

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Přehled nabíjecích stanic pro elektrická vozidla

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip RÁČEK**

Osobní číslo: **E13B0073P**

Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**

Název tématu: **Přehled nabíjecích stanic pro elektrická vozidla**

Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Proveďte základní přehled použití nabíjecích stanic pro elektrická vozidla.
2. Detailněji popište jednu vybranou nabíjecí stanicí.
3. Zhodnoťte vlastnosti základních variant nabíjecích stanic.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Odborné články z IEEE Xplore.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Blahník, Ph.D.

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**

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



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá problematikou nabíjení elektromobilů a popisem nabíjecích stanic využívaných k tomuto účelu. V úvodní části jsou představeny typy elektrických akumulátorů používaných v elektromobilech a popsáno jejich zapojení do pohonné baterie. Dále jsou v této práci popsány druhy nabíjecích stanic a nabíjecích konektorů. Celá druhá část je věnována detailnějšímu popisu nabíjecí stanice CHAdeMO. V poslední části je provedeno zhodnocení situace a porovnání nabíjecích stanic podle různých kritérií. Práce byla zpracována převážně pomocí informací získaných z internetových zdrojů.

Klíčová slova

Nabíjecí stanice, elektromobil, nabíjení, pohonná baterie, CHAdeMO

Abstract

The bachelor thesis deals with issue of charging electric vehicles and describes charging stations used for this purpose. In the first part are introduced types of battery cells used in electric vehicles and their formation into traction battery is described. In the first part are also described types of charging stations and charging connectors. Second part is dedicated to detailed description of CHAdeMO charging station. In the last part the situation is reviewed and comparison of different types of charging stations is made. For elaboration were used mainly information obtained from internet sources.

Key words

Charging station, electric vehicle, charging, traction battery, CHAdeMO

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou 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 bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 7.6.2017

Filip Ráček

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Vojtěchovi Blahníkovi, Ph.D. za udělené rady a odborné vedení práce.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 ÚVOD DO NABÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ	13
1.1 ELEKTRICKÉ POHONNÁ BATERIE.....	13
1.1.1 Používané typy elektrických baterií v elektromobilech	13
1.1.2 Zapojení baterie.....	15
1.1.3 Balancování baterie.....	15
1.1.4 Nabíjení baterie	16
1.1.5 Parametry baterií.....	17
1.2 DĚLENÍ NABÍJECÍCH STANIC.....	18
1.2.1 Podle druhu napětí připojeného k elektromobilu	18
1.2.2 Podle používaného zdroje elektrické energie	19
1.2.3 Podle způsobu připojení k nabíjecí stanici.....	20
1.2.4 Nabíjecí stanice pro výměnu baterií.....	22
1.3 NORMY PRO NABÍJENÍ ELEKTROMOBILŮ	22
1.3.1 SAE J1772.....	22
1.3.2 IEC 62196.....	23
1.4 NABÍJECÍ KONEKTORY	24
1.4.1 SAE J1772, Type 1 Yazaki	24
1.4.2 SAE J1772, Type 1 CCS (Combo 1).....	24
1.4.3 Type 2, Mennekes.....	25
1.4.4 Type 2 CCS (Combo 2).....	26
1.4.5 Type 3 Scame	26
1.4.6 Type 4 CHAdeMO.....	27
2 POPIS STEJNOSMĚRNÉ NABÍJECÍ STANICE CHADEMO	28
2.1 DETAILNÍ POPIS NABÍJECÍHO KONEKTORU CHADEMO	29
2.1.1 Popis pinů konektoru.....	29
2.2 ZÁKLADNÍ ELEKTRICKÉ SCHÉMA	30
2.3 VÝKONOVÝ OBVOD	31
2.3.1 Návrh výkonového obvodu.....	31
2.4 ŘÍDÍCÍ OBVOD	33
2.5 KOMUNIKACE NABÍJECÍ STANICE S VOZIDLEM	33
2.5.1 Průběh komunikace	34
2.6 BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE.....	35
2.7 UŽIVATELSKÉ ROZHRÁNÍ.....	36
2.8 SHRnutí.....	37
3 POROVNÁNÍ NABÍJECÍCH STANIC	38
3.1 DRÁTOVÉ A BEZDRÁTOVÉ	38
3.2 STEJNOSMĚRNÉ A STŘÍDAVÉ.....	38
3.3 RYCHLOST NABÍJENÍ	39
3.4 DOPAD NA ELEKTRICKOU SÍŤ.....	41

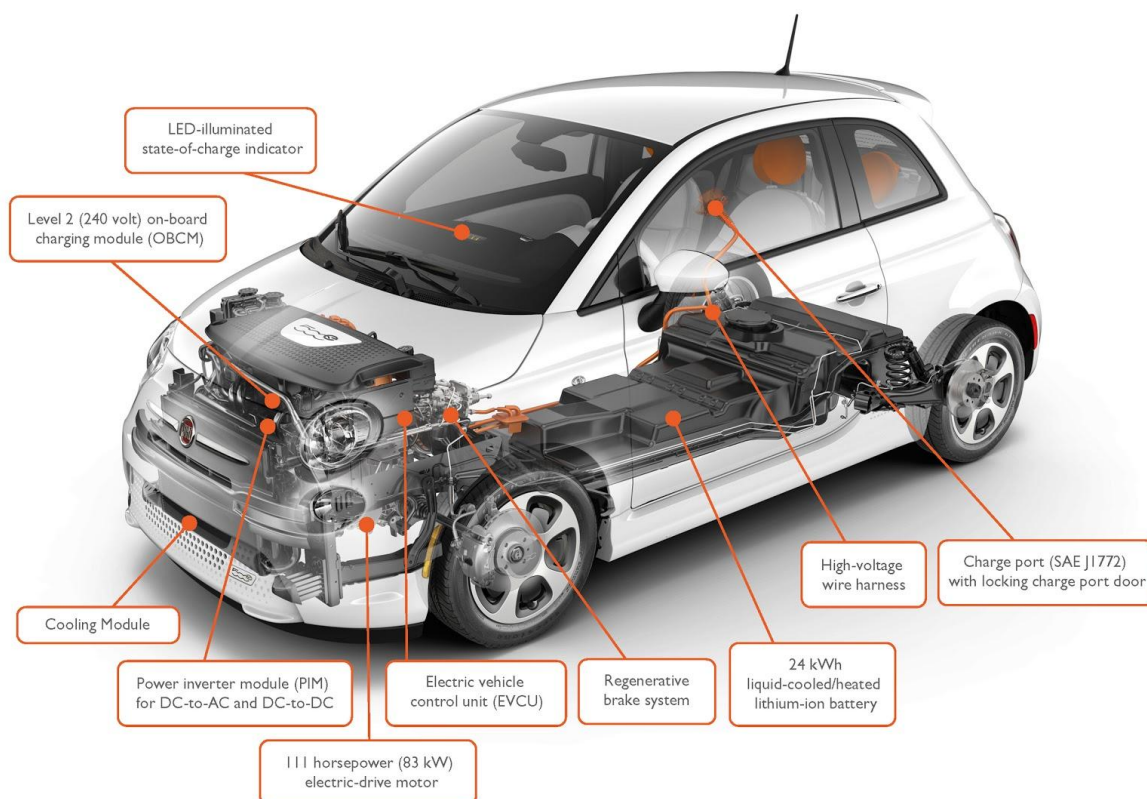
3.5	NABÍJECÍ STANICE V ČR	41
3.6	POROVNÁNÍ KONEKTORŮ	42
ZÁVĚR	43
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	44
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratk

AC	Střídavý průběh proudu (polarita se v čase mění)
DC.....	Stejnoseměrný průběh proudu (polarita se v čase nemění)
AC/DC	Usměrňovač
DC/AC	Střídač
PFC	Power Factor Corrector – zařízení pro úpravu průběhu proudu odebíraného usměrňovačem ze sítě
Pin.....	Část konektoru určená pro elektricky vodivý rozpojitelný spoj
SOC.....	State of Charge - hodnota vyjadřující procentuálně nabití baterie
BMS	Battery Management System – systém pro kontrolu jednotlivých článků baterie

Úvod

U elektromobilů dochází v posledních letech k velkému pokroku. Tento způsob pohonu je aktuálně velmi prosazován obzvláště kvůli nulovým emisím při provozu, má však i další výhody. Díky výborné momentové charakteristice elektrických motorů není potřeba používat převodovku, což přináší výhodu jednoduchosti a menších ztrát. Dále je možné zlepšit využití energie její rekuperací při brzdění. Přes tyto klady mají elektromobily velkou nevýhodu, kterou je omezený dojezd. Při každodenním cestování za prací je sice pro většinu uživatelů dojezd dostatečný, ale pro delší cesty je potřeba zvýšit akční rádius. To je možné vyřešit zvýšením kapacity pohonných baterií, což při aktuálně dostupných technologiích nadměrně zvyšuje hmotnost vozu, snižuje jeho užitný prostor a výrazně zvyšuje jeho cenu. Další možnosti, jak zlepšit akční rádius elektromobilu je zrychlením jeho nabíjení. Tato práce se bude zabývat nabíjecími stanicemi pro elektromobily. V následujících řádcích úvodu dojde k seznámením se základními prvky elektromobilu a k porovnání s konvenčním spalovacím pohonem.



Obr. 0.1 Rozmístění komponent elektromobilu Fiat 500e [1]

Na obrázku 0.1 je vidět rozmístění pohonných komponent elektromobilu Fiat 500e. Tento elektromobil je založený na spalovací verzi Fiat 500, se kterou sdílí stejnou koncepci

motoru vpředu a pohonu předních kol. Základní komponenty elektromobilu jsou elektromotor, elektrická pohonná baterie, výkonový měnič pro řízení elektromotoru a palubní nabíječka.

Použité elektromotory jsou zpravidla střídavé asynchronní nebo synchronní a krouticí moment je přenášen přes jednostupňovou převodovku na kola. Díky kompaktním rozměrům je možné použít více motorů v jednom vozidle. Například vlastní motor na každou nápravu, nebo na každé kolo.

Oproti spalovacím automobilům, kde tvoří pohonná jednotka (motor s převodovkou) jeden velký celek, je u elektromobilů možné podle potřeby jednotlivé komponenty rozmístit po celém vozidle a zlepšit tím rozložení hmotnosti. Přestože aktuálně vyráběné elektromobily jsou zpravidla těžší než jejich spalovací verze, umístěním těžké baterie nízko v podlaze lze u elektromobilů dosáhnout nižšího těžiště a také zlepšit rozložení hmotnosti.



Obr. 0.2 Synchronní motor s jednostupňovou převodovkou elektromobilu Fiat 500e [1]

Výkonový měnič k řízení elektromotoru slouží k přeměně stejnosměrného napětí z elektrické baterie na vícefázové střídavé napětí s měnitelnou amplitudou a frekvencí. Výkonové prvky v tomto měniči jsou řízeny řídicím obvodem pomocí vstupních informací jako například otáčky motoru a požadavek na zrychlení/zpomalení, u synchronního motoru je navíc potřeba znát přesnou polohu rotoru.

Dalším důležitým prvkem elektromobilu je elektrická baterie, která slouží jako zdroj energie pro jeho pohon. Jejím popisu je proto věnována první kapitola ([1.1 Elektrické](#)

[baterie](#)). V této kapitole jsou představeny druhy elektrochemických akumulátorů používaných v elektromobilech, jejich zapojení do elektrické pohonné baterie a popsán průběh nabíjení.

V další kapitole ([1.2 Dělení nabíjecích stanic](#)) je provedeno základní rozdělení nabíjecích stanic.

V následujících kapitolách jsou pak ještě popsány normy zabývající se nabíjením elektromobilů ([1.3 Normy pro nabíjení elektromobilů](#)) a představeny konektory určené pro připojení elektromobilu k nabíjecím stanicím ([1.4 Nabíjecí konektory](#)).

Celá druhá část práce je věnována detailnímu popisu nabíjecí stanice CHAdeMO, určené pro rychlonabíjení osobních elektromobilů.

V třetí části jsou porovnávány a zhodnoceny jednotlivé druhy nabíjecích stanic podle různých kritérií.

1 Úvod do nabíjení elektromobilů

1.1 Elektrické pohonná baterie

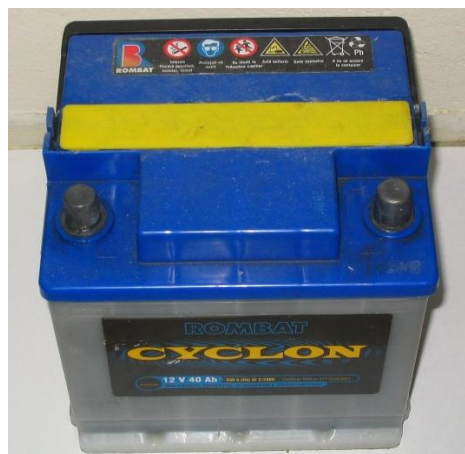
Elektrická baterie (dále už jen baterie) je jedním z nejdůležitějších prvků elektromobilu a z velké části na ní závisí parametry jako například výsledný výkon, dojezd, hmotnost, rychlost nabíjení a s tím související schopnost rekuperace elektromobilu. Vývoj elektrických vozidel tedy velmi závisí na vývoji elektrických baterií.

1.1.1 Používané typy elektrických baterií v elektromobilech

Baterie je složena z elektrochemických akumulátorů (dále už jen akumulátorů). Zde je přehled nejpoužívanějších akumulátorů a jejich základních parametrů [4] [5].

1.1.1.1 Olověný (PB) akumulátor

Tento typ akumulátoru se využíval od počátku elektromobilismu až do začátku 21. Století. Výhody jsou vysoký zkratový proud a nízká pořizovací cena. Aktuálně se však díky vysoké hmotnosti a z toho plynoucí nízké hmotnostní hustoty energie (přibližně 30-40Wh/kg) využívají minimálně. Napětí jednoho článku je 2V.



Obr. 1.1 12V olověná baterie [4]

1.1.1.2 Nikl-metal hydridový (Ni-MH) akumulátor

NiMH akumulátory mají oproti olověným skoro dvojnásobnou hmotnostní hustotu energie (přibližně 30-80Wh/kg). Napětí jednoho článku je 1,2V. Nevýhody jsou velký paměťový efekt, méně efektivní nabíjení a velké samovybití. Většímu rozšíření tohoto typu zamezilo držení patentu pro použití velkokapacitních NiMH baterií v elektromobilech.



Obr. 1.2 13,2V baterie určená pro pohon elektromobilu, složená z jedenácti NiMH článků zapojených do série [5]

1.1.1.3 Lithium-iontový (Li-ion) akumulátor

V současnosti jsou to nejpoužívanější akumulátory v elektromobilech. Tyto akumulátory se vyznačují poměrně vysokou hmotnostní hustotou energie (100-260Wh/kg) a objemovou hustotou energie (250-670Wh/l).

Dalšími výhodami jsou velký dodávaný proud, možnost velkého nabíjecího proudu, absence paměťového efektu a malé samovybití.

Nevýhoda tohoto typu akumulátoru je, že ztrácí kapacitu při narůstajícím počtu cyklů i při pouhém skladování. Snížit efekt stárnutí je možné například omezením maximálního napětí baterie, nebo zajištěním dostatečného odvodu tepla od baterií. Podle některých průzkumů však tento jev nepředstavuje takový problém a znatelný pětiprocentní pokles kapacity se vyskytuje pouze na počátku používání v prvních 50000km a poté dochází pouze k mírnému poklesu [18].

Napětí jednoho článku se pohybuje v závislosti na konkrétním druhu. Například LiFePO_4 3,2V, LiNiCoAlO_2 3,6V.

Z důvodu bezpečnosti a delší životnosti se v elektrických vozidlech nejčastěji používá varianta Lithium Metal Phosphates (LiFePO_4). Parametry článků a baterií LiFeMgPO_4 od výrobce Valence jsou přiloženy v příloze.

Tyto články jsou nejčastěji dodávány ve tvaru válečků, ve velikostech například 18650 nebo 26650, kde první dvě čísla udávají průměr článku v milimetrech a poslední tři čísla udávají délku v desetínách milimetru.



Obr. 1.3 LiFeMgPO_4 články od výrobce Valence [6]

1.1.2 Zapojení baterie

Jouleovy ztráty ($\Delta P_j = R \cdot I^2$), které se nachází v celém obvodu (v samotné baterii, vodičích, výkonovém měniči a motoru), jsou závislé na mocnině protékaného proud. Z toho důvodu je pro snížení ztrát nutné snížit proud, což je při zachování stejného výkonu ($P = U \cdot I$) možné zvýšením napětím. Pokud dvakrát zvýšíme napájecí napětí, tak při stejném výkonu klesne hodnota proudu na polovinu a hodnota Jouleových ztrát na jednu čtvrtinu. V elektromobilech se proto používá napětí řádově několika stovek voltů, čehož se dosáhne zapojením více článků do série. Pro zvýšení kapacity a dodávaného proudu je možné zapojit více článku paralelně. Osobní elektromobily využívají většinou sérioparalelní zapojení článků do jedné nerozebíratelné baterie, ve které může být zabudované i například kapalínové chlazení nebo ohřívání baterie. U větších vozidel, jako například elektrické autobusy, se většinou využívají moduly o velikosti napětí desítkách voltů a pohonná baterie vznikne sérioparalelním zapojením těchto modulů.

U typů akumulátorů, které jsou náchylné na přebíjení nebo přílišné vybití (např. lithiové akumulátory), je nutné hlídat velikost napětí na každém článku v baterii zvlášť a případně srovnávat jejich velikost napětí na stejnou hodnotu. K tomu slouží tzv. BMS. Popis způsobů srovnávání napětí všech článků na stejnou hodnotu se nachází v následující kapitole.

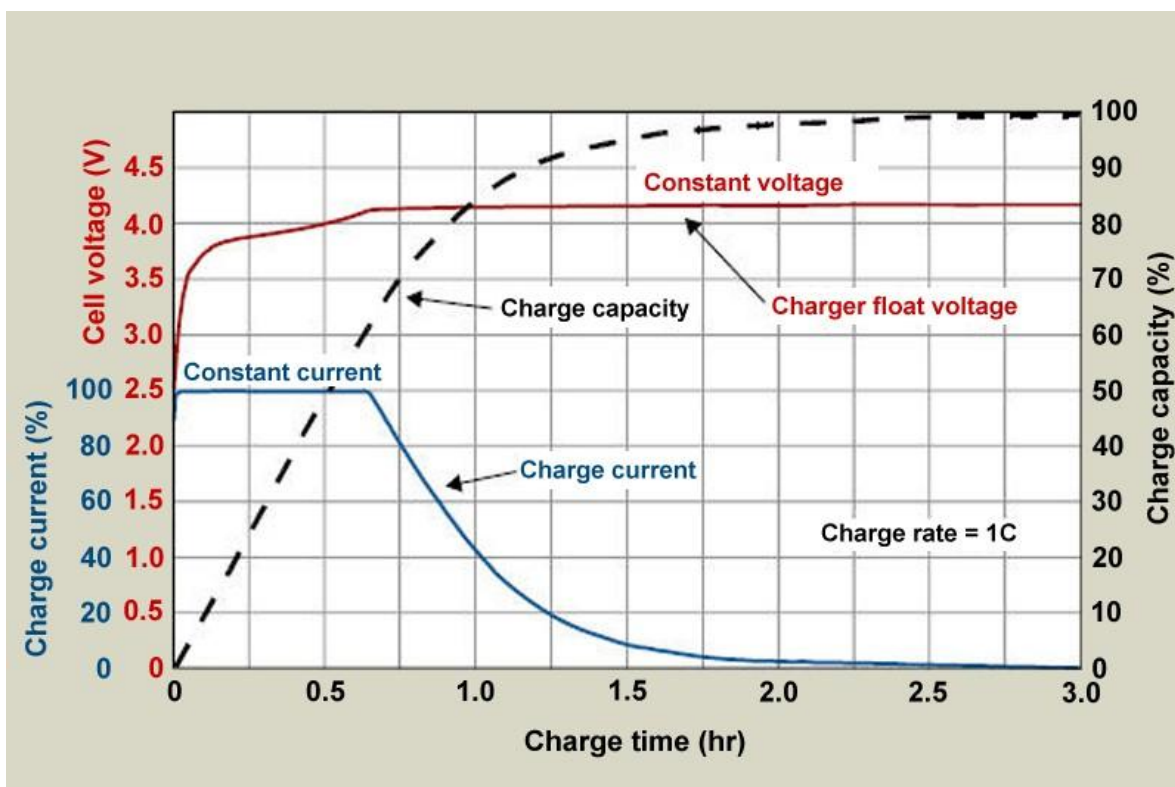
1.1.3 Balancování baterie

Pokud nejsou všechny články baterie nabitý na stejnou hodnotu napětí, není možné využít 100% kapacity baterie z důvodu, že u některých článků dojde k vybití na minimální hodnotu (a u jiných zase k nabití na maximální) dříve než u ostatních. To může být způsobeno například rozdílným zahříváním jednotlivých článků, kdy teplota článků umístěného uvnitř baterie je větší než u článků umístěných na okraji baterie. Z tohoto důvodu se využívá tzv. balancér, který srovnává napětí všech článků na stejnou hodnotu. Balancéry se dělí na pasivní a aktivní. U pasivního balancování jsou články s vyšším napětím vybíjeny do rezistorů, dokud není hodnota napětí všech článků stejná.

Aktivní balancování využívá energii z více nabitých článků pro nabíjení méně nabitých článků. To může být řešeno například nabitím kondenzátoru ze článku s vyšším napětím a jeho následné vybití do článku s nižším napětím. Různé metody balancování baterií a jejich porovnání je podrobněji popsáno v [2].

1.1.4 Nabíjení baterie

Při nabíjení dochází k přenosu elektrické energie z jiného zdroje do akumulátoru. Pro nabíjení akumulátorů je zapotřebí stejnosměrného napětí, které se získává například usměrněním síťového střídavého napětí. K nabíjení dojde, pouze pokud je nabíjecí napětí větší než aktuální napětí akumulátoru. Nabíjecí proud lze řídit velikostí nabíjecího napětí. Čím větší je rozdíl mezi nabíjecím napětím a aktuálním napětím akumulátoru, tím větší je nabíjecí proud.



Obr. 1.4 Průběh nabíjení li-ion akumulátoru [3]

Na přiloženém obrázku 1.4 je vidět typický průběh nabíjení li-ion akumulátoru. První fáze je nabíjení při konstantním proudu, který je omezený buď výkonem nabíjecího zařízení, nebo maximální hodnotou nabíjecího proudu samotného akumulátoru.

Při nárůstu napětí nad určitou hodnotu dojde z důvodu ochrany akumulátoru k přechodu na druhou fázi, kdy probíhá nabíjení při konstantním napětí. V průběhu této fáze postupně klesá nabíjecí proud až na nulovou hodnotu a v tomto okamžiku je akumulátor nabit na požadované napětí.

1.1.5 Parametry baterií

V této kapitole dojde k seznámení se základními parametry baterií a uvedení hodnoty pro akumulátor LiFeMgPO₄ 26650PC od výrobce Valence.

Kapacita je parametr udávaný v jednotkách ampérhodiny (Ah). Tento parametr nám udává, jaký proud může baterie dodávat za dobu jedné hodiny. Kapacita 26650PC = 2,5Ah.

Energie se udává v jednotkách watthodiny (Wh). Jedná se o velikost kapacity vynásobenou velikostí napětí baterie. Energie 26650PC = 8Wh.

Hmotnostní hustota energie udává množství energie vztažené k hmotnosti 1kg. Hmotnostní hustota energie 26650PC = 101Wh/kg.

Objemová hustota energie udává množství energie vztažené na objem 1L. Objemová hustota energie 26650PC = 227Wh/L.

Rychlost nabíjení/vybíjení se může udávat pomocí velikosti proudu nebo v hodnotě „C“ (z anglického Charging rate). Tato hodnota nám udává velikost nabíjecího/vybíjecího proudu vůči kapacitě akumulátoru. Například akumulátor s kapacitou 200Ah nabíjený proudem 100A se nabíjí rychlostí 0,5C.

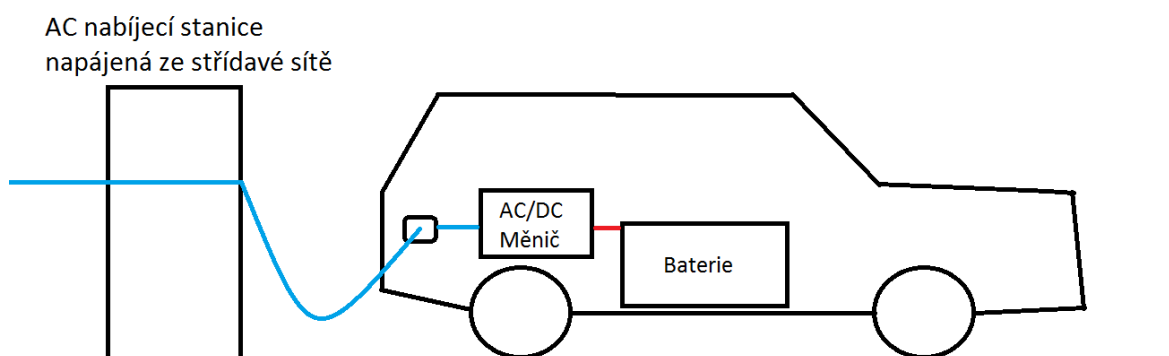
U rychlosti nabíjení a vybíjení se může udávat více hodnot (např.: chvilková, maximální dlouhodobá a doporučená dlouhodobá). Pro potřeby nabíjecích stanic nás budou zajímat dlouhodobé hodnoty nabíjení, ty jsou pro článek 26650PC: 1C (doporučená dlouhodobá) a 4C (maximální dlouhodobá). Dlouhodobě lze tedy baterii slouženou z článků 26650PC nabíjet proudem až 4x větším, než je samotná kapacita baterie.

1.2 Dělení nabíjecích stanic

1.2.1 Podle druhu napětí připojeného k elektromobilu

Střídavé (AC)

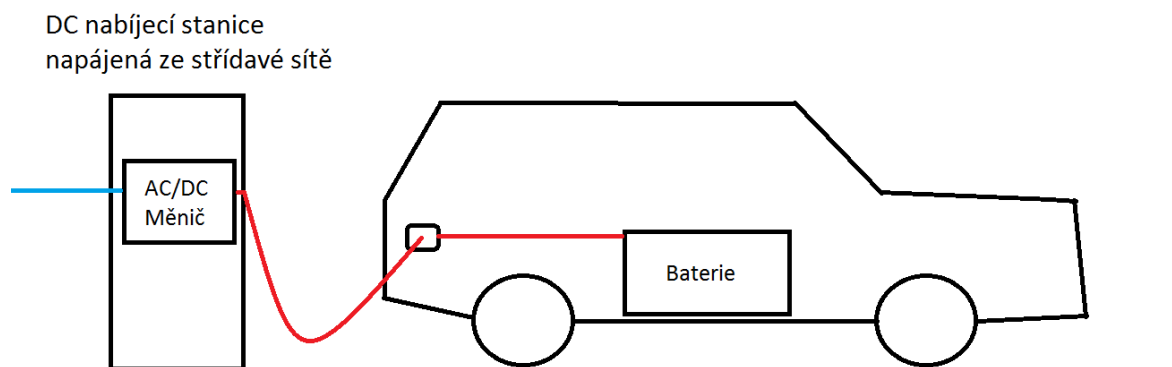
U střídavého nabíjení je elektromobil připojen k síti střídavého napětí a k úpravě na nabíjecí stejnosměrné napětí dochází v elektromobilu. Tyto nabíjecí stanice ve většině případů přivádí do elektromobilu síťové napětí a slouží pouze k monitorování nabíjení a komunikaci s vozidlem pro zvýšenou bezpečnost. Rychlost nabíjení závisí na proudovém omezení sítě a na výkonu palubní nabíječky, které jsou kvůli úspoře hmotnosti a ceny většinou dimenzovány na malý výkon. K usměrnění na nabíjecí stejnosměrné napětí v elektromobilu lze použít samotnou pohonnou jednotku [7]. V tomto případě se využívá vinutí motoru a pohonný měnič, které jsou stavěné na velké výkony a díky tomu je i rychlost nabíjení mnohem vyšší oproti palubním nabíječkám. Nevýhoda je nutnost použít složitější pohonné jednotky. Tento systém využívá například elektromobil Renault Zoe, u kterého se udává maximální výkon nabíjení až 43kW.



Obr. 1.5 Schematický náčrt AC nabíjení

Stejnoseměrné (DC)

U stejnosměrného nabíjení je elektromobil připojen rovnou ke stejnosměrnému napětí, které je usměrněno přímo v nabíjecí stanici. V tomto případě se palubní nabíječka nevyužívá. Je však nutné, aby probíhala komunikace mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem, pro zajištění správných nabíjecích parametrů. Díky většímu výkonu těchto zařízení oproti palubním nabíječkám se tomuto způsobu často říká rychlonabíjení. Nabíjecí stanicí tohoto typu, určenou pro rychlonabíjení osobních elektromobilů, se zabývá druhá část této práce ([2 Popis stejnosměrné nabíjecí stanice CHAdeMO](#)).



Obr. 1.6 Schematický náčrt DC nabíjení

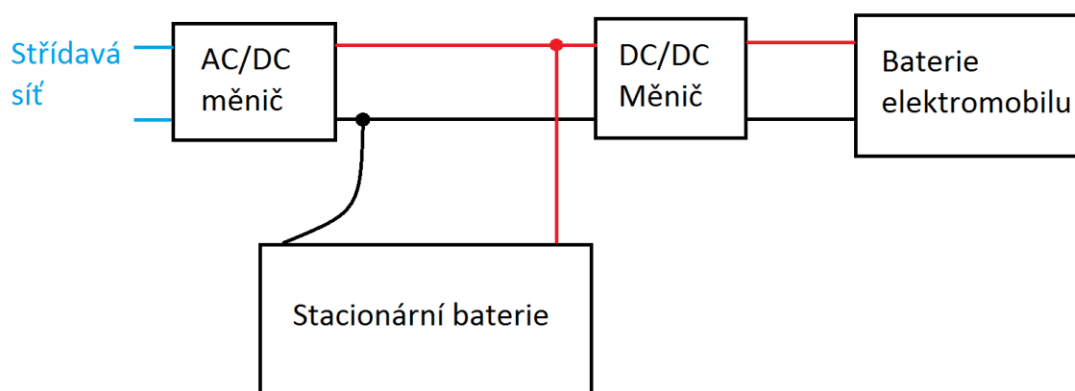
1.2.2 Podle používaného zdroje elektrické energie

Ze střídavé sítě

Nabíjecí stanice používá jako zdroj elektrické energie přímo elektrickou rozvodnou síť. Díky jednoduchosti a malým počátečním nákladům je toto nejčastější řešení. Nevýhodou je velké zatížení sítě při rychlém nabíjení.

Ze stacionárních baterií

Toto řešení využívá stacionární baterie umístěné v blízkosti nabíjecí stanice. Tyto baterie lze nabíjet při přebytku elektrické energie v síti, nebo pomocí obnovitelných zdrojů energie (například fotovoltaické nebo větrné elektrárny). Díky tomu se elektrická síť tolik nezatěžuje, ale naopak se pomáhá stabilizovat. Sekundární baterie lze navíc využít jako záložní napájení při výpadku v elektrické síti. Díky vysokým počátečním investicím spojeným s nákupem velkého množství akumulátorů je toto řešení velice nákladné a méně používané.



Obr. 1.7 Schematický náčrt nabíjecí stanice se stacionární baterií

1.2.3 Podle způsobu připojení k nabíjecí stanici

Drátové

Při tomto způsobu připojení dochází k mechanickému spojení kontaktů elektrického vozidla a nabíjecí stanice. K tomu jsou využívány klasické jednofázové nebo třífázové zásuvky nebo speciální [nabíjecí konektory](#), které jsou více popsány v kapitole 1.4.

Tento způsob připojení můžeme ještě dělit na nabíjecí stanice vyžadující připojení konektoru obsluhou a plně automatické připojení.

Obrázek 1.9 zobrazuje prototyp automatického připojení drátového konektoru do zásuvky vozidla.

U větších vozidel jako elektrické autobusy mohou být použity pantografy, nebo speciální konstrukce navržené pro nabíjení na konečných zastávkách. Na obrázku 1.8 je vidět nabíjení elektrického autobusu pomocí ramene, které se automaticky spojí s kontakty na střeše autobusu.



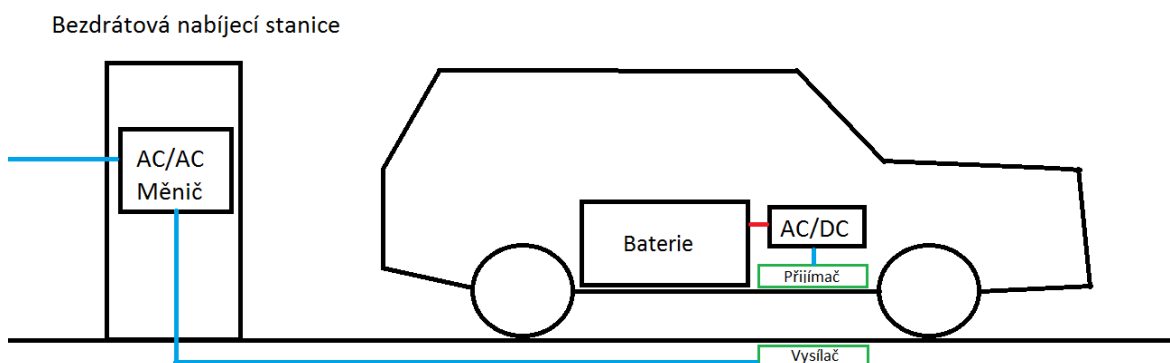
Obr. 1.8 Rychlonabíjení elektrického autobusu Škoda Perun HP [9]



Obr. 1.9 Prototyp automatického připojení drátového konektoru od firmy Tesla [16]

Bezdrátové (indukční)

Tento způsob využívá přenosu elektrické energie vzduchem pomocí elektromagnetické indukce. Není proto potřeba vozidlo mechanicky propojovat s nabíjecí stanicí, ale stačí zaparkovat na místo osazené tímto typem nabíjení. Díky rychlému počátku nabíjení bez nutnosti lidské obsluhy se tento způsob hodí například pro nabíjení městských autobusů na zastávkách nebo na veřejných parkovacích místech. Jednou z velkých nevýhod tohoto řešení je vyzařování rušení do okolí. Bližší popis konstrukce a vlastností je dostupný v [13] a [14]. Na podobném principu byl založený i nabíjecí systém Magne-Charge J1773 používaný koncernem GM. Tento systém využíval pro přenos elektrické energie elektromagnetickou indukci z důvodu bezpečnosti (konektor neobsahoval odkryté elektrické kontakty), bylo však stále nutné ho ručně připojit do vozidla.



Obr. 1.10 Schematický náčrt bezdrátového nabíjení elektromobilu

1.2.4 Nabíjecí stanice pro výměnu baterií

Tyto stanice vyjmou celou baterii z vozu a vymění jí za nabitou. Získanou vybitou baterii pak znovu nabijí a instalují do dalšího vozu, případně uschovají pro majitele baterie. Výměna trvá podobnou nebo i kratší dobu jako natankování pohonných hmot do auta se spalovacím motorem. Výměnné stanice jsou však velmi nákladné na výstavbu. Zkušenosti z provozu těchto stanic navíc ukazují, že nejsou moc využívány a uživatelé si raději počkají na nabití vlastní baterie.

1.3 Normy pro nabíjení elektromobilů

1.3.1 SAE J1772

Tento standard vzniknul v Severní Americe pro síť 120V/60Hz a zabývá se drátovým připojením elektromobilu k nabíjecí stanici a komunikací mezi nimi. Od roku 2012 je navíc tento standard doplněn možností komunikace přes výkonové piny pomocí HomePlug protokolu. Díky tomu může probíhat komunikace mezi elektromobilem, nabíjecí stanicí a napájecí sítí [20].

Tato norma definuje 4 módy nabíjení:

1) AC level 1

Využívá jednofázové střídavé napětí o velikosti 120V a maximální proud 12A.

2) AC level 2

Využívá jednofázové střídavé napětí o velikosti 240V a maximální proud 32A (od roku 2009 je maximální proud zvýšen na 80A).

3) DC level 1

Využívá stejnosměrné napětí o velikosti 200-450V a maximální proud 80A.

4) DC level 2

Využívá stejnosměrné napětí o velikosti 200-450V a maximální proud 200A.

1.3.2 IEC 62196

Tato norma definuje 4 typy konektorů a jejich kombinované verze, které jsou popsány v následující kapitole. Navíc dělí nabíjení na 4 módy [21]:

1) Mode 1

Tento mód využívá přímé připojení elektromobilu k jednofázové nebo třífázové střídavé síti při maximálním proudu 16A. U tohoto módu není vyžadována komunikace s vozidlem, ale pouze uzemnění vozidla k síti.

2) Mode 2

Využívá také jednofázové nebo třífázové střídavé sítě, ale oproti Mode 1 je maximální proud zvýšen na 32A. U tohoto způsobu je vyžadován kontrolní modul, který je zabudován v konektoru nabíjecího kabelu ve vzdálenosti maximálně 0,3 metrů od síťové zásuvky.

3) Mode 3

Stejně jako mode 2 využívá připojení k jednofázové nebo třífázové střídavé síti, ale pomocí speciálních nabíjecích konektorů. K tomuto módu je zapotřebí nabíjecí stanice, která komunikuje s vozidlem. Napětí ze sítě je do nabíjecího konektoru přivedeno pouze v případě, že je komunikace s vozidlem úspěšná a nejsou zjištěny žádné závady.

4) Mode 4

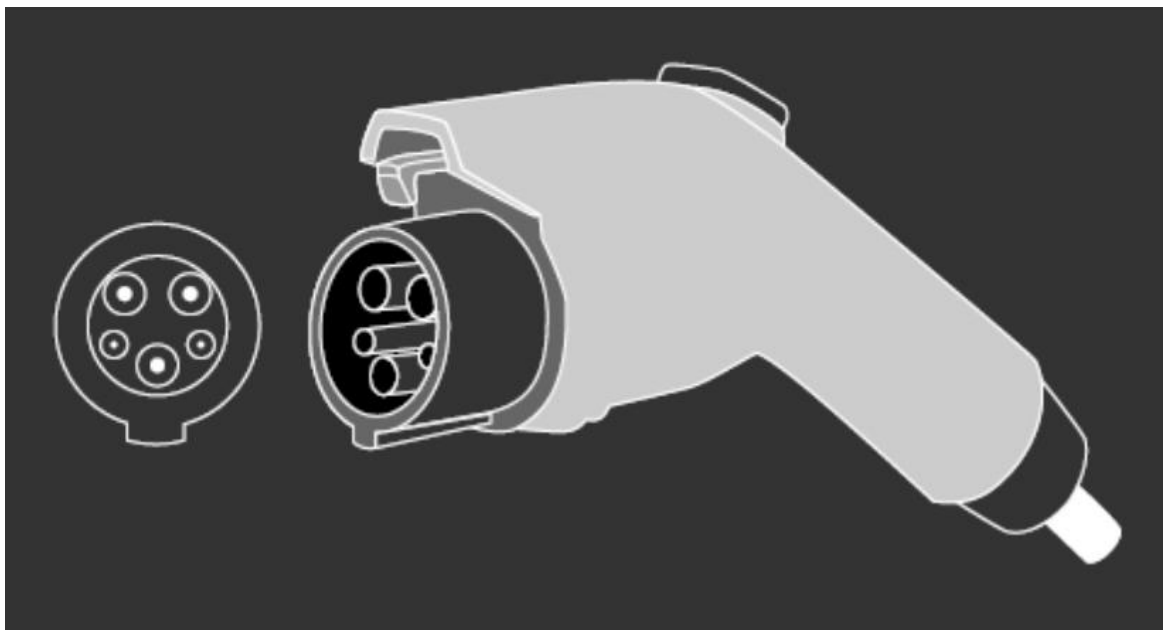
Tento mód zahrnuje připojení elektromobilu ke stejnosměrnému napětí o maximální hodnotě 600V a maximálním proudu 400A. V tomto případě se tedy nevyužívá palubní nabíječka, ale nabíjecí stanice umístěná mimo vozidlo, která usměrňuje střídavé napětí ze sítě na stejnosměrné. Jedná se tedy o takzvané nepřímé připojení k síti.

1.4 Nabíjecí konektory

Slouží k opakovanému připojení elektromobilu ke zdroji nabíjecího napětí. Kromě klasických konektorů určených pro připojení k jednofázovým nebo třífázovým střídavým sítím se pro nabíjení elektromobilů využívají následující konektory.

1.4.1 SAE J1772, Type 1 Yazaki

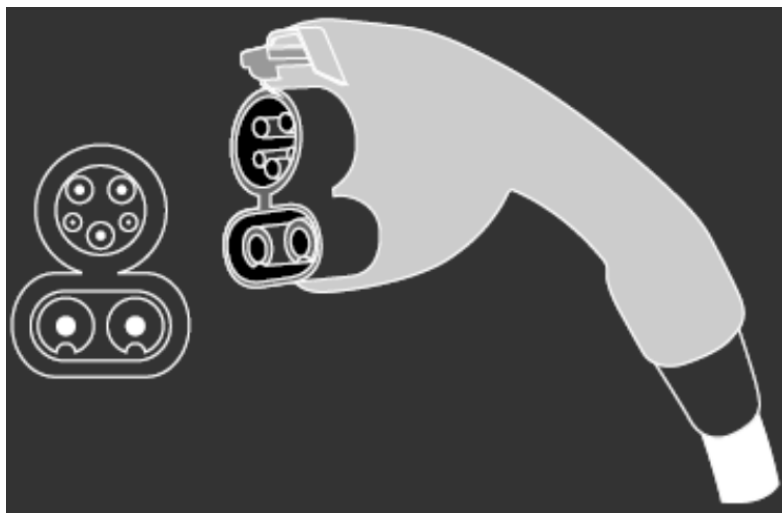
Tento konektor je určen pro připojení elektromobilu k jednofázovému střídavému napětí o velikosti 120-240V a maximálním proudu 80A. Obsahuje dva piny pro přenos střídavého napětí, jeden zemnicí pin, dále pin pro kontrolu správného zapojení konektoru a komunikační pin, který zajišťuje jednoduchou komunikaci mezi vozidlem a nabíjecí stanicí. V případě že je konektor zapojen, je z důvodu bezpečnosti blokován pohyb elektromobilu. Tento konektor se rozšířil převážně v Americe a Japonsku.



Obr. 1.11 Konektor SAE J1772, Type 1 [10]

1.4.2 SAE J1772, Type 1 CCS (Combo 1)

Jedná se o rozšíření Type 1 konektoru o dva piny určené pro přenos stejnosměrného napětí. Konektor je schopen přenášet stejnosměrné napětí o maximální velikosti 600V a proudu 200A.

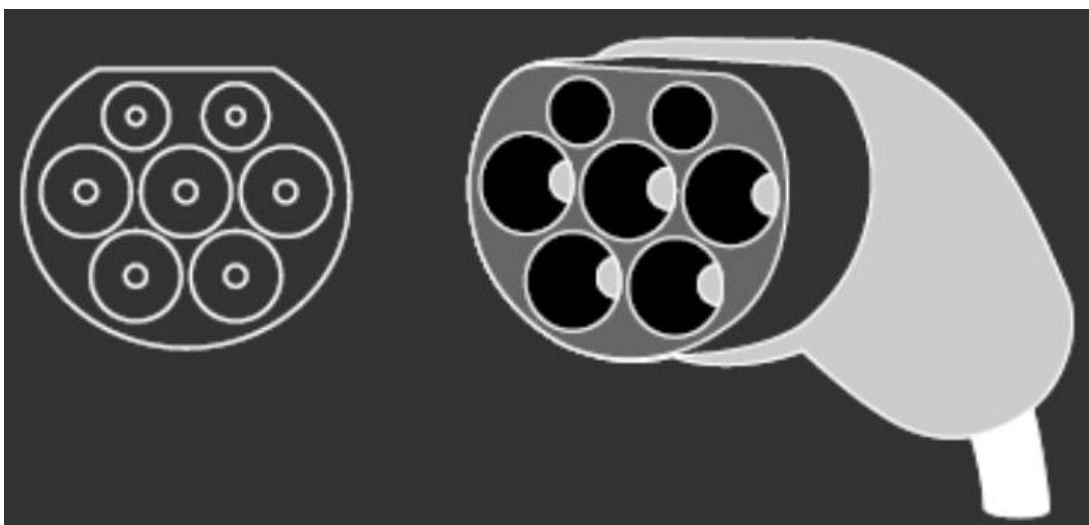


Obr. 1.12 Konektor Combo 1 [10]

1.4.3 Type 2, Mennekes

Tento konektor vzniknul převážně pro evropské země kvůli velké dostupnosti třífázových sítí, které Type 1 konektor nepodporuje. Zvládá jednofázové nebo třífázové nabíjení střídavým napětím o velikosti až 400V a maximálním proudem 63A. Konektor obsahuje tři fázové piny, jeden nulový, jeden ochranný a dále kontrolní a komunikační pin. Komunikace je převzatá z Type 1 konektoru.

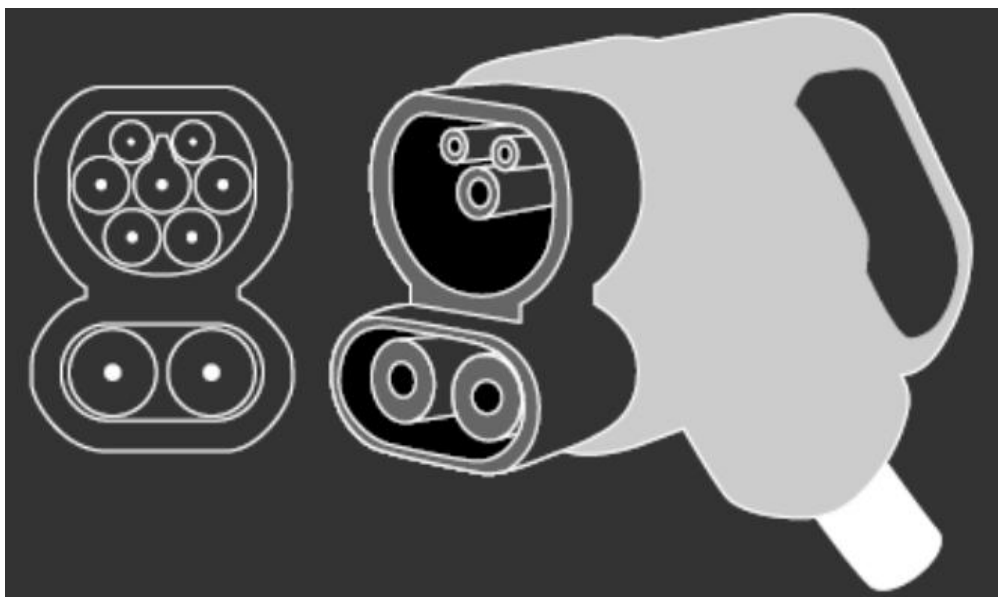
Tímto konektorem je možné nabíjet i pomocí stejnosměrného napětí o velikosti až 500V a proudem až 140A. Tuto funkci však využívají jenom elektromobily značky Tesla určené pro Evropský trh. Ty však využívají lehce modifikovanou verzi tohoto konektoru, která je schopná přenášet ještě větší výkon. Ostatní automobilky pro stejnosměrné nabíjení preferují kombinované konektory.



Obr. 1.13 Konektor Type 2, Mennekes [10]

1.4.4 Type 2 CCS (Combo 2)

Jedná se o rozšíření Type 2 konektoru o dva piny určené pro přenos stejnosměrného napětí o maximální velikosti 850V a proudu 200A.



Obr. 1.14 Konektor Combo 2 [10]

1.4.5 Type 3 Scame

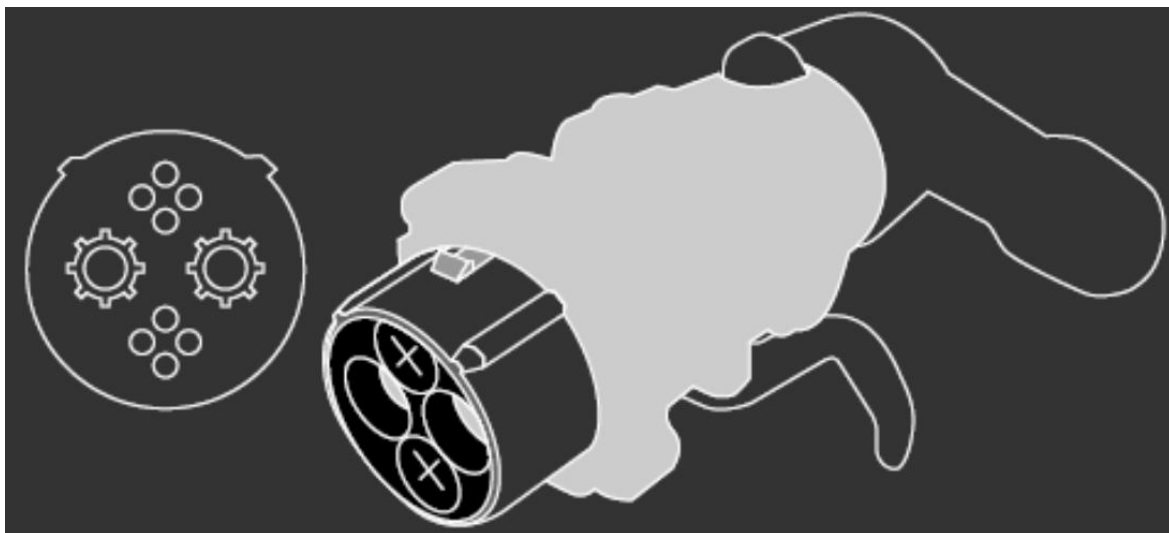
Tento konektor je funkčně stejný jako Type 2, má však jiné rozmístění pinů. Pro zvýšenou bezpečnost má navíc dvířka, která blokují přístup k výkonovým pinům, dokud není konektor částečně zasunut. Tento způsob ochrany vyžadují některé evropské země. V roce 2015 byl však plně nahrazen Type 2 konektorem doplněným o stejný typ ochrany.



Obr. 1.15 Konektor Scame [15]

1.4.6 Type 4 CHAdeMO

Konektor je určený pro přenos stejnosměrného napětí o maximální velikosti 500V a proudu 125A. Nevýhoda oproti kombinovaným konektorům je nutnost osazení druhého konektoru v případě potřeby připojení vozidla ke střídavé síti.



Obr. 1.16 Konektor CHAdeMO [10]

2 Popis stejnosměrné nabíjecí stanice CHAdeMO

Ačkoli v posledních letech dochází k velkému rozšíření kombinovaných konektorů, nabíjecí stanice využívající CHAdeMO standard funguje po celém světě (převážně v Japonsku, Severní Americe a Evropě) už řadu let. Struktura těchto stanic je navíc velmi dobře zdokumentována, proto jsem se rozhodl pro popis této nabíjecí stanice. Struktura ostatních stejnosměrných nabíjecích stanic by byla ovšem velmi podobná a lišila by se ve většině případů pouze použitým konektorem a způsobem komunikace.

Jedná se o takzvanou stejnosměrnou rychlonabíjecí stanici, která obsahuje mnoho bezpečnostních prvků. Je proto určena hlavně pro nabíjení osobních elektromobilů, kde je při případné nevhodné manipulaci se stanicí nutné zaručit maximální ochranu jak obsluhy, tak samotné stanice. Díky tomu je však tento druh nabíjecí stanice při určitém výkonu relativně složitý a drahý na výrobu. Při návrhu nabíjecích stanic určených pro hromadnou dopravu je díky většímu proškolení obsluhy a využívání automatických způsobů připojení vozidla k nabíjecí stanici možné některé bezpečnostní prvky vynechat a tím značně snížit náklady na její výrobu [8].

Nabíjecí stanice CHAdeMO by měla být navržena tak, aby splňovala následující požadavky:

Pracovní prostředí:	- teplota od -25°C do 40°C (pro vnitřní použití od -5°C do 40°C) - vlhkost vzduchu od 5% do 95% - atmosférický tlak od 860hPa do 1060hPa
Stupeň krytí:	- IP33 nebo vyšší
Napájecí napětí:	- jmenovité napětí sítě $\pm 15\%$, frekvence 50Hz nebo 60Hz $\pm 5\%$
Výstupní napětí:	- stejnosměrné s rozsahem od 50V do 500V
Výstupní proud:	- od 0A do 125A
Úroveň hluku:	- 65dB a méně



Obr. 2.1 Nabíjecí stanice od firmy ABB podporující nabíjení standardem CHAdeMO [19]

2.1 Detailní popis nabíjecího konektoru CHAdeMO



Obr. 2.2 Rozmístění pinů CHAdeMO konektoru [12]

2.1.1 Popis pinů konektoru

Na obrázku 2.2 jsou očíslované jednotlivé piny nabíjecího konektoru, které můžeme rozdělit do následujících tří kategorií:

a) Výkonové

Jedná se o piny označené červeným číslováním. Slouží k přenosu stejnosměrného nabíjecího proudu, musí být proto dimenzovány na napětí 500V a proud 125A. Jejich průměr je 9mm.

5 – nabíjecí napětí záporné polarity (-)

6 – nabíjecí napětí kladné polarity (+)

b) Pro analogovou komunikaci

Tyto piny jsou na obrázku označené tmavě modrým číslováním a slouží k navázání komunikace a zajištění bezpečnostních funkcí při nabíjení. Průměr těchto pinů je 1,5mm.

1 – slouží k uzemnění řídicích obvodů a pro detekování zemního spojení

2,4,10 – analogová komunikace

7 – pro kontrolu zapojení konektoru

3 – nevyužitý pin

c) Pro digitální komunikaci

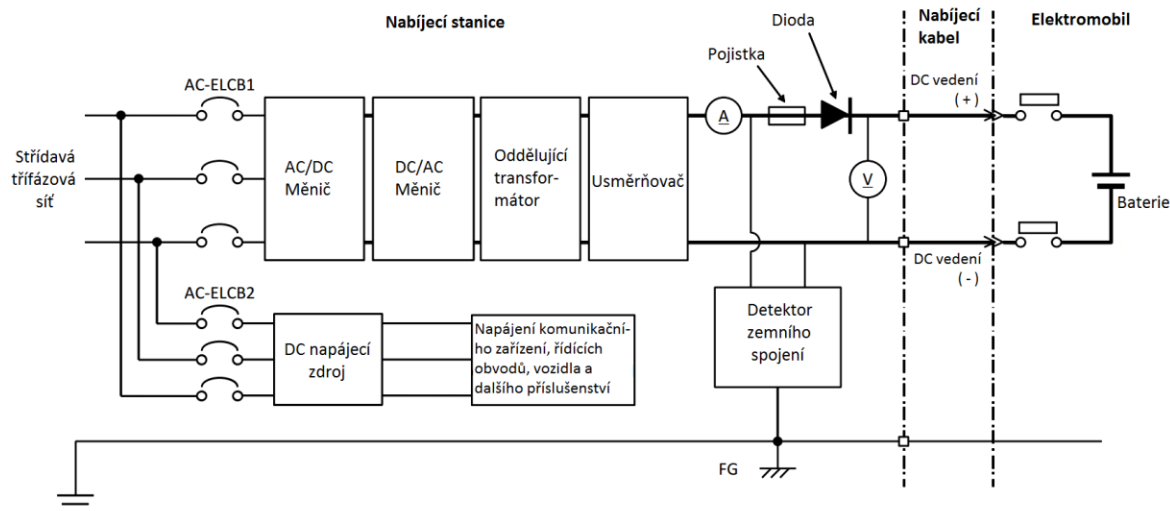
Tyto piny slouží pro sériovou komunikaci pomocí protokolu CAN. Jejich průměr je 1,5mm.

8 – CAN +

9 – CAN -

Bližší popis funkcí se nachází v kapitole [Komunikace nabíjecí stanice s vozidlem](#).

2.2 Základní elektrické schéma



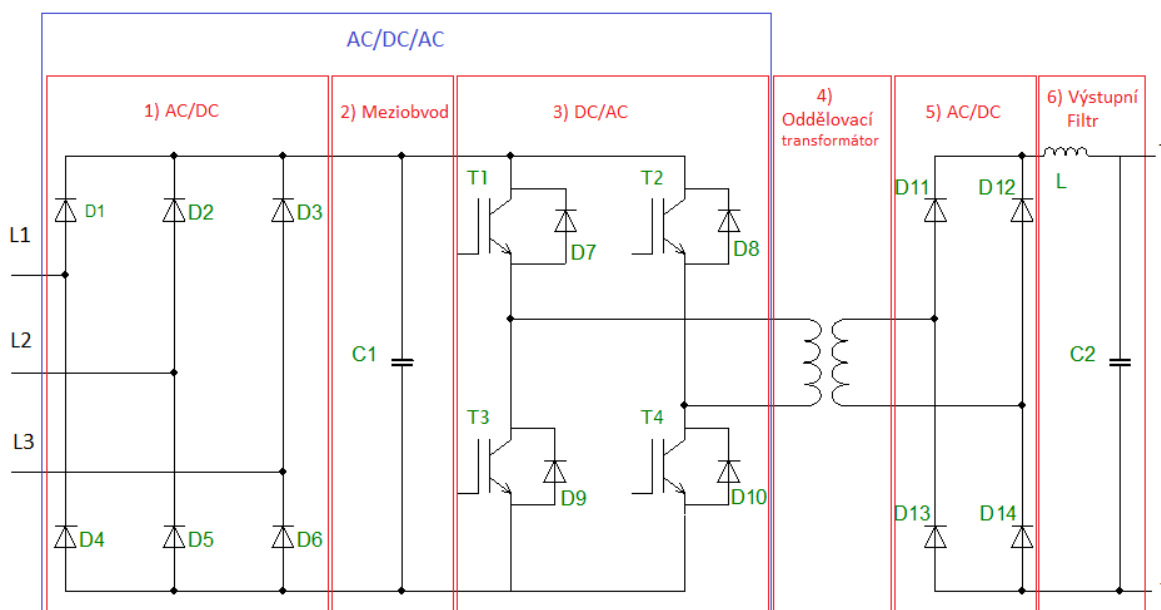
Obr. 2.3 Blokové schéma stejnosměrné nabíjecí stanice [11]

Na obrázku 2.3 je vyobrazené blokové schéma stejnosměrné nabíjecí stanice CHAdeMO napájené z třífázové střídavé sítě. Obvody se dělí na výkonové a řídicí. Výkonový obvod slouží k samotnému přenosu výkonu ze sítě do pohonné baterie elektromobilu. Řídicí obvod slouží ke komunikaci s vozidlem a ovládnutí výkonového obvodu. Každý z obvodů je chráněn vlastními jističi. V případě výpadku výkonového obvodu je tedy komunikace s vozidlem a obsluhou zachována. Jističe výkonového obvodu se aktivují buď sami při překročení určitého proudu, nebo mohou být aktivovány řídicím obvodem při zjištění poruchy. Pro zvýšení bezpečnosti by měla být mezi nabíjecím vedením a uzemněnou napájecí soustavou zesílená případně dvojitá izolace. Výkonový obvod může být tvořen několika menšími moduly, jejichž výstupy se spojí paralelně. Díky tomu je možné dodávat stanice o různém výkonu, aniž by bylo potřeba navrhovat různé výkonné obvody. U stanic podporujících nabíjení více elektromobilů najednou je navíc možné přidělovat moduly jednotlivým elektromobilům podle aktuální potřeby nabíjecího proudu. Tím je zajištěno efektivnější využití nabíjecí stanice.

2.3 Výkonový obvod

Tento obvod zajišťuje usměrnění vstupního střídavého napětí na stejnosměrné napětí o požadované velikosti. Z důvodu zvýšení bezpečnosti je vstupní a výstupní napětí galvanicky odděleno, což zajišťuje oddělovací transformátor. Proto je nutné napájecí napětí nejprve usměrnit pomocí AC/DC měniče a poté pomocí DC/AC střídače převést na jednofázové střídavé napětí o požadované velikosti. To je dále možné připojit na oddělovací transformátor a následně usměrnit na stejnosměrné napětí pomocí jednoduchého usměrňovače. V tomto bodě tedy máme regulovatelné stejnosměrné napětí galvanicky oddělené od napájecí sítě. Dále v zapojení následuje ampérmetr a voltmetr pro kontrolu velikosti nabíjecího proudu a napětí. Pojistka slouží pro ochranu proti zkratu. Dioda zapojená v propustném směru slouží k zamezení toku proudu z baterie do nabíjecí stanice. Detektor zemního spojení slouží k odhalení případného spojení některého z vodičů se zemí.

2.3.1 Návrh výkonového obvodu



Obr. 2.4 Schéma zapojení výkonového obvodu

Na obrázku 2.4 je schéma navrženého výkonového obvodu nabíjecí stanice. V následujících odstavcích dojde k popisu jednotlivých částí obvodu.

1) **AC/DC** usměrňovač slouží k usměrnění třífázového síťového napětí. Pro jednoduchost a nízké náklady byl zvolen neřízený můstkový diodový usměrňovač. Velkou nevýhodou tohoto usměrňovače, obzvláště se zapojeným kondenzátorem na výstupu, je nepříznivý proud odebíraný ze sítě, který deformuje harmonický průběh síťového napětí. Potlačení tohoto jevu by bylo možné umístěním induktoru do série, zapojením PFC na výstupu usměrňovače nebo případně použitím složitějšího typu usměrňovače (například aktivní usměrňovač).

2) **Meziobvod** je tvořený paralelně připojeným kondenzátorem. Má za úkol vyhladit zvlněný průběh napětí získaný z usměrňovače, aby měl následně zapojený střídač k dispozici stejnosměrné napětí o konstantní velikosti.

3) **DC/AC** střídač byl zvolen můstkový plně řízený a jako spínací prvky jsou použity výkonové IGBT tranzistory vybavené zpětnými diodami. Na výstupu střídače je harmonické napětí, řízené spínáním IGBT tranzistorů pomocí pulzně-šířkové modulace. Řízením amplitudy tohoto napětí lze regulovat velikost stejnosměrného napětí na výstupu výkonového obvodu a tím pádem i velikost nabíjecího proudu.

4) **Oddělovací transformátor** slouží ke galvanickému oddělení výstupu od napájecí sítě. Díky použitému střídači můžeme použít vysoko frekvenční oddělovací transformátor.

5) **AC/DC** usměrňovač slouží ke konečnému usměrnění galvanicky odděleného napětí na nabíjecí stejnosměrné napětí. V tomto případě stačí použít jednoduchý diodový můstkový usměrňovač.

6) **Výstupní filtr** se skládá ze sériově připojeného induktoru a paralelně připojeného kondenzátoru a slouží k vyhlazení průběhu nabíjecího napětí a proudu. Pro baterii je nejlepší snížit zvlnění nabíjecího napětí a proudu na minimum.

2.4 Řídící obvod

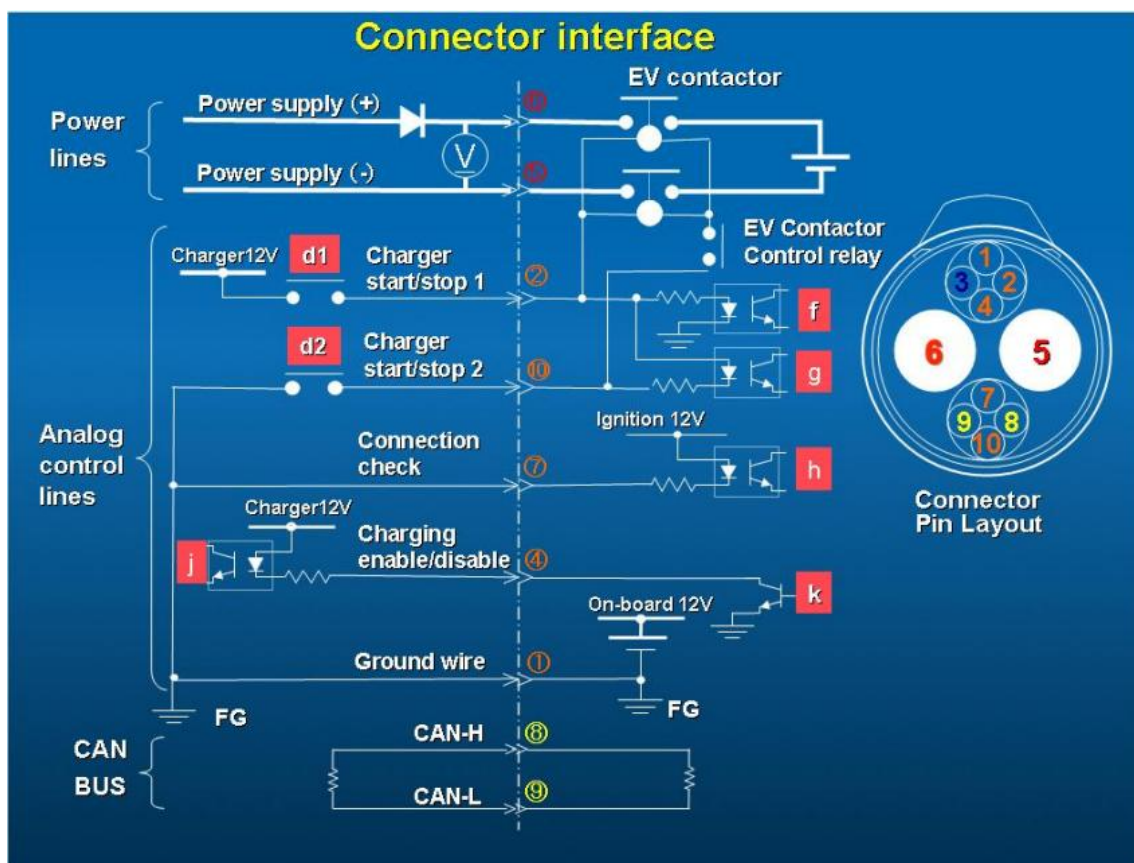
Tento obvod slouží k celkovému řízení nabíjecí stanice. Zajišťuje:

- komunikaci mezi nabíjecí stanicí, vozidlem a obsluhou
- měření teploty měniče, výstupního napětí a proudu
- řízení výkonového obvodu na základě parametrů získaných z komunikace a měření
- bezpečnostní funkce

Pro komunikaci je používáno stejnosměrné napětí o velikosti 12V.

2.5 Komunikace nabíjecí stanice s vozidlem

CHAdEMO protokol využívá pro zvýšenou bezpečnost dva způsoby komunikace, které se navzájem doplňují. První je analogový, který slouží k základnímu navázání komunikace. Druhý je digitální, který zajišťuje pomocí CAN 2.0B protokolu pokročilou komunikaci s vozidlem.



Obr. 2.5 Schéma rozhraní mezi nabíjecí stanicí a elektromobilem a očíslování pinů CHAdEMO konektoru [12]

2.5.1 Průběh komunikace

Na obrázku 2.5 je vidět rozhraní mezi vozidlem a nabíjecí stanicí rozdělené na tři části (výkonové, pro analogovou komunikaci a pro digitální komunikaci). Z důvodu zachování galvanického oddělení elektromobilu a nabíjecí stanice jsou pro komunikaci použity optočleny. V následujících řádcích bude popsán průběh komunikace.

Po zapojení nabíjecího konektoru do elektromobilu a stisknutí tlačítka pro začátek nabíjení nejdříve sepne relé „d1“, které přivede řídicí napětí (12V DC) do řídicího obvodu elektromobilu. Ten připojené napětí detekuje pomocí optočlenu „f“ a začne sdělovat digitální cestou informace o baterii (maximální napětí, požadované konečné napětí, kapacitu baterie a maximální proud). Nabíjecí stanice přijme data a zkontroluje kompatibilitu s vozidlem. V případě, že nabíjení dané baterie podporuje, sdělí elektromobilu digitální cestou své parametry (maximální výstupní napětí a maximální výstupní proud). Pokud jsou i tyto parametry kompatibilní, dá elektromobil svolení k počátku nabíjení sepnutím tranzistoru „k“. To nabíjecí stanice detekuje pomocí optočlenu „j“, mechanicky uzamkne konektor a začne s krátkým testováním. To spočívá v krátkodobém připojení napětí na výstup konektoru, při kterém se detekuje, jestli nedošlo ke zkratu nebo zemnímu spojení. V případě pozitivního výsledku testu nabíjecí stanice sepne relé „d2“, čímž dá elektromobilu vědět, že je připravená k nabíjení a elektromobil nyní může sepnout kontakty spojující baterii s nabíjecí zásuvkou. V této chvíli může začít samotné nabíjení. Elektromobil řídí nabíjecí proud odesláním požadavku na jeho velikost přes digitální rozhraní. Průběh nabíjení lithium-iontové baterie je popsán v kapitole [Nabíjení baterií](#).

Ukončení nabíjení probíhá následovně. Elektromobil odešle digitálním rozhráním požadavek na nulový proud, nabíjecí stanice tento požadavek splní a odešle potvrzení o nulovém proudu. V tomto okamžiku může elektromobil rozpojit kontakty mezi zásuvkou a baterií a deaktivovat tranzistor „k“. Nabíjecí stanice rozepne relé „d1“ a „d2“ a nabíjecí konektor CHAdeMO může být vysunut ze zásuvky elektromobilu.

2.6 Bezpečnostní funkce

Z důvodu přítomnosti vysokého nabíjecího napětí (až 500V DC) je nutné, aby nabíjecí stanice obsahovala prvky zajišťující bezpečnost obsluhy. V následujících řádcích dojde k popisu těchto prvků.

Jak už bylo uvedeno v popisu výkonového obvodu, nabíjecí stejnosměrné napětí je galvanicky oddělené od napájecí střídavé sítě. To znamená, že záporný pól nabíjecího napětí není uzemněný a k úrazu by došlo pouze při dotyku obou pólů nabíjecího napětí zároveň, což velmi zvyšuje bezpečnost.

V případě, že by byla poškozena izolace a došlo by k uzemnění některého z pólů, nabíjecí stanice by to odhalila pomocí detektoru zemního spojení a vyřadila výkonový obvod z činnosti.

Další bezpečnostní funkci zajišťuje fakt, že stykač spojující pohonnou baterii se zásuvkou elektromobilu je napájen ze samotného nabíjecího konektoru. Díky tomu se při odpojeném nabíjecím konektoru nemůže nikdy stát, že by byla zásuvka elektromobilu pod napětím baterie.

Další bezpečnostní funkce spočívá ve využití analogové i digitální komunikace zároveň, díky tomu při náhlém odpojení konektoru z vozidla dojde k rychlému přerušení přísunu nabíjecího napětí do konektoru. Oproti tomu v systémech využívající pouze digitální komunikaci dochází k určité prodlevě.

2.7 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní slouží pro interakci uživatele s nabíjecí stanicí. Ve většině případů ho tvoří čtečka čipů či platebních karet, stop tlačítko a dotykový displej nebo případně klasický displej doplněný tlačítky. Pokud nabíjecí stanice obsahuje více konektorů, je nutné na displeji zvolit, který konektor bude používán k nabíjení. V případě potřeby je možné změnit jazyk uživatelského prostředí.

Někteří zprostředkovatelé vyžadují platbu buď kreditní kartou, nebo pomocí speciálních čipových karet. K provedení platby je pak vyžadováno připojení k internetu, které lze využít i ke kontrole funkčnosti nabíjecí stanice na dálku. Provozovatel navíc může na internet umístit informaci o aktuálním využití nabíjecí stanice.

V průběhu nabíjení displej zobrazuje informace například o předpokládaném času nabíjení, velikosti nabíjecího proudu a dodaném výkonu. Nabíjení lze ukončit předčasně přiložením karty použité k platbě, nebo po nabití baterie elektromobilu na 100% bez nutnosti identifikace kartou. Díky tomu může po nabití prvního vozidla využívat nabíjecí stanici další uživatel, aniž by bylo vyžadováno ukončení nabíjení prvním uživatelem.



Obr. 2.6 Rozhraní multistandardní nabíjecí stanice ABB [17]



Obr. 2.7 Displej nabíjecí stanice v průběhu nabíjení [17]

2.8 Shrnutí

V této kapitole byla popsána stejnosměrná nabíjecí stanice CHAdeMO, určená pro rychlé nabíjení osobních elektromobilů. Tento standard využívají převážně automobily značek Nissan, Mitsubishi, Subaru, Kia, Peugeot a Citroën. Při použití redukce je možné tímto konektorem nabíjet i elektromobily značky Tesla. K velkému rozšíření tohoto standardu došlo hlavně v Japonsku, díky tamní velké oblibě v elektromobilech a zároveň elektrické rozvodné síti o velmi malém napětí, kvůli které bylo nutné vymyslet řešení pro rychlejší nabíjení.

Aktuálně je podle CHAdeMO asociace ve světě 15496 nabíjecích stanic podporujících tento standard, z toho 7133 je v Japonsku, 4145 v Evropě a 2146 v USA.

V příloze na straně 5 a 6 je produktový leták s parametry nabíjecí stanice ABB Terra 53, která podporuje nabíjení různými standardy včetně CHAdeMO.

3 Porovnání nabíjecích stanic

V této části dojde k porovnání různých typů nabíjecích stanic. Dále bude zhodnocena aktuální situace v České republice a zhodnoceno, jakým směrem by se mohla vyvíjet.

3.1 Drátové a bezdrátové

Pro vodivý přenos energie hraje jednoduchost a efektivita. Proto se aktuálně využívá převážně drátového spojení nabíjecí stanice a elektromobilu. Nevýhoda vodivého kontaktu je jeho opotřebenost a pro člověka nebezpečí dotyku vysokého napětí. Velkým plusem bezdrátové nabíjecí stanice je možnost začátku nabíjení bez zásahu člověka. To by mělo v budoucnu velkou výhodu pro autonomní vozidlo, které by mohlo v případě potřeby samo přijet na volnou nabíjecí stanici a začít nabíjení. Díky tomu by nebyla potřeba tolika nabíjecích stanic a mohlo by se zlepšit jejich využití.

Další výhodou bezdrátového nabíjení je možnost zabudování vysílače v podstatě kdekoli od parkovacích míst, přes stání na křižovatkách, až po dálnice, kde by bylo možné nabíjet i za pohybu. Nevýhodou bezdrátového nabíjení jsou však větší ztráty a vyzařování rušení do okolí. Pro rozšíření bezdrátového nabíjení u elektromobilů by bylo potřeba vytvoření standardu, který by splňoval všechny národní normy a byl schopný nabíjet dostatečně s velkým výkonem a efektivitou.

3.2 Stejnoseměrné a střídavé

Při srovnávání těchto dvou typů nabíjení velmi záleží na výkonu daného zařízení. Proto se dá u většiny případů tvrdit, že je stejnosměrné nabíjení rychlejší než střídavé. To ale platí pouze v případě, že je dostupná stejnosměrná nabíjecí stanice podporující daný standard. V opačném případě je nutné se spolehnout na nouzovou palubní nabíječku, která je většinou dimenzována na velmi malý výkon. Oproti tomu elektromobily podporující pouze střídavé nabíjení mají většinou palubní nabíječku stavěnou na mnohem větší výkon a je tedy možné dané vozidlo nabíjet rychleji na více místech, než u vozidla podporující stejnosměrné nabíjení. To přináší výhodu obzvláště v Evropě, kde je dostupná třífázová síť o poměrně vysokém napětí.

3.3 Rychlost nabíjení

	Typ zdroje	Nabíjecí výkon (kWh)	Čas potřebný k nabití 20kWh energie (min)	Získaný dojezd (km) za hodinu nabíjení
1.	AC 1x230V, 10A	2,3	522	13
2.	AC 1x230V, 13A	3,0	401	17
3.	AC 3x230V, 10A	6,9	174	38
4.	AC 3x230V, 16A	11	109	61
5.	AC 3x230V, 32A	22,1	54	123
6.	AC 3x230V, 63A	43,5	28	242
7.	DC 20kW	20	60	111
8.	DC 50kW	50	24	278
9.	DC 100kW	100	12	556
10.	DC 120kW	120	10	667

Tabulka 3.1 Porovnání rychlosti nabíjení osobního elektromobilu pro různé nabíjecí zdroje dostupné v Evropě

V tabulce 3.1 je vidět porovnání maximální rychlosti nabíjení různých zdrojů elektrické energie. Tyto výpočty jsou pouze orientační a platí v případě, že dané vozidlo podporuje nabíjení daným výkonem. Dále je v reálném provozu nutné počítat s jevem popsáním v kapitole [Nabíjení baterií](#), kdy k využití plného nabíjecího výkonu dochází pouze v první fázi nabíjení. Tento jev by ovlivnil zejména výpočet času nabíjení vysokým výkonem při nabíjení na plnou kapacitu, protože nabití posledních 20% kapacity baterie může trvat delší dobu než prvních 80%. Proto se většinou uvádí čas nabíjení na určité procento kapacity pomocí hodnoty SOC. Při nabíjení velkým výkonem je dále nutno počítat se zahříváním baterií a výkonových prvků nabíječky, což může vést k dalšímu omezení nabíjecího proudu a také přeměny části nabíjecího výkonu na tepelné ztráty.

První sloupec tabulky představuje typ zdroje, který je využíván k nabíjení. Ve druhém sloupci je uveden výkon tohoto zdroje. Třetí sloupec představuje teoretický čas potřebný k nabití 20kWh energie do baterie za předpokladu, že je nabíjena po celý čas plným výkonem. Ztráty jsou v tomto výpočtu zanedbány. Čtvrtý sloupec představuje získaný dojezd v kilometrech za hodinu nabíjení. Předpoklady pro výpočet jsou stejné jako pro hodnoty v předchozím sloupci. Při výpočtu je počítáno se spotřebou osobního elektromobilu 18kWh/100km. Spotřeba však velmi závisí na stylu jízdy, hmotnosti vozidla, místě provozu a okolní teplotě. V případě malého elektromobilu provozovaného

ve městě by se dalo přiblížit spotřebě 10kWh/100km. U těžšího elektromobilu provozovaného ve vyšších rychlostech by zase mohla spotřeba překročit 20kWh/100km.

Zdroj číslo 1. a 2. jsou klasické jednofázové domovní zásuvky, kde proud vyjadřuje velikost jističe. To samé platí pro zdroje číslo 3., 4. a 5., které jsou však třífázové a dostupný výkon je trojnásobný oproti jednofázovým zásuvkám se stejným jističem. Zdroje číslo 4., 5. a 6. mohou být ve formě nabíjecí stanice. Buď ve tvaru Wallboxu (malá nabíjecí stanice připevňovaná ke zdi), které většinou dodávají výrobci ke svým elektromobilům, nebo ve tvaru stojanové nabíjecí stanice. Zdroje 7., 8., 9. a 10. jsou stejnosměrné nabíjecí stanice s daným nabíjecím výkonem. Nejvýkonnější zdroj představuje nabíjecí stanici Tesla Supercharger s výkonem 120kW.

	Typ nabíjecího zdroje	Nabíjecí výkon (kWh)	Získaný dojezd za hodinu nabíjení (km)	Získaný dojezd za 5 minut nabíjení (km)
1.	AC třífázový 16A	11	7	0,6
2.	AC třífázový 32A	22,1	15	1,2
3.	AC třífázový 63A	43,5	29	2,4
4.	DC 50kW	50	33	2,8
5.	DC 100kW	100	67	5,6
6.	DC 200kW	200	133	11,1
7.	DC 600kW	600	400	33,3

Tabulka 3.2 Porovnání rychlosti nabíjení elektrických autobusů pro různé nabíjecí zdroje dostupné v Evropě

V tabulce 3.2 je porovnání získaného dojezdu elektrického autobusu pro různé zdroje nabíjení. Při výpočtu jsou použity stejné předpoklady jako u předchozí tabulky. Pro výpočet dojezdu je použita spotřeba 150kWh/100km. Tato hodnota je však velice přibližná a velmi závisí například na trase, velikosti a obsazenosti autobusu a aktuální teplotě.

Elektrické autobusy jsou často navrhované pro nabíjení na konečných zastávkách. V posledním sloupci je tedy pro lepší představu doplněná hodnota dojezdu získaného nabíjení po dobu pěti minut. Nejvýkonnější zdroj představuje rychlonabíjecí stanici pro nabíjení elektrického autobusu Škoda Perun HP na konečné zastávce výkonem až 600kW.

3.4 Dopad na elektrickou síť

Zatížení elektrické sítě závisí na výkonu nabíjecí stanice a použitém usměrňovači nebo PFC. Největší zatížení sítě se dá předpokládat u nabíjecích stanic s vysokým výkonem napájených přímo ze střídavé sítě. Ty budou na začátku nabíjení odebírat ze sítě vysoký výkon, který bude v průběhu velmi klesat, což vede k destabilizaci sítě. Oproti tomu při nabíjení malým výkonem bude odebíraný výkon na začátku menší a v průběhu se nebude tolik lišit, takže síť nebude tolik zatěžována.

Možnost jak snížit zatížení sítě je využitím stacionárních baterií nabíjených z obnovitelných zdrojů energie, nebo případně ze sítě při přebytku energie. Tyto baterie pak lze využít k napájení domácnosti, nabíjení elektromobilu a případně při nedostatku energie v síti k vracení energie zpátky do sítě. Tím by bylo možné vytvořit síť takzvaných mikro-elektřáren, které by mohli pokrývat nedostatky v elektrické síti i při nabíjení velkého množství elektromobilů. Vzhledem ke každoročnímu poklesu cen lithiových baterií a prodlužování jejich výdrže by toto řešení mohlo být v blízké budoucnosti dostupné.

3.5 Nabíjecí stanice v ČR

Pro zvýšení obliby elektromobilů v České Republice by bylo nutné zaručit dostatečně hustou síť nabíjecích stanic. Ačkoli velké části populace by pro pokrytí denního nájezdu stačil dojezd získaný nočním nabíjením z domovní sítě, nemožnost cestovat na delší vzdálenosti společně s vyšší počáteční investicí do elektromobilu ve většině případů tvoří velkou překážku.

Aktuální situace ohledně nabíjení osobních elektromobilů v České republice je však velmi špatná a při srovnáním s dalšími vyspělými státy Evropy je rozdíl propastný. Aktuálně je v České republice 131 nabíjecích stanic podporující střídavé nabíjení konektorem Type 2, dále 43 nabíjecích stanic podporující stejnosměrné nabíjení konektorem CHAdeMO a 28 nabíjecích stanic podporujících stejnosměrné nabíjení kombinovaným konektorem Type 2 Combo [22].

Překážku při výstavbě nabíjecích stanic tvoří také fakt, že neexistuje jednotný standard, který by uznávali všichni výrobci elektromobilů. Kvůli tomu je při výstavbě nutné buď některý standard vynechat, nebo vynaložit větší náklady na podporu všech standardů a osadit nabíjecí stanici více konektory.

Například pro stejnosměrné rychlonabíjení většina Evropských a Amerických výrobců uznává standard Combo, který však dorazil o řadu let později než CHAdeMO. Díky tomu počet nabíjecích stanic a elektromobilů využívající CHAdeMO standard narostl a nyní už by bylo velmi těžké tento standard přestat podporovat. Další standard představuje například výrobce Tesla, který výstavbu nabíjecích stanic zajišťuje sám a navíc prozatím nevybírá poplatky za jejich používání, avšak podporují pouze nabíjení vozů této značky. V případě jednotného standardu by byla výstavba nabíjecích stanic mnohem jednodušší a možnosti nabíjení, při vynaložení podobných prostředků lepší.

3.6 Porovnání konektorů

Jak už bylo výše řečeno, výhoda CHAdeMO konektoru je v jeho velkém rozšíření po celém světě. Nevýhodou jsou však relativně velké rozměry a hmotnost a díky tomu také složitější obsluha.

Oproti tomu konektor Type 2 Combo je relativně malý a na obsluhu jednodušší. Navíc je možné pomocí jedné zásuvky nabíjet střídavě i stejnosměrně, což zjednodušuje situaci a není potřeba vůz vybavit několika typy zásuvek. Další výhodou je možnost začlenění elektromobilu do chytré sítě, díky přímé komunikaci přes výkonové piny konektoru.

Ačkoli jsou v Evropě uznávány oba standardy, v budoucnu se pro stejnosměrné nabíjení počítá spíše s konektorem Type 2 Combo.

V případě střídavého nabíjení je pro Evropu a Českou republiku jednotně používán konektor Type 2, z důvodu schopnosti přenášet tři fáze střídavého napětí.

Závěr

V první části práce bylo provedeno seznámení s problematikou nabíjení elektromobilů. Dále byly představeny různé druhy nabíjecích stanic a konektory určené pro nabíjení elektrických vozidel.

V druhé části práce byla detailněji popsána stejnosměrná rychlonabíjecí stanice CHAdeMO.

V třetí části byly porovnány výhody a nevýhody různých druhů nabíjecích stanic. Dále byla zhodnocena situace v České republice.

Z tabulky 3.1 je patrné, že i střídavé nabíjení osobních elektromobilů dokáže být rychlé a díky velmi dostupné třífázové síti má toto řešení v České republice velký potenciál. Bylo by však nutné, aby více výrobců dodávalo osobní elektromobily s výkonnými palubními nabíječkami.

Bohužel většina výrobců elektromobilů se zaměřuje spíše na zahraniční trhy (např. USA a Japonsko), kde je většinou dostupná pouze jednofázová síť o malém napětí a díky tomu se při nabíjení spoléhá spíše na stejnosměrné nabíjecí stanice a střídavé nabíjení je bráno pouze jako nouzové.

Pokud by bylo dostupných více elektromobilů s výkonnou palubní nabíječkou, střídavé nabíjecí stanice by začali dávat čím dál větší smysl a bylo by možné vytvořit spolehlivou síť nabíjecích stanic za relativně nízké náklady.

Nákladné stejnosměrné nabíjecí stanice by pak stačilo rozmístit na dálnice a hlavní tahy, kde je potřeba co nejrychlejší způsob nabíjení.

V případě elektrických autobusů je díky potřebě relativně vysokého nabíjecího výkonu nutné využít stejnosměrné nabíjecí stanice. Velikost jejich výkonu pak záleží na trase, dostupné napájecí soustavě a typu provozu. Pokud je elektrický autobus nabíjen pouze přes noc, není potřeba tak výkonné nabíjecí stanice a lze využít standardu pro nabíjení osobních elektromobilů.

V případě rychlonabíjení na konečné zastávce je potřeba vysokého výkonu nabíjecí stanice, pro získání dostatečného dojezdu během krátké přestávky. Je však možné snížit kapacitu pohonné baterie, což přináší úspory jak v hmotnosti, tak v pořizovacích nákladech.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Fiat 500e Full Vehicle Specifications. In: *Fiat 500 USA* [online]. USA, 2013 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.fiat500usa.com/2013/04/fiat-500e-full-vehicle-specifications.html>
- [2] *Passive and Active Battery Balancing comparison based on MATLAB Simulation* [online]. Belgium, 2014 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20140122_144859_35513_M._D_aowd_N._Omar_P._Van_Den_Bossche_J._Van_Mierlo_Passive_and_Active_Battery_Balancing_comparison_based_on_MATLAB_Simulation.pdf
- [3] Charging Lithium-ion Battery. *Battery University* [online]. Canada: Cadex, 2017 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries
- [4] Electric vehicle battery. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery
- [5] *ZEVA: Tech Info: Batteries* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://zeva.com.au/Tech/Batteries/>
- [6] *Valence* [online]. Texas [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.valence.com>
- [7] N. Bodo *et al.*, "An integrated on-board battery charger with a nine-phase PM machine," *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Florence, 2016, pp. 1767-1772.
- [8] M. Jara and V. Blahnik, "Cost-effective medium-power charging station for public transport vehicles," *2016 International Conference on Applied Electronics (AE)*, Pilsen, 2016, pp. 103-106.
- [9] *Škoda: ELEKTROBUS S RYCHLODOBÍJENÍM* [online]. Plzeň [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/reference/elektrobus-s-rychlodobijenim/>
- [10] Plug-In Around the EV World. *Electric Vehicle Institute* [online]. Baltimore [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: http://www.ev-institute.com/images/media/Plug_World_map_v4.pdf
- [11] *IEEE Standard Technical Specifications of a DC Quick Charger for Use with Electric Vehicles,* in *IEEE Std 2030.1.1-2015*, vol., no., pp.1-97, Feb. 5 2016
- [12] CHAdeMO. *Chademo Association - EV Fast Charging Organisation* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.chademo.com/>

- [13] V. Kindl, T. Kavalir, R. Pechanek, B. Skala and J. Sobra, "Key construction aspects of resonant wireless low power transfer system," *2014 ELEKTRO*, Rajecké Teplice, 2014, pp. 303-306.
- [14] T. Kitamoto, H. Omori, A. Murakami, T. Morizane, N. Kimura and M. Nakaoka, "A novel type of high power-factor miniaturized wireless ev charger with optimized power receiving circuit and single-ended inverter," *2016 IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC)*, Varna, 2016, pp. 248-253.
- [15] *SCAME Argentina* [online]. 2012 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.scameargentina.com.ar/en/infopoint/news/20120416.asp>
- [16] Tesla reveals prototype of snakelike automatic charger. *Charged EVs* [online]. 2015 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://chargedevs.com/newswire/tesla-reveals-a-prototype-of-snakelike-automatic-charger/>
- [17] Charging guide - charging station with touch display. *SMATRICES* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://smatrices.com/en/charging-guide/charging-station-with-touch-display>
- [18] Tesla battery data shows path to over 500,000 miles on a single pack. *Electrek* [online]. 2016 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://electrek.co/2016/11/01/tesla-battery-degradation/>
- [19] Terra 53 CJ: Cost effective multi-standard DC fast charger. *ABB* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://new.abb.com/ev-charging/multi-standard/terra-53-cj>
- [20] SAE J1772. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
- [21] IEC 62196. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196
- [22] *EV MAPA* [online]. Troubsko, 2017 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://www.evmapa.cz/>

Přílohy



26650 Energy Cell

Lithium Iron Magnesium Phosphate



(actual size)

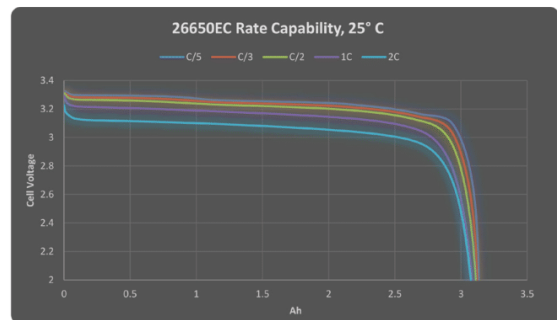
IFR26650EC Specifications

Nominal Ratings @ 25°C	
Voltage	3.2 V
Capacity @ C/5	3.15 Ah
Energy	10.1 Wh
Specific Energy	119 Wh/kg
Energy Density	292 Wh/L
Impedance (1kHz, ACIR/DCIR)	16 mΩ / 25 mΩ
Cycle Life to 80% Rated Capacity	>3000
Discharging	
Recommended Discharge Current	1.6 A
Max Continuous Current >0°C	6.3 A
Max Pulse Discharge Current, 30s	9.5 A
Minimum Voltage	2.0 V
Temperature	-20°C to 55°C
Charging	
Recommended Charging Current	1.6 A
Max. Continuous Current > 20°C	6.3 A
10s Pulse Current	9.5 A
Recommended Charging Voltage	3.65 V
Float Voltage	3.45 - 3.85 V
Absolute Max Charge Voltage	4.2 V
Temperature	0°C to 55°C
Storage	
Temperature	-40°C to 60°C
Mechanical	
Diameter	26.2 mm ± 0.2 mm
Length	65.9 mm ± 0.5 mm
Mass	85 g ± 2 g
Certifications	
Transportation	UN 3480 (UN38.3), CIQ
Safety	UL 1642
Part Number	1007996

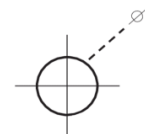
IFR26650EC

Valence Technology's 26650 Energy Cell incorporates proprietary lithium iron magnesium phosphate active material which enables simultaneous high power and high energy while exhibiting proven safety, excellent float, storage, and cycle life.

Technical Data



Dimensions



www.valence.com/contact

IFR26650EC Data Sheet Mar 2017

Corporate Headquarters North America Sales
 1807 W. Braker Ln.
 Suite 500
 Austin, Texas 78758 USA

Tel +1 (512) 527-2900
 Fax +1 (512) 527-2910

Europe / Middle East / Africa Sales
 Unit 63 Mallusk Enterprise Park
 Mallusk Co. Antrim
 Northern Ireland BT36 4GN

Tel +44(0) 28 9084 5400
 Fax +44(0) 28 9083 8912

Performance may vary depending on, but not limited to cell usage and application. If cell is used outside specifications, performance will diminish. All specifications are subject to change without notice. All information provided herein is believed, but not guaranteed, to be current and accurate.

Copyright © 2017 Valence Technology, Inc.



26650 Power Cell

Lithium Iron Magnesium Phosphate



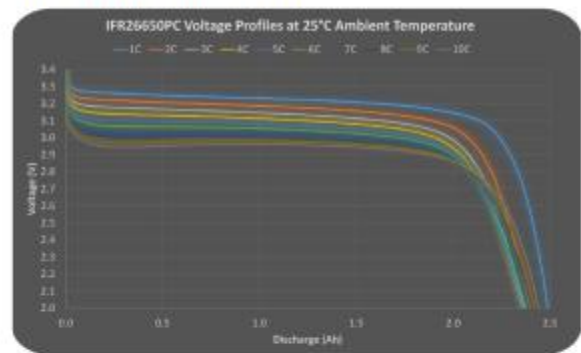
IFR26650PC Specifications

Nominal Ratings @ 25°C	
Voltage	3.2 V
Capacity @ C/5	2.5 Ah
Energy	8 Wh
Specific Energy	101 Wh/kg
Energy Density	227 Wh/L
Impedance (1kHz)	< 6 mΩ
Cycle Life to 80% Rated Capacity	> 3000
Discharging	
Recommended Discharge Current	± 15 A
Max Continuous Current >0°C	25 A
Max Pulse Discharge Current, 10s	100 A
Minimum Voltage	2.0 V
Temperature	-20°C to 55°C
Charging	
Recommended Charging Current	2.5 A
Max. Continuous Current > 20°C	10 A
10s Pulse Current	20 A
Recommended Charging Voltage	3.65 V
Float Voltage	3.45 - 3.85 V
Absolute Max Charge Voltage	4.2 V
Temperature	0°C to 55°C
Storage	
Temperature	-40°C to 60°C
Mechanical	
Diameter	26.1 mm ± 0.2mm
Length	65.9 mm ± 0.2mm
Mass	79 g
Certifications	
Transportation	UN 3480 (UN38.3), CIQ
Safety	UL 1642, IEC 62133
Part Number 1007019	

IFR26650PC

Valence Technology's 26650 Power Cell incorporates proprietary lithium iron magnesium phosphate active material which enables simultaneous high power and high energy while exhibiting proven safety, excellent float, storage, and cycle life.

Technical Data



Dimensions



www.valence.com/contact

IFR26650PC Data Sheet Mar 2017

Corporate Headquarters North America Sales
 1807 W. Braker Ln.
 Suite 500
 Austin, Texas 78758 USA

Tel +1 (512) 527-2900
 Fax +1 (512) 527-2910

Europe / Middle East / Africa Sales
 Unit 63 Mallusk Enterprise Park
 Mallusk Co. Antrim
 Northern Ireland BT36 4GN

Tel +44(0) 28 9084 5400
 Fax +44(0) 28 9083 8912

Performance may vary depending on, but not limited to cell usage and application. If cell is used outside specifications, performance will diminish. All specifications are subject to change without notice. All information provided herein is believed, but not guaranteed, to be current and accurate.

Copyright © 2017 Valence Technology, Inc.



U-Charge® XP

Lithium Ion Battery Modules

U-Charge® XP is a range of 12, 18, 24 & 36 volt Lithium Iron Magnesium Phosphate battery modules, offering intrinsic safety with twice the run-time and 70% the weight of similarly sized sealed lead-acid batteries.



Overview

U-Charge® XP modules are designed to be assembled in series and parallel to reach your application's voltage and capacity requirements. Modularity reduces project development time and non-recurring engineering (NRE) expenses.



Hundreds of thousands U-Charge® systems have been deployed in a range of equipment since 2006. They have been successfully used in commercial vehicles such as EV buses, delivery trucks, port tractors, and marine vessels. XP modules are now being considered for new markets such as material handling, mining equipment and energy storage systems.

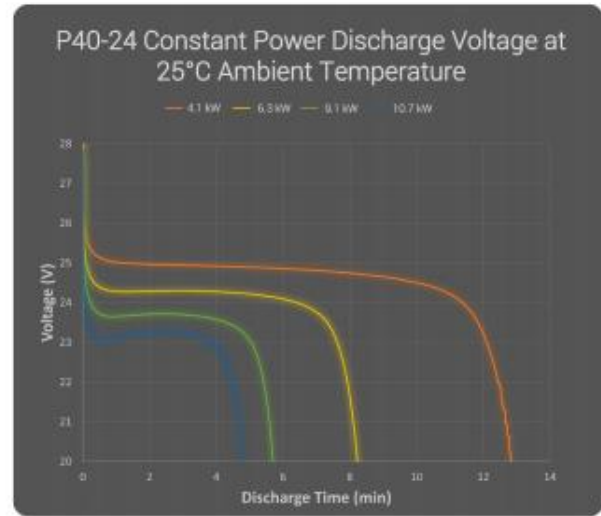
Features

- > 4000 cycles (80% DOD)
- Exceptional voltage stability
- Configuration voltage range from 12V - 1000V
- Maintenance free
- Automatic inter-module balancing
- Rugged mechanical design
- LED battery status indicator
- Manufactured in standard BCI sizes for drop in replacement capability
- Module electronics monitors cell voltage, temperature, current & SOC
- Communication of monitored data via Battery Management System (BMS)
- BMS offers CANBus output
- Diagnostic and monitoring software included
- Stock available for quick delivery in US & Europe

Specifications	U1-12XP	U24-12XP	U27-12XP	UEV-18XP	U27-24XP	U27-36XP
Nominal Module Voltage	12.8 V	12.8 V	12.8 V	19.2 V	25.6 V	38.4 V
Nominal Capacity (C/5, 23°C)	40 Ah	110 Ah	138 Ah	69 Ah	69 Ah	46 Ah
Weight (approximate) kg	6.5 kg	15.8 kg	19.5 kg	14.9 kg	18.6 kg	19.6 kg
Weight (approximate) lbs	14.3 lbs	34.8 lbs	42.9 lbs	32.8 lbs	40.9 lbs	43.1 lbs
Dimension incl. Terminals LxWxH (mm)	197 x 131 x 182	260 x 172 x 225	306 x 172 x 225	269 x 148 x 245	306 x 172 x 225	306 x 172 x 225
Dimension incl. Terminals LxWxH (inches)	7.8 x 5.1 x 7.2	10.2 x 6.8 x 8.9	12.0 x 6.8 x 8.9	10.6 x 5.8 x 9.7	12.0 x 6.8 x 8.9	12.0 x 6.8 x 8.9
BCI Group Number	U1R	Group 24	Group 27	N/A	Group 27	Group 27
Terminals, Female-Threaded	M6 x 1.0	M8 x 1.25	M8 x 1.25	M8 x 1.25	M8 x 1.25	M8 x 1.25
Specific Energy	79 Wh/kg	89 Wh/kg	91 Wh/kg	89 Wh/kg	95 Wh/kg	91 Wh/kg
Energy Density	110 Wh/l	139 Wh/l	148 Wh/l	124 Wh/l	148 Wh/l	148 Wh/l
Standard Max. Cont. Load Current	80 A	150 A	150 A	120 A	140 A	90 A
Discharging @ 25°C	Peak Load Current (30 sec).	120 A	300 A	300 A	200 A	135 A
	Cut-off Voltage	10 V	10 V	10 V	15 V	20 V
Standard Charging	Max. Charge Voltage	14.6 V	14.6 V	14.6 V	21.9 V	29.2 V
	Float Voltage	13.8 V	13.8 V	13.8 V	20.7 V	27.6 V
	Recommended Current C/2	20A	55A	70A	35A	35A
	Charge Time C/2 *	2.5 hrs	2.5 hrs	2.5 hrs	2.5 hrs	2.5 hrs
DC internal resistance (max)	15 mΩ	6 mΩ	5 mΩ	10 mΩ	20 mΩ	25 mΩ
Part Number	1004434	1004425	1004428	1004431	1007520	1005199

Common Specifications

Operating Temperature	Charging: 0°C to 45°C Discharging: -10°C to 50°C
Storage temperature	-40°C to 50°C
Operating humidity	5% to 95%, non-condensing
Water/dust resistance	IP56
Ingress Protection (IP) of Solids 5	Protected against harmful deposits of dust 
Ingress Protection (IP) of Water 6	Protected against strong jets of water 
Certifications	IEC 62133 UL 1642 (cells only) FCC Class B, CE UL 1973 Recognized
Shipping Classification	UN 3480, Class 9 UN 38.3



Battery Management System

The Battery Management System maintains all battery to battery charge/discharge controls and provides the communication gateway for the CANbus interface.

- U-BMS-LV operates from 10V - 150V
- U-BMS-HV operates from 100V - 450V
- U-BMS-SHV operates from 350V - 700V

www.valence.com/contact

P40-24 Module Datasheet
Feb 2017

Corporate Headquarters North America Sales
1807 W. Braker Ln.
Suite 500
Austin, Texas 78758 USA

Tel +1 (512) 527-2900
Fax +1 (512) 527-2910

Europe / Middle East / Africa Sales
Unit 63 Mallusk Enterprise Park
Mallusk Co. Antrim
Northern Ireland BT36 4GN

Tel +44(0) 28 9084 5400
Fax +44(0) 28 9083 8912

Performance may vary depending on, but not limited to cell usage and application. If cell is used outside specifications, performance will diminish. All specifications are subject to change without notice. All information provided herein is believed, but not guaranteed, to be current and accurate.

Copyright © 2005-2017 Valence Technology, Inc.

Product Leaflet

Electric Vehicle Charging Infrastructure

Terra 53 multi-standard DC charging station

The Terra 53 multi-standard DC charging station is a configurable single, dual or triple outlet 50 kW fast charging station. Its flexible multi-protocol design supports CCS, CHAdeMO and AC functionality depending on the individual charging needs of each customer. The Terra 53 is ideal for use at highway rest stops, petrol stations, car dealerships and busy urban areas.



The Terra 53 combines industry standardization with fast charging technology to support all current and next generation vehicles. Its multi-protocol design allows for easy tailoring to support CCS and CHAdeMO 1.0, as well as the EN61851-1 standard for AC charging (Type 2, Mode 3).

All ABB chargers come with Internet based Connected services to allow customers to easily connect their chargers to different software systems like back-offices, payment platforms or smart grid energy systems. This allows for remote assistance, tailored diagnostic trouble shooting and repair, and remote updates and upgrades. A reliable, secure, cost efficient and future proof connectivity solution, based on open industry interfaces.

Main features

- 50 kW DC fast charger supporting CCS and optionally CHAdeMO
- Optional 43 kW AC cable or 22 kW AC socket
- Designed to deliver full output power continuously
- IEC 61000 EMC certified for industrial and residential areas (including petrol stations, retail outlets, offices, etc.)
- Future proof connection via open industry standards:
 - Flexible interfacing with added value systems
 - Remote uptime monitoring and assistance
 - Remote updates and upgrades
- Daylight readable touch screen display
- Graphic visualization of charging progress
- RFID authorization
- Robust all weather stainless steel enclosure
- Quick and easy installation
- Low operational noise

Applications

- Highway petrol/service station operators
- Busy urban areas
- Commercial fleet operators
- EV Infrastructure operators and service providers
- EV dealers and importers

Key optional features

- Payment terminal
- Pin code authorization
- Input power limiting software to avoid expensive grid upgrades
- Web modules for statistics and access management
- Integration with back-offices, payment platforms and smart grid energy systems
- Wider temperature range: -35°C to +55°C
- Customized branding possibilities

Possible configurations

Terra 53 is available in the following configurations:

- Terra 53 C: CCS
- Terra 53 CT: CCS and 22kW AC socket
- Terra 53 CJ: CCS and CHAdeMO
- Terra 53 CG: CCS and 43 kW AC connector
- Terra 53 CJT: CCS, CHAdeMO and 22 kW AC socket
- Terra 53 CJG: CCS, CHAdeMO and 43 kW AC connector

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

Outlet specifications	C (default)	J (option)	G (option)	T (option)
Charging standard	CCS	CHAdeMO	Type 2 cable	Type 2 socket
Maximum output power	50 kW	50 kW	43 kW	22 kW
Output voltage range	50 - 500 V _{DC}	50 - 500 V _{DC}	400 V +/- 10%	400 V +/- 10%
Maximum output current	125 A _{DC}	125 A _{DC}	63 A	32 A
Connection standard	EN61851-23 / DIN 70121	CHAdeMO 1.0	EN61851-1	EN61851-1
Connector/socket type	Combo-2	CHAdeMO / JEVs G105	IEC62196 Mode-3 Type-2	IEC62196 Mode-3 Type 2
Cable length	3,9 m	3,9 m	3,9 m	-
Compatible car brands	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi	Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia	Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes	Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes, Volvo, Opel



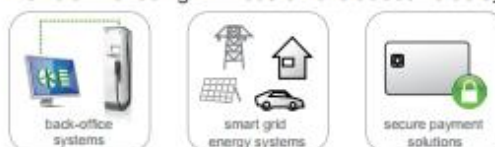
Possible configurations (from left to right): Terra 53 C, Terra 53 CT, Terra 53 CJ, Terra 53 CJT, Terra 53 CJG with optional payment terminal (not shown, amongst other, Terra 53 CG and Terra 53 Z)

General specifications

Environment	Indoor / outdoor
Operating temperature	-10 °C to +55 °C (de-rating characteristic applies) Option: -35 °C to +55 °C
Storage temperature	-40 °C to +70 °C
Compliance and safety	CE, RMC, EAC, J versions: CHAdeMO 1.0
EMC emission	IEC 61000-6-3 Class B - Residential
EMC immunity	IEC 61000-6-2 Industrial
Input AC power connection	3P + N + PE
Input voltage range	400 V _{AC} +/-10% (50 Hz or 60 Hz)
Max. rated input current & power	C, CJ: 80 A, 55 kVA CT, CJT: 112 A, 77 kVA CJG, CG: 143 A, 98 kVA Power limiting options available
Power factor (full load)	> 0.96
Efficiency	94% at nominal output power
RFID system	ISO/IEC14443A/B, ISO/IEC15693, FeliCa™ 1, NFC reader mode, Mifare, Calypso, (option: Legic)
Network connection	GSM / 3G modem, 10/100 Base-T Ethernet
Protection	IP54
Dimensions (D x W x H)	780 mm x 565 mm x 1900 mm
Mass	350 kg

Advantages of connected charging

Flexible interfacing with customer's added value systems



Optimal insight in charger operation



Maximize charger uptime with fast and reliable service



Optimize user experience



For more information please contact:

ABB EV Charging Infrastructure

Delftweg 65
2289 BA Rijswijk
The Netherlands
Phone: +31 70 307 6200
E-mail: info.evci@nl.abb.com

www.abb.com/evcharging

Power and productivity
for a better world™

