,030	0,08 sec v	62,6	89,7	87,7
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Obrázek 3.2 Původní nefiltrovaná obdržená data

Na surová data v tabulce bylo aplikováno podmíněné formátování dle zbytkového napětí, pro barevné rozlišení poklesů, přerušení a zvýšení napětí. Pomocí tohoto formátování bylo následně možné vyfiltrovat jednotlivé druhy událostí na napětí podle barev, jak je vidět na obrázku (3.4). Poté bylo možné dále třídit událost dle filtrování podle délky trvání.

Na obrázku (3.3) je možné vidět aplikaci podmíněného formátování:

Začátek	Konec	Délka	L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]
čt 18.01.2007 23:17:55,290	čt 18.01.2007 23:17:55,360	0,07 sec v		83	
čt 18.01.2007 23:17:56,180	čt 18.01.2007 23:17:56,240	0,06 sec v		83	
čt 18.01.2007 23:17:56,880	pá 19.01.2007 06:49:22,000	7 hod 31 n	0,5	0,5	0,5
ne 21.01.2007 19:58:33,690	ne 21.01.2007 19:58:33,790	0,10 sec v	73,6		
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Obrázek 3.3 Data po podmíněném formátování

Začátek	Konec	Délka	L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]
čt 18.01.2007 23:17:56,880	pá 19.01.2007 06:49:22,000	7 hod 31 r	0,5	0,5	0,5
po 28.05.2007 17:53:24,010	po 28.05.2007 17:53:26,000	1,99 sec 0	0,5	0,5	0,5
po 28.05.2007 17:55:48,010	po 28.05.2007 17:55:50,000	1,99 sec 0	0,5	0,5	0,5
po 28.05.2007 18:01:01,940	po 28.05.2007 18:01:04,000	2,06 sec 0	0,5	0,5	0,5
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Obrázek 3.4 Data po aplikaci filtru

Po takto roztříděných událostech a za pomocí filtrování dle délky trvání bylo následně možné jednotlivé události uvést do příslušné souhrnné hodnotící tabulky, jakou je například tabulka (3.1), která zobrazuje finální vyfiltrovaná data pro DTS Březolupy za rok 2007.

Tabulka 3.1 Souhrnné vyhodnocení poklesů napětí v síti 0,4 kV na DTS Březolupy za rok 2007

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	5	2								7
80<=Urest<85	4	1								5
70<=Urest<80	6	2								8
40<=Urest<70	15	8								23
5<=Urest<40	2	1					2			5
0<=Urest<5							1			1
Celkem	32	14					3			49

Těmito prostředky bylo dosaženo veškerých vyhodnocení a to včetně vyhodnocování poškozených fází na hladině nn a aplikace časové agregace na hladině vn.

3.2 Výskyt událostí na napětí v síti 0,4kV

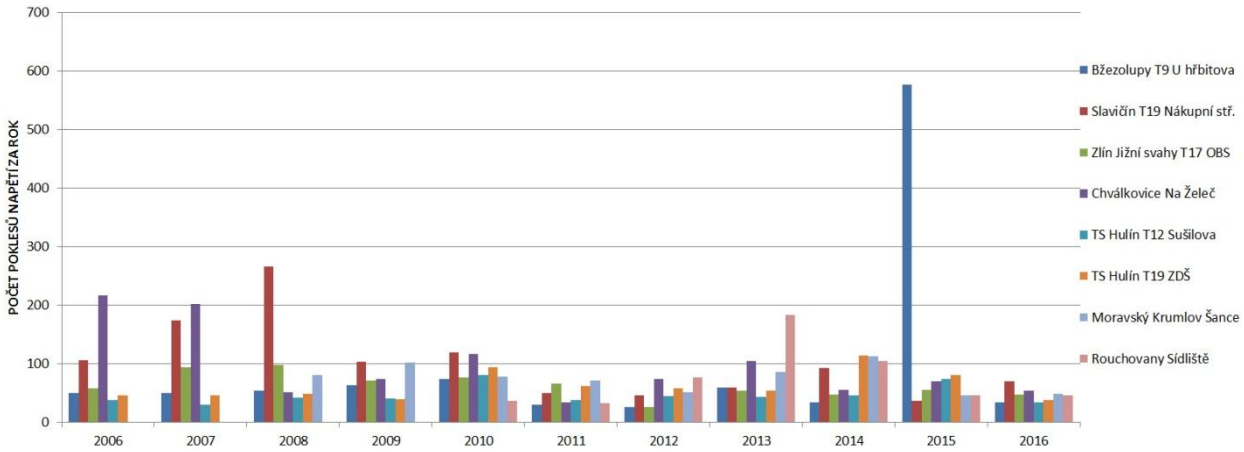
První vyhodnocení se tedy zaměřuje na zaznamenané události v distribučních trafostanicích vn/nn. Jelikož v naprosté většině distribučních trafostanic vn/nn nedochází k dlouhodobému nepřetržitému monitorování vyhodnocovaných jevů, byla do vyhodnocení zařazena měření z 8 míst, kde jsou monitory poklesů napětí umístěny trvale a jsou k dispozici údaje z let 2006 až 2016. Monitory poklesů jsou instalovány na sekundární straně transformátoru vn/nn. Provedení linky vn napájející danou distribuční trafostanicí a následné sítě nn se pro jednotlivá místa měření liší a hledání závislostí mezi provedením vedení a počtem naměřených poklesů bude předmětem další kapitoly.

Tabulka 3.2 Distribuční trafostanice pro vyhodnocení událostí na napětí

Název TS	Vedení VN	Vedení NN	Výkon transformátoru 22/0,4kV	Počet odběratelů	Měření od
Zlín Jižní svahy T17 OBS č400047 VN276	kabelové	kabelové	400 kVA	382	od 2006
Slavičín T19 Nákupní stř. č400892 VN898	kabelové	kab/venk	630 kVA	353	od 2006
Březolupy T9 U hřbitova č410912 VN76	venkovní	ven/kab	400 kVA	118	od 2006
Chvalkovice Na Želeč 310220	venkovní	venkovní	160kVA	65	od 2006
TS Hulín T12 Sušilova 410317	ven/kab	ven/kab	T1-400kVA/zdr 40kW	210	od 2006
TS Hulín T19 ZDŠ 410324	ven/kab	kab/venk	250kVA/zdr105kW	123	od 2006
Moravský Krumlov Šance 620901	venkovní	kab/venk	630kVA	78	od 2008
Rouchovany Sídliště 601526	venkovní	kab/venk	630kVA	141	od 2010

3.2.1 Poklesy napětí

Ze vzájemného srovnání zaznamenaného počtu poklesů napětí je vidět proměnlivost výskytu poklesů napětí v jednotlivých letech i v jednotlivých DTS. Ve většině případů se roční počet poklesů napětí pohybuje okolo nebo i výrazně pod hodnotou 100. Dochází ovšem k tomu, že zaznamenané poklesy v některých letech jsou výrazně vyšší. Například u distribuční trafostanice Slavičín v roce 2008 nebo u distribuční trafostanice Bžezolupy v roce 2015. V případě DTS Slavičín se v roce 2008 projevil dopad poruch v síti vn a skutečnost, že při vzniku 1 poruchy v síti vn a jejím vymezování může vlivem manipulací v síti vn docházet k více poklesům, které se z napěťové hladiny vn přenášejí do nn sítě.



Obrázek 3.5 Výskyt poklesů napětí v síti 0,4 kV

Tabulka 3.3 Souhrnné vyhodnocení poklesů napětí v síti 0,4 kV za roky 2006-2016

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	1405	330	201	155	70	30	49	14	16	2270
80<=Urest<85	587	284	15	86	26	0	1	0	2	1001
70<=Urest<80	597	496	28	114	41	0	2	2	0	1280
40<=Urest<70	462	704	53	78	11	0	0	0	2	1310
5<=Urest<40	41	148	9	26	44	0	20	22	36	346
0<=Urest<5	0	6	0	0	24	0	5	8	20	63
Celkem	3092	1968	306	459	216	30	77	46	76	6270

Tabulka 3.4 Souhrnné vyhodnocení poklesů napětí v síti 0,4 kV za roky 2006-2016 počty v % vztažených k celkovému počtu poklesů

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	22,4	5,3	3,2	2,5	1,1	0,5	0,8	0,2	0,3	36,2
80<=Urest<85	9,4	4,5	0,2	1,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
70<=Urest<80	9,5	7,9	0,4	1,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4
40<=Urest<70	7,4	11,2	0,8	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9
5<=Urest<40	0,7	2,4	0,1	0,4	0,7	0,0	0,3	0,4	0,6	5,5
0<=Urest<5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,3	1,0
Celkem	49,3	31,4	4,9	7,3	3,4	0,5	1,2	0,7	1,2	100,0

Podrobnější analýza četnosti zaznamenaných poklesů podle doby trvání a velikosti zbytkového napětí je uvedena v tabulce (3.3) je z ní patrné, že většina poklesů byla kratší nežli 1 sekunda a zbytek poklesů se vyskytovalo v pásmu, kdy zbytkové napětí U_{res} klesá na hodnotu mezi 85% a 95% U_n, což je pásmo pro dovolené odchylky napětí v síti nn.

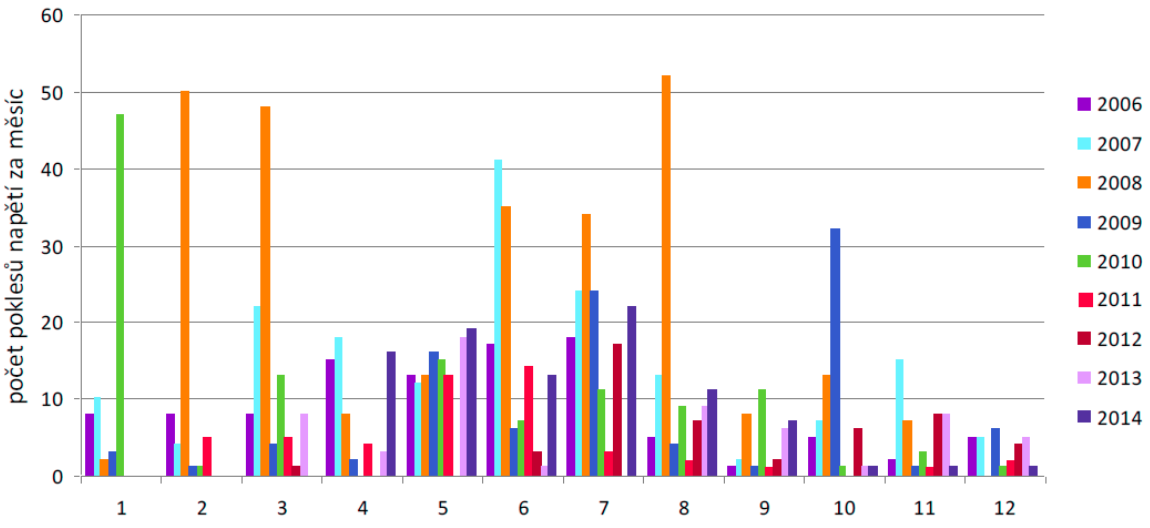
Je z ní patrné, že většina poklesů nastává na DTS Slavičín, DTS Chvalkovice a DTS Březolupy z důvodů, které byly popsané v předchozím odstavci. Dále lze z tabulky vyčíst celkový počet poklesů od roku 2006 až do roku 2016. Celkově lze konstatovat, že průměrný počet poklesů napětí na jednu DTS je roven 72 poklesům za rok. Rok 2016 byl nejpříznivějším ze všech zaznamenaných roků, neboť počet poklesů napětí byl roven 367 a průměrný počet poklesů na jednu DTS byl roven 46 poklesům za rok. Nejpříznivější DTS z hlediska počtu poklesů napětí je DTS Hulín Sušilova s průměrným počtem 46 poklesů za rok.

3.2.2 Zajímavé případy – Poklesy napětí

Tato podkapitola se zabývá detailnějším rozborem některých DTS a to nejen z hlediska extrémních výskytů poklesů napětí.

A) Extrémní výskyt poklesů napětí - DTS Slavičín

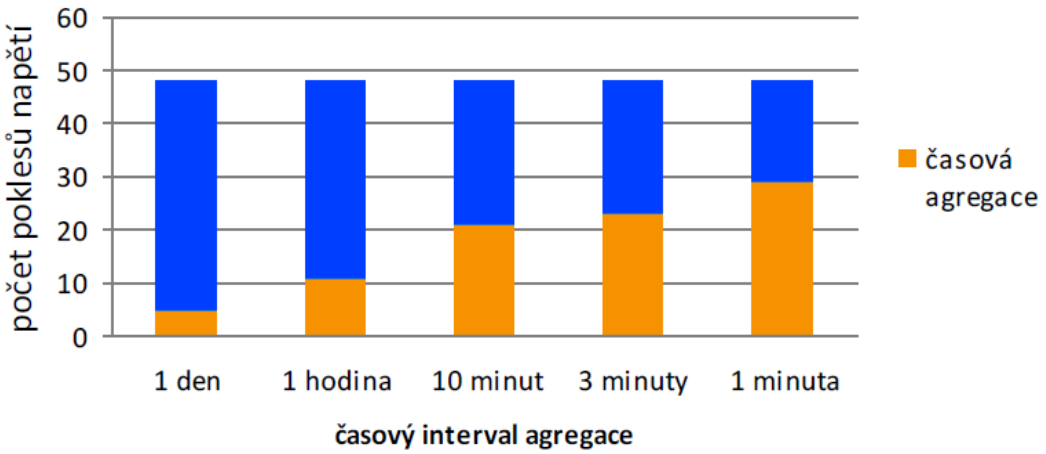
Pro detailní analýzu byla vybrána DTS Slavičín kvůli extrémnímu výskytu zaznamenaných událostí na napětí, konkrétně do roku 2008 zde byl extrémní výskyt poklesů napětí. Pro DTS Slavičím byl proveden rozbor již v předchozí analýze [22]. Výskytu poklesů napětí v jednotlivých měsících. Extrémní výskyt poklesů byl porovnán s výskytem extrémního počasí či různých kalamit. Například v lednu 2010 byly sněhové přívaly, ve dni 8.1.2010 bylo během 2 hodin zaznamenáno 33 poklesů. Vichřice Emma ze dne 1.3.2008 se projevila v tento den 35 zaznamenanými poklesy a 1 krátkým přerušením napětí během 11 hodin. Naopak extrémní námraza z prosince 2014 se nijak výrazně na výskyt poklesů napětí neprojevila.



Obrázek 3.6 Výskyt poklesů napětí v jednotlivých měsících v DTS Slavičín [22]

Pro měsíc březen 2008, kdy se přehnala vichřice Emma, byla provedena časová agregace zaznamenaných poklesů. Časová agregace znamená, že po sobě jdoucí události ve zvoleném časovém intervalu považujeme za jednu událost.

Důvodem pro zavádění časové agregace je skutečnost, že po sobě jdoucí události mohou mít společnou příčinu, např. cyklus OZ nebo manipulace spojené s vymezováním poruchy apod. Časové okno 1 den je možné aplikovat, abychom zjistili, v kolika dnech se poklesy vyskytly, v našem případě všech 48 poklesů bylo zaznamenáno pouze v 5 dnech. Krátké časové okno je pak možné použít k tomu, abychom zjistili podíl poklesů po sobě jdoucích v rychlém sledu. [22]

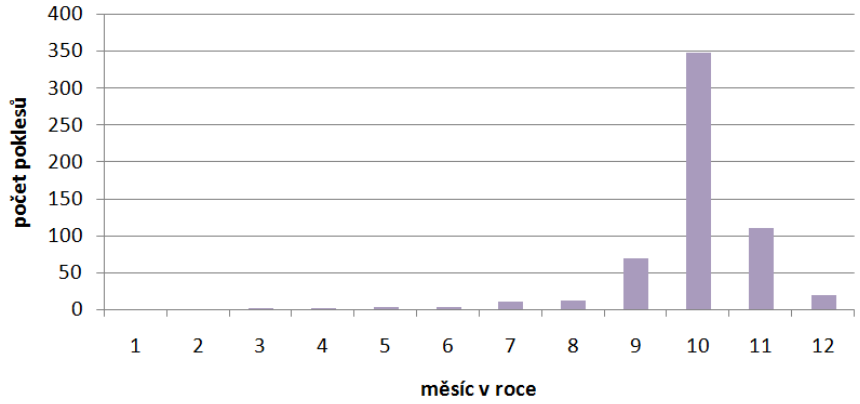


Obrázek 3.7 Výskyt poklesů napětí v měsíci březnu 2008 po časové agregaci záznamů [22]

Časové agregaci a jejímu vlivu na vyhodnocení záznamů událostí bude věnována pozornost v další kapitole při statistickém vyhodnocování na napěťové hladině vn.

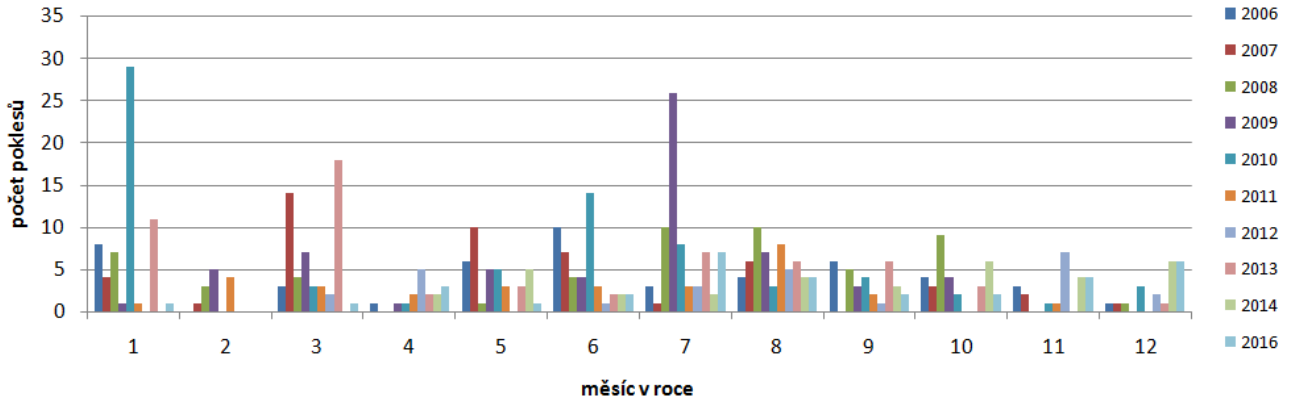
B) Extrémní výskyt poklesů napětí – DTS Březolupy

Jak je patrné z grafu výskytu poklesů napětí zaznamenaných na vybraných DTS, tak extrémní počet poklesů napětí byl zaznamenán v DTS Březolupy. Naprostá většina případů poklesů napětí byla zaznamenána v druhé polovině roku 2015, zhruba od poloviny září do konce roku. V nadřazené síti 110kV v roce 2015 probíhala rekonstrukce, tedy síť vn byla řazená mimořádně, tedy přepojení a ponechání stávající odbočky na transformátoru vn/nn je příčinou extrémního výskytu poklesů napětí.



Obrázek 3.8 Výskyt poklesů napětí v roce 2015 na DTS Březolupy

Pro srovnání je zde uveden obrázek (3.9) s výskytem poklesů napětí v rozmezí let 2006 až 2016. Na první pohled je zřejmé, že v roce 2015 došlo k značnému zvýšení počtu poklesů napětí. Průměrný počet poklesů napětí za měsíc bez uvažování extrémů v roce 2015 je roven čtyřem poklesům za měsíc, kdežto onen rok 2015 byl roven 48 poklesům za měsíc.

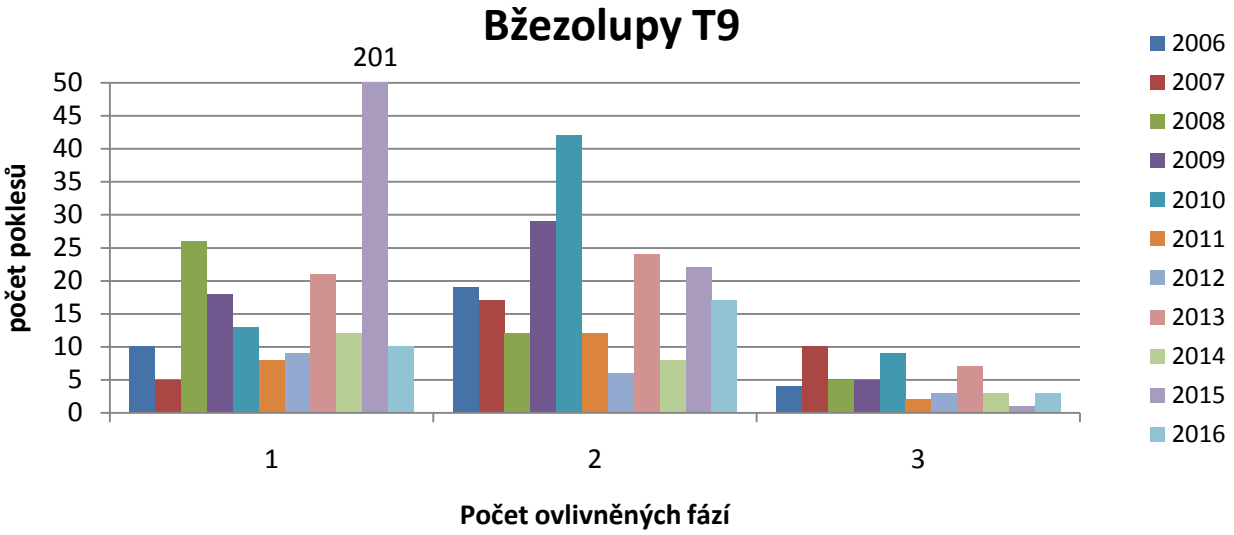


Obrázek 3.9 Výskyt poklesů napětí v rozmezí let 2006-2016 (Bez roku 2015)

Lze také konstatovat, že došlo k většímu počtu poklesů napětí než za všechny měřené roky dohromady. Kolik fází bylo zasaženo během jednotlivých poklesů napětí, je možné vidět v následující tabulce:

Tabulka 3.5 Počet ovlivněných fází při poklesu napětí na DTS Březolupy (Poklesy s dobou trvání: 0,01<= t <0,1)

Ovlivněno fází	1	2	3	Celkem
2006	10	19	4	33
2007	5	17	10	32
2008	26	12	5	43
2009	18	29	5	52
2010	13	42	9	64
2011	8	12	2	22
2012	9	6	3	18
2013	21	24	7	52
2014	12	8	3	23
2015	201	22	1	224
2016	10	17	3	30
Celkem	333	208	52	593
Celkem (Bez roku 2015)	132	186	51	369
Průměr	30,27	18,91	4,73	

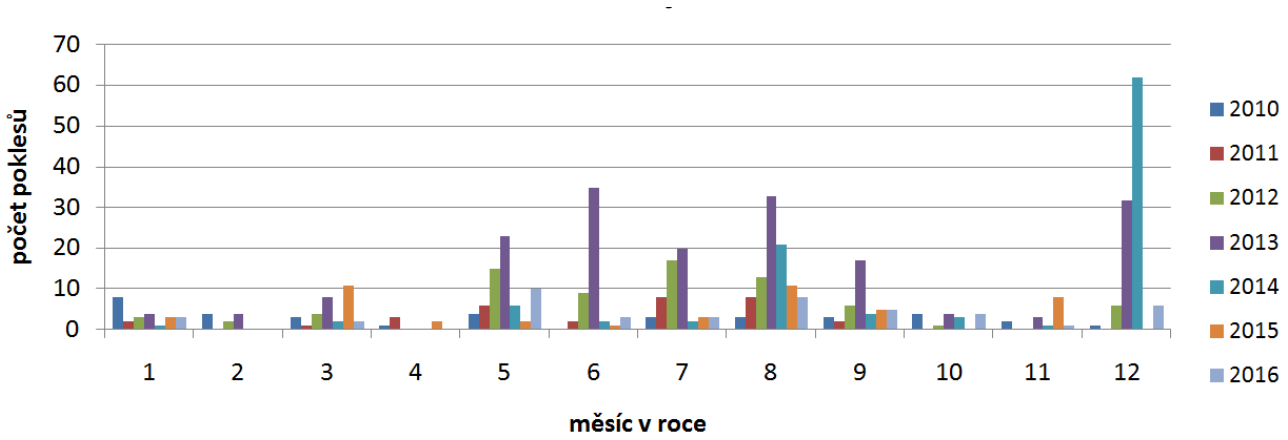


Obrázek 3.10 Počet ovlivněných fází při poklesu napětí na DTS Březolupy(Poklesy s dobou trvání: 0,01<= t <0,1)

Z tabulky (3.5) a následně z obrázku (3.10) lze konstatovat, že převážná většina poklesů napětí s dobou trvání menší jak 0,1s v roce 2015 nastala pouze na jedné fázi. Za předpokladu, že do vyhodnocení nebudeme započítávat hodnoty z roku 2015, je možné říci, že nejčastěji poklesy napětí ovlivňují dvě fáze. Tento výsledek vyhodnocování je ověřen v další podkapitole s obdobným vyhodnocením pro DTS Rouchovany.

C) Extrémní výskyt poklesů napětí – DTS Rouchovany

Přestože extrémní výskyt poklesů napětí u DTS Rouchovany je v porovnání s předchozími znatelně menší, tak je nutné i takový zvýšení výskyt zanalyzovat. Tento zvýšení výskyt poklesů napětí lze pozorovat v roce 2013 a 2014, největší nárůst byl pak zaznamenán ke konci roku 2014.



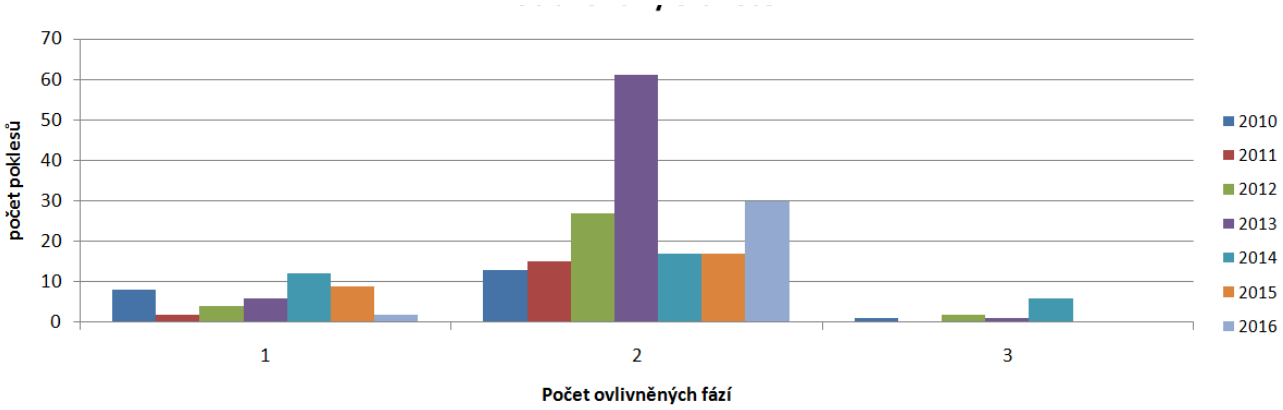
Obrázek 3.11 Výskyt poklesů napětí v rozmezí let 2010-2016

Z tabulky (3.6) a následně z obrázku (3.12) lze znovu konstatovat jako v předešlém případě, že převážná většina poklesů napětí s dobou trvání menší jak 0,1s nastává na dvou fázích, zároveň je možné říci, že nejméně postihují poklesy napětí všechny tři fáze.

Tabulka 3.6 Počet ovlivněných fází při poklesu napětí na DTS Rouchovany (Dobou trvání: 0,01<= t <0,1)

Ovlivněno Fází	1	2	3	Celkem
2010	8	13	1	22
2011	2	15	0	17
2012	4	27	2	33
2013	6	61	1	68
2014	12	17	6	35
2015	9	17	0	26
2016	2	30	0	32
Celkem	43	180	10	233
Průměr	6,14	25,71	1,43	11,10

Průměrný počet poklesů napětí, které ovlivňují jednu fázi je roven 7 poklesům za rok, oproti tomu průměrný počet poklesů napětí ovlivňující dvě fáze je roven 26 poklesům za rok, nejméně jsou pak ovlivněny poklesem napětí všechny tři fáze zároveň, kde jejich průměrný počet poklesů napětí za rok je roven dvěma.

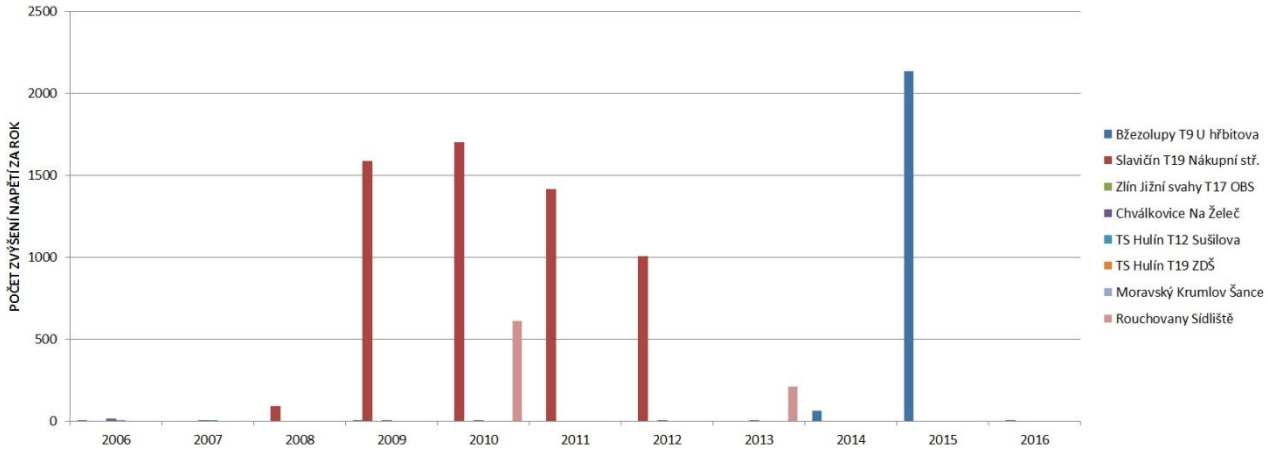


Obrázek 3.12 Počet ovlivněných fází při poklesu napětí na DTS Rouchovany (Dobou trvání: 0,01<= t <0,1)

Z teoretických poznatků obsažených v první kapitole zabývajících se charakterem poklesů napětí a přenášením poklesů napětí přes transformátor, lze říci, že naprostá většina poklesů napětí spadá pod typ C, tedy takovou událost, kterou způsobuje 2-fázový zkrat. Tento typ může nastat nejen na dané napěťové hladině, ale také může být přenesen přes transformátor z vyšší napěťové hladiny. Tedy, pokles napětí typu D v jedné fázi na primární straně se přenese na sekundární stranu jako menší pokles fázového napětí a to ve dvou fázích typu C. Tento případ nastává pro zapojení transformátoru dle tabulky (1.3), tedy pro Yd, Dy a Yz. Je tedy nutné při konečném vyhodnocování poklesů napětí v distribuční soustavě zohlednit způsob zapojení měření a typ transformátoru v přenosové cestě.

3.2.3 Přechodná zvýšení napětí

Vyhodnocení přechodných zvýšení napětí ve sledovaných distribučních trafostanicích je shrnuto na následujícím obrázku. Průměrný počet zvýšení napětí za sledované období byl 111 událostí. Největší průměrný počet zvýšení napětí je způsoben událostmi zaznamenanými v distribuční trafostanici Slavičín a to v období mezi 2008 a 2012.



Obrázek 3.13 Výskyt dočasných zvýšení napětí v síti 0,4 kV

Tabulka 3.7 Souhrnné vyhodnocení zvýšení napětí v síti 0,4 kV za roky 2006-2016

Urest[%] / t[s]	0,01<t<=0,1	0,1<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<20	20<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
110<=Urest<115	470	469	171	251	320	532	946	4959	8118
115<=Urest<120	45	54	25	43	81	34	7	11	300
120<=Urest	8	17	9	35	103	79	88	85	424
Celkem	523	540	205	329	504	645	1041	5055	8842

Jak je patrné z grafu výskytu zvýšení napětí zaznamenaných na vybraných distribučních trafostanicích, extrémní počet zvýšení napětí byl zaznamenán v distribuční trafostanici Březolupy. Naprostá většina případů zvýšení napětí byla zaznamenána v druhé polovině roku 2015.V nadřazené síti 110kV v roce 2015 probíhala rekonstrukce, tedy síť vn byla řazená mimořádně, tedy přepojení a ponechání stávající odbočky na transformátoru vn/nn je příčinou extrémního výskytu zvýšení napětí. Je z ní patrné, že většina přechodných zvýšení napětí nastává na DTS Slavičín a DTS Březolupy z důvodů, které jsou popsány v další podkapitole.

Dále lze z tabulky vyčíst celkový počet přechodných zvýšení napětí od roku 2006 až do roku 2016. Rok 2016 byl nejpříznivějším ze všech zaznamenaných roků, neboť počet přechodných zvýšení napětí byl zaznamenán pouze jeden.

Průměrný počet přechodných zvýšení napětí na jednu DTS byl roven 104 zvýšení napětí za rok. Nejpříznivější DTS z hlediska počtu zvýšení napětí je DTS Zlín, DTS Hulín ZDŠ, DTS Moravský Krumlov a DTS Hulín Sušilova.

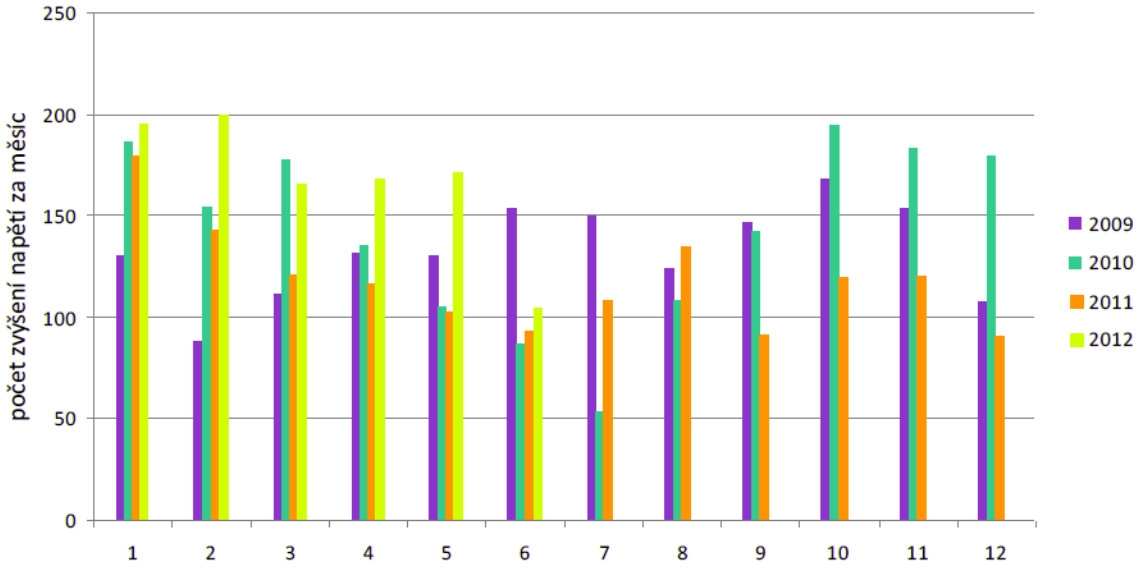
3.2.4 Zajímavé případy – Přechodná zvýšení napětí

Tato podkapitola se opět zabývá detailnějším rozborem některých DTS a to z hlediska extrémních výskytů přechodných zvýšení napětí.

A) Extrémní výskyt přechodných zvýšení napětí - DTS Slavičín

V letech 2009 až 2012 patřila DTS Slavičím k místům s extrémním výskytem přechodných zvýšení napětí až několik stovek událostí měsíčně. V období mezi 4.12.2008 a 25.6.2012 byla zaznamenána naprostá většina zvýšení napětí a to konkrétně 5797 z celkového počtu 5799 zvýšení. Z detailní analýzy záznamu událostí je zřejmé, že v tomto období bylo zaznamenáno několik zvýšení denně s průměrnou hodnotou zbytkového napětí pouze 100,6% Un. [22]

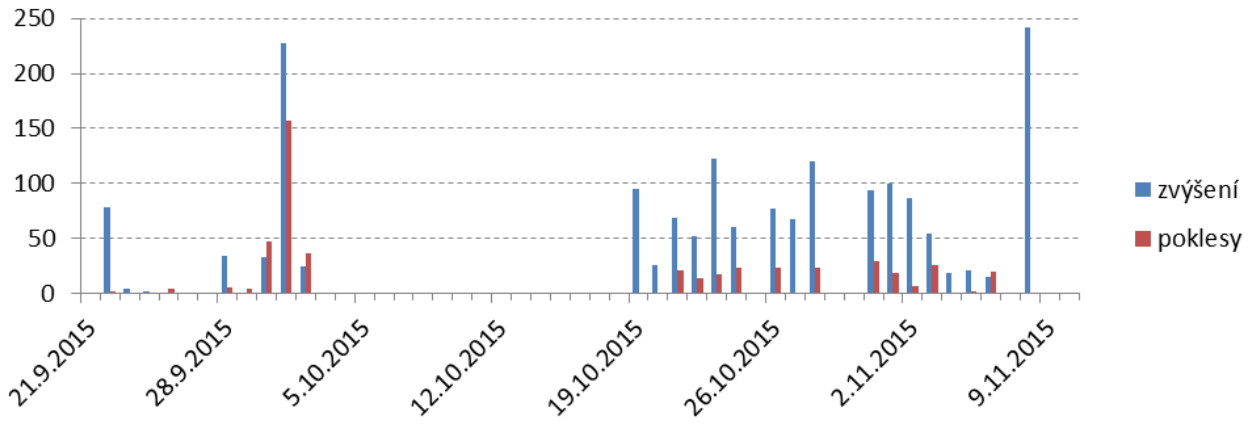
Příčinou značného výskytu přechodných zvýšení napětí byla nevhodně nastavená odbočka na transformátoru vn/nn. Dne 25.6.2012 došlo k přenastavení odbočky a přechodná zvýšení napětí od té doby nebyla téměř zaznamenána.



Obrázek 3.14 Výskyt zvýšení napětí v jednotlivých měsících v DTS Slavičín [22]

B) Extrémní výskyt přechodných zvýšení napětí - DTS Březolupy

Kvůli již několikrát zmiňované rekonstrukci nadřazené sítě 110kV v roce 2015, byla síť vn řazená mimořádně, tedy přepojení a ponechání stávající odbočky na transformátoru vn/nn což vedlo také k extrémnímu výskytu zvýšení napětí. Výsek záznamu denních výskytů zvýšení a poklesů v DTS Březolupy je na obrázku (3.16). [21]



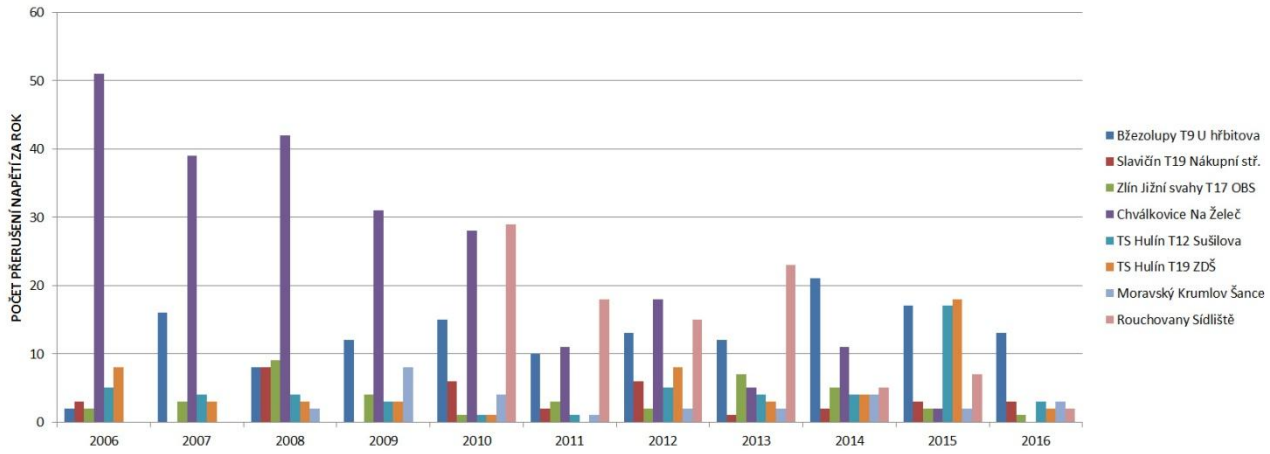
Obrázek 3.15 Výsek záznamu denních výskytů zvýšení a poklesů v DTS Březolupy [21]

Detailním rozborem záznamů nebylo zjištěno, že by v tomto období bylo zvýšení napětí zaznamenáno pouze v určité denní době. Události byly zaznamenány v některých dnech pouze v odpoledních hodinách, v ranních či dopoledních hodinách nebo byly zaznamenány během celého dne. Zajímavý je současný výskyt zvýšení a poklesů napětí v některých dnech.

Zatímco poklesy napětí nastaly ve fázi L3, tak přechodná zvýšení napětí byla zaznamenána ve fázích L1 a L2. Tyto dva druhy událostí se střídavě opakovaly během dne. [21]

3.2.5 Přerušení napětí

Dále bylo provedeno vyhodnocení přerušení napětí. Průměrný počet přerušení v osmi sledovaných distribučních trafostanicích je kolem 9 přerušení za rok. Z tabulky (3.8) vyplývá, že zhruba 2/3 z celkového počtu přerušení náleží do kategorie krátkých přerušení s dobou trvání do 3 minut.



Obrázek 3.16 Výskyt přerušení v síti 0,4 kV

Tabulka 3.8 Souhrnné vyhodnocení přerušení napětí v síti 0,4 kV za roky 2006-2016

Urest[%] / t[s]	0<=t<1	1<=t<180	180<=t	Celkem
0<=Urest<5	3	460	218	681

V tabulce (3.9) je uveden přehled přerušení za jednotlivé roky na daných distribučních trafostanicích. Je z ní patrné, že většina přerušení nastává na DTS Rouchovany, DTS Chvalkovice a DTS Březolupy. Dále lze z tabulky vyčíst celkový počet přerušení od roku 2006 až do roku 2016, který je roven 681. Celkově lze konstatovat, že průměrný počet přerušení napětí za celé měřené období, na jednu DTS je roven 8 přerušení za rok. Rok 2016 byl nejpříznivějším ze všech zaznamenaných roků, neboť počet přerušení napětí byl roven 27 a průměrný počet přerušení na jednu DTS byl roven 4 přerušením za rok. Nejpříznivější DTS z hlediska počtu přerušení napětí je DTS Slavičín s průměrným počtem 3 přerušení za rok.

Výpočet SAIFI a MAIFI

V rámci této práce je zde uveden výsledek výpočtu ukazatelů SAIFI a MAIFI, které jakožto ukazatele spolehlivosti slouží k posuzování spolehlivosti dodávek elektrické energie. Hodnoty SAIFI a MAIFI jsou pak nástrojem regulace ke tlaku na provozovatele distribučních sítí k zlepšování kvality služeb zákazníků. Neboť jak již bylo zmíněno v druhé kapitole, nedodržení spolehlivosti dodávek elektrické energie může mít za následek značné materiální škody, které se pak odrážejí i v reklamace zákazníků. A právě o tuto odezvu od zákazníků a hodnoty ukazatelů se opírá Energetický regulační úřad. Ze záznamů událostí na napětí v distribučních trafostanicích byla stanovena hodnota ukazatele MAIFI (četnost krátkých přerušení) jako doplňujícího ukazatele nepřetržitosti dodávky k parametrům SAIFI (četnost dlouhých přerušení).

Tabulka 3.9 Souhrnné údaje dlouhých přerušení a hodnoty ukazatele SAIFI

Dlouhá přerušení t > 3 min										
rok/DTS	Hulín Sušilova	Březolupy	Slavičín	Zlín OBS	Chválkovice	M. Krumlov	Rouchovany	Hulín ZDŠ	Celkem	SAIFI
2006	1	1	1	0	15	0	0	4	18	1,46
2007	2	8	0	1	3	0	0	1	14	1,40
2008	1	1	4	3	6	1	0	0	15	2,28
2009	1	6	0	2	7	6	0	2	16	1,94
2010	0	6	2	1	6	3	13	0	15	2,89
2011	0	3	1	2	2	0	6	0	8	1,66
2012	2	3	4	1	8	0	4	3	18	2,74
2013	2	8	1	1	2	1	8	1	14	2,42
2014	0	3	2	3	5	1	3	0	13	2,06
2015	5	4	3	1	0	2	1	5	13	2,64
2016	1	1	2	1	0	1	2	1	5	1,29
Průměrná hodnota za sledované období										2,07
Průměrná hodnota za posledních 5 let										2,23

Výpočet ukazatelů nepřetržitosti byl proveden se zahrnutím všech zaznamenaných přerušení. Ukazatel SAIFI pro rok 2016 má hodnotu 1.29 přerušení za rok a ukazatel MAIFI pro rok 2016 má hodnotu 1,68 přerušení za rok pro sítě E.ONu, obě tyto hodnoty jsou menší než průměrná hodnota.

Tabulka 3.10 Souhrnné údaje krátkých přerušení a hodnoty ukazatele MAIFI

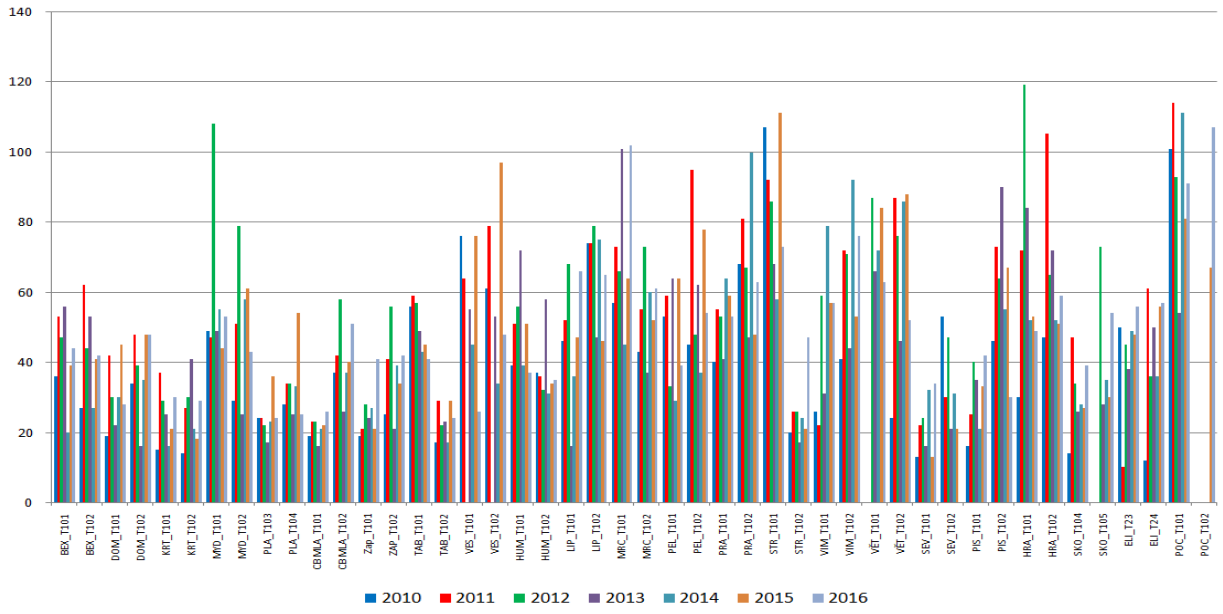
Krátká přerušení t < 3 min										
rok/DTS	Hulín Sušilova	Březolupy	Slavičín	Zlín OBS	Chválkovice	M. Krumlov	Rouchovany	Hulín ZDŠ	Celkem	SAIFI
2006	4	1	2	2	36	0	0	4	45	3,58
2007	2	8	0	2	36	0	0	2	48	3,21
2008	2	7	4	6	36	1	0	3	55	5,26
2009	2	6	0	2	24	2	0	1	34	2,54
2010	1	9	4	0	22	1	16	1	36	4,47
2011	1	7	1	1	9	1	12	0	19	2,81
2012	3	10	2	1	10	2	11	4	26	3,91
2013	2	4	0	6	3	1	15	2	15	3,96
2014	4	18	0	2	5	3	2	4	29	3,44
2015	12	13	0	1	2	0	6	13	28	4,77
2016	2	12	1	0	0	2	0	1	15	1,68
Průměrná hodnota za sledované období										3,60
Průměrná hodnota za posledních 5 let										3,55

3.3 Výskyt událostí na napětí v síti 22kV

Tato kapitola se zabývá druhým vyhodnocením zaznamenaných událostí v distribučních trafostanicích 110/22kV.

3.3.1 Poklesy napětí

Předmětem vyhodnocení jsou záznamy za období 2010 až 2016 z výstupů transformátorů 110/22kV v rozvodnách, celkem jde o 46 měřicích míst, dle obrázku (3.18) to jsou Bechyně (BEX), Domoradice (DOM), Křtěnov (KRT), Mydlovary (MYD), Planá (PLA), ČB Mladé (MLA), ČB Západ (ZAP), Tábor (TAB), Veselí (VES), Větřní (VĚT), Humpolec (HUM), Lipnice (LIP), Mirovice (MRC), Pelhřimov (PEL), Prachatice (PRA), Strakonice (STR), Vimperk (VIM), ČB Sever (SEV), Písek (PIS), J. Hradec (HRA), Škoda (SKO), Lipno (ELI) a Počátky (POC).



Obrázek 3.17 Počet poklesů napětí za roky 2010-2016 na výstupech TR 110/22 kV v jednotlivých rozvodnách

V grafu lze vidět počet poklesů napětí za jednotlivé roky ve všech rozvodnách. Je zřejmé, že výskyt poklesů napětí v síti je velmi proměnlivý. Stejně tak je možné říci, že výskyt poklesů napětí se liší nejenom v jednotlivých rozvodnách, ale také u jednotlivých transformátorů jedné rozvodny. Tyto skutečnosti jsou zkoumány více v následujícím vyhodnocování.

Tabulka 3.11 Souhrnné vyhodnocení poklesů v síti 22 kV za roky 2010-2016 na výstupech všech TR 110/22 kV

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	3749	404	489	66	22	0	0	0	0	4745
80<=Urest<85	2123	299	289	50	6	0	0	0	0	2767
70<=Urest<80	2517	473	164	114	9	0	12	0	0	3289
40<=Urest<70	2088	710	62	52	10	1	5	0	2	2930
5<=Urest<40	518	326	57	23	6	4	11	0	1	946
0<=Urest<5	15	12	4	8	0	0	5	1	1	46
Celkem	11025	2224	1065	313	53	5	33	1	4	14723

Tabulka 3.12 Souhrnné vyhodnocení poklesů v síti 22 kV (procentní výskyt poklesů napětí)

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	25,5	2,7	3,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2
80<=Urest<85	14,4	2,0	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8
70<=Urest<80	17,1	3,2	1,1	0,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	22,3
40<=Urest<70	14,2	4,8	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9
5<=Urest<40	3,5	2,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	6,4
0<=Urest<5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Celkem	74,9	15,1	7,2	2,1	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	100,0

Z tabulky (3.12) je zřejmé, že 74,9% poklesů v síti 22kV je kratších než 100 ms, 97,2% poklesů je kratších než 0,5 s a 99,3% poklesů je s délkou trvání do 1s. Dále lze konstatovat, že bylo zaznamenáno 32,2% poklesů se zbytkovým napětím U_{res}>85% U_n. Opět je potřeba připomenout, že v důsledku jedné poruchy v síti 22kV může být zaznamenáno více po sobě jdoucích poklesů.

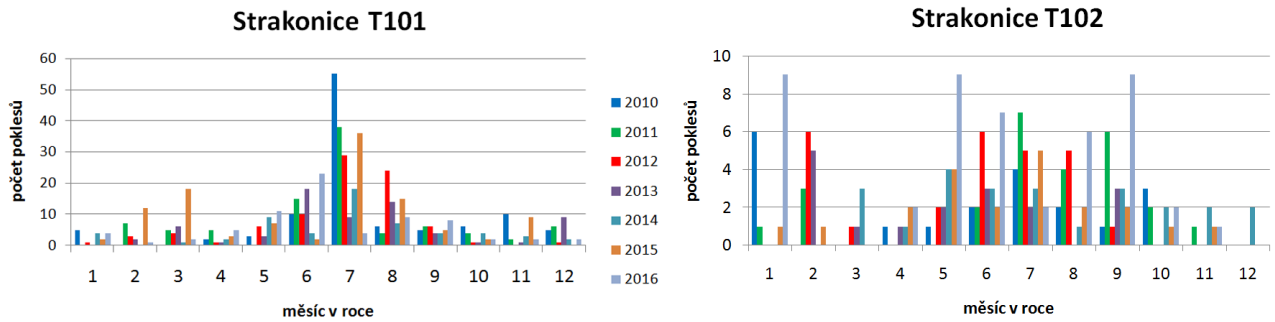
Tabulka 3.13 Podrobnější statistické vyhodnocení poklesů napětí na výstupech všech TR 110/22 kV

	Poklesy Napětí						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Celkový zaznamenaný počet	1687	2272	2326	1927	2010	2275	2226
Průměrný počet na jedno měřící místo	37	49	51	42	44	49	48
Směrodatná odchylka	24	27	27	22	24	22	20
Nejvyšší zaznamenaná hodnota	107	114	119	101	111	111	107
Za celé období 2010-2016							
Celkový zaznamenaný počet ve všech místech	14723						
Průměrný počet na jedno měřící místo za rok	46						
Směrodatná odchylka	24						
95% percentil	92						
Absolutní nejvyšší zaznamenaná hodnota	119						

Z tabulky (3.13) lze říci, že celkový počet poklesů napětí ze všech měřících míst za období 2010 až 2016 je roven 14 723 poklesům. Také je možné vidět velmi stabilní až konstantní trend průměrného počtu poklesů napětí za rok, který se pohybuje kolem 46 poklesů za rok.

Obdobně se ani nejvyšší zaznamenaná hodnota počtu poklesu napětí za určité období příliš nemění a pohybuje se kolem 101 až 119 poklesů napětí za dané měřící období.

Z obrázku (3.19) je patrné, že počet poklesů v jednotlivých rozvodnách se může během téhož roku značně lišit, stejně tak i na různých TR 110/22kV ve stejné rozvodně. V rozvodně Strakonice napájí transformátor T101 venkovské vývody a je na jeho výstupu zaznamenáno více poklesů než na výstupu T102, který napájí městské vývody.

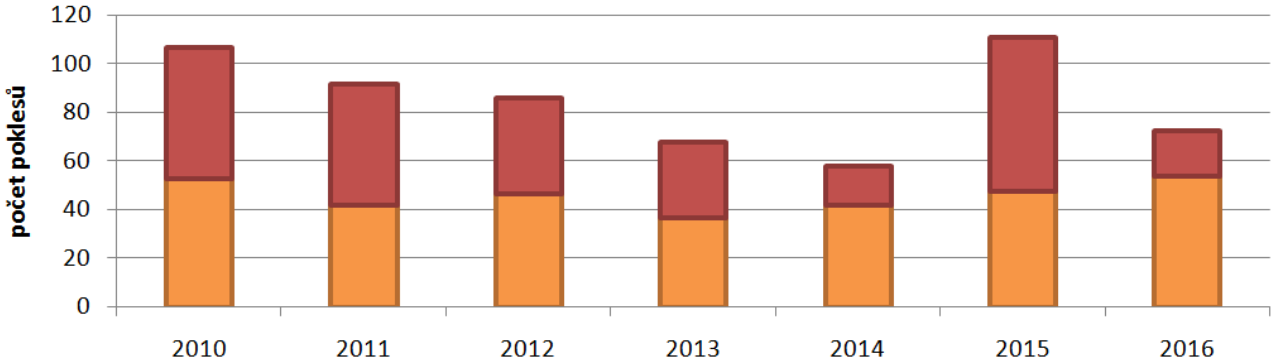


Obrázek 3.18 Počty poklesů napětí v jednotlivých měsících zaznamenaných v rozvodně Strakonice

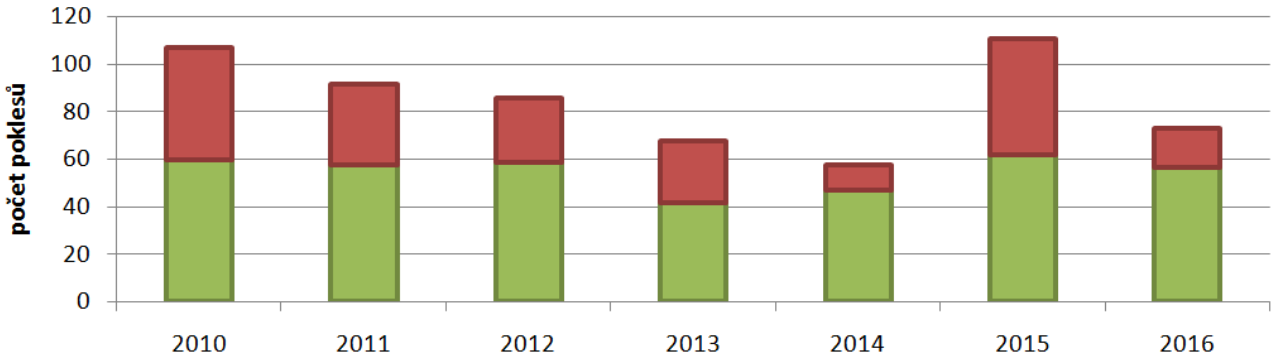
Časová agregace byla provedena pro rozvodny Strakonice, Písek a Humpolec, je tedy uvažováno, že po sobě jdoucí události ve zvoleném časovém intervalu považujeme za jednu událost. Časový interval byl stanoven nejdříve na 10 minut a pro druhé vyhodnocení na 1 hodinu. Důvodem pro zavedení časové agregace je skutečnost, že po sobě jdoucí události mohou mít společnou příčinu.

Tabulka 3.14 Výskyt poklesů napětí po časové agregaci záznamů pro DTS Strakonice T101

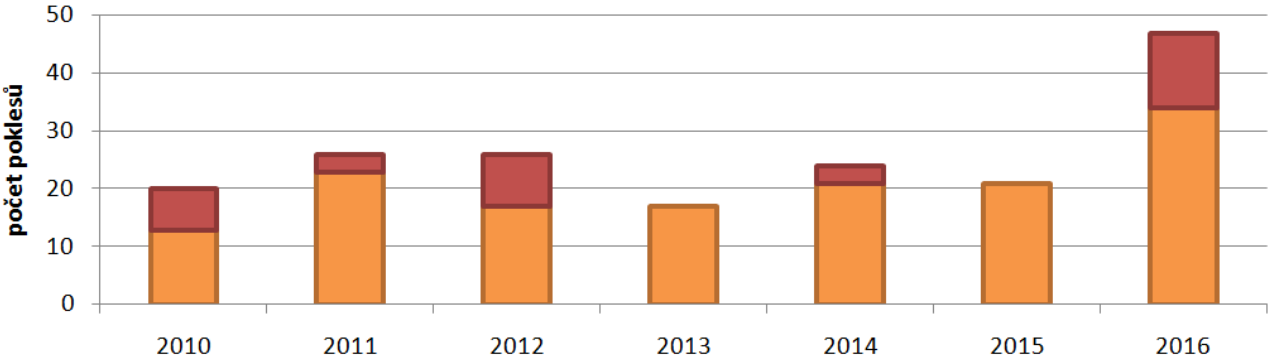
	Celkem poklesů napětí		
Rok / Časová agregace	Žádná	10 minut	1 hodina
2010	107	60	53
2011	92	58	42
2012	86	59	47
2013	68	42	37
2014	58	47	42
2015	111	62	48
2016	73	57	54
Celkový počet	595	385	323
Průměrný počet	7,1	4,6	3,8



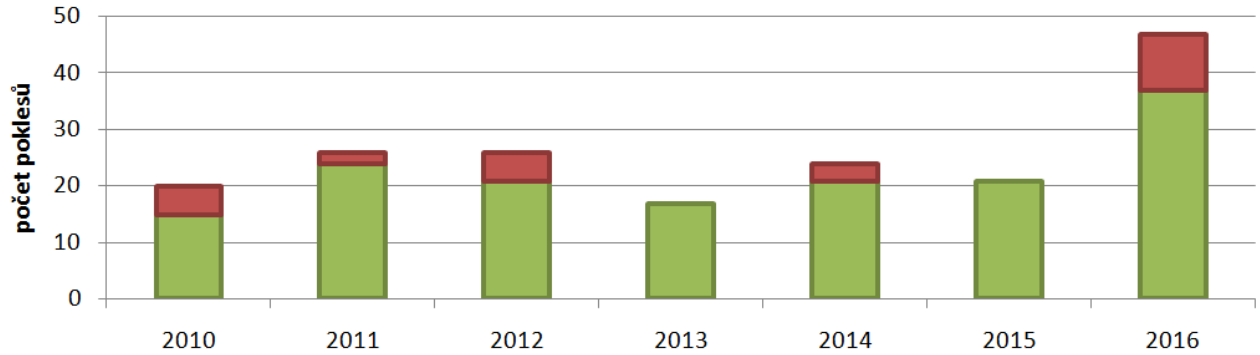
Obrázek 3.19 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 1 hodina pro DTS Strakonice T101



Obrázek 3.20 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 10 minut pro DTS Strakonice T101



Obrázek 3.21 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 1 hodina pro DTS Strakonice T102



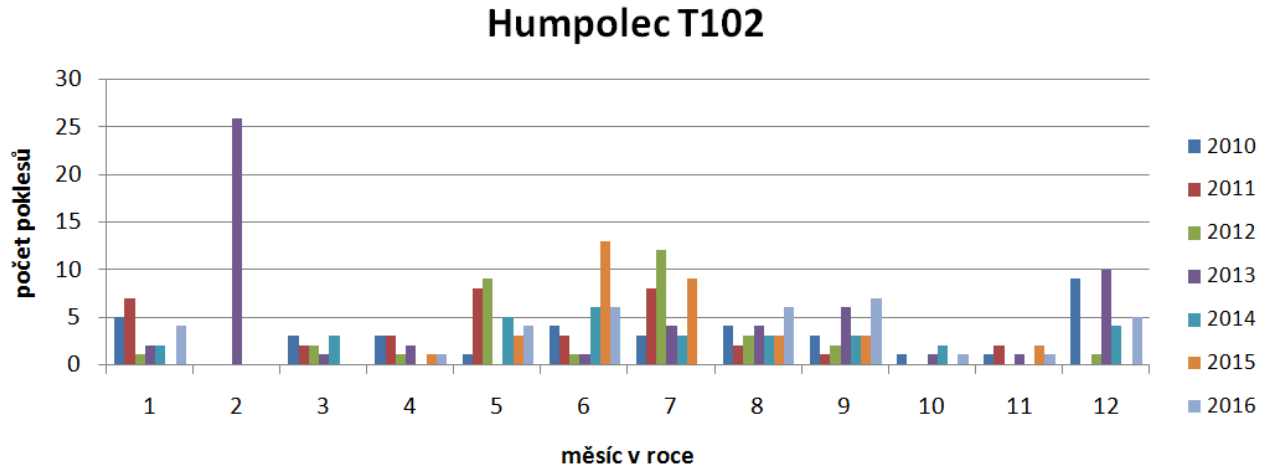
Obrázek 3.22 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 10 minut pro DTS Strakonice T102

Z tabulky (3.14) lze stanovit celkový počet poklesů napětí před a po nasazení časové agregace, v případě aplikování časového intervalu 1 hodina je celkový počet poklesů roven 323 poklesů, je tedy znatelně menší než bez aplikování časové agregace, ale také menší oproti časové agregaci s časovým intervalem 10 minut, který je roven 385 poklesům. Průměrný počet poklesů za rok je pak pro časový interval 10 minut roven 4,6 poklesů za rok a pro časový interval 1 hodina je roven 3,8 poklesů za rok. Na obrázcích (3.20-3.23) pak je možné vidět podíl aplikované časové agregace na celkovém počtu poklesů napětí bez časové agregace za jednotlivé roky.

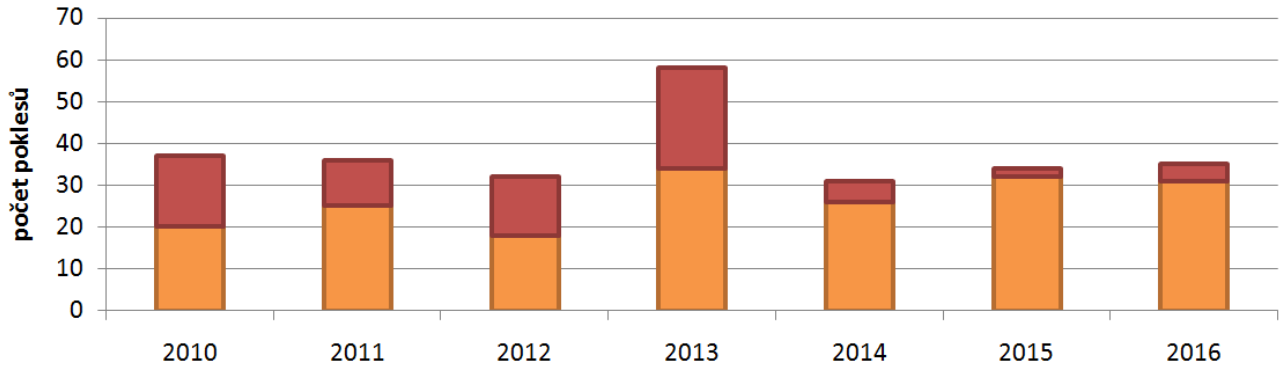
Tabulka 3.15 Výskyt poklesů napětí po časové agregaci záznamů v letech 2010 až 2016 pro DTS Strakonice T102

	Celkem poklesů napětí		
Rok / Časová agregace	Žádná	10 minut	1 hodina
2010	20	15	13
2011	26	24	23
2012	26	21	17
2013	17	17	17
2014	24	21	21
2015	21	21	21
2016	47	37	34
Celkový počet	181	156	146
Průměrný počet	2,2	1,9	1,7

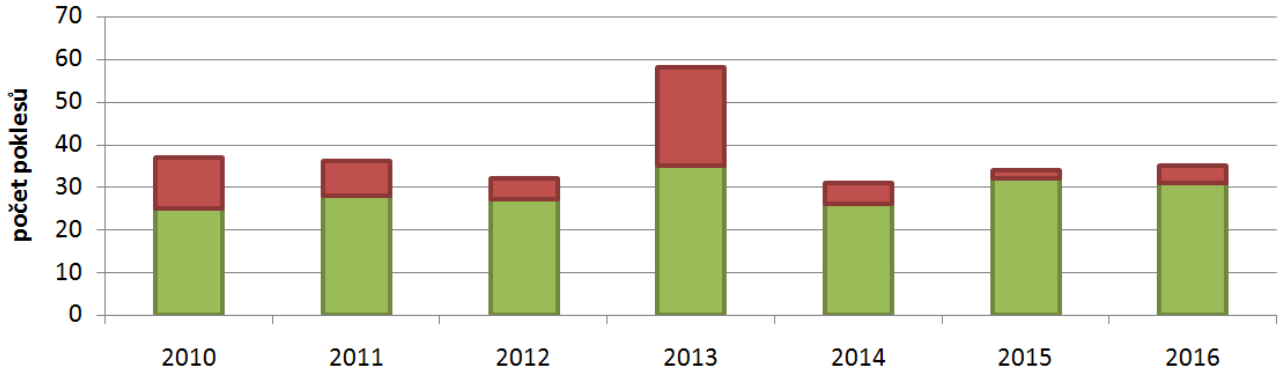
Z obrázků (3.20-3.23) je patrné, že čím delší stanovený časový interval pro časovou agregaci použijeme, tím více se projeví na celkovém počtu poklesů napětí. Také lze říci, že pro transformátor T101 v rozvodně Strakonice, který napájí venkovské vývody, se více projevila časová agregace, než na výstupu T102, který napájí městské vývody, důvodem je větší zranitelnost venkovních sítí vůči krátkodobým poruchám. Další rozvodnou, na kterou byla aplikována časová agregace, je rozvodna Humpolec. Z obrázku (3.24) je možné stanovit průměrný počet poklesů za roky 2010 až 2016 na hodnotu 4 poklesů napětí za rok.



Obrázek 3.23 Výskyt poklesů napětí v jednotlivých měsících v DTS Humpolec T102



Obrázek 3.24 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 1 hodina pro DTS Humpolec T102



Obrázek 3.25 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 10 minut pro DTS Humpolec T102

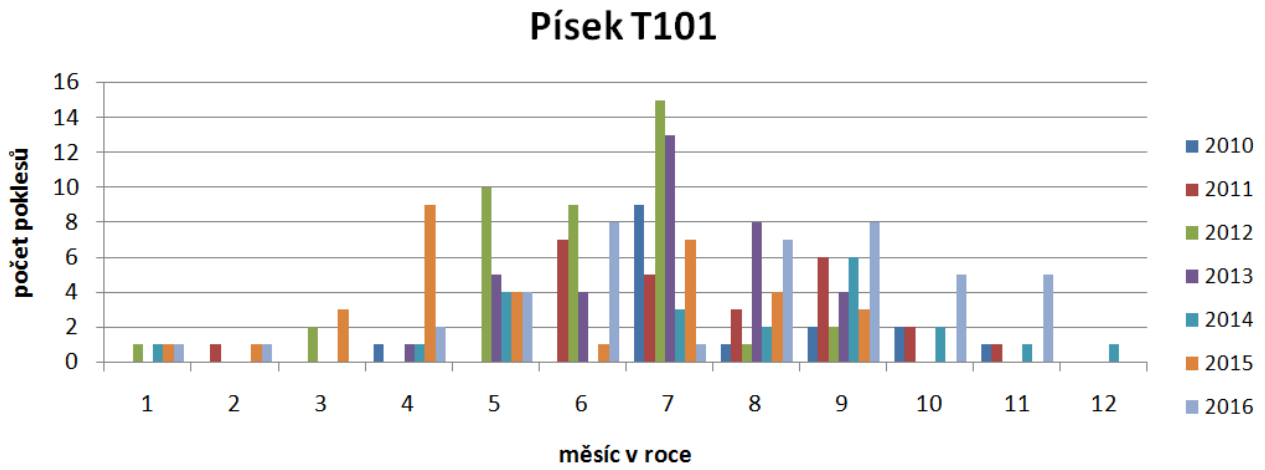
Na obrázcích (3.25-3.26) pak je možné vidět podíl aplikované časové agregace na celkovém počtu poklesů napětí bez časové agregace za jednotlivé roky, s největším podílem v roce 2013.

Tabulka 3.16 Výskyt poklesů napětí po časové agregaci záznamů v letech 2010 až 2016 pro DTS Humpolec T102

	Celkem poklesů napětí		
Rok / Časová agregace	Žádná	10 minut	1 hodina
2010	37	25	20
2011	36	28	25
2012	32	27	18
2013	58	35	34
2014	31	26	26
2015	34	32	32
2016	35	31	31
Celkový počet	263	204	186
Průměrný počet	3,1	2,4	2,2

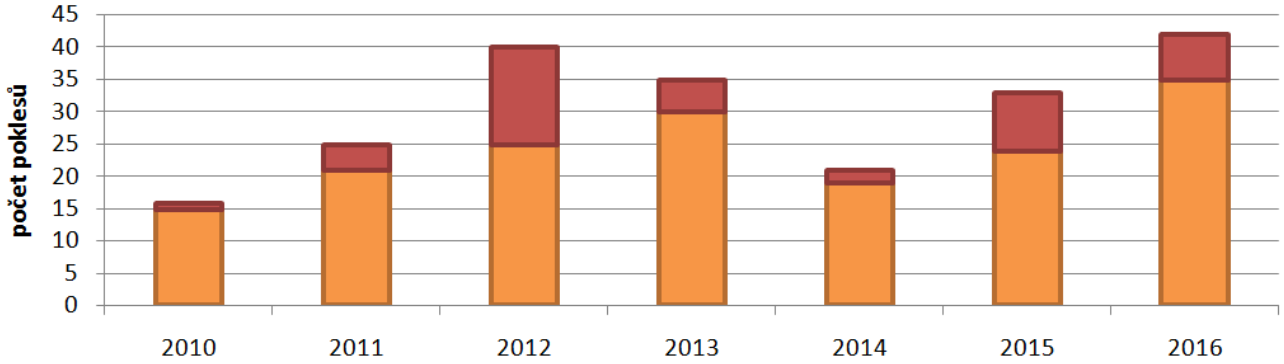
Z tabulky (3.16) lze opět stanovit celkový počet poklesů napětí před a po nasazení časové agregace, v případě aplikování časového intervalu 1 hodina je celkový počet poklesů roven 186 poklesů, je tedy znatelně menší než bez aplikování časové agregace, ale také menší oproti časové agregaci s časovým intervalem 10 minut, který je roven 204 poklesům.

Průměrný počet poklesů za rok je pak pro časový interval 10 minut roven 2,4 poklesům za rok a pro časový interval 1 hodina je roven 2,2 poklesů za rok. Poslední rozvodnou, na níž byla aplikována časová agregace, je rozvodna Písek. Z obrázku (3.27) je možné stanovit průměrný počet poklesů za roky 2010 až 2016 na hodnotu 4 poklesů napětí za rok.

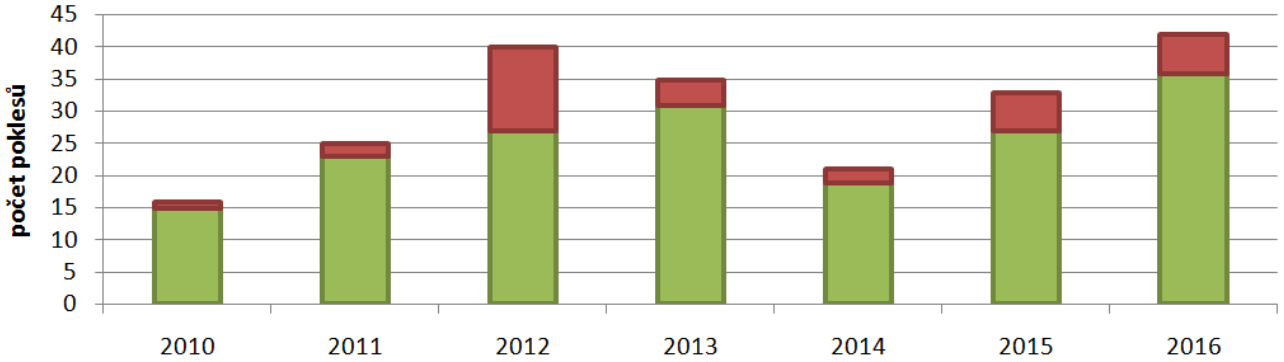


Obrázek 3.26 Výskyt poklesů napětí v jednotlivých měsících v DTS Písek T101

Na obrázcích (3.28-3.29) pak je možné vidět podíl aplikované časové agregace na celkovém počtu poklesů napětí bez časové agregace za jednotlivé roky, s největším podílem v roce 2012.



Obrázek 3.27 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 1 hodina pro DTS Písek T101



Obrázek 3.28 Výskyt poklesů napětí v letech 2010-2016 po časové agregaci záznamů s intervalem 10 minut pro DTS Písek T101

Z tabulky (3.17) určíme celkový počet poklesů napětí před a po nasazení časové agregace, v případě aplikování časového intervalu 1 hodina je celkový počet poklesů roven 169 poklesů, je tedy znatelně menší než bez aplikování časové agregace, ale také menší oproti časové agregaci s časovým intervalem 10 minut, který je roven 178 poklesům. Průměrný počet poklesů za rok je pak pro časový interval 10 minut roven 2,1 poklesům za rok a pro časový interval 1 hodina je roven 2,0 poklesů za rok.

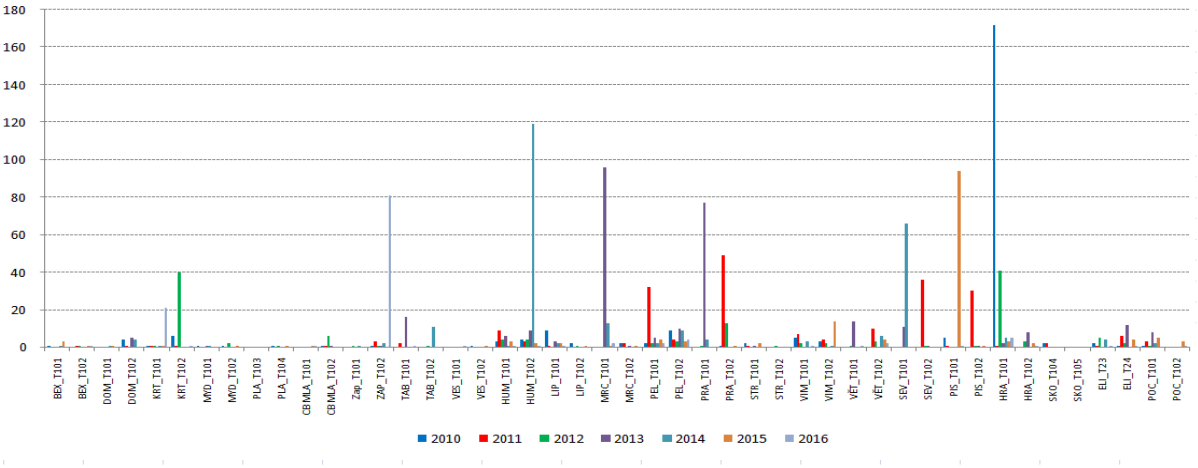
Tabulka 3.17 Výskyt poklesů napětí po časové agregaci záznamů v letech 2010 až 2016 pro DTS Písek T101

	Celkem poklesů napětí		
Rok / Časová agregace	Žádná	10 minut	1 hodina
2010	16	15	15
2011	25	23	21
2012	40	27	25
2013	35	31	30
2014	21	19	19
2015	33	27	24
2016	42	36	35
Celkový počet	212	178	169
Průměrný počet	2,5	2,1	2,0

Z výsledků lze konstatovat, že se časová agregace projeví více na transformátorech, které napájí venkovské vývody a to z důvodu, že na nich lze očekávat větší počet poklesů napětí než na výstupu z transformátorů, které napájí městské vývody. Je tedy možné odhadnout, který transformátor dané rozvodny se používá k napájení venkovských vývodů podle počtu poklesů napětí a tedy i podílu časové agregace. V tomto případě, lze říci, že Strakonice T101, Humpolec T101 a Písek T102 se používají převážně pro napájení venkovských vývodů a Strakonice T102, Humpolec T102 a Písek T101 se používají převážně pro napájení městských vývodů

3.3.2 Přechodná zvýšení napětí

Dále bylo provedeno vyhodnocení výskytu přechodných zvýšení napětí, opět pro období 2010 až 2016, je zřejmé, že zvýšení napětí se vyskytují v síti vn méně často než poklesy napětí, obvykle v počtu jednotek událostí za rok. Průměrný roční výskyt přechodných zvýšení napětí je roven 5 událostem za rok. Ojediněle v některých místech byl zaznamenán výrazný počet přechodných zvýšení napětí v počtu desítek událostí ročně.



Obrázek 3.29 Počet zvýšení napětí za roky 2010-2016 na výstupech TR 110/22 kV v jednotlivých rozvodnách

Tabulka 3.18 Souhrnné vyhodnocení zvýšení napětí za roky 2010-2016 na výstupech TR 110/22 kV

Urest[%] / t[s]	0,01<t<=0,1	0,1<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<20	20<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
110<=Urest<115	375	553	81	91	82	49	52	123	1406
115<=Urest<120	0	5	1	1	5	0	2	11	25
120<=Urest	1	2	0	0	2	1	0	3	9
Celkem	376	560	82	92	89	50	54	137	1440

Tabulka 3.19 Souhrnné vyhodnocení zvýšení napětí na výstupech TR 110/22 kV (procentní výskyt)

Urest[%] / t[s]	0,01<t<=0,1	0,1<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<20	20<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
110<=Urest<115	26,0	38,4	5,6	6,3	5,7	3,4	3,6	8,5	97,6
115<=Urest<120	0,0	0,3	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,8	1,7
120<=Urest	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,6
Celkem	26,1	38,9	5,7	6,4	6,2	3,5	3,8	9,5	100,0

Vyhodnocení monitorování zvýšení napětí pro jednotlivé roky a za celé monitorovací období ukazuje tabulka (3.18). Průměrný počet zvýšení napětí na jedno měřicí místo se pohybuje v rozmezí 3 až 7 událostí za rok, nejvyšší zaznamenaný počet zvýšení napětí v daném roce pak v rozmezí 41 až 172 poklesů, což je značně široké rozpětí hodnot, ale je obvykle způsobeno ojedinělým extrémním počtem událostí zaznamenaných v jednom měřicím místě. (např. změna v řazení sítě).

Tabulka 3.20 Podrobnější statistické vyhodnocení zvýšení napětí na výstupech všech TR 110/22 kV

	Zvýšení napětí						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Celkový zaznamenaný počet	243	212	145	289	259	160	132
Průměrný počet na jedno měřící místo	5,3	4,6	3,2	6,3	5,6	3,5	2,9
Směrodatná odchylka	25,2	10,5	8,4	17,9	19,8	13,8	12,2
Nejvyšší zaznamenaná hodnota	172	49	41	96	119	94	81
Za celé období 2010-2016							
Celkový zaznamenaný počet ve všech místech	1440						
Průměrný počet na jedno měřící místo za rok	4,5						
Směrodatná odchylka	16,2						
95% percentil	14,0						
Absolutní nejvyšší zaznamenaná hodnota	172						

Z tabulky (3.20) lze říci, že celkový počet zvýšení napětí ze všech měřících míst za období 2010 až 2016 je roven 1440 poklesům. Také je možné vidět klesající trend od roku 2013 na průměrném počtu zvýšení napětí za rok a tedy také celkovém počtu zvýšení napětí. Nejvyšší zaznamenaná hodnota počtu zvýšení napětí se za poslední roky příliš nemění a pohybuje se kolem 81 až 119 zvýšení napětí za dané měřící období.

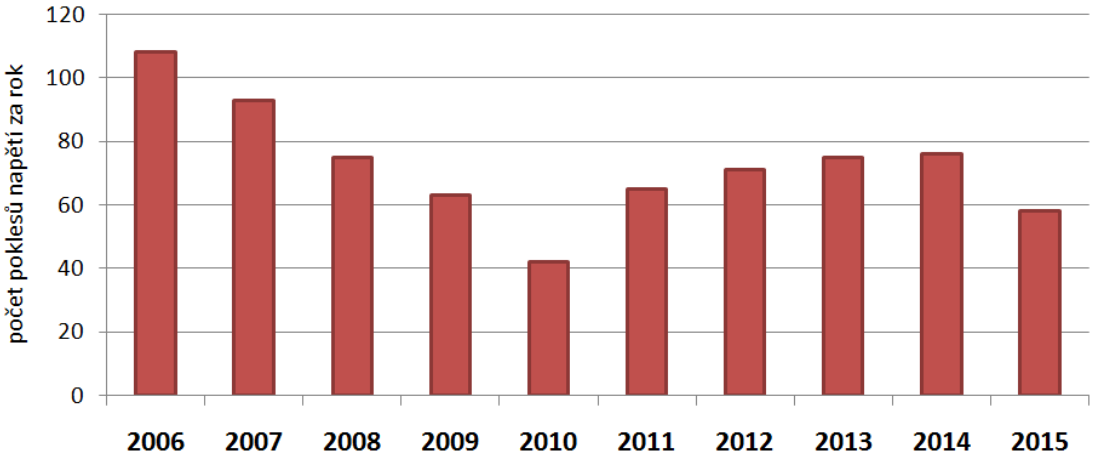
Extrémní výskyt přechodných zvýšení napětí

V rozvodně Písek (PIS T101) byl zaznamenán extrémní počet zvýšení napětí v roce 2015, konkrétně bylo zaznamenáno téměř 100 událostí. Z nichž 94 událostí typu přechodného zvýšení napětí bylo zaznamenáno v jediném dni a to v sobotu 28.3.2015. Doba trvání jednotlivých událostí nepřekročila 2 sekundy, naprostá většina událostí netrvala déle než 0,5 sekund. V minulosti byly již zaznamenány obdobné extremní výskyty událostí a to v roce 2014 v rozvodně Humpolec (HUM T102) a v roce 2010 v rozvodně Jindřichův Hradech (HRA T101).

V rozvodně Humpolec bylo ve dni 5.12. 2014 zaznamenáno 117 zvýšení napětí a v rozvodně J.Hradec bylo ve dni 25.6. zaznamenáno 139 zvýšení napětí. V obou případech se jednalo o následek dočasné změny provozní úrovně napětí. [21]

3.3.3 Odběratelé 22kV

Pro názornou ukázku je zde uvedena také analýza měření zákazníka vn, který je napájen dlouhým venkovním vývodem z rozvodny 22kV. Vyhodnocena jsou data pouze za roky 2006 až 2015 v rámci kontinuálního záznamového měření událostí, které je měřeno na výstupech měničů 22/0,1kV zákazníka vn.



Obrázek 3.30 Počty poklesů napětí v jednotlivých letech v místě připojení odběratele 22 kV

Za 10 let měření bylo zaznamenáno celkem 726 poklesů napětí. Jejich třídění dle zbytkového napětí U_{res} a délky trvání udává následující tabulka.

Tabulka 3.21 Klasifikace poklesů napětí v místě měření odběratele 22 kV za období 10 let

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	142,0	9,0	24,0	18,0	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	199,0
80<=Urest<85	120,0	9,0	17,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	147,0
70<=Urest<80	157,0	14,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	178,0
40<=Urest<70	86,0	29,0	3,0	6,0	1,0	2,0	4,0	0,0	0,0	131,0
5<=Urest<40	13,0	7,0	4,0	1,0	4,0	0,0	1,0	10,0	12,0	52,0
0<=Urest<5	0,0	1,0	2,0	0,0	10,0	0,0	0,0	1,0	5,0	19,0
Celkem	518,0	69,0	56,0	27,0	20,0	2,0	6,0	11,0	17,0	726,0

Tabulka 3.22 Klasifikace poklesů napětí v místě měření odběratele 22 kV za období 10 let (procentní výskyt)

Urest[%] / t[s]	t<0,1	0,1<t<0,2	0,2<t<0,5	0,5<t<1	1<t<3	3<t<5	5<t<60	60<t<180	180<t	Celkem
85<=Urest<90	19,6	1,2	3,3	2,5	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	27,4
80<=Urest<85	16,5	1,2	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2
70<=Urest<80	21,6	1,9	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5
40<=Urest<70	11,8	4,0	0,4	0,8	0,1	0,3	0,6	0,0	0,0	18,0
5<=Urest<40	1,8	1,0	0,6	0,1	0,6	0,0	0,1	1,4	1,7	7,2
0<=Urest<5	0,0	0,1	0,3	0,0	1,4	0,0	0,0	0,1	0,7	2,6
Celkem	71,3	9,5	7,7	3,7	2,8	0,3	0,8	1,5	2,3	100,0

Z tabulky (3.22) je zřejmé, že 71,3 % poklesů ve sledovaném místě je kratších nežli 100 ms, 88,6 % poklesů je kratších než 0,5 s a 92,3 % poklesů je s délkou trvání do 1 s. Dále lze konstatovat, že bylo zaznamenáno 27,4 % poklesů se zbytkovým napětím U_{res}>85 % U_n. Za sledované období 10 let byl zaznamenán pouze jeden případ přechodného zvýšení napětí a to v r.2006, s dobou trvání do 1 s.

4 Zhodnocení výsledků

Tato závěrečná kapitola se bude zabývat hledáním souvislostí mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území, následně v ní budou identifikovány místa s nadprůměrným výskytem událostí.

4.1 Souvislost mezi výskytem událostí a charakterem území

Tato podkapitola se zabývá vyhledáváním souvislostí mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území.

4.1.1 Definování charakteru měřících míst na hladině nn

Z celkového počtu 8 měřících míst na distribučních trafostanic vn/nn, na kterých probíhalo vyhodnocení záznamů za období 2006 až 2016, je většina distribučních trafostanic umístěna ve Zlínském kraji, konkrétně to jsou DTS Hulín T12 Sušilova, DTS Hulín T19 ZDŠ , DTS Zlín Jižní svahy T17, DTS Slavičín T19, DTS Březolupy T9. Dvě distribuční trafostanice se nacházejí v Jihomoravském kraji, jsou to DTS Chvalkovice a DTS Moravský Krumlov. Poslední DTS Rouchovany je umístěna v kraji Vysočina.

Obrázek 4.1 Umístění distribučních trafostanic (Upraveno z [26])

Tabulka 4.1 Charakteru měřících míst na hladině nn

Umístění DTS	Kraj	Okres	Nadmořská výška (m n.m.)	Status	Počet obyvatel
Moravský Krumlov	Jihomoravský	Znojmo	255	Město	5 812
Chvalkovice	Jihomoravský	Vyškov	337	Obec	251
Rouchovany	Vysočina	Třebíč	360	Obec	1 187
Hulín	Zlínský	Kroměříž	191	Město	6 902
Zlín	Zlínský	Zlín	230	Město	75 117
Slavičín	Zlínský	Zlín	380	Město	6 553
Březolupy	Zlínský	Uherské Hradiště	212	Obec	1 681

Provedení linky vn napájející danou distribuční trafostanicí a následné sítě nn se pro jednotlivá místa měření liší a konkrétně jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 4.2 Provedení sítí u distribučních trafostanicí

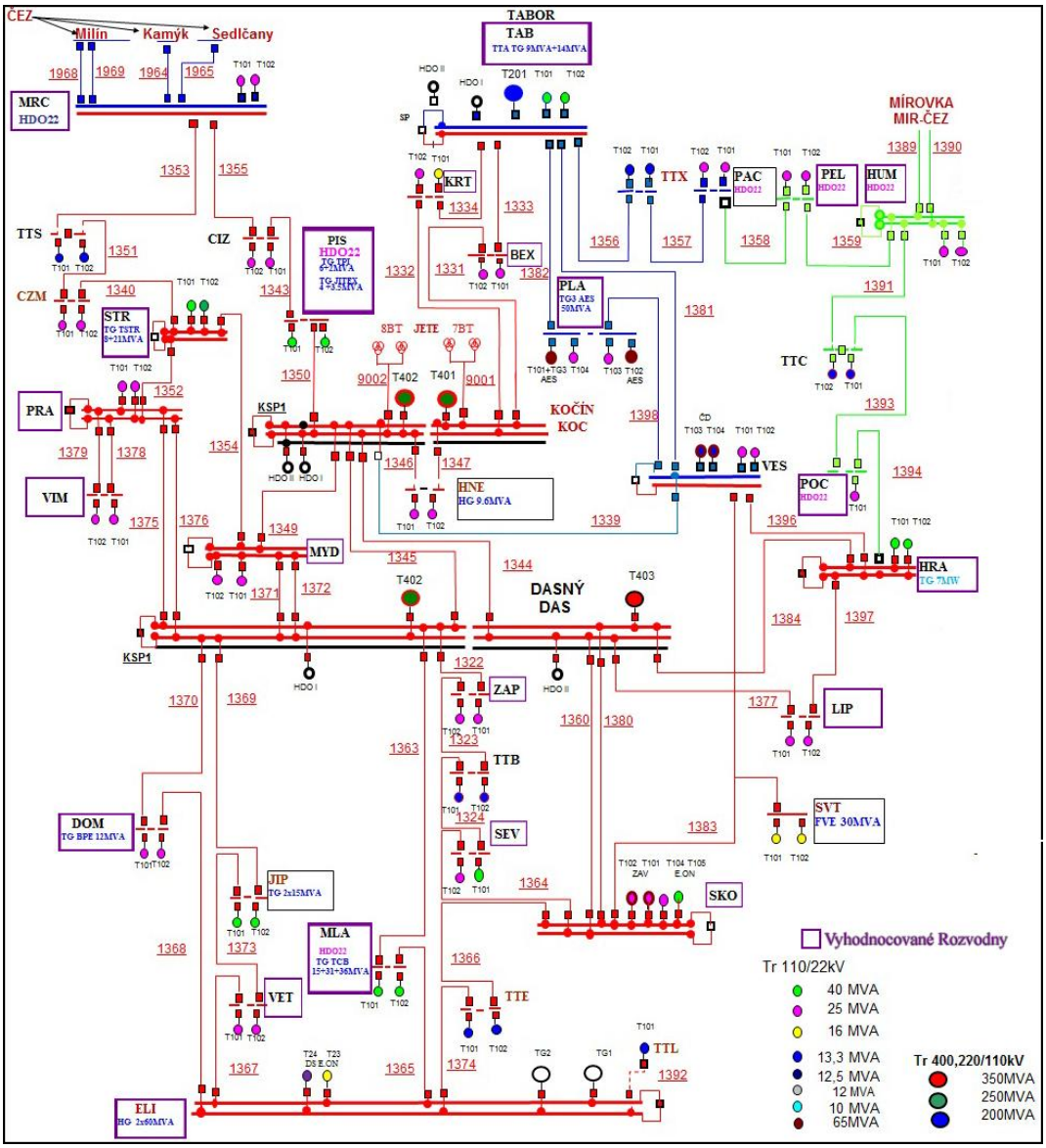
Název TS	Vedení VN	Vedení NN	Výkon transformátoru 22/0,4kV	Počet odběratelů
Zlín Jižní svahy T17	kabelové	kabelové	400 kVA	382
Chvalkovice Na Želeč	venkovní	venkovní	160kVA	65
Slavičín T19	kabelové	kab / ven	630 kVA	353
TS Hulín T12 Sušilova	ven/kab	ven/kab	T1-400kVA/zdr 40kW	210
TS Hulín T19 ZDŠ	ven/kab	kab / ven	250kVA/zdr105kW	123
Moravský Krumlov	venkovní	kab / ven	630kVA	78
Rouchovany	venkovní	kab / ven	630kVA	141
Březolupy T9	venkovní	ven/kab	400 kVA	118

Z této tabulky lze konstatovat, že většina provedení linek je kombinovaná, tedy je řešeno pomocí kabelového i venkovního vedení. Přesto lze DTS rozdělit do několika skupin, které lze mezi sebou porovnávat. Například zástupce DTS s provedením linek čistě pomocí kabelového vedení je DTS Zlín T17 a zástupce DTS s provedením linek čistě pomocí venkovního vedení je DTS Chválkovice. Kabelová síť nn začíná vývodem z transformační stanice a končí v přípojkové skříni odběratele nebo na podpěře venkovního vedení nn ukončením v rozpojovací skříni nebo připojením přímo na vedení. Nové kabelové sítě nn se budují ve všech městech a obcích s hustou zástavbou, tedy tam, kde nelze realizovat venkovní vedení nn. Obecně se dá konstatovat, že u sítí nn, je ekonomicky výhodnější kabelové vedení nad venkovním vedením

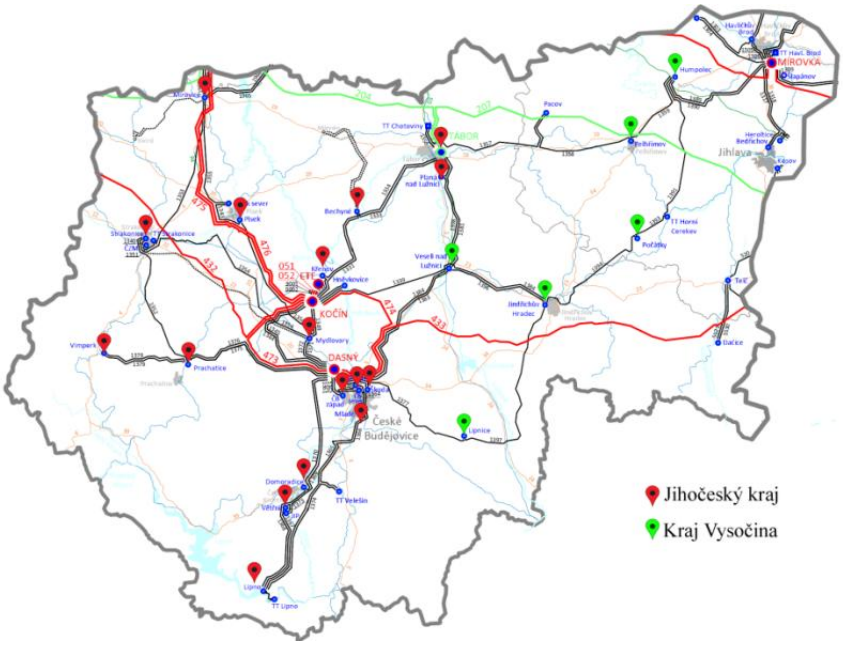
4.1.2 Definování charakteru měřících míst na hladině vn

Z celkového počtu 46 měřících míst na výstupu transformátorů 110/22kV v rozvodnách, na kterých probíhalo vyhodnocení záznamů za období 2010 až 2016, je většina rozvoden umístěna v Jihočeském kraji, konkrétně to jsou rozvodny: Bechyně (BEX), Domoradice (DOM), Křtěnov (KRT), Mydlovary (MYD), Planá (PLA), ČB Mladé (MLA), ČB Západ (ZAP), ČB Sever (SEV), ČB Škoda (SKO), Tábor (TAB), Větřní (VĚT), Mirovice (MRC), Prachatice (PRA), Strakonice (STR), Vimperk (VIM), Písek (PIS), Lipno (ELI). Rozvodny Humpolec (HUM), J. Hradec (HRA), Počátky (POC), Pelhřimov (PEL), Lipnice (LIP) a Veselí (VES) se nacházejí v kraji Vysočina

Obecně lze však říci, že napájecími body pro síť 22 kV jsou transformovny 110/22 kV. Odtud odchází vedení VN do center odběru jako jsou například: města, obce, průmyslové lokality a jiné. Venkovní vedení je používáno s ohledem na nižší pořizovací cenu pro distribuci elektřiny na větší vzdálenosti a do míst s řidší zástavbou. Kabelové VN sítě je používáno převážně v městské zástavbě. Avšak v poslední době společnost E.On používá kabelové vedení i mimo města z důvodů územně-právních a majetkoprávních podmínek a také z důvodů kvalitativních hledisek dodávky. Pořizovací náklady těchto vedení jsou oproti venkovním vedením podstatně vyšší, ovšem nejsou tolik vystavena různým druhům namáhání a povětrnostním vlivům, čímž dochází k zvýšení spolehlivosti provozu sítí a k snižování poruchových přerušení dodávky.

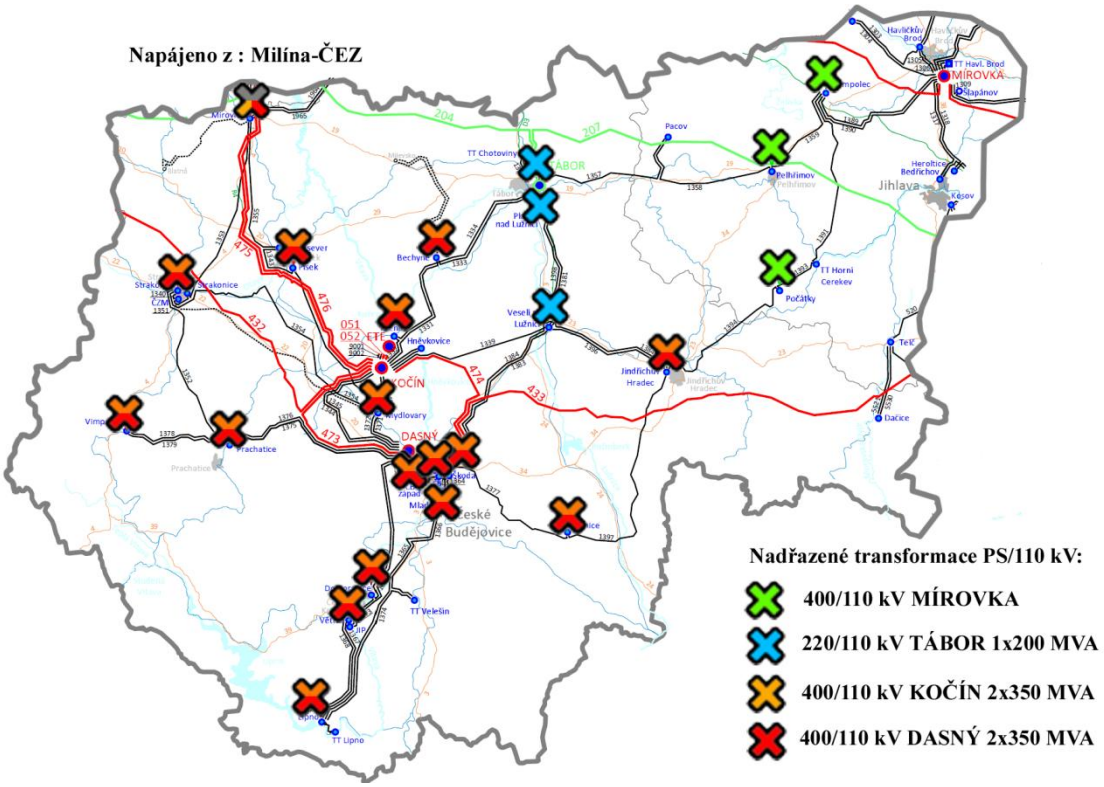


Obrázek 4.2 Mapa sítě společnosti E.ON v rozsahu pro znázornění všech vyhodnocovaných rozvoden



Obrázek 4.3 Rozdělení jednotlivých rozvoden na kterých bylo provedeno vyhodnocení dle kraje

Všechny rozvodny jsou místěny poblíž města. Provedení linek je většinou kombinované, tedy je řešeno pomocí kabelového i venkovního vedení. Avšak některé, rozvodny rozdělují toto provedení pomocí dvou transformátorů, z nichž jeden je používán pro účely venkovního vedení a druhý pro kabelové vedení. Proto lze vysledovat velké rozdíly ve výskytu událostí ve stejné rozvodně při bližším zkoumání jejich dvou transformátorů.



Obrázek 4.4 Rozdělení jednotlivých rozvoden na kterých bylo provedeno vyhodnocení dle předávacích míst

Všechny rozvodny jsou napájeny ze čtyř hlavních nadřazených transformací PS/110kV. Lze je tedy dle předávacích míst rozdělit na tři skupiny, neboť KOČÍN s DASNÝM se provozují v můstkovém provedení, tedy paralelně. Z předávacího místa KOČÍN-DASNÝ jsou zásobovány rozvodny Domoradice (DOM), Mydlovary (MYD), ČB Mladé (MLA), ČB Západ (ZAP), ČB Sever (SEV), Větřní (VĚT), Prachatice (PRA), Vimperk (VIM), Lipno (ELI), Lipnice (LIP), J. Hradec (HRA) a ČB Škoda (SKO) a dále pak rozvodny Mirovice (MRC), Písek (PIS), Bechyně (BEX), Křtěnov (KRT) a Strakonice (STR). Rozvodna Mirovice je navíc napájena z předávacího místa Milína-ČEZ, pouze vysílač HDO je z předávacích míst KOČÍN-DASNÝ. Rozvodny Veselí (VES), Tábor (TAB) a Planá (PLA) patří pod předávací místo TÁBOR. Dále je možné určit, že rozvodny Humpolec (HUM), Počátky (POC) a Pelhřimov (PEL) patří pod předávací místo MÍROVKA.

4.1.3 Hledání souvislosti mezi rozdělenými místy měření a výskytem událostí

Za pomoci informací o jednotlivých míst měření uvedených v minulé kapitole, je nyní možné začít hledat jednotlivé souvislosti. Jako první se pokusíme naleznout souvislosti mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území na napěťové hladině nn.

A) Souvislosti dle poklesů napětí na hladině nn

Tabulka 4.3 Počet poklesů napětí na všech DTS za jednotlivé roky

rok/DTS	Hulín ZDŠ	Hulín Sušilova	Březolupy	Slavičín	Zlín OBS	Chvalkovice	Moravský Krumlov	Rouchovany
2006	45	38	49	105	57	216	0	0
2007	45	29	49	173	93	202	0	0
2008	48	42	54	265	98	51	80	0
2009	39	40	63	103	71	74	101	0
2010	93	80	73	119	76	116	77	36
2011	61	38	30	50	65	33	71	32
2012	57	44	26	46	26	73	51	76
2013	53	43	59	59	53	104	85	183
2014	113	46	34	92	47	55	112	104
2015	80	74	576	36	55	69	46	46
2016	37	33	33	70	47	54	48	45
Celkem	671	507	1046	1118	688	1047	671	522
Průměr	61	46,09	95,09	101,64	62,55	95,18	61	47,45

Z výše uvedených poznatků a tabulky (4.3) nebyla nalezena souvislost výskytů poklesů napětí dle geografických podmínek.

Konkrétně nebyla nalezena souvislost dle kraje, v kterém se DTS nachází, dále lze vypozorovat, že ani počet obyvatel, počet odběratelů či status dané lokace, nemá na počet poklesů napětí na dané DTS významný vliv.

Byla však vypozorována určitá souvislost dle nadmořské výšky, kdy pro DTS Slavičín, DTS Chvalkovice a DTS Rouchovany mají velmi podobný počet celkových poklesů napětí a průměrný počet poklesů napětí za rok v rozmezí let 2010 až 2016. Obdobně DTS Zlín a DTS Moravský Krumlov mají velmi podobné nadmořské výšky a téměř stejný počet celkových poklesů napětí a průměrný počet poklesů napětí za rok.

I v posledním porovnání zbývajících DTS je tato podobnost vypozorována, za předpokladu, že nebudeme uvažovat extrémní výskyt událostí na DTS Březolupy v roce 2015, který nebyl způsoben klimatickými podmínkami. Celkově lze říci, že vypozorování této souvislosti, je spojené s klimatickými podmínkami, konkrétně účinkům větru na dané vedení. Při hledání souvislostí dle provedení sítě, lze nejprve konstatovat, že DTS Zlín, jakožto zástupce čistě kabelového vedení, má menší počet poklesů napětí a menší průměrný počet poklesů napětí za rok nežli DTS Chválkovice, u které je provedení řešeno pomocí venkovních vedení.

Při porovnání DTS se stejným provedením sítě, konkrétně DTS Rouchovany, Březolupy a Moravský Krumlov, však přílišná podobnost nebyla nalezena, pouze se zanedbáním extrémního výskytu na DTS Březolupy v roce 2015 lze vysledovat podobný celkový počet poklesů napětí. Lze však konstatovat, že je možné očekávat více poklesů na venkovním vedení než na kabelových. Také lze říci, že průměrný počet poklesů za rok na jednu DTS je roven 72. V další kapitole budou blíže analyzovány případy s nadprůměrným výskytem poklesů napětí, tedy v tomto případě se jedná o DTS Slavičín a DTS Chválkovice, schválně není započítána DTS Březolupy, kvůli extrémnímu výskytu z roku 2015, který nesouvisí ani s geografickými ani s klimatickými podmínkami, které jsou předmětem tohoto zkoumání.

B) Souvislosti dle přechodných zvýšení napětí na hladině nn

Tabulka 4.4 Počet přechodných zvýšení napětí na všech DTS za jednotlivé roky

rok/DTS	Hulín ZDŠ	Hulín Sušilova	Březolupy	Slavičín	Zlín OBS	Chvalkovice	Moravský Krumlov	Rouchovany
2006	0	1	1	0	0	13	0	0
2007	0	1	0	0	0	4	0	0
2008	0	0	0	92	0	0	80	0
2009	0	0	1	1587	0	2	101	0
2010	0	0	0	1702	0	1	77	36
2011	0	0	0	1414	0	0	71	32
2012	0	0	0	1004	0	1	51	76
2013	0	0	0	0	0	1	85	183
2014	0	0	63	0	0	0	112	104
2015	0	0	2134	0	0	0	46	46
2016	0	0	0	1	0	0	0	0
Celkem	0	2	2199	5800	0	22	623	477
Průměr	0	0,18	199,91	527,27	0	2,00	56,64	43,36

Z výše uvedených poznatků a tabulky (4.4) nebyla nalezena souvislost výskytů přechodných zvýšení napětí dle geografických podmínek. Konkrétně nebyla nalezena souvislost dle kraje, v kterém se DTS nachází, dále lze vypozorovat, že ani počet obyvatel, počet odběratelů, nadmořská výška či status dané lokace, nemá na počet poklesů napětí na dané DTS významný vliv.

Při hledání souvislostí dle provedení sítě, lze nejprve konstatovat, že nebyla nalezena souvislost ve většině porovnávaných případů. Jediné co lze vysledovat, jsou obdobné chování DTS Moravský Krumlov a DTS Rouchovany, obě mají stejné provedení vedení.

Velký počet přechodných zvýšení na DTS Březolupy a Slavičín lze považovat za extremní výskyty, které již byly popsány v předchozích kapitolách.

V další kapitole budou blíže analyzovány případy s nadprůměrným výskytem přechodných zvýšení napětí, tedy v tomto případě se jedná o DTS Slavičín, opět není započítána DTS Březolupy, kvůli extrémnímu výskytu z roku 2015.

C) Souvislosti dle přerušení napětí na hladině nn

Tabulka 4.5 Počet přerušení napětí na všech DTS za jednotlivé roky

rok/DTS	Hulín ZDŠ	Hulín Sušilova	Březolupy	Slavičín	Zlín OBS	Chvalkovice	Moravský Krumlov	Rouchovany
2006	8	5	2	3	2	51	0	0
2007	3	4	16	0	3	39	0	0
2008	3	4	8	8	9	42	1	0
2009	3	3	12	0	4	31	15	0
2010	1	1	15	6	1	28	12	1
2011	0	1	10	2	3	11	6	6
2012	8	5	13	6	2	18	7	8
2013	3	4	12	1	7	5	26	40
2014	4	4	21	2	5	11	20	24
2015	18	17	17	3	2	2	8	12
2016	10	4	4	12	12	10	5	15
Celkem	61	52	130	43	50	248	100	106
Průměr	5,55	4,73	11,82	3,91	4,55	22,55	9,09	9,64

Z výše uvedených poznatků a tabulky (4.5) nebyla nalezena souvislost výskytů poklesů napětí dle geografických podmínek. Konkrétně nebyla nalezena souvislost dle kraje, v kterém se DTS nachází, dále lze vypozorovat, že ani počet obyvatel, počet odběratelů, nadmořská výška či status dané lokace, nemá na počet přerušení napětí na dané DTS významný vliv.

Při hledání souvislostí dle provedení sítě, lze nejprve konstatovat, že DTS Zlín, jakožto zástupce čistě kabelového vedení, má menší počet přerušení napětí a menší průměrný počet přerušení napětí za rok nežli DTS Chválkovice, u které je provedení řešeno pomocí venkovních vedení. Při porovnání DTS Zlín, DTS Slavičín a DTS Hulín Sušilova lze konstatovat, že DTS s kabelovým řešením sítě vn, mají výrazně menší počet přerušení napětí a menší průměrný počet přerušení napětí za rok, než DTS s venkovním řešením sítě vn. Tento fakt lze potvrdit, při pohlédnutí na DTS Březolupy a DTS Chválkovice, které mají výrazně větší počet přerušení napětí a tedy i větší průměrný počet přerušení napětí za rok, obě tyto DTS mají vedení vn řešeno venkovním vedením a navíc i vedení nn je převážně venkovní.

Jako poslední lze vysledovat spojitost mezi DTS Moravský Krumlov a DTS Rouchovany, které mají síť vn řešenou venkovním vedením, ale síť nn je převážně kabelová, z tohoto důvodu je jejich počet přerušení větší než u prvních porovnávaných DTS, ale není ani tak výrazný jako u druhé porovnávané skupiny. V další kapitole budou blíže analyzovány případy s nadprůměrným výskytem přerušení napětí, tedy v tomto případě se jedná DTS Chvalkovice a DTS Rouchovany.

D) Souvislosti dle poklesů napětí na hladině vn

Tabulka 4.6 Počet poklesů napětí na všech rozvodnách v Jihočeském kraji za jednotlivé roky

		Počet poklesů napětí za jednotlivé roky								
Rozvodna / Rok	**Předávací místo**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**Celkem**	**Průměr**
Bechyně T101	KOČÍN/DASNÝ	36	53	47	56	20	39	44	295	42,1
Bechyně T102	KOČÍN/DASNÝ	27	62	44	53	27	41	42	296	42,3
Domoradice T101	KOČÍN/DASNÝ	19	42	30	22	30	45	28	216	30,9
Domoradice T102	KOČÍN/DASNÝ	34	48	39	16	35	48	48	268	38,3
Křtěnov T101	KOČÍN/DASNÝ	15	37	29	25	16	21	30	173	24,7
Křtěnov T102	KOČÍN/DASNÝ	14	27	30	41	21	18	29	180	25,7
Mydlovary T101	KOČÍN/DASNÝ	49	47	108	49	55	44	53	405	57,9
Mydlovary T102	KOČÍN/DASNÝ	29	51	79	25	58	61	43	346	49,4
Planá T103	TÁBOR	24	24	22	17	23	36	24	170	24,3
Planá T104	TÁBOR	28	34	34	25	33	54	25	233	33,3
ČB Mladé T101	KOČÍN/DASNÝ	19	23	23	16	21	22	26	150	21,4
ČB Mladé T102	KOČÍN/DASNÝ	37	42	58	26	37	40	51	291	41,6
ČB Západ T101	KOČÍN/DASNÝ	19	21	28	24	27	21	41	181	25,9
ČB Západ T102	KOČÍN/DASNÝ	25	41	56	21	39	34	42	258	36,9
Tábor T101	TÁBOR	56	59	57	49	43	45	41	350	50,0
Tábor T102	TÁBOR	17	29	22	23	17	29	24	161	23,0
Mirovice T101	Mílina ČEZ	57	73	66	101	45	64	102	508	72,6
Mirovice T102	Mílina ČEZ	43	55	73	37	60	52	61	381	54,4
Prachatice T101	KOČÍN/DASNÝ	40	55	53	41	64	59	53	365	52,1
Prachatice T102	KOČÍN/DASNÝ	68	81	67	47	100	48	63	474	67,7
Strakonice T101	KOČÍN/DASNÝ	107	92	86	68	58	111	73	595	85,0
Strakonice T102	KOČÍN/DASNÝ	20	26	26	17	24	21	47	181	25,9
Vimperk T101	KOČÍN/DASNÝ	26	22	59	31	79	57	57	331	47,3
Vimperk T102	KOČÍN/DASNÝ	41	72	71	44	92	53	76	449	64,1
Větřní T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	87	66	72	84	63	372	53,1
Větřní T102	KOČÍN/DASNÝ	24	87	76	46	86	88	52	459	65,6
ČB Sever T101	KOČÍN/DASNÝ	13	22	24	16	32	13	34	154	22,0
ČB Sever T102	KOČÍN/DASNÝ	53	30	47	21	31	21	0	203	29,0
Písek T101	KOČÍN/DASNÝ	16	25	40	35	21	33	42	212	30,3
Písek T102	KOČÍN/DASNÝ	46	73	64	90	55	67	30	425	60,7
ČB Škoda T104	KOČÍN/DASNÝ	14	47	34	26	28	27	39	215	30,7
ČB Škoda T105	KOČÍN/DASNÝ	0	0	73	28	35	30	54	220	31,4
Lipno T23	KOČÍN/DASNÝ	50	10	45	38	49	48	56	296	42,3
Lipno T24	KOČÍN/DASNÝ	12	61	36	50	36	56	57	308	44,0

Z výše uvedené tabulky (4.6) nebyla nalezena souvislost výskytů poklesů napětí dle kraje, v kterém se rozvodna nachází. Dále byla hledána souvislost s předávacím místem, bylo zde postupováno nejprve porovnáním jednotlivých rozvoden se stejným předávacím místem, avšak v tomto případě nebyla nalezena žádná přílišná podobnost v počtu poklesů napětí.

Následně byla dle mapy sítě vyhledávána souvislost s přenášením poruch od předávacího místa, v tomto případě lze konstatovat, že čím blíže se rozvodna nachází k předávajícímu místu tím více poklesů napětí na ní lze očekávat, tedy lze vysledovat vliv přenášení poruch.

Dle druhu napájení vývodů u jednotlivých transformátorů dané rozvodny, je možné rozlišit, zda transformátor převážně napájí venkovské vývody nebo městské vývody.

Případů s nadprůměrným výskytem poklesů napětí, které budou analyzovány v příští kapitole, bylo nalezeno 12, místo s největším výskytem je v tomto případě Strakonice T101 na které je celkový počet poklesů napětí za měřené období rovno 595 poklesům a průměrný počet poklesů za rok je roven 85 poklesům za rok.

Tabulka 4.7 Počet poklesů napětí na všech rozvodnách v kraji Vysočina za jednotlivé roky

		Počet poklesů napětí za jednotlivé roky								
Rozvodna / Rok	**Předávací místo**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**Celkem**	**Průměr**
Veselí T101	TÁBOR	76	64	0	55	45	76	26	342	48,9
Veselí T102	TÁBOR	61	79	0	53	34	97	48	372	53,1
Humpolec T101	MÍROVKA	39	51	56	72	39	51	37	345	49,3
Humpolec T102	MÍROVKA	37	36	32	58	31	34	35	263	37,6
Lipnice T101	KOČÍN/DASNÝ	46	52	68	16	36	47	66	331	47,3
Lipnice T102	KOČÍN/DASNÝ	74	74	79	47	75	46	65	460	65,7
Pelhřimov T101	MÍROVKA	53	59	33	64	29	64	39	341	48,7
Pelhřimov T102	MÍROVKA	45	95	48	62	37	78	54	419	59,9
J. Hradec T101	DASNÝ/TÁBOR	30	72	119	84	52	53	49	459	65,6
J. Hradec T102	DASNÝ/TÁBOR	47	105	65	72	52	51	59	451	64,4
Počátky T101	MÍROVKA	101	114	93	54	111	81	91	645	92,1
Počátky T102	MÍROVKA	0	0	0	0	0	67	107	174	24,9

Z výše uvedené tabulky (4.7) byly určeny případy s nadprůměrným výskytem poklesů napětí, celkem jich bylo určeno 10, v tomto případě, je Počátky T101 místo s největším výskytem událostí, na nichž je počet poklesů napětí za měřené období roven 645 poklesům a průměrný počet poklesů za rok je roven 92,1 poklesům za rok.

E) Souvislosti dle přechodných zvýšení napětí na hladině vn

Tabulka 4.8 Počet přechodných zvýšení napětí na všech rozvodnách v Jihočeském kraji za jednotlivé roky

		Přechodná zvýšení napětí za jednotlivé roky								
Rozvodna / Rok	Předávací místo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Celkem	Průměr
Bechyně T101	KOČÍN/DASNÝ	1	0	0	0	1	3	0	5	0,7
Bechyně T102	KOČÍN/DASNÝ	0	1	1	0	0	1	1	4	0,6
Domoradice T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	0	0	1	1	0	2	0,3
Domoradice T102	KOČÍN/DASNÝ	4	1	0	5	4	0	0	14	2,0
Křtěnov T101	KOČÍN/DASNÝ	1	1	1	0	1	1	21	26	3,7
Křtěnov T102	KOČÍN/DASNÝ	6	1	40	0	0	0	1	48	6,9
Mydlovary T101	KOČÍN/DASNÝ	1	0	0	1	1	0	0	3	0,4
Mydlovary T102	KOČÍN/DASNÝ	1	0	2	0	0	1	0	4	0,6
Planá T103	TÁBOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Planá T104	TÁBOR	1	0	1	0	0	1	0	3	0,4
ČB Mladé T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	0	0	0	1	1	2	0,3
ČB Mladé T102	KOČÍN/DASNÝ	1	1	6	1	0	0	0	9	1,3
ČB Západ T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	1	0	1	0	0	2	0,3
ČB Západ T102	KOČÍN/DASNÝ	1	3	1	1	2	0	81	89	12,7
Tábor T101	TÁBOR	0	2	0	16	0	0	1	19	2,7
Tábor T102	TÁBOR	0	0	1	0	11	0	0	12	1,7
Mirovice T101	Mílina ČEZ	0	0	0	96	13	1	2	112	16,0
Mirovice T102	Mílina ČEZ	2	2	0	1	0	1	0	6	0,9
Prachatice T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	1	77	4	0	0	82	11,7
Prachatice T102	KOČÍN/DASNÝ	1	49	13	0	0	1	0	64	9,1
Strakonice T101	KOČÍN/DASNÝ	2	1	0	1	0	2	0	6	0,9
Strakonice T102	KOČÍN/DASNÝ	0	0	1	0	0	0	0	1	0,1
Vimperk T101	KOČÍN/DASNÝ	5	7	2	0	3	0	1	18	2,6
Vimperk T102	KOČÍN/DASNÝ	3	4	2	0	1	14	0	24	3,4
Větřní T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	1	14	0	0	1	16	2,3
Větřní T102	KOČÍN/DASNÝ	0	10	3	0	6	4	2	25	3,6
ČB Sever T101	KOČÍN/DASNÝ	0	0	0	11	66	0	0	77	11,0
ČB Sever T102	KOČÍN/DASNÝ	0	36	1	1	0	0	0	38	5,4
Písek T101	KOČÍN/DASNÝ	5	1	0	0	0	94	1	101	14,4
Písek T102	KOČÍN/DASNÝ	0	30	1	1	0	1	0	33	4,7
ČB Škoda T104	KOČÍN/DASNÝ	2	2	0	0	0	0	0	4	0,6
ČB Škoda T105	KOČÍN/DASNÝ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Lipno T23	KOČÍN/DASNÝ	2	1	5	0	4	0	1	13	1,9
Lipno T24	KOČÍN/DASNÝ	1	6	2	12	0	4	1	26	3,7

Z výše uvedené tabulky (4.8) byly určeny případy s nadprůměrným výskytem přechodných zvýšení napětí, celkem jich bylo určeno 9. Mirovice T101 je místo s největším výskytem událostí, na nichž je počet přechodných zvýšení napětí za měřené období rovno 112 a průměrný počet přechodných zvýšení napětí za rok je roven 16 zvýšení za rok.

Tabulka 4.9 Počet přechodných zvýšení napětí na všech rozvodnách v kraji Vysočina za jednotlivé roky

		Přechodná zvýšení napětí za jednotlivé roky								
Rozvodna / Rok	**Předávací místo**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**Celkem**	**Průměr**
Veselí T101	TÁBOR	0	0	0	0	0	0	1	1	0,1
Veselí T102	TÁBOR	1	0	0	0	0	1	0	2	0,3
Humpolec T101	MÍROVKA	3	9	4	6	1	3	1	27	3,9
Humpolec T102	MÍROVKA	4	3	4	9	119	2	1	142	20,3
Lipnice T101	KOČÍN/DASNÝ	9	1	0	3	2	2	1	18	2,6
Lipnice T102	KOČÍN/DASNÝ	2	0	1	0	0	1	0	4	0,6
Pelhřimov T101	MÍROVKA	2	32	2	5	2	4	2	49	7,0
Pelhřimov T102	MÍROVKA	9	4	3	10	9	3	4	42	6,0
J. Hradec T101	DASNÝ/TÁBOR	172	1	41	2	5	3	5	229	32,7
J. Hradec T102	DASNÝ/TÁBOR	0	0	3	8	0	2	1	14	2,0
Počátky T101	MÍROVKA	1	3	1	8	2	5	0	20	2,9
Počátky T102	MÍROVKA	0	0	0	0	0	3	1	4	0,6

Z výše uvedené tabulky (4.9) byly určeny případy s nadprůměrným výskytem přechodných zvýšení napětí, celkem jsou 4 a ty budou analyzovány v příští kapitole, místa největším výskytem jsou J.Hradec T101 s celkovým počtem 229 přechodných zvýšení napětí a Humpolec T102 s celkovým počtem 142 přechodných zvýšení napětí.

4.2 Identifikace míst s nadprůměrným výskytem událostí

Tato kapitola se zabývá detailnější analýzou identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí a bere si za úkol vysledovat souvislost s geografickými či klimatickými podmínkami. Na hladině vn byla identifikována místa s nadprůměrným výskytem událostí, průměrný počet Přechodných zvýšení napětí ze všech měřených míst je roven 4,5 zvýšením napětí za rok a průměrný počet poklesů napětí ze všech měřených míst je roven 45,7 poklesům napětí za rok.

Tabulka 4.10 Identifikovaná místa s nadprůměrným výskytem událostí na hladině nn

Poklesy napětí				
DTS	Březolupy	Slavičín	Chvalkovice	Průměrný počet ze všech měřených míst
Průměr	95,09	101,64	95,18	71,25
Přechodné zvýšení napětí				
DTS	Březolupy	Slavičín		Průměrný počet ze všech měřených míst
Průměr	199,91	527,27		100,48
Přerušení napětí				
DTS	Březolupy	Rouchovany	Chvalkovice	Průměrný počet ze všech měřených míst
Průměr	12,64	9,00	21,64	7,74

Tabulka 4.11 Identifikovaná místa s nadprůměrným výskytem událostí na hladině vn

Rozvodna	Průměrný počet poklesů napětí	Rozvodna	Průměrný počet zvýšení napětí
Počátky T101	92,1	J. Hradec T101	32,7
Strakonice T101	85,0	Humpolec T102	20,3
Mirovice T101	72,6	Mirovice T101	16,0
Prachatice T102	67,7	Písek T101	14,4
Lipnice T102	65,7	ČB Západ T102	12,7
Větřní T102	65,6	Prachatice T101	11,7
J. Hradec T101	65,6	ČB Sever T101	11,0
J. Hradec T102	64,4	Prachatice T102	9,1
Vimperk T102	64,1	Pelhřimov T101	7,0
Písek T102	60,7	Křtěnov T102	6,9
Pelhřimov T102	59,9	Pelhřimov T102	6,0
Mydlovary T101	57,9	ČB Sever T102	5,4
Mirovice T102	54,4		
Veselí T102	53,1		
Větřní T101	53,1		
Prachatice T101	52,1		
Tábor T101	50,0		
Mydlovary T102	49,4		
Humpolec T101	49,3		
Veselí T101	48,9		
Pelhřimov T101	48,7		

4.2.1 Souvislost identifikovaných míst s geografickými podmínkami

Na hladině nn, lze hledat souvislost identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí. Prvním místem je obec Chvalkovice, která leží v Jihomoravském a jejíž nadmořská výška je 337m n.m.. Druhým místem je obec Rouchovany, která leží v kraji Vysočina a dosahuje nadmořské výšky 360m n.m.. Třetí je také obec, s názvem Březolupy, která leží ve Zlínském kraji a má nadmořskou výšku 212m n. m, zároveň v tomto kraji leží také čtvrté místo, se statusem města, nazývajícím se Slavičín, jeho nadmořská výška je rovna 380m. n.m..

Při porovnání DTS pro případ nadprůměrného výskytu přechodných zvýšení napětí, lze z geografického hlediska vypozorovat pouze souvislost s daným krajem, neboť obě měřená místa jsou umístěna ve Zlínském kraji. Druhou spojitostí může být pak provedení sítě, které je řešeno kombinovaně, tedy kabelovým i venkovním vedením.

V souvislosti s nadprůměrným výskytem poklesů napětí lze vypozorovat spojitost všech tří míst, neboť všechny tři místa mají status obec. Což může souviset také s šířením poruch z nadřazené sítě, za předpokladu, že identifikovaná místa mají malou tvrdost sítě.

Poslední tři místa s nadprůměrným výskytem přerušení napětí, konkrétně DTS Rouchovany, DTS Chvalkovice a DTS Březolupy, mají z geografického hlediska společný status obce a také je v nich řešena síť vn pomocí venkovního vedení.

Jak již bylo zmíněno tak v sítích nn se projevují poruchy na dané napěťové hladině, ale také poruchy z nadřazených sítí, v závislosti na velikosti zkratového výkonu tedy na tvrdosti sítě nn, pak i změny zatížení, o čemž svědčí v některých případech značný počet zaznamenaných krátkodobých poklesů napětí.

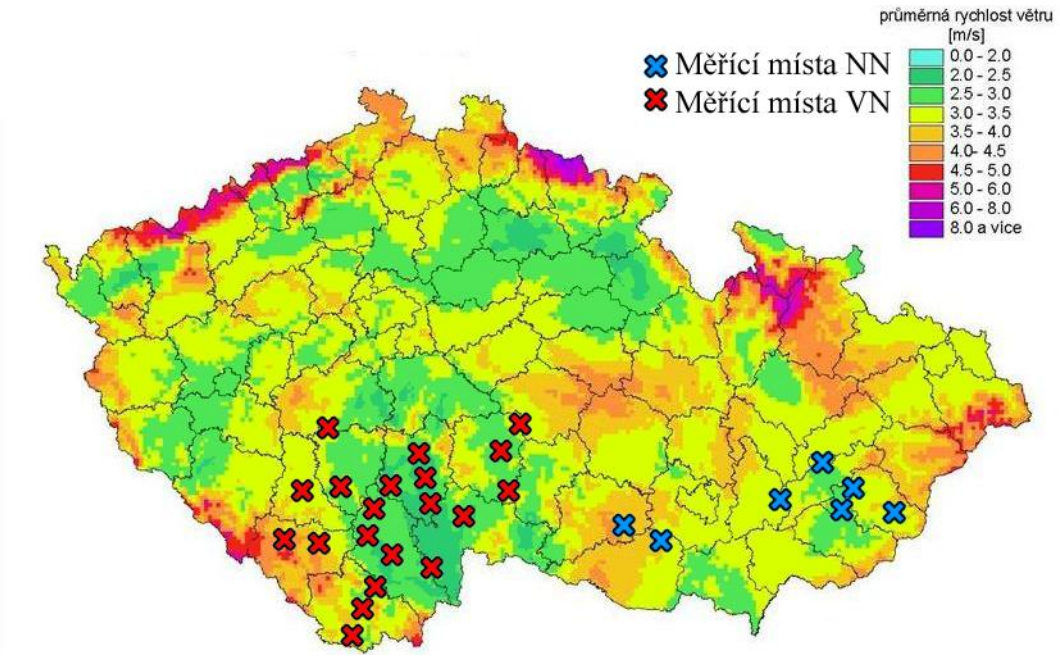
Na hladině vn lze z geografických podmínek vypozorovat souvislosti v jejich umístění poblíž měst a také v provedení linek, které je většinou kombinované, je možné pomocí průměrnému počtu poklesů napětí říci, že čím větší podíl venkovního vedení na daný transformátor rozvodny, tím větší podíl poklesů napětí. Také je možné vysledovat vliv šíření poruch z nadřazené napájecí soustavě na počtu poklesů napětí.

4.2.2 Souvislost identifikovaných míst s klimatickými podmínkami

Tato druhá část této kapitoly si bere za úkol vysledovat souvislost klimatických podmínek a identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí.

A) Základní klimatické podmínky

Soustředíme se hlavně na venkovní vedení, neboť je vystaveno všem povětrnostním vlivům, které není možné stanovit přesně. Působení větru je velmi proměnlivé, nebezpečné jsou nárazy při vichřici, kdy může dojít k přetrhání vodičů a tím i ke zlomení stožárů. U velkých polí se projevuje i menší rychlost větrů. Na vedení vznikají stojaté vlny a vodiče kmitají. To se nepříznivě projevuje ve svorkách a vazech, kde se vodiče ohýbají. Vedení proti těmto vlivům dimenzováno, tak, aby zůstalo neporušeno i v kritických situacích a proto musí být vodiče navrženy tak, aby odolaly působení síly větru, tíhové síly námrazku v zimních měsících, kmitání vodičů a působení vlastní tíhové síly vodičů, je možné v některých extremně nepříznivých klimatických podmínkách vysledovat zvýšený počet napěťových událostí v měřících místech. [24]

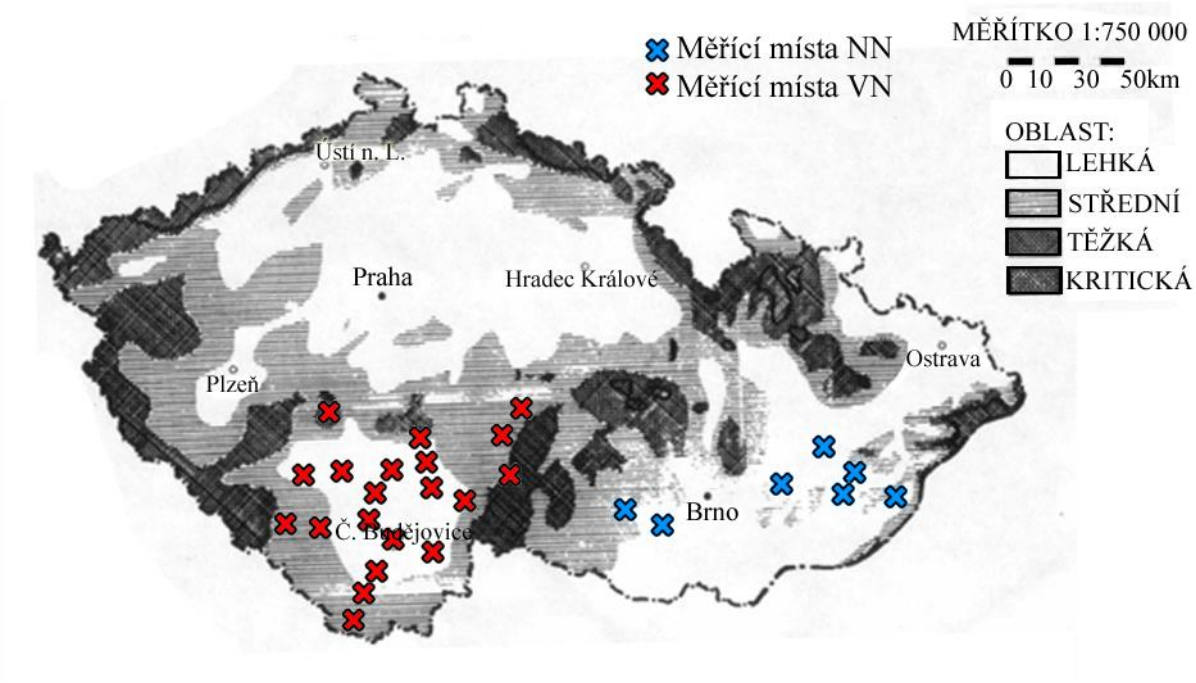


Obrázek 4.5 Mapa ČR zobrazující průměrnou rychlost větru v 10m [23]

Vodiče pro venkovní vedení mohou být namáhány i tíhou námrazku. To je obal, vytvořený z ledových částeček a jinovatky, ulpívající na povrchu vodiče a zatěžující vodič i armatury vedení přídavným svislým zatížením. Námrazky vznikají za teplot 0°C a nižších, je-li vzduch nasycen drobnými částicemi podchlazené vody, které při styku s vodičem krystalizují. Vodiče se tíhou jednostranných námrazků stáčí, až jsou celé obaleny námrazkem. Velikost námrazku závisí většinou na nadmořské výšce i charakteru krajiny a určuje se podle námrazových oblastí. V ČR jsou zavedeny čtyři námrazové oblasti. [24]

Na hladině nn, lze hledat souvislost identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí a působením větru na vedení. Tato souvislost byla nalezena, neboť všechny měřící místa s nadprůměrným výskytem událostí spadají do oblasti se stejnou průměrnou rychlostí větru, konkrétně 3,7 m/s , tato hodnota je v porovnání s ostatními měřenými místy znatelně větší.

Při hledání souvislostí identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí na hladině nn a působením namáhání námrazy, bylo zjištěno, že všechny tyto měřící místa spadají do lehké námrazové oblasti. A tedy není možné přesně porovnat, jak moc se toto namáhání projevuje.



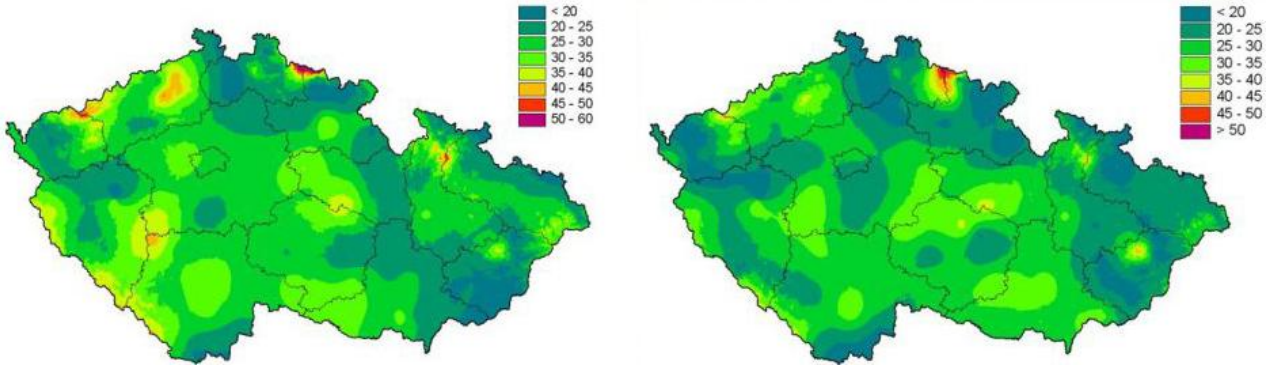
Obrázek 4.6 Námrazová mapa ČR (Upraveno z [24])

V uvedených oblastech se mohou vytvářet námrazky o různých tloušťkách a na vodiče pak působí vertikální tíhová síla daná vlastní hmotností vodiče a hmotností námrazku na vodiči. Při hledání souvislostí identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí a působení namáhání námrazky, bylo zjištěno, že většina těchto míst spadá do oblasti lehké námrazové oblasti, dále rozvodny Prachatice (PRA), Vimperk (VIM), Větřní (VĚT), Pelhřimov (PEL), Humpolec (HUM) a J. Hradec (HRA) patří do střední námrazové oblasti. Do těžké námrazové oblasti pak patří rozvodna z Jihočeského kraje Mirovice (MRC) a z kraje Vysočina je to rozvodna Počátky (POC). Přestože lze říci, že všechny rozvodny střední a těžké námrazové oblasti patří k místům s nadprůměrným výskytem událostí, nelze však s jistotou konstatovat, že by platilo, čím horší námrazová oblast tím daleko větší počet událostí oproti nižší námrazové oblasti, neboť některé rozvodny s nadprůměrným počtem výskytem událostí patří také do lehké námrazové oblasti.

Při hledání souvislostí identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí a působením větru na vedení, bylo zjištěno, že většina těchto míst spadá do oblasti se stejnou průměrnou rychlostí větru, v rozmezí 2 až 3 m/s , tato hodnota je v porovnání s ostatními měřenými místy znatelně menší. Nejvíce zatěžovaná místa měření jsou v okolí rozvoden Prachatice (PRA), a Vimperk (VIM) s průměrnou rychlostí větru rovnou 4,6 m/s. Ani v tomto případě však nelze s jednoznačností říci, že by tento klimatický vliv měl na daná měřená místa výraznější efekt oproti ostatním místům s nadprůměrným výskytem událostí.

B) Extrémní klimatické podmínky

Orkán Kyrill v roce 2007 je označení tlakové níže, která se rozvinula do ničivé bouře, s větry dosahujícími v nárazech síly orkánu, nad Českou republikou bouře dosáhla maxima 19. ledna v 1.00 hod. SEČ, nejvyšší naměřená rychlost větru byla zaznamenána na vrcholu Sněžky a dosáhla hodnoty 216 km/h. Vichřice Emma byla tlaková níže, která zasáhla Evropu v období od 1. Března 2008 do 5. března 2008. Síla vichřice nebyla tak velká jako u předchozí větrné bouře Kyrill. Vítr dosahoval v nárazech rychlosti až 140 km/h. [25]



Obrázek 4.7 Mapa ČR s nejsilnějšími nárazy větru [Vlevo Kyrill (2007) vpravo Emma (2008)] (Upraveno z [25])

Ledovková kalamita v Česku od pondělí 1. 12. do středy 3. 12. 2014. Kalamitní situace vznikla v souvislosti s teplou frontou na severním okraji tlakové níže nad západním Středomořím. Ve vyšších polohách z ní pronikal do Česka teplejší vzduch a mrznoucí srážky, protože při zemi v některých oblastech mrzlo. Bez dodávky proudu byly kvůli kalamitě stovky až tisíce domácností. Výraznější problémy byly na Chebsku a Karlovarsku, na severní Moravě, v Kraji Vysočina a v okolí Olomouce, mimo provoz byly některé trafostanice. [25]

Při hledání souvislostí identifikovaných míst s nadprůměrným výskytem událostí a působením těchto extremních klimatických podmínek lze jako příklad uvést DTS Slavičín, kde díky detailnímu rozboru výskytu poklesů napětí v jednotlivých měsících, bylo zjištěno, že se orkán Emma z března roku 2008 projevil na výskytu poklesů napětí, avšak orkán Kyril z ledna roku 2007 se neprojevil téměř vůbec.

Také extrémní námraza z prosince roku 2014 se nijak výrazně na výskyt poklesů napětí neprojevila. U některých identifikovaných míst nelze určit vliv orkánů neboť v letech 2007 a 2008 ještě nebyly zaznamenávány události na napětí. Extrémní námraza z prosince roku 2014 se projevila na DTS Rouchovany, kde byl zaznamenán extremní počet poklesů napětí.

4.3 Shrnutí

Na závěr této kapitoly si uvedeme shrnutí získaných poznatků z hledání souvislostí mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území, dále také z hledání souvislostí mezi identifikovanými místy a geografickými nebo klimatickými podmínkami. Celkem bylo zkoumáno 8 měřících míst na distribučních trafostanic vn/nn a 46 měřících míst na výstupu transformátorů 110/22kV v rozvodnách.

Konkrétně byla hledána souvislost mezi výskytem událostí a umístěním daného měřícího místa, dále pak krajem, okresem a statusem měřícího místa, následně také byla hledána souvislost s počtem odběratelů nebo nadmořskou výškou. Tyto aspekty spadají do geografických podmínek. Následně bylo také provedeno hledání souvislosti výskytu událostí s provedením dané sítě. Nakonec bylo provedeno hledání souvislostí výskytu událostí a předávacího místa, na které navazovalo identifikování jednotlivých míst s nadprůměrným počtem výskytu událostí, na kterých byla hledána souvislost s geografickými, ale hlavně klimatickými podmínkami.

Tabulka 4.12 Shrnutí souvislostí výskytu událostí s geografickými, klimatickými a jinými podmínkami

Souvislost mezi výskytem událostí a…	Prokázána	Prokázána s výjimkami	Neprokázána
krajem měřícího místa	---	---	X
počtem odběratelů	---	---	X
nadmořskou výškou	---	X	---
statusem měřícího místa (obec/město)	---	---	X
provedením sítě	---	X	---
námrazovou oblastí	---	X	---
působením větru	---	X	---
extrémními klimatickými podmínkami	---	X	---
druhem předávacího místa	---	---	X
přenášením poruch od předávacího místa	X	---	---

Jak je zřejmé z tabulky (4.12), tak jediná souvislost, která byla prokázána z uvedených vyhodnocení, byla mezi výskytem událostí a přenášením poruch od předávacího místa. Většina souvislostí byla prokázána s výjimkami, které mohou potvrzovat vyhledanou souvislost, ale také ji mohou vyvracet. Vyhledávání souvislostí v této práci, tak slouží jako další stavební kámen při dlouhodobém hledání souvislostí a proto se neprokázanými souvislostmi mohou zabývat i další budoucí práce.

Závěr

Cílem této práce bylo nejprve popsat problematiku napěťových událostí, konkrétně popsat poklesy napětí, přechodné zvýšení napětí, přerušení napětí na distribučních sítích, konkrétně na zásobovacím území společnosti E.ON Distribuce, a.s. a určit příčiny jejich vzniku. Takovéto události řadí mezi jevy s relativně malou četností výskytu a je tedy obtížné předvídat dobu a četnost výskytu, je potřebné tyto jevy sledovat delší dobu a pravidelně je vyhodnocovat, jestliže chceme získat statisticky relevantní informace o jejich výskytu. Následně byl popsán legislativní rámec zabývající se právě problematikou napěťových událostí, zároveň s ním byl i uveden dopad těchto událostí n konečné zákazníky a případné finanční kompenzace.

Po zpracování základních poznatků okolo dané problematiky bylo možné v této práci se zaměřit na její hlavní část, kterou bylo statistické vyhodnocení poklesů, přerušení a přechodných zvýšení napětí na zadané napěťové hladině nn pro 8 různých trafostanic vn/nn za jednotlivé roky měření. Toto vyhodnocování vychází a navazuje na každoroční statistické vyhodnocení napěťových událostí, prováděné Ing. Martinem Kašpírkem, Ph.D. a Doc. Ing. Miloslavou Tesařovou, Ph.D. a jejím cílem bylo tedy pokračovat ve statistickém vyhodnocování, rozšířit je o nové poznatky a následně vyhledat souvislosti, které z této dlouhodobé analýzy vyplývají. Pro vytvoření statistického vyhodnocení bylo nejprve však nutné ověřit správnost algoritmu pro výpis z podrobnějších výpisů dat do třídících souhrnných tabulek za příslušné roky. Poté bylo možné vytvořit samotné souhrnné tabulky ze všech měřících míst a let. Z kterých pak mohli být nalezeny a popsány extrémy výskytů napěťových jevů. Také bylo vyhodnoceno kolik fází, bylo postihnuto jednotlivými napěťovými jevy. Stejným způsobem bylo postupováno při vyhodnocování na napěťové hladině vn z 46 měřících míst. Kde navíc bylo u vybraných rozvoden, uděláno paralelní vyhodnocení pro poklesy napětí během časového intervalu 10 minut a 1 hodina, které slouží hlavně pro zákazníky, k tomu, aby zjistili kolik očekávat vypadnutí výroby za určité období.

Jakmile byla provedena všechna vyhodnocení, bylo možné ze získaných dat pokročit k vyhledávání souvislostí mezi výskytem událostí a charakterem zásobovacího území. Nejdříve byla místa měření podrobně zanalyzována a následně rozdělena do skupin s podobným výskytem událostí.

Po dokončení hledání souvislostí bylo přistoupeno k identifikaci míst s nadprůměrným výskytem jednotlivých událostí a byla vyhledávána souvislost s geografickými či klimatickými podmínkami. Takovéto analýzy jsou důležité jednak z pohledu zákazníka, ale také přinášejí užitečná data pro regulaci kvality dodávek elektřiny a bude možné je následně využít pro stanovení závazných hodnot výskytu krátkodobých poklesů, přerušení a zvýšení napětí. Následně je také možné vysledovat určité souvislosti mezi výskytem události a charakterem zásobovacího území, pomocí těchto souvislostí lze lépe předvídat četnosti výskytu a dobu těchto jevů na distribuční síti.

V současné době mnoho odběratelů využívá zařízení velmi citlivá na velikost a stálost napájecího napětí. Poklesy napětí mohou mít stejný dopad jako přerušení dodávky, také z důvodu, že jejich výskyt je však síti mnohem vyšší nežli výskyt krátkých přerušení napětí. Statistiky výskytu poklesů, zvýšení a přerušení napětí mohou být využity k výběru lokality pro výstavbu závodu nebo investici do nápravných opatření či odolnějších zařízení. V budoucích letech se dá očekávat sílící tlak na zpřísňování a zavádění nových garantovaných parametrů kvality napětí. Z důvodu sílícího tlaku na zpřísňování a zavádění nových garantovaných parametrů kvality napětí je potřeba provádět důkladnou analýzu historických záznamů z monitorování kvality elektrické energie.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] MACOSZEK, Pavel. Kvalita elektrické energie v distribučních sítích nn [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/7618.

[2] ČSN EN 50 160 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě, ČNI, 3. vydání,

[3] VÝVODA, Marek. The quality of electric energy in a low voltage public supply networks [online]. 2008.

[4] Pravidla provozování distribučních soustav – Příloha 3, Kvalita elektřiny v distribuční soustavě, způsoby jejího zjišťování a hodnocení, Energetický regulační úřad. 2017.

[5] Vyhláška 540/2005 Sb., v platném znění

[6] ČSN EN 61000-4-30. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-30: Zkušební a měřicí technika – Metody měření kvality energie.

[7] ČSN EN 33 0122. Pokyn na používání evropské normy EN 50160.

[8] Energetický zákon 458/2000 Sb. v platném znění

[9] KAŠPÍREK, M., POSPÍCHAL, L. - Události na napětí, příklady nestandardizovaných událostí, sborník konference ČK CIRED 2008, Tábor, ISBN 978-80-254-2790-3

[10] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. Analýza atmosférických přepětí v distribuční síti s vloženými úseky kabelů. Brno: Vutium, 2009. ISBN 978-80-214-3977-4.

[11] TESAŘOVÁ, M. - Průmyslová elektroenergetika. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7082-703-3.

[12] Technické informace E.ON Distribuce [online]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/obchodnici/elektrina/distribucni-soustava/technicke-informace

[13] KAŠPÍREK, M. - Problematika vyhodnocování, Proceedings of the 11th International Scientific Conference ELECTRIC POWER ENGINEERING 2010, Brno University of Technology, Faculty of Electronical Engineering and Communication, Department of Electrical Power Engineering, 4.-6.5. 2010, Brno, ISBN 978-80-214-4094-4

[14] KAŠPÍREK, D., MEZERA, M., POLEDŇA, M. Kvalita napětí v distribuční síti a její vnímání z pohledu zákazníků, X. Konference „Energetické rušení v distribučních a průmyslo-vých sítích“ ERU 2012, 29.-30.11.2012, Brno, ISBN 978-80-260-3431-5. 2012.

[15] SANTARIUS, P., TURČA, R. – Nesymetrické poklesy napětí a jejich projevy na různých napěťových hladinách, sborník konference Elektroenergetika 2004, Brno

[16] KAŠPÍREK, M., SANTARIUS, P. – Poklesy a rychlé změny napětí, sborník konference ČK CIRED 2010, 9.-10.11.2010, Tábor, ISBN 978-80-254-8519-4

[17] KAŠPÍREK, M. – Hodnocení spolehlivosti dodávky elektřiny ve vztahu k distribuční soustavě, diplomová práce, ZČU v Plzni – Fakulta elektrotechnická, 2004

[18] TESAŘOVÁ, M., KAŠPÍREK, M. – Vyhodnocení monitorování krátkodobých poklesů napětí v distribuční soustavě, konference ČK Cired 2013, Tábor, listopad 2013

[19] TESAŘOVÁ, M., KAŠPÍREK, M. – Evaluation of long-term voltage dip monitoring in HV, MV and LV network, CIRED - 23rd International Conference on Electricity Distribution, France, Lyon, 15-18 June 2015

[20] KAŠPÍREK, M. – Statistické hodnocení výskytu událostí na napětí ve vvn, vn a nn distribučních sítích, konference ČK Cired 2011, Tábor, listopad 2011

[21] TESAŘOVÁ, M., KAŠPÍREK, M. – Analýza událostí na napětí v distribuční soustavě, konference ČK Cired 2016, Tábor, listopad 2016

[22] TESAŘOVÁ, M., KAŠPÍREK, M. – Hodnocení událostí na napětí v distribuční síti E.ON, konference ČK Cired 2015, Tábor, listopad 2015

[23] Český hydrometeorologický ústav – Historická data - meteorologie a klimatologie [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace

[24] FENCL, F.– Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Vyd. 4. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04351-6.

[25] Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu – Orkán Kyrill a Vichřice Emma [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1509193166

[26] Energetický regulační úřad – Roční zprávy o provozu.[online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://www.eru.cz/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/rocni-zpravy-o-provozu

[27] CIGÁNEK, J.,SANTARIUS,P. – Character of voltage dips in electric networks in: proceedings of the IVth International Scientific Symposium Elektroenergetika 2007, 19.-21. 9. 2007, Stará Lesná, Slovak Republic

[28] ZHANG, L. – Three-phase unbalance of voltage sags. Licentiate thesis. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 1999

Seznam obrázků:

OBRÁZEK 1.1 DOVOLENÉ ODCHYLKY NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ (UPRAVENO Z [1]) 4
OBRÁZEK 1.2 RYCHLÁ ZMĚNA NAPĚTÍ VYVOLANÁ SPUŠTĚNÍM MOTORU [1] 5
OBRÁZEK 1.3 ZMĚNA SVĚTELNÉHO TOKU ZPŮSOBENÁ DOČASNOU ZMĚNOU NAPĚTÍ [1] 6
OBRÁZEK 1.4 ZÁKLADNÍ HARMONICKÁ S TŘETÍ A PÁTOU HARMONICKOU [1] 8
OBRÁZEK 1.5 POKLES NAPĚTÍ V SÍTI NN PO DOBU DVOU PERIOD A KRÁTKODOBÉ PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ 10
OBRÁZEK 1.6 ZJEDNODUŠENÝ TVAR POKLESU NAPĚTÍ [1] 11
OBRÁZEK 1.7 VELIČINY POPISUJÍCÍ VÍCEFÁZOVÝ POKLES NAPĚTÍ [22] 13
OBRÁZEK 1.8 TYPY POKLESŮ NAPĚTÍ [27] 15
OBRÁZEK 1.9 VÝČET VŠECH NAPĚŤOVÝCH UDÁLOSTÍ TYPU C A D [27] 16
OBRÁZEK 3.1 PŮSOBNOST PROVOZOVATELŮ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV [26] 25
OBRÁZEK 3.2 PŮVODNÍ NEFILTROVANÁ OBDRŽENÁ DATA 27
OBRÁZEK 3.3 DATA PO PODMÍNĚNÉM FORMÁTOVÁNÍ 28
OBRÁZEK 3.4 DATA PO APLIKACI FILTRU 28
OBRÁZEK 3.5 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV 30
OBRÁZEK 3.6 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH V DTS SLAVIČÍN [22] 31
OBRÁZEK 3.7 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V MĚSÍCI BŘEZNU 2008 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ [22] 32
OBRÁZEK 3.8 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V ROCE 2015 NA DTS BŘEZOLUPY 33
OBRÁZEK 3.9 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V ROZMEZÍ LET 2006-2016 (BEZ ROKU 2015) 33
OBRÁZEK 3.10 POČET OVLIVNĚNÝCH FÁZÍ PŘI POKLESU NAPĚTÍ NA DTS BŘEZOLUPY 34
OBRÁZEK 3.11 POČET OVLIVNĚNÝCH FÁZÍ PŘI POKLESU NAPĚTÍ NA DTS BŘEZOLUPY . **CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.**
OBRÁZEK 3.12 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V ROZMEZÍ LET 2010-2016 35
OBRÁZEK 3.13 POČET OVLIVNĚNÝCH FÁZÍ PŘI POKLESU NAPĚTÍ NA DTS ROUCHOVANY 36
OBRÁZEK 3.14 VÝSKYT DOČASNÝCH ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV 37
OBRÁZEK 3.15 VÝSKYT ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH V DTS SLAVIČÍN [22] 38
OBRÁZEK 3.16 VÝSEK ZÁZNAMU DENNÍCH VÝSKYTŮ ZVÝŠENÍ A POKLESŮ V DTS BŘEZOLUPY [21] 39
OBRÁZEK 3.17 VÝSKYT PŘERUŠENÍ V SÍTI 0,4 KV 40
OBRÁZEK 3.18 POČET POKLESŮ NAPĚTÍ ZA ROKY 2010-2016 NA VÝSTUPECH TR 110/22 KV V JEDNOTLIVÝCH ROZVODNÁCH 42
OBRÁZEK 3.19 POČTY POKLESŮ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH ZAZNAMENANÝCH V ROZVODNĚ STRAKONICE 44
OBRÁZEK 3.20 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 1 HODINA PRO DTS STRAKONICE T101 45
OBRÁZEK 3.21 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 10 MINUT PRO DTS STRAKONICE T101 45
OBRÁZEK 3.22 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 1 HODINA PRO DTS STRAKONICE T102 45
OBRÁZEK 3.23 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 10 MINUT PRO DTS STRAKONICE T102 45
OBRÁZEK 3.24 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH V DTS HUMPOLEC T102 46
OBRÁZEK 3.25 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 1 HODINA PRO DTS HUMPOLEC T102 47
OBRÁZEK 3.26 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 10 MINUT PRO DTS HUMPOLEC T102 47
OBRÁZEK 3.27 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH V DTS PÍSEK T101 48
OBRÁZEK 3.28 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 1 HODINA PRO DTS PÍSEK T101 48
OBRÁZEK 3.29 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ V LETECH 2010-2016 PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ S INTERVALEM 10 MINUT PRO DTS PÍSEK T101 48
OBRÁZEK 3.30 POČET ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ ZA ROKY 2010-2016 NA VÝSTUPECH TR 110/22 KV V JEDNOTLIVÝCH ROZVODNÁCH 50
OBRÁZEK 3.31 POČTY POKLESŮ NAPĚTÍ V JEDNOTLIVÝCH LETECH V MÍSTĚ PŘIPOJENÍ ODBĚRATELE 22 KV 52
OBRÁZEK 4.1 UMÍSTĚNÍ DISTRIBUČNÍCH TRAFOSTANIC 53
OBRÁZEK 4.2 MAPA SÍTĚ SPOLEČNOSTI E.ON V ROZSAHU PRO ZNÁZORNĚNÍ VŠECH VYHODNOCOVANÝCH ROZVODEN 55
OBRÁZEK 4.3 ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH ROZVODEN NA KTERÝCH BYLO PROVEDENO VYHODNOCENÍ DLE KRAJE 56
OBRÁZEK 4.4 ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH ROZVODEN NA KTERÝCH BYLO PROVEDENO VYHODNOCENÍ DLE

PŘEDÁVACÍCH MÍST 56
OBRÁZEK 4.5 MAPA ČR ZOBRAZUJÍCÍ PRŮMĚRNOU RYCHLOST VĚTRU V 10M 67
OBRÁZEK 4.6 NÁMRAZOVÁ MAPA ČR 68
OBRÁZEK 4.7 MAPA ČR S NEJSILNĚJŠÍMI NÁRAZY VĚTRU [VLEVO KYRILL (2007) VPRAVO EMMA (2008)] 69

Seznam tabulek:

TABULKA 1.1 TŘÍDĚNÍ KRÁTKODOBÝCH POKLESŮ A PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ DLE NORMY [6] 14
TABULKA 1.2 PŘEHLED RŮZNÝCH TYPŮ POKLESŮ NAPĚTÍ ZPŮSOBENÝCH PORUCHAMI [27] 15
TABULKA 1.3 PŘENOS POKLESŮ NAPĚTÍ PŘES TRANSFORMÁTOR [28] 16
TABULKA 1.4 KLASIFIKACE DOČASNÝCH ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ PODLE MAXIMÁLNÍHO NAPĚTÍ A DOBY TRVÁNÍ [6] 17
TABULKA 3.1 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV NA DTS BŘEZOLUPY ZA ROK 2007 . 28
TABULKA 3.2 DISTRIBUČNÍ TRAFOSTANICE PRO VYHODNOCENÍ UDÁLOSTÍ NA NAPĚTÍ 29
TABULKA 3.3 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV ZA ROKY 2006-2016 30
TABULKA 3.4 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV ZA ROKY 2006-2016 POČTY V % VZTAŽENÝCH K CELKOVÉMU POČTU POKLESŮ 30
TABULKA 3.5 POČET OVLIVNĚNÝCH FÁZÍ PŘI POKLESU NAPĚTÍ NA DTS BŘEZOLUPY 34
TABULKA 3.6 POČET OVLIVNĚNÝCH FÁZÍ PŘI POKLESU NAPĚTÍ NA DTS ROUCHOVANY 35
TABULKA 3.7 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV ZA ROKY 2006-2016 37
TABULKA 3.8 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ V SÍTI 0,4 KV ZA ROKY 2006-2016 40
TABULKA 3.9 SOUHRNNÉ ÚDAJE DLOUHÝCH PŘERUŠENÍ A HODNOTY UKAZATELE SAIFI 41
TABULKA 3.10 SOUHRNNÉ ÚDAJE KRÁTKÝCH PŘERUŠENÍ A HODNOTY UKAZATELE MAIFI 41
TABULKA 3.11 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ V SÍTI 22 KV ZA ROKY 2010-2016 NA VÝSTUPECH VŠECH TR 110/22 KV 43
TABULKA 3.12 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ V SÍTI 22 KV (PROCENTNÍ VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ) 43
TABULKA 3.13 PODROBNĚJŠÍ STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ POKLESŮ NAPĚTÍ NA VÝSTUPECH VŠECH TR 110/22 KV 43
TABULKA 3.14 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ PRO DTS STRAKONICE T101 44
TABULKA 3.15 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ V LETECH 2010 AŽ 2016 PRO DTS STRAKONICE T102 46
TABULKA 3.16 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ V LETECH 2010 AŽ 2016 PRO DTS HUMPOLEC T102 47
TABULKA 3.17 VÝSKYT POKLESŮ NAPĚTÍ PO ČASOVÉ AGREGACI ZÁZNAMŮ V LETECH 2010 AŽ 2016 PRO DTS PÍSEK T101 49
TABULKA 3.18 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ ZA ROKY 2010-2016 NA VÝSTUPECH TR 110/22 KV 50
TABULKA 3.19 SOUHRNNÉ VYHODNOCENÍ ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ NA VÝSTUPECH TR 110/22 KV (PROCENTNÍ VÝSKYT) 50
TABULKA 3.20 PODROBNĚJŠÍ STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ NA VÝSTUPECH VŠECH TR 110/22 KV 51
TABULKA 3.21 KLASIFIKACE POKLESŮ NAPĚTÍ V MÍSTĚ MĚŘENÍ ODBĚRATELE 22 KV ZA OBDOBÍ 10 LET 52
TABULKA 3.22 KLASIFIKACE POKLESŮ NAPĚTÍ V MÍSTĚ MĚŘENÍ ODBĚRATELE 22 KV ZA OBDOBÍ 10 LET (PROCENTNÍ VÝSKYT) 52
TABULKA 4.1 CHARAKTERU MĚŘÍCÍCH MÍST NA HLADINĚ NN 53
TABULKA 4.2 PROVEDENÍ SÍTÍ U DISTRIBUČNÍCH TRAFOSTANICÍ 54
TABULKA 4.3 POČET POKLESŮ NAPĚTÍ NA VŠECH DTS ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 57
TABULKA 4.4 POČET PŘECHODNÝCH ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ NA VŠECH DTS ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 59
TABULKA 4.5 POČET PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ NA VŠECH DTS ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 60
TABULKA 4.6 POČET POKLESŮ NAPĚTÍ NA VŠECH ROZVODNÁCH V JIHOČESKÉM KRAJI ZA JEDNOTLIVÉ ROKY . 61
TABULKA 4.7 POČET POKLESŮ NAPĚTÍ NA VŠECH ROZVODNÁCH V KRAJI VYSOČINA ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 62
TABULKA 4.8 POČET PŘECHODNÝCH ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ NA VŠECH ROZVODNÁCH V JIHOČESKÉM KRAJI ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 63
TABULKA 4.9 POČET PŘECHODNÝCH ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ NA VŠECH ROZVODNÁCH V KRAJI VYSOČINA ZA JEDNOTLIVÉ ROKY 64
TABULKA 4.10 IDENTIFIKOVANÁ MÍSTA S NADPRŮMĚRNÝM VÝSKYTEM UDÁLOSTÍ NA HLADINĚ NN 64
TABULKA 4.11 IDENTIFIKOVANÁ MÍSTA S NADPRŮMĚRNÝM VÝSKYTEM UDÁLOSTÍ NA HLADINĚ VN 65
TABULKA 4.12 SHRNUTÍ SOUVISLOSTÍ VÝSKYTU UDÁLOSTÍ S GEOGRAFICKÝMI, KLIMATICKÝMI A JINÝMI PODMÍNKAMI 70