

# Nabíječky trakčních baterií pro elektrická vozidla

Ladislav Poljak, Pavel Drábek

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

poljak@kev.zcu.cz, drabek@kev.zcu.cz

## Chargers of Traction Batteries for Electric Vehicles

**Abstract** – In this paper, topologies of chargers of traction batteries for electric vehicles are described. First part is dedicated to possible options for realization chargers for electric propulsion. Pros and cons of those options are mentioned in theoretical chapter. Next part is concerned about simulation of one phase pulse and diode rectifier connected to the DC/DC converter with medium frequency transformer. In last chapter, comparison of results both simulation are made.

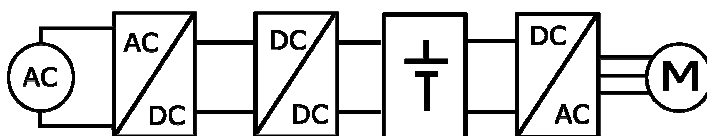
**Keywords** – Battery; Charger; DC/DC converter; Electric vehicle; MFT;

### I. ÚVOD

Pro pohony moderních vozidel se stále více využívá trakčních baterií, hlavně proto, že je možné provozovat spoje s elektrickými vozidly i na nezatrolejovaných úsecích. Jako jsou například příměstské části a centra některých měst. Tyto baterie je však nutné nabíjet. Většina řešení je určena pro elektromobily a hybridní pohony automobilů, je však možné je využít i pro vozidla hromadné dopravy. Hlavními problémy těchto pohonů jsou drahé baterie s omezenou životností a to že nabíječky mohou do sítě injektovat vyšší harmonické složky napětí. Topologií těchto nabíječek je celá řada a můžeme je rozdělit podle různých hledisek, kterým jsou popsány v následujících kapitolách.

### II. TOPOLOGIE NABÍJEČEK TRAKČNÍCH BATERIÍ

Jedním hlediskem je jestli se jedná o nabíječku s rekuperací nebo bez rekuperace. Nabíječky bez rekuperace umožňují tok energie pouze jedním směrem. Oproti nabíječkám s rekuperací jsou menší, jednodušší a také lehčí. Jejich nevýhodou je, že zatěžují rozvodovou síť harmonickými vyššího řádu. Nabíječky s možností rekuperace umožňují převod energie zpět do sítě, a při režimu pohon také méně zatěžují síť. Jsou však dražší a složitější na řízení. Rekuperace je vhodná pro použití ve spolupráci se sítí „smart grid“. Dalším kritériem je umístění nabíječky. Nabíječka může být umístěna uvnitř vozidla nebo vně. Pokud je nabíječka umístěna uvnitř vozu, je vozidlo těžší, což snižuje dojezdovou vzdálenost a zvyšuje spotřebu. Toto řešení může být pro některé uživatele praktičtější, protože není odkázán jen na nabíjecí stanice, ale může dobíjet prakticky kdekoliv.



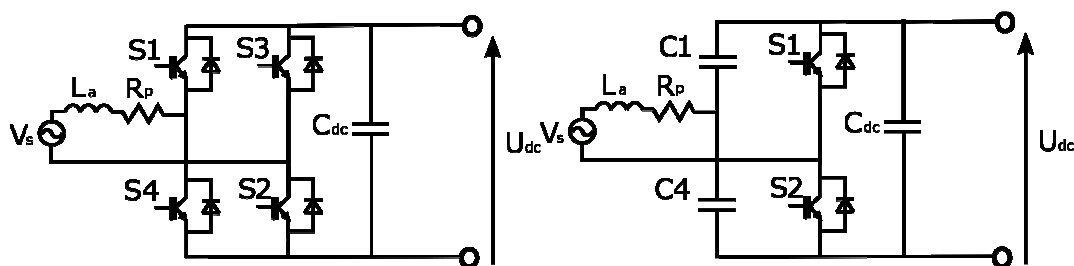
Obrázek 1. Blokové schéma pohonu elektrického vozu

### A. AC/DC měniče bez rekuperace

Tyto měniče využívají diodové můstky, které mají špatný účinník a vysoký obsah harmonických. Účinník je možné regulovat pomocí přídavných zařízení, bez využití energie z baterie. Jejich hlavní výhodou je jednoduchost řízení a menší rozměry měniče. Díky menším rozměrům je vhodný pro použití na nabíječky umístěné přímo ve vozech.

### B. AC/DC měniče s rekuperací

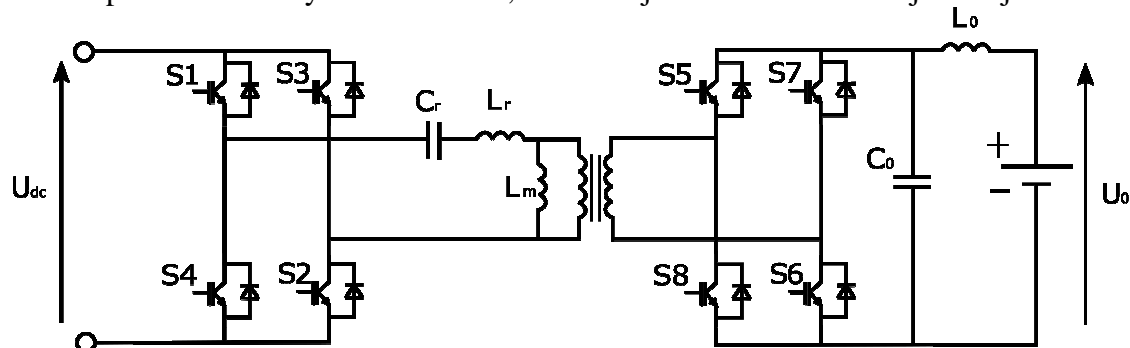
Tyto měniče umožňují jak přenos energie ze sítě do baterie, tak i z baterie zpět do sítě. Mají větší rozměry než usměrňovače bez rekuperace. Výhodou je že nemusejí mít korekci účinníku a nižší obsah harmonických. Jejich provedení může být jednofázové, nebo trojfázové. Jednofázová provedení musejí mít velký kondenzátor kvůli druhé harmonické složce napětí na stejnosměrné straně. Trojfázové jsou náročnější na místo a je vhodné je použít pro nabíječky mimo vozidlo. Pro nabíječky velkých výkonů je možné využít víceúrovňové měniče, což umožní použití menších součástí a sníží obsah harmonických složek proudu.



Obrázek II. Topologie AC/DC měniče: H-můstek (vlevo) a půlmůstek (vpravo)

### C. DC/DC měniče

Tyto měniče jsou určeny k samotnému nabíjení baterie. Zde je opět možné použít, jak měničů s rekuperací, tak i bez rekuperace. Dále je zde i možnost galvanického oddělení, které umožňuje transformátor. V dnešní době se hojně využívá transformátor s měkkou komutací. Jeho použití je výhodné zejména protože má menší spínací ztráty a také je spínán daleko vyššími frekvencemi než konvenční transformátor. S vyššími kmitočty klesá i hmotnost a velikost tohoto transformátoru. Vozy u kterých není požadavek, aby byla nabíječka umístěna ve voze je umístěna pouze polovina DC/DC měniče a druhá je na napájecí stanici. Pokud toto vozidlo nemusí ani rekuperovat, je možné, aby byl ve voze pouze diodový usměrňovač, čímž je celé vozidlo ještě jednodušší.



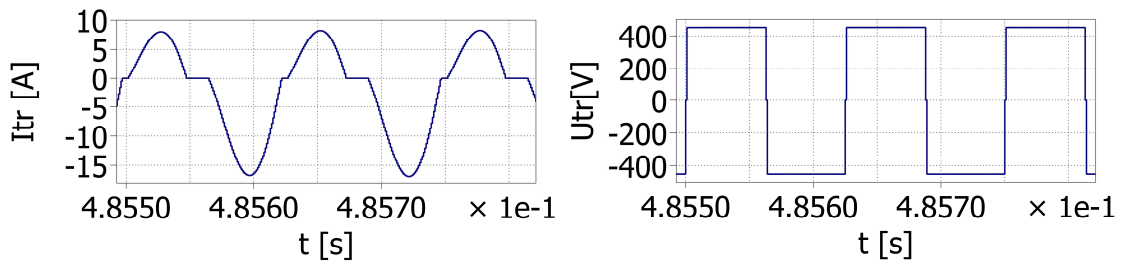
Obrázek III. Topologie DC/DC měniče s rekuperací

### III. SIMULACE

Pro simulaci jsem zvolil DC/DC měnič se středofrekvenčním transformátorem se spínací frekvencí 8 kHz, který je na obrázku III. Napětí na sekundární straně musí být vyšší než napětí baterie. Požadované napětí jsem zvolil 72 V, k tomu je zpotřebí zvolit správný poměr počtu závitů primárního a sekundárního vinutí. Pro napájení tohoto měniče jsem nejprve zvolil plně řízený H-můstek z obrázku II a pro porovnání ještě diodový usměrňovač.

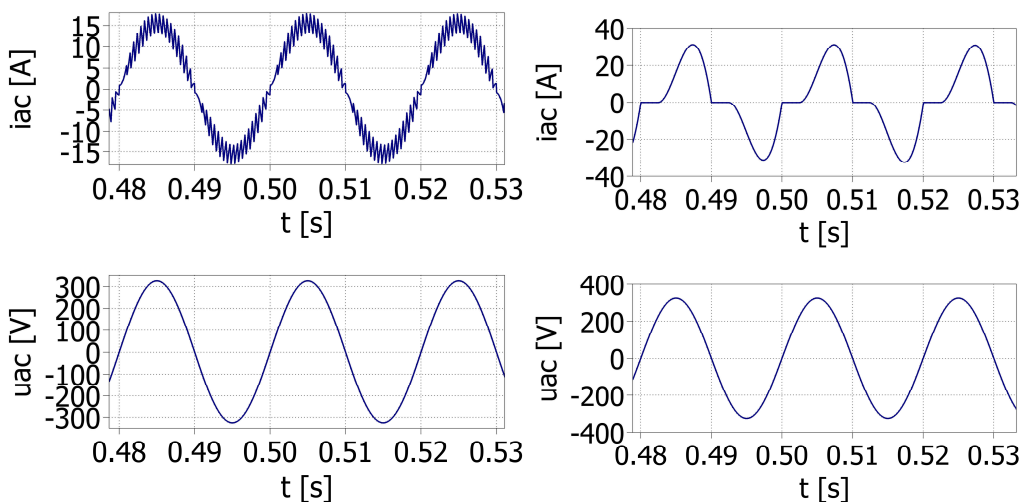
TABULKA I. PARAMETRY SIMULACE

$U_{ac}$ [V] (RMS)	230
$C_{dc}$ [mF]	4
$F_{sw}$ [kHz] (pulzní usměrňovač)	2
$F_{sw}$ [kHz] (Středofrekvenční transformátor)	8
$C_0$ [mF]	4
$U_0$ [V]	64



**Obrázek IV. Napětí a proud na středofrekvenčním transformátoru**

Na obrázku IV vpravo je vidět napětí, kterým pomocí H-můstku napájíme transformátor. Na primární straně se střídá kladné a záporné napětí se střídou 50%. Proud, který prochází rezonančním obvodem, má vyšší amplitudu v záporné části. Sekundární stranu není nutné řídit a v režimu pohon zde může být jen diodový usměrňovač. Kdybychom chtěli rekuperovat, musely bychom řídit sekundární stranu transformátoru a primární by zůstala neřízena.



**Obrázek V. Průběhy síťových napětí a proudů s pulzním usměrňovačem (vlevo) a s diodovým usměrňovačem (vpravo)**

Na obrázku V vidíme, jak se liší odebíraný proud pro nabíječku s řízeným a neřízeným usměrňovačem. S řízeným usměrňovačem je dosaženo účinníku 1 a proud je podobný sinovému průběhu. Zatímco u diodového usměrňovače je proud silně deformován. Harmonické zkreslení bylo u varianty s řízeným usměrňovačem 3,5 % a s diodovým 9,8 %. U řízeného usměrňovače je nutné, aby bylo napětí na sekundární straně větší než na primární, zatímco u neřízeného je menší a pevně daná. Proto se musí počet závitů transformátoru přizpůsobit.

#### IV. ZÁVĚR

Ze simulací vyplývá, že pro nabíječky je vhodnější používat pulzní usměrňovače a to i v případě, že nebude zapotřebí rekuperovat energii zpět do sítě. A to hned z několika důvodů. Prvním je obsah vyšších harmonických proudů a také lepší účinník. Dalším důvodem je, že můžeme přizpůsobit výstupní napětí pro transformátor a baterie se pak nabijí při požadovaném napětí. Zatímco u diodového usměrňovače je potřeba počty závitů přizpůsobit výstupnímu napětí měniče.

U simulace DC/DC měniče, který byl v simulaci připojen na stejnosměrnou stranu výše zmíněných měničů, ukázala, jak jednoduché je jeho řízení. Jeho použití je také výhodné v tom, že má nízké spínací ztráty a díky vysoké frekvenci také menší rozměry a hmotnost než klasické transformátory.

#### PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2016-006 a projektu SGS-2015-038.

#### LITERATURA

- [1] Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles, Murat Yilmaz and Philip T. Krein, IEEE
- [2] Closed-loop Control on DC Link Voltage Ripple of Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charger with Sinusoidal Charging, Lingxiao Xue, Paolo Mattavelli, Dushan Boroyevich, Zhiyu Shen, Rolando Burgos, IEEE
- [3] Design of a Soft-Switched 6-kW Battery Charger for Traction Applications, Brendan Peter McGrath, Donald Grahame Holmes, Patrick John McGoldrick and Andrew Douglas McIver, IEEE
- [4] A Single-Phase Integrated Bidirectional Plug-In Hybrid Electric Vehicle Battery Charger, Seyyedmilad Ebrahimi, Milad Taghavi, Farzad Tahami and Hashem Oraee, IEEE
- [5] Onboard Reconfigurable Battery Charger for Electric Vehicles With Traction-to-Auxiliary Mode, J. G. Pinto, Vítor Monteiro, Henrique Gonçalves and João Luiz Afonso, IEEE