



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**DOBÍJECÍ STANICE PRO ELEKTROMOBILY
A JEJICH VLIV NA DISTRIBUČNÍ SÍŤ**

CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES AND THEIR INFLUENCE ON DISTRIBUTION NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Teplý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Novotný

BRNO 2016



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**
Ústav elektroenergetiky

Student: Jan Teplý

ID: 154894

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Dobíjecí stanice pro elektromobily a jejich vliv na distribuční síť

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- Dobíjecí stanice (CS – charging station) pro EV – typy (pomalé, rychlé), AC/DC a jejich vlastnosti, parametry, principy dobíjení, výhody a nevýhody AC/DC.
- Nároky na připojení jednotlivých typů CS do distribuční soustavy – max. příkon, vzdálenost od DTS, je potřeba VN připojení, dobíjení AC/DC.
- Simulace připojení jednoho typu CS (rychlodobíjecí stanice) do distribuční soustavy – konkrétní lokalita v distr. území, modelování připojení v SW a analýza zpětných vlivů na DS.
- Hodnocení vlivu dobíjecích stanic na DS a možnosti využití rychlého dobíjení z pohledu provozu DS.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Jan Novotný

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

TEPLÝ, J. Dobíjecí stanice pro elektromobily a jejich vliv na distribuční síť. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. Vedoucí práce Ing. Jan Novotný. Konzultant Ing. David Šafář.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

Poděkování

Děkuji panu Ing. Janu Novotnému za pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří také panu Ing. Miloslavovi Fialkovi a Ing. Davidovi Šafářovi za zadání bakalářské práce a spolupráci při realizaci.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je zmapovat vliv vybraného typu stanice (ideálně rychlodobíjecí stanice) se signifikantní hodnotou příkonu a ověřit závažnost zpětných vlivů nejnepríznivějšího režimu nabíjení na distribuční soustavu. Budou provedeny simulace připojení dobíjecí stanice v několika různých případech a to jak zapojení na konkrétním místě, tak v tzv. obecné síti. Výstupem z těchto simulací bude zhodnocení, zda lze danou variantu použít v praxi, jak daleko lze danou nabíjecí stanici připojit od distribučního transformátoru atd.

KLÍČOVÁ SLOVA:

NABÍJECÍ STANICE; ELEKTROMOBIL, DISTRIBUČNÍ SÍŤ, PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ, ÚBYTEK NAPĚTÍ

ABSTRACT

The goal of this bachelor thesis is to analyse impact of certain charging station (rapid charging station) with significant power value and verify importance of back-influences of the worst charging mode (biggest power consumption) on distribution network. There will be performed simulations of connecting charging station in several cases, in particular location and in general network. The output of these simulations will be evaluation whether the given variant can be used in practise, how far from transformer can be the charging station connected to the grid etc.

KEY WORDS:

CHARGING STATION, ELECTRIC VEHICLE, DISTRIBUTION NETWORK, CURRENT LOAD, VOLTAGE DECREASE

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
1 ÚVOD.....	12
2 CÍLE PRÁCE	13
3 DOBÍJECÍ STANICE.....	14
3.1.1 POMALÉ DOBÍJECÍ STANICE	14
3.1.2 STŘEDNĚ RYCHLÉ DOBÍJECÍ STANICE	16
3.1.3 RYCHLÉ AC DOBÍJECÍ STANICE	17
3.1.4 DC DOBÍJECÍ STANICE.....	19
3.2 KONKRÉTNÍ PŘÍKLADY NABÍJECÍCH STANIC	25
3.2.1 VOLTDRIVE DS1 A DS4	25
3.2.2 TERRA 53	26
4 KVALITA ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	29
4.1 KMITOČET SÍTĚ.....	29
4.2 NAPĚTÍ.....	30
4.2.1 DEFINICE ÚBYTKU NAPĚTÍ.....	30
4.2.2 DŮSLEDKY VÝCHYLKY NAPĚTÍ OD NOMINÁLNÍ HODNOTY	30
4.2.3 PŘÍČINY POKLESU NAPĚTÍ A PŘEPĚTÍ.....	31
4.3 RYCHLÉ ZMĚNY NAPĚTÍ (FLIKRY)	32
4.3.1 SPOTŘEBIČE A PROVOZNÍ STAVY ZPŮSOBUJÍCÍ FLIKRY	33
5 PŘEDPOKLADY PRO PROVEDENÍ SIMULACE PŘIPOJENÍ.....	34
5.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY DOBÍJECÍ STANICE.....	34
5.2 SKUTEČNĚ OVLIVŇOVANÉ VELIČINY NABÍJECÍ STANICÍ.....	35
5.2.1 POSOUZENÍ PŘIPOJITELNOSTI ZDROJŮ S ŘÍZENÝMI USMĚRŇOVAČI Z HLEDISKA HARMONICKÝCH	35
6 SIMULACE	38
6.1 PŘIPOJENÍ DO KONKRÉTNÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ	38
6.1.1 PŘIPOJENÍ NA STEJNÝ PŘÍVOD JAKO MERCEDES-BENZ MILAN KRÁL S.R.O	39
6.1.2 PŘIPOJENÍ S VYUŽITÍM VODIČE, KTERÝ DOPOSUD SLOUŽIL JAKO REZERVA.....	41
6.2 PŘIPOJENÍ K OBECNÉ SÍTI NA SAMOSTATNÝ VÝVOD TRANSFORMÁTORU.....	44
6.3 PŘIPOJENÍ K OBECNÉ SÍTI NA SPOLEČNÝ VÝVOD Z TRAFOSTANICE S OSTATNÍMI UŽIVATELI...45	45
7 ZÁVĚR.....	47
8 POUŽITÁ LITERATURA	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 3-1 Konektor Type 1 J1772 [2].....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3-2 Pomalá dobíjecí stanice [3]</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3-3 Středně rychlá dobíjecí stanice pomocí rozvaděče [5]</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 3-4 Type 2 Mennekes [5]</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 3-5 DC rapid charger CHAdeMO [5]</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 3-6 CHAdeMO konektor [7]</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 3-7 COMBO 2 konektor [9].....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 3-8 Přehled dobíjecích konektorů pro elektromobily dle stávajících norem [9].....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 3-9 Průběh nabíjení Tesla Model S na Supercharger stanici [9].....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 3-10 Dobíjecí stanice Voltdrive DS1 a DS4</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 3-11 Možnosti konfigurace (zleva doprava): Terra 53C, terra 53CT, Terra 53CJ, Terra 53CJG.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 4-1 Pokles napětí a přepětí</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 4-2 Změny napětí v čase –flikry [13]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 5-1 Schéma nabíjecí stanice</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 5-2 Diagram pro posouzení podílu zatížení harmonickými.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 6-1 Satelitní snímek místa připojení dobíjecí stanice</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 6-2 Detail skříně SR 502/S002899.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 6-3 Schéma zapojení na již existující přívod</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 6-4 Detail skříně SR 502/S002899 pro případ 6.1.1.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 6-5 Simulace pro případ 6.1.1</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 6-6 Schéma zapojení s využitím rezervního vodiče.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 6-7 Detail skříně SR 502/S002899 pro případ 6.1.2.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 6-8 Simulace pro případ 6.1.2</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 6-9 Simulace pro případ 6.2</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 6-10 Simulace pro případ 6.3</i>	<i>46</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 3-1 Časy nabíjení jednotlivých dobíjecích stanic [4].....</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 3-2 Časy nabíjení podle druhu nabíječky v elektromobilu [4].....</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 3-3 Specifikace jednotlivých konfigurací</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 3-4 Všeobecné specifikace.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 5-1 Hodnoty poměrového koeficientu pro jednotlivé harmonické</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 6-1 Mezní emisní hodnoty proudů nejdůležitějších řádů harmonických.....</i>	<i>43</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Popis	Jednotka
P	Činný výkon	[W]
AC	Střídavá soustava	[-]
DC	Stejnoseměrná soustava	[-]
U	Elektrické napětí	[V]
I	Elektrický proud	[A]
β	Soudobost	[-]
S_{kV}	Zkratový příkon v přípojném bodě	[VA]
S_{OS}	Zatížení harmonickými ze zařízení uživatele sítě	[VA]
S_{Gt}	Výkon zdrojů harmonických podle skupin	[VA]
I_h	Proud harmonické	[A]
I_A	Proud zařízení	[A]
p_h	Poměrný koeficient	[-]
h	Řád harmonické	[-]
THD_{IA}	Koeficient celkového zkreslení zařízení uživatele sítě	[%]
$I_{NVZDUCH}$	Nominální proud při referenčním uložení na vzduchu	[A]
$I_{NZEMĚ}$	Nominální proud při referenčním uložení v zemi	[A]
$R_{měrný}$	Měrný tepelný odpor	[Km/W]
k	Koeficient proudového zatížení	[-]
ΔU_{max}	Maximální povolený úbytek napětí	[%]
ΔU	Úbytek napětí	[V]

1 ÚVOD

Práce je zaměřena na aktuální problematiku vlivu nabíjecích stanic pro elektromobily na distribuční soustavu elektřiny. Národní akční plán čisté mobility, který byl v závěru loňského roku schválen vládou České republiky, počítá s masivním rozvojem elektromobility v nejbližším horizontu pěti let. Vedle rozvoje počtu elektromobilů bude muset dojít také k zabezpečení dostatečné kapacity nabíjecí infrastruktury pro elektromobily.

Dnes existuje široké spektrum dobíjecích stanic z pohledu příkonu a typu nabíjení (střídavé, stejnosměrné). Cílem práce je zaměřit se na možnosti způsobu nabíjení, které dnes jsou nabízeny na trhu dobíjecích stanic a analyzovat zpětný vliv vybraného druhu stanice na distribuční soustavu elektřiny.

Práce si klade za cíl simulovat připojení nabíjecí stanice ve vybraném připojovacím místě distribuční soustavy a v obecné síti. Proces připojení a analýza zpětných vlivů na síť bude provedena formou simulace v relevantním simulačním prostředí. Konkrétní připojovací místo bude simulováno reálnými parametry soustavy v daném místě. Analýza zpětných vlivů bude zaměřena na modelaci vlivu z pohledu např. úbytku napětí, přepětí, flikru apod. Cílem by mělo být komplexně zmapovat vliv vybraného typu stanice (ideálně rychlodobíjecí stanice) se signifikantní hodnotou příkonu a ověřit závažnost zpětných vlivů nejnepříznivějšího režimu nabíjení na distribuční soustavu.

Výsledky práce budou sloužit provozovateli distribuční soustavy jako podklad pro interní hodnocení rizik očekávaného rozvoje dobíjecí infrastruktury v rámci daného distribučního území.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je uvést jednotlivé typy nabíjecích stanic, jejich výhody, nevýhody, použitelnost v praxi atd. Zmíněná také bude kompatibilita jednotlivých stanic s různými druhy elektromobilů. Dále bude definována kvalita elektrické energie. Výstupem bakalářské práce budou výsledky simulací pro několik případů připojení dobíjecí stanice. U dvou případů se bude jednat o připojení na konkrétním místě, kde se bude hlavně zjišťovat, zda lze danou variantu zapojení použít z hledisek, které budou definovány v teoretickém úvodu. U dvou dalších případů se bude jednat o připojení do tzv. obecné sítě, která zastupuje dnes běžně používané vedení společností E.ON. U těchto případů bude cílem hlavně zjistit, jak daleko lze nabíjecí stanici připojit od transformátoru, aniž by nedošlo k překročení zadaného úbytku napětí na vedení.

3 DOBÍJECÍ STANICE

Dobíjecí stanice jsou definovány hlavně elektrickým výkonem P , který jsou schopny produkovat, typem napětí (AC/DC) z čehož se odvíjí rychlost, s jakou jsou schopny elektromobil nabít. S jakou rychlostí lze nabít elektromobil závisí také na typu elektromobilu, především na typu a výkonnosti nabíjecí stanice samotného elektromobilu (v případě AC dobíjení), což je podrobněji popsáno v kapitole 3.1.3.1. V této kapitole budou uvedeny hlavní typy dobíjecích stanic a jejich základní vlastnosti. Dále bude popsána využitelnost jednotlivých stanic v praxi, jejich výhody/nevýhody z hlediska pořizovací ceny a rychlosti nabíjení. Popsány budou také konektory, které používají jednotlivé stanice/elektromobily a jejich kompatibilita.

Obecně jsou 3 základní typy dobíjecích stanic:

- Pomalé stanice – do 3,7kW, jsou vhodné pro nabíjení přes noc (6-8h)
- Středně rychlé (v AJ Fast) – pro 7-22kW, které nabijí většinu elektromobilů během 3-4h
- Rychlé (v AJ Rapid) – pro 43-50kW, ale i kolem 100kW, které jsou schopny dobít 80% kapacity elektromobilu během cca 30 minut, dělí se dále na 2 typy AC nebo DC, podle toho jestli používají střídavé nebo stejnosměrné napětí [1]

Napěťové hladiny u jednotlivých typů jsou uvedeny podle nejčastějších napětí, na kterých se dané stanice provozují. Pro pomalé a střední nabíjecí stanice se využívají el. vedení, které jsou běžné, tudíž není třeba transformátor pro zvýšení napětí. Proto je u pomalých dobíjecích stanic uváděn výkon 3,7kW a u středních stanic 7-22kW, podle velikosti proudu, viz 3.1.2. Rychlé dobíjecí stanice AC i DC využívají vyšší proudy. Jejich rozpětí výkonů je mnohem rozsáhlejší než u pomalejších typů. V dnešní době dochází k velkému rozvoji „Rapid“ stanic, tudíž jejich výkony se liší, mohou být i nad 100kW.

3.1.1 Pomalé dobíjecí stanice

Pomalé nabíjecí stanice byly doposud se středně rychlými stanicemi nejčastěji vyskytujícími se stanicemi. Jsou to nejčastěji jednofázové zásuvky s AC napětím, které jsou v ČR při 230V a 16A schopny produkovat až cca 3,7kW. Těmto stanicím trvá dobítí elektromobilu 6-8h, podle typu nabíječky ve vozidle. Na tuto dobíjecí stanici mohou být připojeny téměř všechny druhy elektromobilů, pokud mají odpovídající nabíjecí kabel s konektorem – a to buď standardní 3-pinovou koncovkou nebo koncovkou „pistolového“ tvaru Type 1 J1772 viz obrázek 3-1.



Obrázek 3-1 Konektor Type 1 J1772 [2]

Tuto možnost nabíjení má každý – v běžné domácí zásuvce. Tudiž pomalé nabíjení elektromobilu lze realizovat i z běžné domácí zásuvky.

Tento typ nabíjení lze využít pro každodenní nabíjení přes noc, je ale pomalé a u výkonnějších typů elektromobilů (např. Tesla model S) by se takto přes noc nabíla pouze na cca 25% své kapacity, což je ale přibližně 112km. Pro běžný provoz ráno do práce a odpoledne zpět je tedy tento způsob nabíjení použitelný. Jedinou podmínkou pro tento typ nabíjení je vyhovující elektrická instalace a 16A jistič, který se běžně v domácnostech používá. Příklad takovéto dobíjecí stanice je na obrázku 3-2.



Obrázek 3-2 Pomalá dobíjecí stanice [3]

Zatímco při rozmachu elektromobilů byl tento typ nejčastější (nejlevnější řešení), v dnešní době jsou mnohem aktuálnější na veřejných místech, kde je potřeba mnohem rychlejšího dobítí, středně rychlé a rychlé stanice. [1], [4]

Shrnutí pomalých dobíjecích stanic:

- Výkon do 3,7kW (230V, 16A)
- Vhodné jedině pro nabíjení přes noc v domácnostech
- Nabíjení trvá 6 až 8 hodin
- Používají konektor Type 1 J1772

3.1.2 Středně rychlé dobíjecí stanice

Středně rychlé dobíjecí stanice zkracují dobíjení na zhruba polovinu času pomalých nabíjecích stanic. To hlavně díky zdvojnásobení proudu u jednofázových zásuvek na 32A. Taková stanice je potom schopna nabíjet s výkonem 7kW. U takovýchto stanic trvá nabití tedy zhruba 4 hodiny. Pro větší dobíjecí výkon a kratší čas je však vhodnější použití třífázových zásuvek a to buď na 16A nebo 32A. Třífázovou zásuvku pro 400V s jističem na 16A má téměř každá domácnost, lze s ní nabít elektromobil dvakrát rychleji než s běžnou jednofázovou zásuvkou na 230V. Na veřejných místech, jako jsou parkoviště, nákupní centra, hotely apod., kde není problém zajistit tuto zásuvku na 32A, lze nabít elektromobil ještě rychleji, viz tabulka 3-1. To se zatím v dnešní době jeví jako nejlepší řešení v poměru cena/výkon pro hotely, domácnosti a místa, kde není třeba dobítí během hodiny, ale během 2 až 3 hodin. Na obrázku 3-3 je příklad, jak lze realizovat takovou středně rychlou dobíjecí stanici pomocí rozvaděče za cca 1300Kč.



Obrázek 3-3 Středně rychlá dobíjecí stanice pomocí rozvaděče [5]

Vodič na obrázku je připojen v 32A pěti kolíkové zásuvce. Vedle ní je 16A pěti kolíková zásuvka, pod nimi jsou jednofázové 16A zásuvky. Pro tento účel je to *“nejideálnější nabíjecí stanice, cenově dostupná pro každého. Má 3 druhy zásuvek a nabije se na ní každý elektromobil, včetně elektrických skútrů a elektrokol“*. [4]

U většiny středně rychlých dobíjecích stanic se používá dobíjecí konektor Type 2 Mennekes, který je určen pro třífázové nabíječky. Type 2 Mennekes je od roku 2014 standard v EU, používá ji také evropská verze Tesla Model S. Lze říci, že je to nejpoužívanější konektor pro AC dobíjení. Zásuvku a koncovku tohoto typu lze vidět na obrázku 3-4.



Obrázek 3-4 Type 2 Mennekes [5]

Lze tedy říci, že v dnešní době jsou středně rychlé AC dobíjecí stanice vhodné na místech, kde je třeba elektromobil nabít během 3 až 4 hodin, např. během dopoledne, delší schůzky apod. Nejvhodnější jsou tedy u hotelů, v obchodních centrech atd. [1] [4]

Shrnutí středně rychlých dobíjecích stanic:

- Výkon většinou mezi 7-22kW (1 nebo 3 fáze, 32A)
- Používají nejčastěji konektor Type 2 Mennekes (obrázek 3-4)
- Nabíjení trvá 3 až 4 hodiny

3.1.3 Rychlé AC dobíjecí stanice

Tyto stanice poskytují ještě větší výkon – až 100kW. S takovýmto výkonem, je možné nabít elektromobil Tesla Model S na 80% kapacity za přibližně 30-60 minut. Tyto stanice jsou dražší na pořízení a nejsou příliš časté. Principem ani vzhledem se téměř neliší od středních dobíjecích stanic, mají akorát vyšší proud, většinou 63A a díky tomu i vyšší výkon.

Používají také konektor Type 2 Mennekes, který je pro tento typ stanic nejpoužívanější. Vzhledem k tomu, že tyto dobíjecí stanice používají vyšší proudy, potřebují přívod se silnějším

průřezem než středně rychlé stanice. Z ekonomického hlediska se proto vyplatí je stavět co nejbližší trafostanicím/rozděčům, aby byl přívodní kabel co nejkratší. [1]

Shrnutí rychlých AC dobíjecích stanic:

- Výkon 43kW (3 fáze, 400V, 63A)
- Naprostá většina těchto stanic používá Type 2 Mennekes konektor
- Nabití 80% kapacity baterie trvá 30 až 60 minut

Tabulka 3-1 Časy nabíjení jednotlivých dobíjecích stanic [4]

Nabíjecí čas pro 100km dojezdu	Dodávka energie	Výkon	Napětí	Max. proud
6-8 hodin	jedna fáze	3,7kW	230V AC	16 A
3-4 hodin	jedna fáze	7,4kW	230V AC	32 A
2-3 hodin	tři fáze	10kW	400V AC	16 A
1-2 hodin	tři fáze	22kW	400V AC	32 A
20-30 minut	tři fáze	43kW	400V AC	63 A
20-30 minut	DC napětí	50kW	400-500V DC	100-125 A
10 minut	DC napětí	120kW	300-500V DC	300-350 A

3.1.3.1 Nevýhody AC stanic pro rychlé nabíjení

O všech nabíjecích stanicích na střídavý proud lze uvažovat jako o zdrojích elektrické energie. Tuto energii dodají do nabíječky, která se nachází v každém elektromobilu. Tato nabíječka má v sobě usměrňovač, který usměrní el. energii a následně s ní dobíjí baterie vozu. Samotná rychlost nabíjení potom v mnoha případech nezáleží na výkonu, který je schopna dodat nabíjecí stanice, ale na výkonu nabíječky v elektromobilu, respektive s jakou rychlostí je schopna dodanou energii usměrnit a uložit do bateriek.

Proto rychlé AC dobíjecí stanice nejsou příliš vhodné, protože jejich velký výkon není plně využitelný. Například elektromobil Volkswagen e-Up! má nabíječku s výkonem 3kW. Rychlost, se kterou se tedy dokáže nabít, bude stejná nebo hodně podobná, když bude elektromobil zapojen do pomalé nabíjecí stanice o výkonu 3,7kW, nebo když bude zapojen do středně rychlé nabíjecí stanice o výkonu 22kW. Tento elektromobil v obou případech využije pouze 3kW a bude se nabíjet na obou nabíjecích stanicích několik hodin.

Rychlost nabíjení elektromobilů v případě střídavých nabíjecích stanic závisí tedy na tom, jak velký výkon má palubní nabíječka v elektromobilu. To je hlavní problém v nabíjení malých městských elektromobilů jako je již zmíněný Volkswagen e-Up!, Nissan Leaf, BMW i3 apod. V tabulce 3-2 je vidět rozdíl v nabíjení přibližně 20 kWh baterie podle druhu palubní nabíječky v jednotlivých elektromobilech.

Tabulka 3-2 Časy nabíjení podle druhu nabíječky v elektromobilu [4]

Druh konektoru/nabíjecí stanice	VW E-UP! 18,7 kWh	Nissan Leaf 24 kWh	BMW i3 24 kWh	Tesla Model S 85 kWh
	3,6 kW 1- fázová nabíječka	6,6 kW/32A 1-fázová nabíječka	7,4 kW/32A 1-fázová nabíječka	22 kW/32A 3-fázová nabíječka
16A domácí zásuvka - SCHUKO 3,7kW	8 hodin	10 hodin	8 hodin	7,25 hodin
16A 5 kolíková červená 3-fázová zásuvka 11kW /nabíjecí stanice do 11kW AC	6 hodin	6 hodin	6 hodin	2 hodiny
32A 5 kolíková červená 3-fázová zásuvka 22kW /nabíjecí stanice do 22kW AC	6 hodin	3 hodiny	3 hodiny	1 hodina

Pozn. k tabulce: „V tabulce jsou použity nejvýkonnější palubní nabíječky dostupné pro daný model. Tabulka uvádí, jak dlouho by přibližně trvalo nabít 20kWh baterii v jednotlivých autech. Jinak řečeno kdyby každé auto mělo jen 20kWh baterii, tak přibližně, jak dlouho by trvalo takovou baterii nabít“. [4]

Jak je vidět v tabulce 3-2, čím je výkonnější palubní nabíječka auta, tím rychlejší je čas nabití, v případě dostatečného výkonu nabíjecí stanice. Vůz Tesla Model S je standardně vybaven 11kW/16A 3-fázovou nabíječkou. Pokud chce však řidič naplno využít středně rychlou AC nabíjecí stanici s výkonem 22kW/32A 3-fázovou, lze si koupit volitelně Teslu Model S se dvěma palubními 11kW/16A 3-fázovými nabíječkami - varianta "Dual Chargers". Díky tomu se tento vůz i na běžných třífázových zásuvkách nabije během 2 hodin (viz. Středně rychlé dobíjecí stanice). Pokud by měl výše zmíněný VW e-Up! palubní nabíječku 22kW, tak by nabil svojí malou baterii na běžné třífázové zásuvce během několika minut. Takto výkonné palubní nabíječky jsou velmi drahé a menší elektromobily mají levnější a méně výkonné varianty. A to hlavně kvůli co nejnižší výrobní ceně a hlavně také DC dobíjení. [4]

3.1.4 DC dobíjecí stanice

Kvůli výše zmíněným faktorům je v dnešní době jedinou možností, jak rychle nabít elektromobil (zejména s málo výkonnou palubní nabíječkou), použití rychlých dobíjecích stanic se stejnosměrným napětím. Těch je v dnešní době zatím malý počet a jsou často zpoplatněny.

3.1.4.1 Rychlé DC dobíjecí stanice

Tyto dobíjecí stanice dodávají usměrněnou energii přímo do baterie elektromobilu. V tomto případě tedy není potřeba palubní nabíječky vozu. Protože, není třeba energii usměřňovat a energie jde rovnou do baterií vozu, je tento způsob nabíjení nejrychlejší. Jsou schopny prázdnou baterii elektromobilu nabít na 80% její kapacity za přibližně 30 minut. Nejvýkonnější DC nabíjecí stanice (v angličtině Rapid DC charges) mohou mít výkon 50kW, ale i vyšší. Výkonnější

jsou pouze tzv. Supercharger od společnosti Tesla Motors, které dosahují výkonu do 135kW. Příklad rapid DC dobíjecí stanice je na obrázku 3-5.



Obrázek 3-5 DC rapid charger CHAdeMO [5]

Konkrétně se jedná o stanici od společnosti ZSE/E.ON v Bratislavě, výkon 50kW, její služby jsou zatím nezaplatněné. Jak už název napovídá, stanice na obrázku 3-5 používá konektor CHAdeMO.

Obecně platí, že rychlodobíjecí DC stanice potřebují vysoké napětí a proud, proto se vyskytují většinou blízko trafostanice, např. u obchodních středisek, velkých parkovišť, odpočívadel u silnic apod. [1]

Shrnutí rychlých DC stanic:

- Výkon až 135kW (300-500V, 300-350A)
- Používají výhradně konektor CHAdeMO nebo Combo 2 (CCS)
- Nabíjení trvá přibližně 30-50 minut na 80% kapacity baterie

3.1.4.2 Normované konektory pro DC nabíjení

CHAdeMO je spolu s COMBO 2 evropsky uznávanou standartou pro rychlodobíjení elektrických aut stejnosměrným proudem. Tento typ je schopen dodat až 62,5kW výkonu, při napětí 500V a proudu až 125A. Jeho atypický název vznikl z "CHARge de MOve", což by se dalo přeložit jako "move using charge", tedy "pohybovat se díky nabíjení". Původní název

pochází z Japonska, kde byl také vymyšlen Tokyo Electric Power Company, se kterou spolupracovali automobilky Nissan, Mitsubitshi a Toyota. Příklad CHAdeMO konektoru je na obrázku 3-6. [6]



Obrázek 3-6 CHAdeMO konektor [7]









CHAdeMO má také kromě přenosu energie funkci přenosu dat pomocí CAN bus protokolu. To hlavně kvůli bezpečnému přenosu energie z dobíjecí stanice do elektromobilu, přenáší informace o aktuálním stavu baterie, kdy skončit nabíjení vozu, celkovou kapacitu baterie a během nabíjení pomáhá rozvrhnout energii pro optimální nabití vozu. Web CHAdeMO Association udává, že k 30. červnu 2015 je v Japonsku instalováno 5418 CHAdeMO stanic, v Evropě 1838, v USA 1238 a 55 jinde.

COMBO 2 je konektor kombinující CHAdeMO a konektor Type 1 J1772. Kvůli kompatibilitě co nejvíce elektromobilů s různými dobíjecími stanicemi se vyvinul tento typ, který v sobě kombinuje pomalé nabíjení na střídavé napětí a rychlodobíjení na stejnosměrné napětí. Má stejné funkce a výhody jako klasický CHAdeMO konektor. V dnešní době se maximální přenášené výkony těmito konektory mění, některé zdroje uvádí až 100kW, při 500V a 200A. Na obrázku 3-7 lze vidět COMBO 2 konektor. [8]



Obrázek 3-7 COMBO 2 konektor [9]

Mohou být také konektory, které mají v horní části místo Type 1 J1772 konektor Type 2 Mennekes, pro připojení třífázového střídavého napětí. Přehled konektorů dle jednotlivých norem je na obrázku 3-8.

	Type 1 / USA	Type 2 / Europe	GB / China
AC	 SAE J1772 / IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB part 2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB part 3 / IEC 62196-3
Combined AC/DC Charging System	 SAE J1772 / IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

Obrázek 3-8 Přehled dobíjecích konektorů pro elektromobily dle stávajících norem [9]

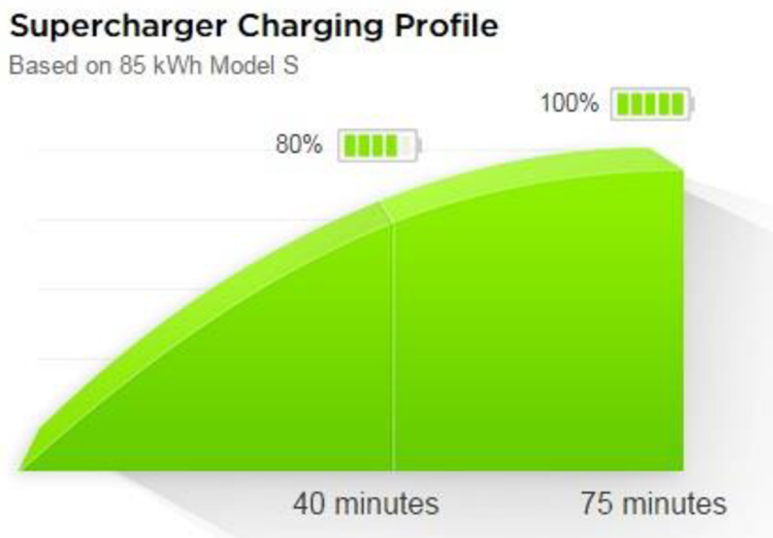
3.1.4.3 Faktory ovlivňující DC nabíjení

Rychlost nabíjení elektromobilu rychlodobíjecími DC stanicemi je v reálném životě ovlivněna hlavně těmito čtyřmi faktory:

- výkonem nabíjecí stanice.
- stavem kapacity baterií (úplně vybitá).
- stářím baterie a jejím technickým stavem.
- počasím.

Dvě papírově stejné dobíjecí stanice by měly nabíjet se stejnou rychlostí a efektivitou, ale ne vždy je tomu tak. A to hlavně kvůli tomu, že ne každá rychlodobíjecí stanice je schopná poskytnout plný teoretický výkon. To může být způsobeno tím, že samotný hardware rychlodobíjecí DC stanice je limitovaný na určitý max. výkon nebo je na el. vedení, které dodává energii do stanice, úbytek napětí. Pro lepší představu si lze představit jednu rychlodobíjecí stanici s výkonem 50kW poskytující v praxi skutečně 50kW, zatímco identická dobíjecí stanice na jiném místě vlivem úbytku napětí na vedení poskytuje 45kW. To by se mohlo zdát jako velké zmenšení dobíjecího výkonu, respektive zvětšení času dobíjení, ale ve výsledku samotné nabíjení se tím prodlouží o 5 až 10 minut. Hlavně díky tomu, že elektromobily se kvůli celistvosti rychlého dobíjení nenabíjí na plnou kapacitu. Místo toho se nabíjí s využitím maximálního výkonu stanice, než dosáhnou 60-80% kapacity baterie, poté se výkon snižuje až do plného nabití baterie.

Dalším důležitým vlivem je aktuální stav kapacity baterie. Pokud má elektromobil baterii úplně vybitou, první část dobíjení bude velmi rychlá, nabití 50% kapacity baterie je otázka několika minut. Ale jak stoupá hladina nabití baterie, rychlost, se kterou se elektromobil dobíjí, klesá. To je zapříčiněno vlastním chemickým složením baterie a tzv. vnitřním odporem baterie. Zjednodušeně lze říci, že čím více energie je uloženo v baterii elektromobilu, tím pomaleji lze nabíjet, musí se snižovat proud nabíjení a celý proces se zpomaluje. Nabíjet elektromobil nad 80% kapacity baterie pomocí rychlodobíjení zpomalí samotný proces tak zdatelně, že se prakticky nepoužívá. Proto výrobci elektromobilů a provozovatelé dobíjecích stanic vždy uvádí časy dobíjení při nabití 0-80 procent kapacity baterie elektromobilu. Průběh takového nabíjení u Tesla Model S lze pro představu vidět na obr. 10. [10]



Obrázek 3-9 Průběh nabíjení Tesla Model S na Supercharger stanici [9]

Jedná se o Supercharger dobíjecí stanici o výkonu do 135kW. Za dobu nabíjení 30-40 minut, dosáhne baterie 80% své kapacity, což znamená v případě Modelu S dojezd přibližně 330km. Což je, jak uvádí web Teslamotors, dostatečná vzdálenost pro dosažení další Supercharger dobíjecí stanice na jedno nabití. Tyto stanice jsou postaveny na takových místech, aby se dalo cestovat s využitím pouze těchto stanic. To zatím platí pouze na východu a západu USA. V Evropě je do budoucna plánováno vybudovat podobnou síť Supercharger stanic. V České Republice v dnešní době zatím žádná není.

Dalším faktorem ovlivňujícím rychlost dobíjení baterie, je její stáří a technický stav. Obecně lze říci, že čím starší jsou baterie v elektromobilu, a čím více má vůz najetých kilometrů, tím pomalejší jeho rychlodobíjení bude. A to proto, že palubní software, který ovládá, jak rychle se elektromobil dobíjí, je naprogramován tak, aby vždy udělal vše proto, aby baterie v elektromobilu zůstala v co nejlepším stavu. Pokud tento software zjistí velký vnitřní odpor baterií, což je jev, který je normální při stárnutí baterií v elektromobilu, bude vůz nabíjet pomaleji, než když byli baterie nové. Podobně, pokud baterie nejsou technicky v pořádku – pokud se nějaký článek baterie rozpadá nebo celý systém baterií je v nerovnováze, čas nabíjení se také prodlouží.

Posledním faktorem ovlivňujícím rychlost nabíjení je počasí, hlavně teplota okolí nabíjecí stanice. Mnoho elektromobilů na dnešním trhu používá aktivní chlazení, pro zachování ideální pracovní teploty baterií vozu, ale ne všechny. U těch vozů, které chlazení baterií nemají, lze pozorovat rozdíl v čase nabíjení v závislosti na teplotě. V extrémních mrazech se čas dobíjení může prodloužit, protože vnitřní odpor baterií bude větší než v teple. Obdobně při extrémních vedrech může software zpomalit nabíjení snížením výkonu, aby ochránil baterie před přehřátím. [10]

3.2 Konkrétní příklady nabíjecích stanic

Závěrem této kapitoly bude uvedeno několik konkrétních typů dobíjecích stanic, které se prodávají. Lze je modifikovat dle potřeb zákazníka. Většina stanic se dnes prodává jako komplet v plechovém/plastovém obalu s podsvícením a s příslušenstvím pro měření spotřeby, napětí atd.

3.2.1 Voltdrive DS1 a DS4

Tyto stanice jsou určeny pro bezpečné dobíjení elektromobilů. Zastupují nejnižší řadu dobíjecích stanic Voltdrive od společnosti Micos. Jsou určeny k souběžnému AC nabíjení dvou vozidel.



Obrázek 3-10 Dobíjecí stanice Voltdrive DS1 a DS4

Základní specifikace:

- Zásuvky trvale pod napětím
- Odolnost proti povětrnostním vlivům a vandalismu
- Masivní provedení sloupku
- Trvalé osvětlení pomocí LED
- Přední montážní dvířka se zámekem

Technická specifikace:

Tabulka 3-3 Technické specifikace dobíjecí stanice DS1 a DS4

Zásuvky	Základní - 2x jednofázové dobíjení 230V AC/16A, maximální dobíjecí výkon 3,6kW
	Volitelné - až 2x třífázové dobíjení 400V AC/32A (MENNEKES) maximální dobíjecí výkon 22kW, IEC 62196 TYP2, fixace proti neoprávněnému odpojení kabelu dle 61851

Určení	sítě TN-S nebo TN-C
Instalace	Na základnu nebo pomocí speciálního držáku na zeď
Rozměry	DS1 - 480x290x1480mm
	DS4 - 480x290x510mm
Materiál	Lakovaný hliník
Jističe	Pro každý typ zásuvky
Stupeň krytí	IP44 dle ČSN EN 60529
Pracovní teplota	-25°C až +40°C
Hmotnost	DS1 - 62kg
	DS2 - 30kg

[11]

3.2.2 Terra 53

Tato stanice jsou stejnosměrná nabíjecí stanice. Kombinuje v sobě průmyslové uspořádání a technologii rychlého nabíjení tak, aby byly podporovány jak současné modely elektromobilů, tak i další generace. Konstrukce této stanice umožňuje snadné přizpůsobení a „podporuje rychlé stejnosměrné nabíjení dle norem CCS a CHAdeMO 1.0 i střídavé nabíjení dle normy EN61851-1 (typ 2, nabíjení v režimu 3). Terra 53 je konstruována pro rychlé nabíjení a je ideálním zařízením pro prodejce vozidel, na čerpacích stanicích a v hustě osídlených městských částech“.

Hlavní vlastnosti:

- Rychlé stejnosměrné nabíjení dle normy CCS – 30 až 80% za 15 minut
 - Zajištění pro budoucnost prostřednictvím otevřených standardů
 - Flexibilní rozhraní se systémy s přidanou hodnotou
 - Vzdálené monitorování doby provozuschopnosti a vzdálená asistence
 - Vzdálené aktualizace a přechody na vyšší verze
 - Snadné použití
 - Dobře čitelná dotyková obrazovka s úhlopříčkou 8"
 - Zobrazení postupu nabíjení
 - Autorizace RFID
 - Široký rozsah provozních teplot: -35 °C až +50 °C
-
- Vzdáleně resetovatelné chrániče MCB a RCD pro maximální doby provozuschopnosti
 - Estetický design a nerezové kryty odolné vůči všem povětrnostním vlivům
 - Rychlá a snadná instalace
 - Nízká hladina provozního hluku

Aplikace:

- Provozovatelé dálničních čerpacích stanic / servisů
- Hustě osídlené městské části
- Operátoři komerčních vozových parků
- Operátoři infrastruktury elektromobilů a poskytovatelé servisu
- Prodejci a dovozci elektromobilů s normou CCS

Jak bylo již uvedeno, tato stanice nabízí několik stupňů konfigurace, dle potřeb zákazníka. Technické specifikace jednotlivých stupňů jsou v tabulce níže.

Tabulka 3-4 Specifikace jednotlivých konfigurací Terra 53

Specifikace výstupu	C (výchozí)	J (volitelný)	G (volitelný)	T (volitelný)
Norma nabíjení	CCS	CHAdeMO	Rychlý střídavý kabel	Rychlá střídavá zásuvka
Maximální výstupní výkon	50kW	50kW	43kW	22kW
Rozsah výstupního napětí	50-500V (DC)	50-500V (DC)	400V ± 10%	400V ± 10%
Maximální výstupní proud	125A (DC)	120A (DC)	63A	32A
Standart přípojky	EN61851-23 / DIN 70121	CHAdeMO 1.0	EN61851-1:2010	EN61851-1:2010
Typ konektoru/zásuvky	Combo 2	CHAdeMO / JEVS G105	Mennekes IEC62196 režim-3 typ-2	Mennekes IEC62196 režim-3 typ-2
Délka kabelu	2,9m	3,1m	2,9m	-
Kompatibilní značky vozů	BMW, VW, GM, Porsche, Audi	Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia	Renault, Daimler, Tesla	Renault, Daimler, Tesla



Obrázek 3-11 Možnosti konfigurace (zleva doprava): Terra 53C, terra 53CT, Terra 53CJ, Terra 53CJG

Tabulka 3-5 Všeobecné specifikace Terra 53

Prostředí	Vnitřní/Venkovní
Provozní teplota	-10°C až + 50°C (platí křivka snižování výkonu) Volitelně: -35°C až + 50°C
Skladovací teplota	-40°C až +70°C
Soulad s předpisy a bezpečnost	CE/ Volitelně: CHAdeMO
Vstupní střídavá přípojka	3F + N + PE
Rozsah vstupního napětí	400V (AC) ± 10% (50Hz nebo 60Hz)
Max. jmenovitý vstupní proud a příkon	125A, 86kVA
Účinník (plné zatížení)	>0,96
Účinnost	94% při jmenovitém výstupním výkonu
Systém RFID	ISO/IEC14443A/B, ISO/IEC15693, FeliCa™ 1, NFC režim snímání, LEGIC Prime & Advant
Síťové připojení	GSM/ CDMA/ 3G modem, 10/100 Base -T Ethernet
Příkon naprázdno	25W (max)
Krytí	IP 54
Hladina provozního hluku	45 - 50 dB
Rozměry (h x š x v)	760 mm x 525 mm x 1900 mm
Hmotnost	400kg

4 KVALITA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Distributor elektrické energie má povinnost dodat odběrateli určité množství el. energie o určité kvalitě. „Množství je charakterizováno dodávkou elektrické práce, což představuje proudové zatížení elektrizační soustavy v závislosti na místě připojení odběratele. Kvalita elektrické energie znamená dodržení parametrů dodávky odběrového množství v příslušné hodnotě ze systému, který provádí dodávku“. Parametry elektrické energie – systémové veličiny tedy jsou:

- **frekvence.**
- **napětí.**

Elektrická energie, která se vyrobí v elektrárnách, má předepsanou standardní kvalitu. Tato energie se k odběrateli dostává pomocí elektrizační soustavy (ES), tj. přenosových (PS) a distribučních sítí (DS). Na elektrickou energii působí během přenosu pomocí zmíněných soustav mnoho vnějších vlivů (faktorů), které mohou mít velký dopad na kvalitu el. energie v místě odběru. Mezi takové faktory lze zařadit například:

- atmosférické vlivy (např. účinek blesku).
- vlivy způsobené používáním některých elektrických spotřebičů (např. elektronické regulátory výkonu a otáček, napájecí zdroje elektronických přístrojů apod.).
- vlivy způsobené nutnými provozními manipulacemi v síti.
- působení ochranných a automatizačních prostředků sloužících k omezení poruchových stavů v sítích.
- časté spínání velkých spotřebičů.

Kvalita elektrické energie je definována provozními veličinami, jejichž hodnoty zaručuje provozovatel sítě během normálního stavu elektrizační soustavy. Těchto kvalitativních ukazatelů je mnoho, pro účel této práce budeme uvažovat tyto základní ukazatele:

- kmitočet sítě.
- velikost napájecího napětí.
- odchylky napájecího napětí.
- rychlé změny napětí – flikry.

[13] [14]

4.1 Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet sítě je 50Hz. Za normálních podmínek v provozní síti musí být kmitočet v toleranci $\pm 1\%$ po 99,5 % roku. „*Systémy, které udržují frekvenci v daných mezích, jsou primární a sekundární regulace v elektrizační síti*“. [13]

4.2 Napětí

Hodnota napětí je definována pro určitý bod vedení (za transformátorem). Proud, který tímto vedením protéká ke spotřebiteli, způsobí úbytky napětí, které jsou úměrné vzdálenosti spotřebitele od daného bodu (PCC - point of common coupling). Spotřebitelem připojená zátěž je časově proměnná, což znamená, že napětí je funkční závislostí vzdálenosti i času. Za normálních provozních podmínek musí být napětí v síti v povolené toleranci $U_n \pm 10\%$. [13] [14]

4.2.1 Definice úbytku napětí

Rozdíl mezi napětím v místě PPC U_1 a napětím v samotném místě odběru U lze definovat vztahem:

$$\Delta U = U_1 - U \text{ (V;V,V)} \quad (4.1)$$

$$\Delta U = [(U_1 - U) \div U_n] \times 100 \text{ (%;V,V,V)} \quad (4.2)$$

kde: U_1 je absolutní hodnota fázového napětí na začátku vedení (u transformátoru)
 U je absolutní hodnota fázového napětí na konci vedení (dobíjecí stanice)

Úbytek napětí se vždy vyjadřuje ve fázových hodnotách, lze ho tedy počítat:

$$\Delta U = I_c \times R_s - I_j \times X_s \text{ (U;A, } \Omega) \quad (4.3)$$

kde: R_s je činná část síťové impedance
 X_s induktivní část síťové impedance
 I_c činná část odběrového proudu
 I_j jalová část odběrového proudu

Impedanci tvoří dvě složky, a to rozptylová reaktance transformátoru (X_s) a činný odpor vedení (R_s). V sítích nízkého napětí lze díky vzájemnému poměru těchto složek impedance předpokládat, že úbytek napětí mezi napájecím bodem a spotřebitelem bude:

$$\Delta U = R_s \times I_c^2 \text{ (V, } \Omega, A) \quad (4.4)$$

[13], [14]

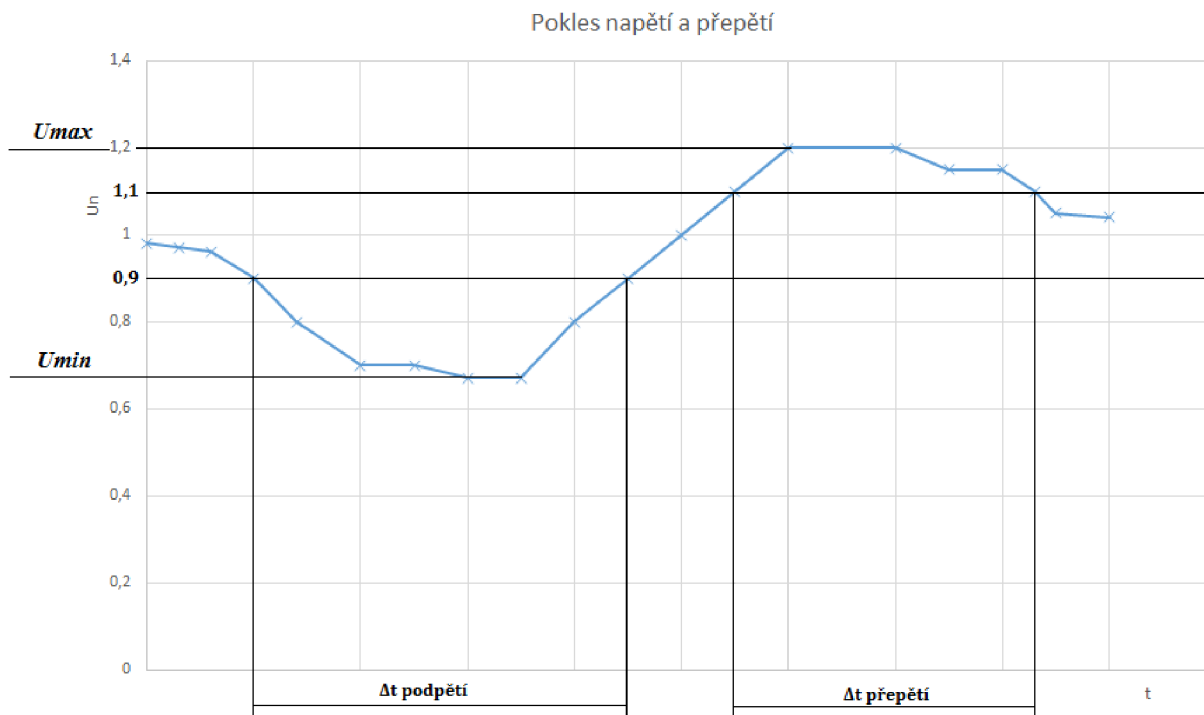
4.2.2 Důsledky výchyly napětí od nominální hodnoty

Je-li v síti přepětí, bude na spotřebičích větší hodnota napětí než nominální, bude se zkracovat životnost spotřebičů. Může také dojít k většímu namáhání izolace vodičů. Dojde-li k poklesu napětí, než je předepsaná hodnota, zvýší se proud (uvažuje se tvrdá elektrická síť), čímž může dojít k nadproudům. Může dojít i k úplnému vypnutí zařízení (ochrany proti poklesu napětí).

Pokles napětí (přepětí) definuje efektivní hodnota napětí a je charakterizován:

- Dobou poklesu napětí
- Nejmenší poměrnou hodnotou napětí během poklesu

Délka poklesu napětí se začíná měřit v okamžiku, kdy hodnota napětí poklesne pod 90% jmenovitého napětí U_n a končí, když se vrátí nad 90% U_n . Na obrázku 4-1 lze vidět graficky znázorněn pokles napětí a přepětí. [13], [14]



Obrázek 4-1 Pokles napětí a přepětí

V trojfázovém vedení se považuje pokles napětí na kterékoliv fázi za pokles napětí celého systému. Přepětí je charakterizováno stejně jako podpětí, akorát pro překročení hodnoty 110% U_n (viz obrázek 4-1).

4.2.3 Příčiny poklesu napětí a přepětí

Pokles napětí může být způsoben spotřebitelem nebo vlivem náhlého stavu v rozvodné síti. V distribuční síti může dojít k:

- přerušení napájení.
- pokles napětí (přepětí).

Přerušení napětí může být krátkodobé nebo dlouhodobé, např. zkrat, OZ, chyby síťového zařízení. Dlouhodobější přerušení napětí se nazývá výpadek napájení. Pokles napětí může způsobit např. náhlé odlehčení zátěže, pomalá regulace atd. Přepětí může způsobit např. blesk, kapacita sítě apod.

Poruchové stavy způsobené spotřebiteli by v případě dobře navržené distribuční soustavy neměli mít velký vliv na napětí ve společném bodu napájení. Tzn., že ostatní spotřebitelé, kteří jsou k tomuto bodu připojeni, nebudou ovlivněni těmito stavy.

4.3 Rychlé změny napětí (flikry)

Flikry se nazývají rychlé periodické změny napětí (kolísání napětí). Pro lepší pochopení se tento jev představuje na světelných zdrojích. Na nich se projevuje rychlou změnou světelného toku a způsobuje změnu zrakového vnímání, což ruší při činnosti.

Změny napětí závisí na změnách činného a jalového výkonu. Změny napětí při změnách zatížení lze vyjádřit:

$$\delta U = \frac{1}{3 \times U} \times (\delta P \times R_S + \delta Q \times X_S) = \Delta I_\xi \times R_S + \Delta I_j \times X_S = \delta(\Delta U) (\Omega; A; I) \quad (4.5)$$

kde: δU je změna napětí

δP změna činného výkonu

δQ změna jalového výkonu

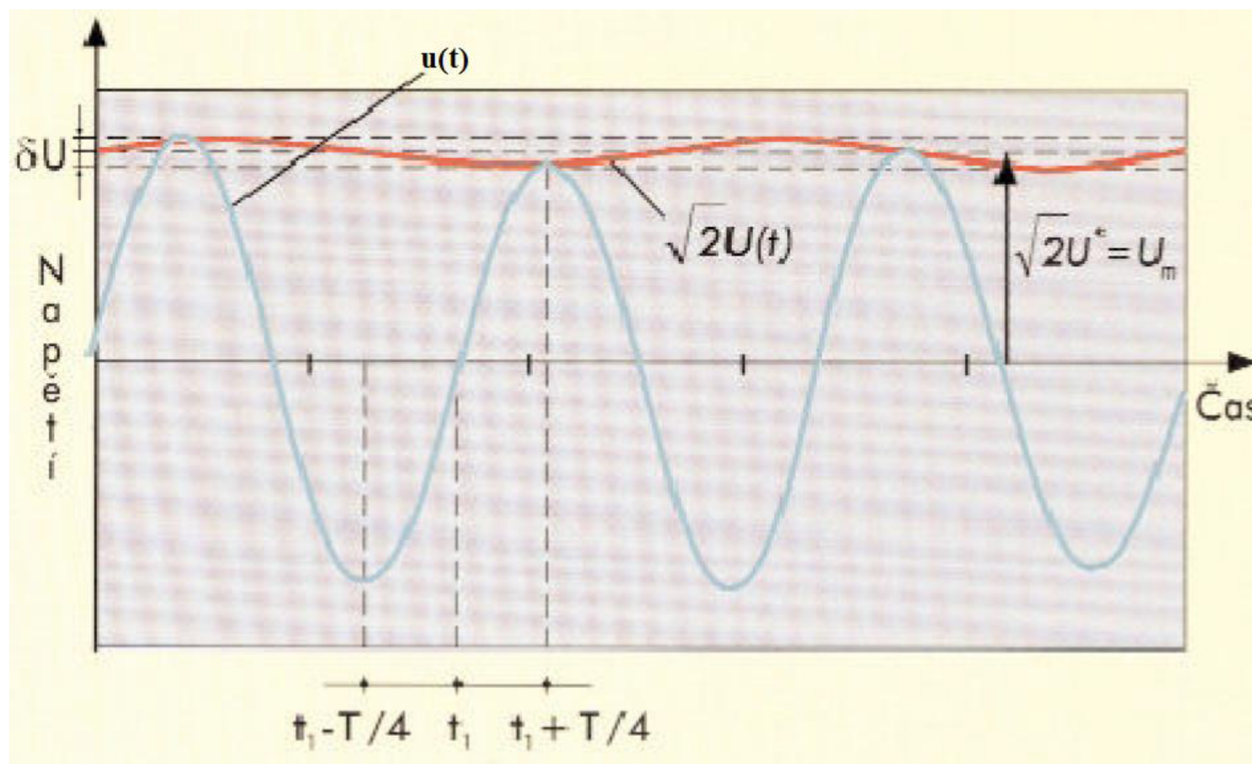
R_S činná část síťové impedance

X_S jalová část síťové impedance

ΔI_ξ změna činné části odběrového proudu

ΔI_j změna jalové části odběrového proudu

V případě konstantního zatížení jsou změny činného a jalového výkonu nulové a změna napětí je také nulová. Na obrázku 4-2 lze vidět změnu napětí s průběhem efektivního napětí v čase t .



Obrázek 4-2 Změny napětí v čase –flikry [13]

Pro okamžitou hodnotu napětí $u(t)$ platí:

$$u(t) = U_m \times \sin[\omega t + \varphi] \text{ (V)} \quad (4.4)$$

kde: $u(t)$ je okamžitá hodnota napětí

U_m amplituda napětí

ω úhlová frekvence

t čas

φ fázový posun mezi proudem a napětím

4.3.1 Spotřebiče a provozní stavy způsobující flikry

- Spínání velké zátěže
- Rozběh velkých motorů
- Proměnlivá zátěž

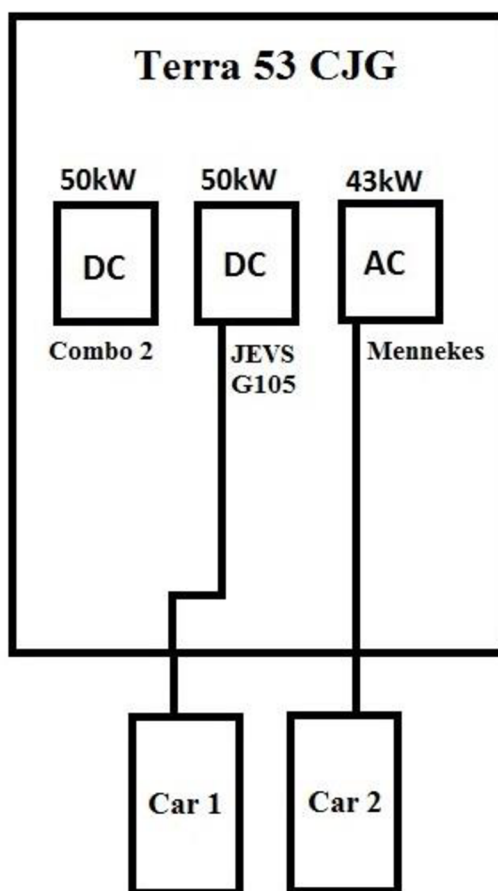
[14] [13]

5 PŘEDPOKLADY PRO PROVEDENÍ SIMULACE PŘIPOJENÍ

V této kapitole jsou níže uvedeny teoretické předpoklady pro připojení nabíjecí stanice s konkrétními parametry. Lokace a způsob připojení je v kapitole 6. U všech provedených simulací byla uvažována soudobost $\beta=1$ a účinnost dobíjecí stanice $\cos\varphi=1$.

5.1 Základní parametry dobíjecí stanice

Pro instalaci na konkrétních místech byla společností E.ON vybrána nabíjecí stanice dle obrázku 5-1.



Obrázek 5-1 Schéma nabíjecí stanice

Pro účely této práce byla použita nabíjecí stanice Terra 53, která je stručně popsána v kapitole 3. Konkrétně se jedná o variantu CJG (tab. 3-3). Podle obrázku výše je vidět, že maximální výkon pro stejnosměrné nabíjení je 50kW a pro střídavé 43kW. Obě dvě tyto možnosti nabíjení mohou být využity najednou. Nabíjet z obou DC přípojek najednou nelze. Varianta CJG má dvě DC přípojky z důvodu kompatibility pro co nejvíce druhů elektromobilů. Parametry mají naprosto stejné, liší se pouze v druhu konektoru. Varianta C používá Combo 2, který používají spíše evropské automobilky (VW, BMW, Audi). Označení J používá JVES G 105, který používají spíše japonské automobilky (Nissan, Kia, Mitsubishi). Maximální výkon, který je tato stanice schopna najednou spotřebovat je tedy $S_{Nab}=93kVA$ (také značen jako S_A). Tento případ bude dále uvažován v simulacích.

5.2 Skutečně ovlivňované veličiny nabíjecí stanicí

U nabíjecí stanice typu Terra 53 (a jí podobných) lze předpokládat konstantní zatížení, tedy konstantní proud. Proto **flikry** způsobené připojením stanice budou minimální a nemá je v praxi smysl uvažovat.

Na druhou stranu kvůli poměrně velkému výkonu nabíjecí stanice a použití pulzních usměrňovačů lze očekávat nárůst úbytku napětí a rušení harmonickými složkami. Úbytek napětí, jak už bylo zmíněno v kapitole 4, nesmí překročit 10% nominální hodnoty, na což bude brát ohled při provádění simulace a určování vzdálenosti připojení nabíjecí stanice od distribučního transformátoru. Co se rušení harmonickými týče, musí se před simulací posoudit a případně zavést opatření pro redukci proudů harmonických.

5.2.1 Posouzení připojitelnosti zdrojů s řízenými usměrňovači z hlediska harmonických

Posuzování připojení může odpadnout, jestliže poměr zkratového výkonu v přípojném bodě S_{kV} k přípojnému výkonu zařízení uživatele sítě S_A vyhovuje příslušné podmínce:

$$nn: \frac{S_{kV}}{S_A} \geq 150 \quad (5.1)$$

$$vn: \frac{S_{kV}}{S_A} \geq 300 \quad (5.2)$$

kde: S_{kV} je zkratový výkon v přípojném bodě

S_A výkon zařízení (dobíjecí stanice)

Jestliže podmínky (5.1) nebo (5.2) splněny nejsou, musíme určit S_{OS} - zatížení harmonickými ze zařízení uživatele sítě.

$$S_{OS} = 0,5 \times S_{Gr1} + S_{Gr2} \quad (5.3)$$

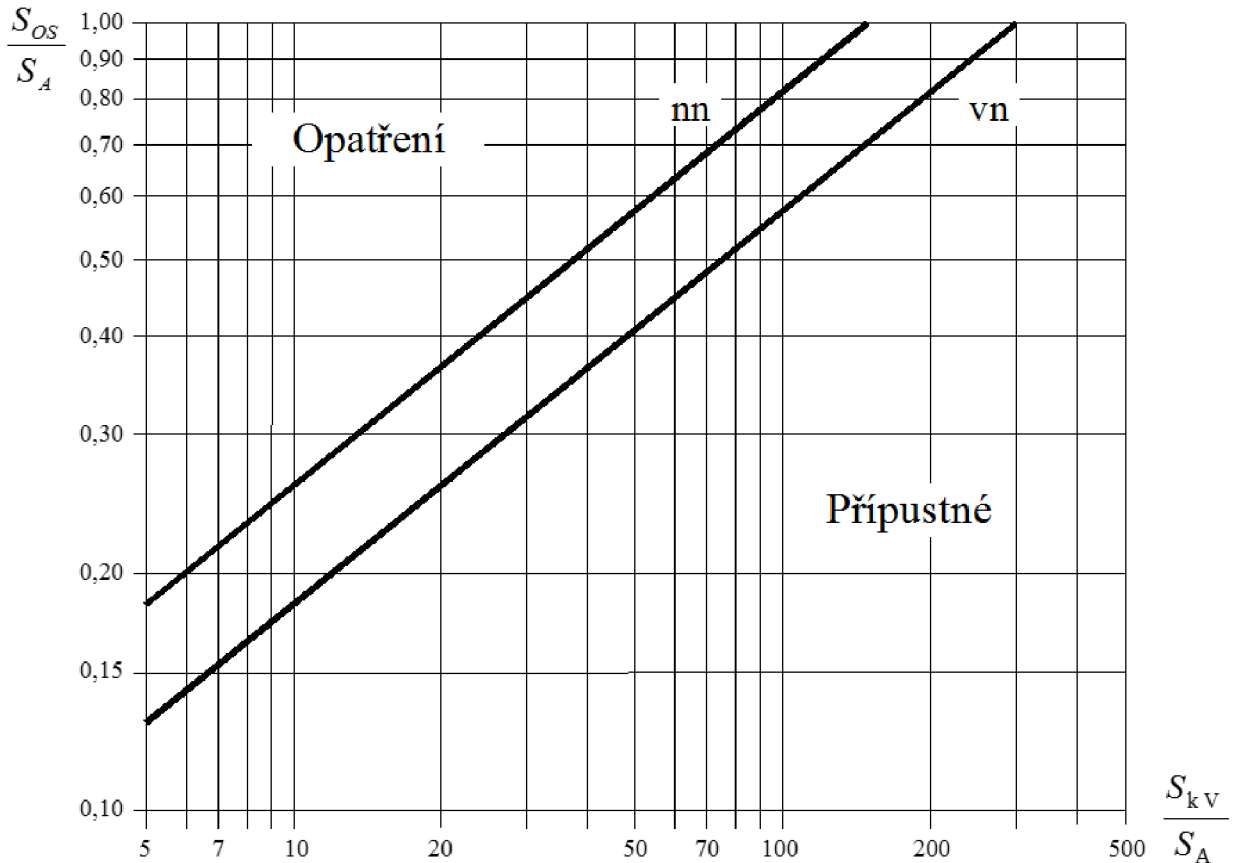
kde: S_{OS} zatížení harmonickými ze zařízení uživatele sítě

S_{Gr} výkon zdrojů harmonických podle skupin

Skupina 1: Do této skupiny patří přístroje a zařízení s nízkou emisí harmonických, jako např. usměrňovače s počtem pulsů ≥ 12 , zářivky a jiné plynem plněné lampy s předřazenou tlumivkou.

Skupina 2: Do této skupiny patří přístroje a zařízení se střední a vysokou emisí harmonických, jako např. 6ti-pulzní usměrňovače, třífázové měniče, invertorové svářečské přístroje, elektronicky regulované střídavé motory, stmívače, televizní přístroje, počítače vč. periferních přístrojů, kompaktní zářivky s elektronickým předřadníkem a přístroje zábavní elektroniky. Do této skupiny lze zařadit uvažovanou dobíjecí stanici (uvažuje se horší varianta).

Poměr S_{OS}/S_A se vynese do grafu dle obrázku 5-2.



Obrázek 5-2 Diagram pro posouzení podílu zatížení harmonickými

Jestliže při vynesení bodů $\frac{S_{OS}}{S_A}$ a $\frac{S_K}{S_A}$ leží příslušný bod nad křivkou pro danou napěťovou úroveň, jsou nutná opatření pro redukci proudů harmonických (např. zabudováním sacího obvodu).

5.2.1.1 Mezní hodnoty pro proudy jednotlivých harmonických I_h

Mezní emisní hodnoty pro jednotlivé harmonické jsou udány jen pro nejdůležitější řády v , typické pro měniče proudů. Pro proudy harmonických I_h vztahované k proudu I_A platí podmínka:

$$\frac{I_h}{I_A} \leq \frac{p_h}{1000} \times \sqrt{\frac{S_{KV}}{S_A}} \quad (5.4)$$

kde: I_h	proud harmonické
I_A	proud zařízení
P_h	poměrový koeficient
H	řád (harmonické)
S_{kV}	zkratový výkon (sítě) v přípojném bodě
S_A	výkon zařízení (dobíjecí stanice)

Hodnoty p_v lze převzít z následující tabulky:

Tabulka 5-1 Hodnoty poměrového koeficientu pro jednotlivé harmonické

h	3	5	7	11	13	17	19	> 19
P_h	6	15	10	5	4	2	1,5	1

5.2.1.2 Mezní emisní hodnota pro souhrn všech proudů harmonických THD_{IA}

Dále musí být omezen koeficient celkového zkreslení. K tomu je definován na základě definice THD koeficient celkového zkreslení pro proud THD_{iA} zařízení uživatele sítě. Ten musí vyhovět následující podmínce:

$$THD_{iA} = \frac{\sqrt{\sum I_h^2}}{I_A} \leq 2 \times \sqrt{\frac{S_{kV}}{S_A}} \quad (5.5)$$

kde: THD_{iA}	koeficient celkového zkreslení zařízení uživatele sítě [%]
I_v	proud harmonické
I_A	proud zařízení
v	řád (harmonické)
S_{kV}	zkratový výkon (sítě) v přípojném bodě V
S_A	přípojný výkon zařízení uživatele sítě.

Opatření se musí navrhnout tak, aby harmonické nepřekračovaly mezní emisní hodnoty. [15]

6 SIMULACE

Tato část je věnována simulaci připojení dobíjecí stanice do distribuční soustavy celkem pro 4 případy:

- připojení na konkrétním místě, s ohledem na velikost úbytku napětí, meze emisivity proudu harmonických a zatížení přívodního kabelu a to:
 - a) Na stejný přívod, jako Mercedes-Benz Milan Král s.r.o
 - b) Připojení s využitím vodiče, který doposud sloužil jako rezerva.
- připojení k obecné síti na samostatný vývod z trafostanice, za účelem určení maximální vzdálenosti připojení nabíjecí stanice od trafostanice s dodržáním maximálního úbytku napětí.
- připojení k obecné síti na společný vývod z trafostanice s ostatními spotřebiteli, za účelem určení maximální vzdálenosti připojení nabíjecí stanice s dodržáním maximálního úbytku napětí.

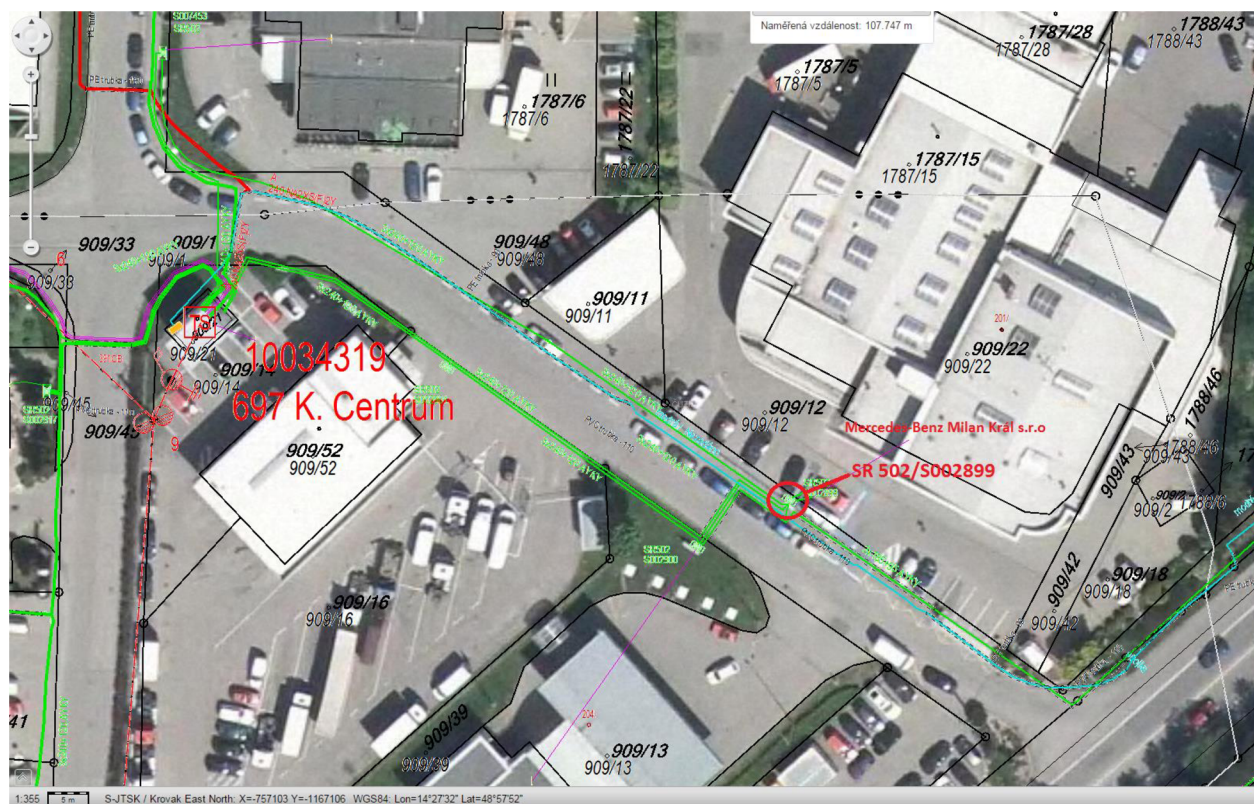
Pro zvolené simulace byla provedena konfigurace v programu E-vlivy E.ON verze 2.5.22, kde se zkoumá proudové zatížení, velikosti úbytku napětí a vzdálenosti připojení.

6.1 Připojení do konkrétní distribuční sítě

Konkrétní místo, na kterém byla provedena simulace, se nachází na adrese:

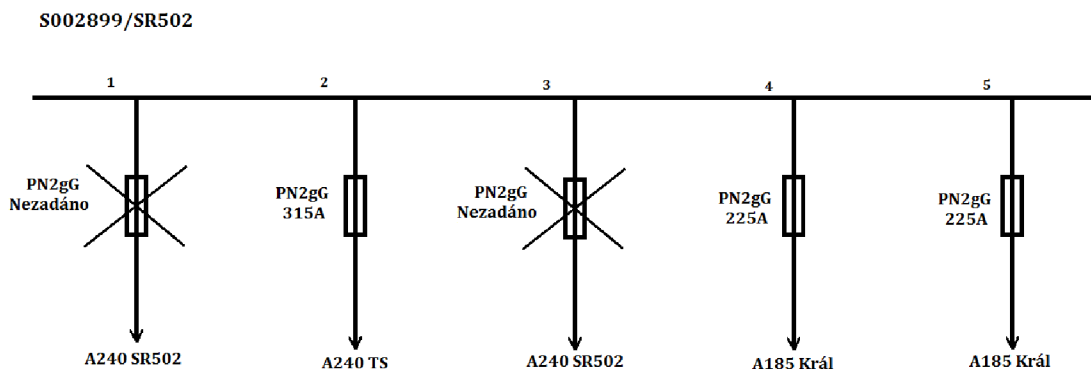
Pod Stromovkou 201,370 01 Litvínovice, u objektu Mercedes-Benz Milan Král s.r.o.

Konkrétní oblast je zobrazena na satelitní snímek na obrázku 6-1.



Obrázek 6-1 Satelitní snímek místa připojení dobíjecí stanice

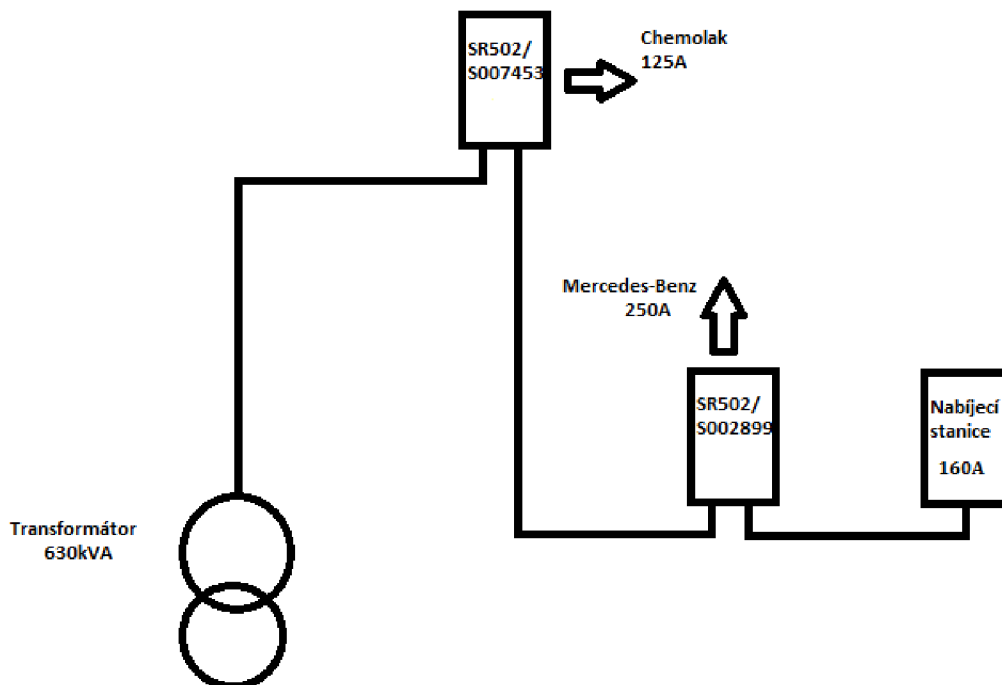
Přívod do rozvodné skříně SR 502/S002899 je přes rozvodnou skříň SR 502/S007453 z transformátoru o jmenovitém výkonu 630kVA. Přívod je označen A240 TS. V současné době z rozvodné skříně SR 502/S002899 jsou 2 vývody pro Mercedes-Benz Milan Král s.r.o. Rozložení připojení v této skříně je zobrazeno na obrázku 6-2.



Obrázek 6-2 Detail skříně SR 502/S002899

6.1.1 Připojení na stejný přívod jako Mercedes-Benz Milan Král s.r.o

Pro tento případ je na obrázku 6-3 vidět zjednodušené schéma zapojení. Parametry jednotlivých kabelů jsou zobrazeny v samotné simulaci.

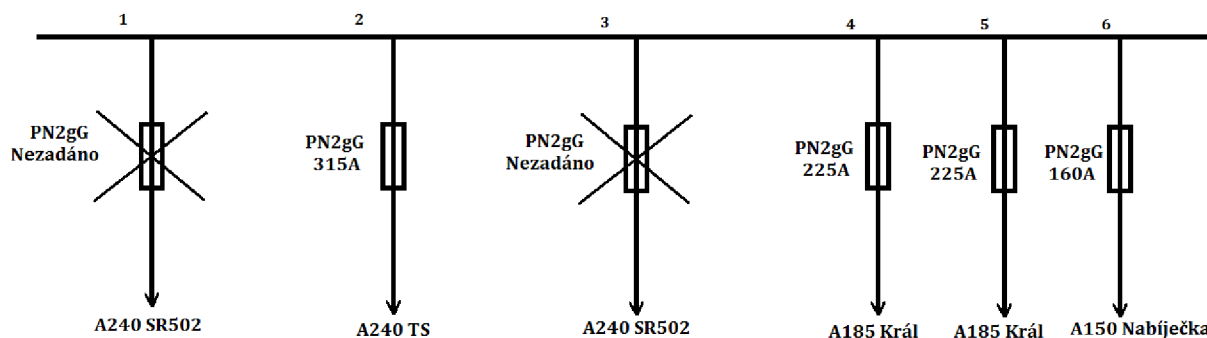


Obrázek 6-3 Schéma zapojení na již existující přívod

Na jednom vývodu z trafostanice je v rozvodné skříně SR 502/S007453 připojen Chemolak s jističem 125A a v rozvodné skříně SR 502/S002899 Mercedes-Benz Milan Král s.r.o.

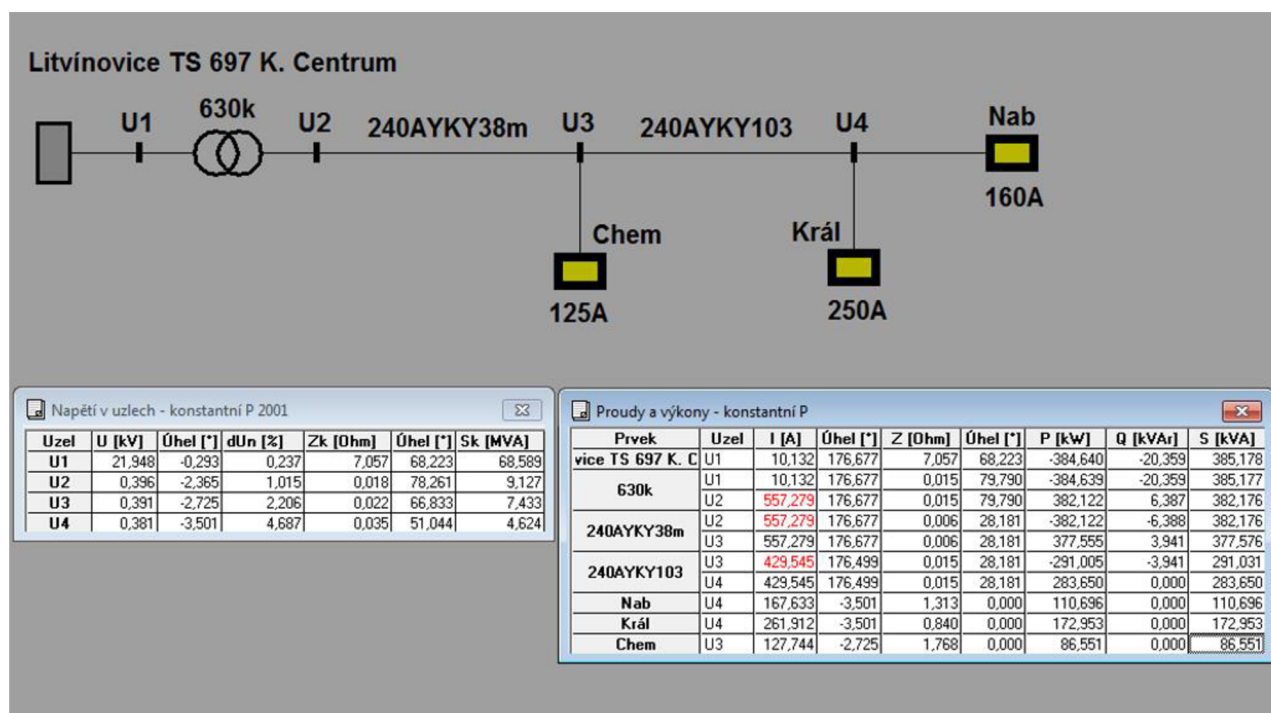
s rezervovaným proudem 250A. Nabíjecí stanici připojíme do stávající konfigurace rozvodné sítě v rozvodné skříni SR 502/S002899. Pro tento způsob připojení je detail rozvodné skříně SR 502/S002899 na obrázku 6-4.

S002899/SR502



Obrázek 6-4 Detail skříně SR 502/S002899 pro případ 6.1.1

Na obrázku 6-5 je vidět obrázek samotné simulace v tomto případě.



Obrázek 6-5 Simulace pro případ 6.1.1

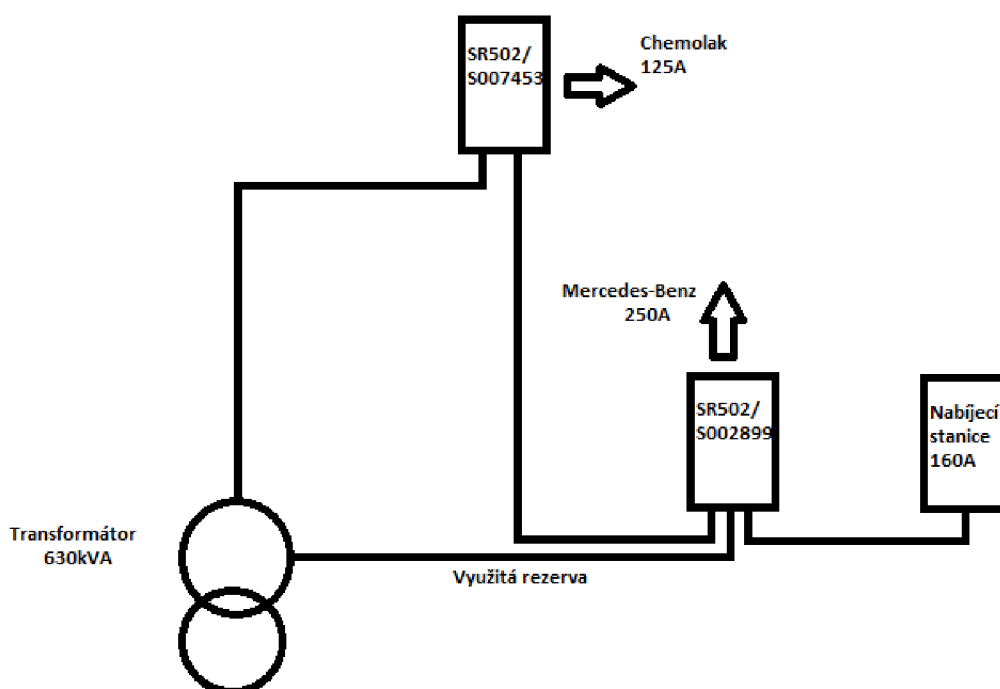
Vzdálenost nabíjecí stanice od uzlu U4 (rozvodné skříň SR 502/S002899) není zatím přesně definována, bude však do 80m. Vzhledem k malým úbytkům napětí je taková vzdálenost přijatelná. Z tabulky „Proudy a výkony“ (v simulaci obr.6-5) lze vidět, že proud procházející kabelem z transformátoru do uzlu U3 je 557,279A. Jedná se konkrétně o kabel 240AYKY, který má nominální proud při referenčním uložení na vzduchu $I_{Nvzduch}=359A$. Kabel je však uložen v zemi a musí se proto jmenovitá hodnota přepočítat. Uvažuje se mírně vlhká půda, při teplotě okolí 20°C, měrný tepelný odpor $R_{měrný}=1Km/W$, čemuž odpovídá přepočítávací koeficient proudového zatížení $k=0,9$. Platí tedy:

$$I_{Nzemě} = I_{Nvzduch} \times k = 359 \times 0,85 = 323,1A$$

Z normalizované řady jističů je nejbližší nižší $I_N = 315A$. Hodnota proudu 557,279A je vyšší, než maximální povolený proud pro použitý kabel. Tento případ zapojení dobíjecí stanice **nelze** použít kvůli překročení proudového zatížení vodiče. Není tedy nutné provádět posouzení připojitelnosti zdrojů s řízenými usměrňovači z hlediska harmonických.

6.1.2 Připojení s využitím vodiče, který doposud sloužil jako rezerva

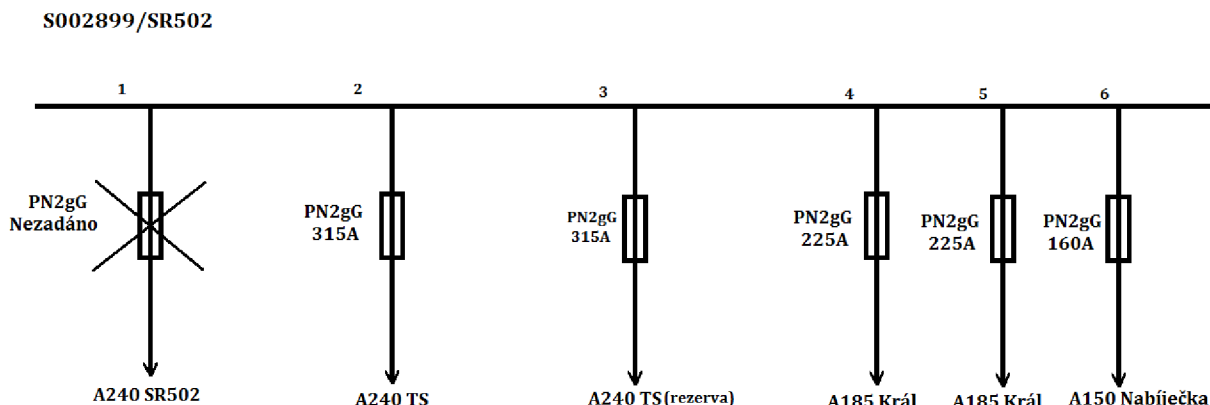
Pro tento případ je na obrázku 6-6 vidět zjednodušené schéma zapojení. Parametry jednotlivých kabelů jsou zobrazeny v samotné simulaci.



Obrázek 6-6 Schéma zapojení s využitím rezervního vodiče

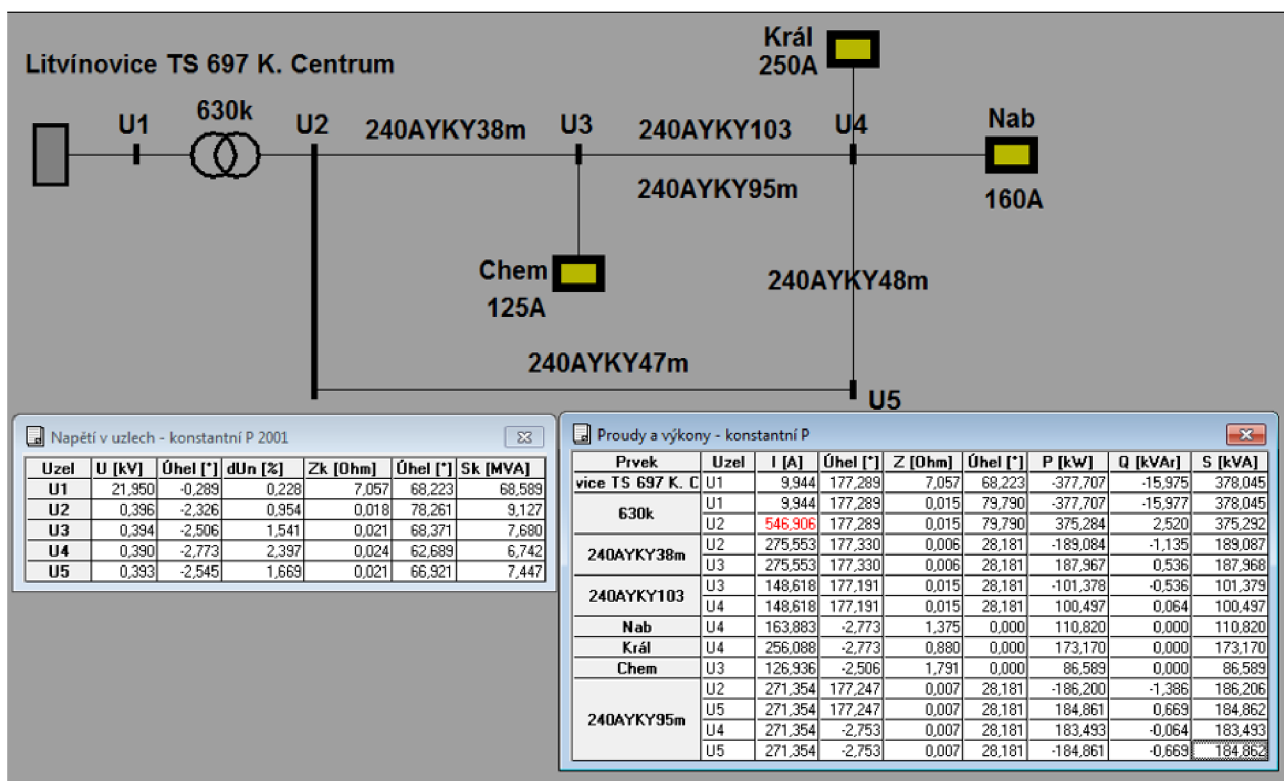
Na začátku kapitoly na obrázku 6-1 je vidět, že z transformátoru vede rezerva do rozvodné skříně SR 502/S002899. Zároveň stávající stav, kdy na vodiči 240AYKY je připojen Chemolak a Mercedes-Benz Milan Král s.r.o, s celkovým maximálním odběrem 375A. V praxi k takovému odběru nedochází, ale pokud ano, došlo by k přetěžování vodiče.

Proto je v tomto případě využitý jeden vodič rezervy, kterým bude napájena nabíjecí stanice a zároveň jím poteče část proudu odebíraného Mercedes-Benz Milan Král s.r.o, pro lepší proudové zatížení vodičů. Pro tento způsob připojení je detail rozvodné skříně SR 502/S002899 na obrázku 6-7.



Obrázek 6-7 Detail skříně SR 502/S002899 pro případ 6.1.2

Na obrázku 6-8 je simulace tohoto připojení.



Obrázek 6-8 Simulace pro případ 6.1.2

Vzhledem k opět malým úbytkům napětí, se může nabíjecí stanice umístit od rozvodné skříně SR 502/S002899 (uzel U4) do vzdálenosti dle potřeby (vzdálenost nebude větší než 80m).

Z tabulky „Proudy a výkony“ (obr.6-8) je vidět, že transformátor dodává proud 546,906A. Tento proud se rozdělí téměř na polovinu do obou vodičů. Rezervním vodičem protéká do rozvodné skříně 271,354A, což po odečtení odběru nabíjecí stanice (160A) z rozvodné skříně činí přibližně 111A. Původním kabelem do rozvodné skříně po odběru Chemolaku protéká

148,618A. Součtem těchto dvou proudů je odběr Mercedes-Benz Milan Král s.r.o, přibližně tedy 250A.

Díky využití druhého vodiče dochází k lepšímu proudovému zatížení a nedochází k přetížení ani jednoho vodiče (protéká jimi cca 275A, přičemž $I_N=315A$). Lze tedy říci, že toto zapojení lze použít z hlediska dodržení úbytku napětí a proudového zatížení.

Zbývá posouzení připojitelnosti nabíjecí stanice z hlediska harmonických. Ze simulace (obrázek 6) je vidět, že zkratový výkon v uzlu U4 (přípojném bodě nabíjecí stanice) je $S_K=6,742MVA$. Podrobnější posouzení připojení je nutné, protože poměr výkonů:

$$\frac{S_{KV}}{S_{Nab}} = \frac{6,742 \times 10^6}{93 \times 10^3} = 72,495$$

což je nižší než 150 dle rovnice (5.1). Nabíjecí stanice se řadí do skupiny 2 spotřebičů (střední a vysoká emisivita harmonických), viz kapitola 5.2.1. Podle vzorce (5.3) potom platí:

$$S_{OS} = 0,5 \times S_{Gr.1} + S_{Gr.2} = 0,5 \times 0 + 93 \times 10^3 = 93kVA$$

Poměr zatížení harmonickými je tedy: $\frac{S_{OS}}{S_{Nab}} = \frac{100 \times 10^3}{100 \times 10^3} = 1$.

Po vynesení hodnot poměrů $\frac{S_{OS}}{S_{Nab}}$ a $\frac{S_{KV}}{S_{Nab}}$ do obrázku 5-2 se najde místo nad křivkou pro úroveň nn. Při instalaci bude tedy nutné opatření proti redukci proudů harmonických (např. zabudováním sacího obvodu).

6.1.2.1 Mezní emisní hodnoty pro proudy jednotlivých harmonických

Podle 5.2.1.1 byly vypočteny mezní emisní hodnoty proudů nejdůležitějších řádů harmonických. Příklad výpočtu je pod tabulkou 6-1.

Tabulka 6-1 Mezní emisní hodnoty proudů nejdůležitějších řádů harmonických

h	3	5	7	11	13	17	19	>19
ph	6	15	10	5	4	2	1,5	1
Ih/Ia	0,051	0,128	0,085	0,043	0,034	0,017	0,013	0,009
Ih [A]	6,886	17,214	11,476	5,738	4,590	2,295	1,721	1,148

Příklad výpočtu pro 3. harmonickou (1.řádek):

Podle (5.4):

$$\frac{I_h}{I_A} \leq \frac{p_h}{1000} \times \sqrt{\frac{S_{KV}}{S_A}} = \frac{6}{1000} \times \sqrt{\frac{6742}{93}} = 0,051$$

Proud I_A odebíraný nabíjecí stanicí:

$$I_A = \frac{S_A}{U_S \times \sqrt{3}} = \frac{93 \times 10^3}{400 \times \sqrt{3}} = 134,7A$$

Pro proudy harmonických potom platí:

$$I_h = \frac{I_h}{I_A} \times I_A = 0,051 \times 134,7 = 6,886A$$

Z tabulky 1 lze říci, že nejnepříznivější rušení nastává při 5. harmonické. Pro dané harmonické řády nesmí hodnota emisního proudu překročit hodnoty v tabulce.

6.1.2.2 Mezní hodnota pro souhrn všech proudů harmonických THD_{IA}

Podle vztahu (5.5) :

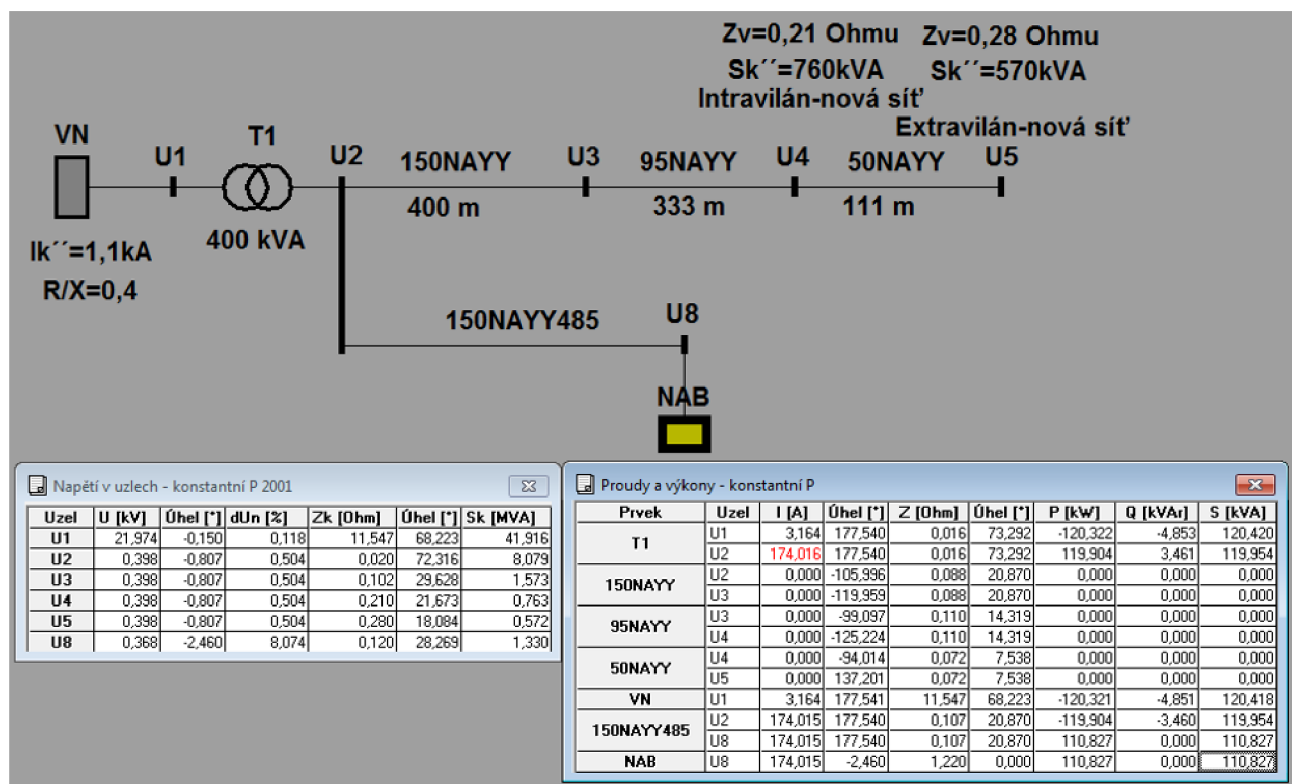
$$THD_{IA} = \frac{\sqrt{\sum I_h^2}}{I_A} \leq 2 \times \sqrt{\frac{S_{KV}}{S_A}} = 2 \times \frac{6762 \times 10^3}{93 \times 10^3} = 17,029\%$$

Koeficient celkového zkreslení proudu je tedy $THD_{IA} = 17,029\%$.

6.2 Připojení k obecné síti na samostatný vývod transformátoru

U obou konkrétních připojení je postup stejný. Dle zadání firmy E.ON je uvažována tzv. Obecná síť. Jedná se o síť, která se používá obecně při nových instalacích a má konkrétní průřez vodičů a jejich délku. Parametry a zapojení sítě je zobrazeno v samotné simulaci (obr. 6-9).

V tomto případě se do obecné sítě připojí nabíjecí stanice na samostatný vývod transformátoru. Cílem simulace je zjistit, jak daleko je možné do takové sítě připojit nabíjecí stanici, aby nedošlo k překročení zadaného úbytku napětí. Po konzultaci s vedoucím práce, byl v tomto případě zadán požadavek na maximální úbytek napětí $\Delta U_{max}=8\%$. Výsledek simulace je na obrázku 6-7.



Obrázek 6-9 Simulace pro případ 6.2

Z obrázku lze vidět, že obecná síť používá vodič 150NAYY (nové značení místo původního AYKY). Dále jsou v takové síti definované dva důležité pojmy:

- Intravilán - je to zastavěná část obce
- Extravilán - je to část okolí za obcí

Oba dva úseky mají dané vzdálenosti a minimální zkratovou odolnost reprezentující obecně používané síť. Již zmíněný vodič 150NAYY má jmenovitou hodnotu proudu $I_{Nvzduch}=280\text{A}$. Opět se uvažují stejné podmínky jako v případě 6.1, přepočítávací koeficient proudového zatížení $k=0,9$. Platí tedy:

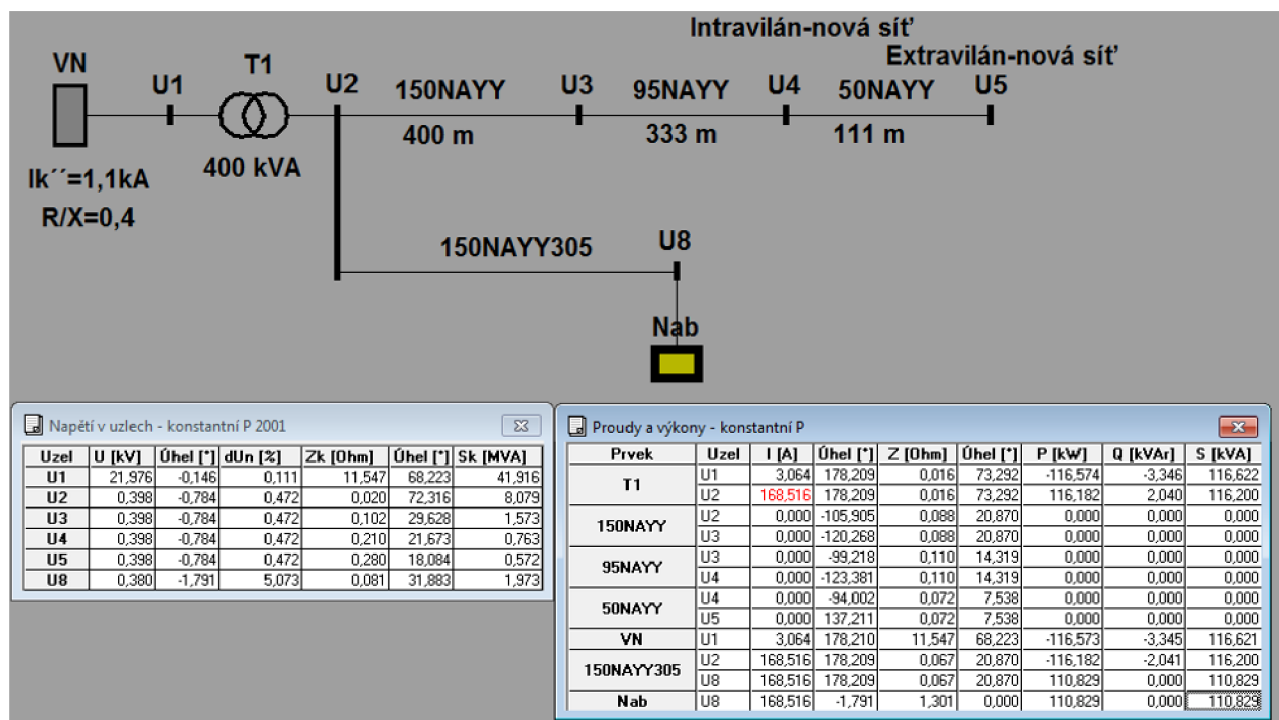
$$I_{Nzemě} = I_{Nvzduch} \times k = 280 \times 0,9 = 252\text{A}$$

Takovýto vodič bude jištěn jističem 225A. Ze simulace (obrázek 6-9) je vidět, že při vzdálenosti nabíjecí stanice **485m** od transformátoru, je úbytek napětí $\Delta u=8,074\%$, což vyhovuje zadání. K proudovému přetížení také nedochází. V tomto případě lze tedy nabíjecí stanice dle požadavků provozovat maximálně ve vzdálenosti 485m od transformátoru.

6.3 Připojení k obecné síti na společný vývod z trafostanice s ostatními uživateli

Jedná se o podobný případ jako 6.2 s tím rozdílem, že nabíjecí stanice je připojena na stejný vývod transformátoru jako ostatní uživatelé. V tomto případě byl zadán požadavek na maximální úbytek napětí na vodiči vedoucímu k nabíjecí stanici $\Delta u_{max}=5\%$. Požadavek je opět zjistit, jak

daleko lze nabíjecí stanici připojit od transformátoru, aniž by došlo k překročení zadaného úbytku napětí. Simulaci lze vidět na obrázku 6-10.



Obrázek 6-10 Simulace pro případ 6.3

Ze simulace je vidět, že při délce **305m** vodiče nabíjecí stanice je úbytek napětí $\Delta u=5,073\%$, což vyhovuje zadání. Zároveň vodič 150NAYY je jističen jističem o jmenovité hodnotě 225A. Po odečtení proudu odebraného dobíjecí stanicí (160A) zůstává na ostatní uživatele proud přibližně 65A. V tomto případě lze tedy nabíjecí stanici provozovat v obecné síti na zapojení s ostatními uživateli ve vzdálenosti maximálně 305m od transformátoru.

7 ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce je problematika nabíjecích stanic a možnosti připojení nabíjecí stanice do konkrétního místa v distribuční soustavě nebo do obecné sítě, která byla zadána společností E.ON. Práce se zabývá vhodnou konfigurací distribuční sítě v místě připojení nabíjecí stanice a vlivy nabíjecích stanic na distribuční síť.

V kapitole 3. je popsáno rozdělení dobíjecích stanic podle jejich výkonu, typu napětí (AC/DC) s čímž souvisí rychlost dobíjení. Jsou popsány výhody a nevýhody jednotlivých typů dobíjecích stanic. Dále je uvedena použitelnost v praxi pro každý typ dobíjecí stanice.

Nároky na připojení dobíjecí soustavy jsou částečně uvedeny v teoretické části práce (nároky na AC/DC dobíjení, max. příkon, hladiny napětí). Požadavky na vzdálenost dobíjecí stanice od transformátoru z hlediska dodržení požadovaného úbytku napětí jsou řešeny v provedených simulacích.

V bakalářské práci byla nejprve provedena simulace na konkrétním místě a to na adrese: Pod Stromovkou 201,370 01 Litvínovice.

První variantou bylo připojení dobíjecí stanice na stávající přívod na uvedené adrese. Po provedení simulace se prokázalo, že přívodní vodič 240AYKY by byl zatížen proudem 557,279A. Nominální proud pro takový vodič při zohlednění daného uložení je však 323,1A. Připojení dobíjecí stanice na stávající přívod tedy nelze provést.

Druhou variantu připojení na stejném místě bylo využití rezervního vodiče, který vede od transformátoru do rozvodné skříně na dané adrese. Jedná se také o vodič 240AYKY. Došlo tak k vytvoření uzavřeného obvodu (podobný okružnímu). Simulace prokázala, že po připojení tohoto vodiče došlo k rozdělení proudu z transformátoru do obou vodičů zhruba na polovinu, čímž došlo k lepšímu proudovému rozložení a ani jeden vodič není přetížen. Úbytek napětí v bodě rozvodné skříně činí $\Delta u=2,397\%$. Dobíjecí stanice bude připojena do vzdálenosti max. 80m od rozvodné skříně, lze tedy očekávat úbytek napětí do 5%. Tuto variantu lze tedy realizovat. Pro provedení tohoto připojení bylo třeba analyzovat zpětné vlivy dobíjecí stanice a to zejména vlivy rušení harmonickými proudy. Výsledné mezní emisní hodnoty pro proudy jednotlivých harmonických jsou uvedeny v tabulce 6-1. Koeficient celkového zkreslení proudu je $THD_{IA}=17.029\%$. Při realizaci tohoto zapojení se musí navrhnout opatření pro omezení rušení harmonických proudů tak, aby nepřekračovaly výsledné mezní emisní hodnoty.

Další simulace byly provedeny pro tzv. obecnou síť. Za takovou síť se považuje vedení, které společnost E.ON používá při běžných výpočtech a realizacích. Podrobněji je popsána přímo v simulaci (6.2).

Třetí simulace spočívá v připojení dobíjecí stanice na samostatný vývod transformátoru v obecné síti. Zadavatelem práce byl stanoven požadavek na maximální velikost úbytku napětí $\Delta u_{max}=8\%$. Při respektování zadaného úbytku napětí bylo úkolem zjistit, jak daleko lze rychlodobíjecí stanici připojit od transformátoru. Po provedení simulace při vzdálenosti dobíjecí stanice 485m od transformátoru byl úbytek napětí $\Delta u=8,074\%$. Jelikož v obecné síti se používá vodič 150NAYY, který je jištěn na 225A a je v tomto případě připojena pouze dobíjecí stanice (160A), tak z hlediska proudového zatížení je vše v pořádku. V obecné síti na samostatný vývod lze tedy dobíjecí stanici připojit až 485m od transformátoru (s respektováním $\Delta u_{max}=8\%$).

Poslední simulace spočívá v připojení dobíjecí stanice na společný vývod transformátoru v obecné síti. Tzn., že dobíjecí stanice se nachází ve společné větvi s ostatními uživateli. V tomto případě byl zadavatelem práce zadán požadavek na maximální úbytek napětí $\Delta u_{max}=5\%$. Opět bylo cílem, jak daleko lze dobíjecí stanici připojit od transformátoru s respektováním zadaného úbytku napětí. Po provedení simulace při vzdálenosti dobíjecí stanice 305m od transformátoru byl úbytek $\Delta u=5,073\%$. Dobíjecí stanice je jištěna jističem 160A, vodič obecné sítě je jištěn 225A. Na ostatní uživatele tedy zbývá přibližně 65A. V obecné síti na společný vývod s ostatními uživateli lze tedy dobíjecí stanici připojit až 305 m od transformátoru, přičemž na ostatní uživatele zbývá proud 60A.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ZAP-MAP. *Zap-map: charging stations* [online]. London, UK, 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <https://www.zap-map.com/charge-points/basics/>
- [2] *Plugincars: Typ 1 - J1772* [online]. 2014 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.plugincars.cz/typ1-j1772-16a>
- [3] *EV Zone: Charging at Home* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.evzone.org.uk/index.php/charging-your-ev/charging-at-home>
- [4] *Hybrid.cz: Nabíjecí stanice pro elektromobily, druhy a použití. Jak nenaletět.* [online]. ČR, 2014 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nabijeci-stanice-pro-elektromobily-druhy-pouziti-jak-nenaletet>
- [5] *Teslaclub.sk* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://teslaclub.sk/articles>
- [6] *Hybrid.cz: CHAdeMO uznán jako evropský dobíjecí standart* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/chademo-uznan-jako-evropsky-dobijeci-standard>
- [7] ALIBABA. *Alibaba.com: EC Connectors* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: http://uchen.en.alibaba.com/product/1622729297-210389371/DC_ev_charging_plug_CHAdeMO_connectors_125A_EV_DC_charging_plug.html
- [8] *Autoblog: CHAdeMO suggests drinking green tea while recharging your electric car* [online]. 2010 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2010/03/15/chademo-suggests-drinking-green-tea-while-recharging-your-electr/>
- [9] TESLA MOTORS. *Tesla Motors: Supercharger* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <https://www.teslamotors.com/supercharger>
- [10] TRANSPORT EVOLVED. *Transport evolved: Electric Car Rapid Charging: What You Need to Know* [online]. 2014 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <https://transportevolved.com/2014/11/06/electric-car-rapid-charging-need-know/>
- [11] *Voltdrive: Dobíjecí stanice DS 1* [online]. 2015 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://voltdrive.com/dobijeci-stanice-ds-1>
- [12] ABB. *ABB: EV charging infrastructure* [online]. 2015 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: <http://new.abb.com/ev-charging/single-standard/terra-53-c>
- [13] *OEnergetice.cz: Kvalita elektrické energie* [online]. 2015 [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/kvalita-elektricke-energie/>
- [14] BLAŽEK, Vladimír a Petr SKÁLA. *Distribuce elektrické energie* [online]. Brno:

VUT v Brně, FEKT, 2003, ^{^^^}sv. [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/veda-a-vyzkum/vysledky-vav/detail?vav_id=58769#vysledek-58769

- [15] KAŠPÍREK, Martin. Posouzení připojitelnosti pohonů řízených usměrňovači a měniči kmitočtu z hlediska harmonických. *Kvalita dodávky energií E.ON*. 2013.