



Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

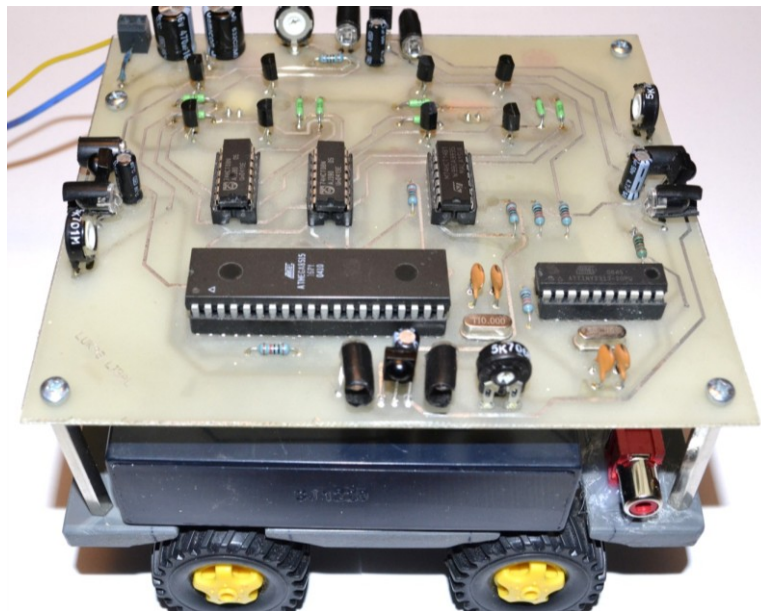
Efektivní uplatnění fotovoltaiky v MHD

Čehovský Ondřej

SPŠ-Dopravní Motol a.s.
Plzeňská 102/217, Praha 5

Úvod

Předmětem této práce je problematika využití fotovoltaiky v městské elektrobusové dopravě, kde se bude nabíjecí stanice pro elektrobusy nabíjet pomocí solárních kolektorů. Pro aplikaci části níže uvedené teorie byl postaven funkční model elektrobusu (vozík).



Vozík

Řešení problému

Fotovoltaika

Na zemský povrch dopadá $1,7 \cdot 10^{17}$ kW. Je to velký energetický potenciál, který hýbe atmosférou, oceány a zajišťuje zdroj energie pro veškeré životní funkce organismů. Cena sluneční energie je nulová a v porovnání s fosilními palivy je její využívání ekologicky nejšetrnějším způsobem výroby energie.

Fotovoltaika je metoda získávání elektrické energie ze slunce. Na principu fotovoltaiky se sluneční energie převádí v energii elektrickou. Hlavní filozofií fotovoltaiky je výroba levné elektrické energie, její místní využití a prodej zpět do sítě. Neustálé zdokonalování použitých technologií a materiálů využívá fotovoltaika k vyšší účinnosti převodu slunečních paprsků na elektrickou energii. Pro provozovatele fotovoltaického systému využívaného k distribuci elektřiny do veřejné sítě je určitě důležité, jak se mu vynaložená investice zhodnotí. Z podpory vycházející z energetického zákona vyplývá, že hrubá návratnost systému bez dotace se pohybuje na hranici 10 až 12 let. S ohledem na životní prostředí se jedná se o velmi šetrný způsob výroby elektřiny. Pokud vezmeme úvahu, že slunce je nevyčerpatelný zdroj a že fotovoltaický systém je téměř bezúdržbový a s dlouhou životností, vychází nám ideální prostředek pro perspektivní budoucnost.

Přednosti sluneční energie

Využití energie slunečního záření pro krytí energetických potřeb společnosti má pro lidstvo oproti jiným zdrojům energie hned několik výhod:

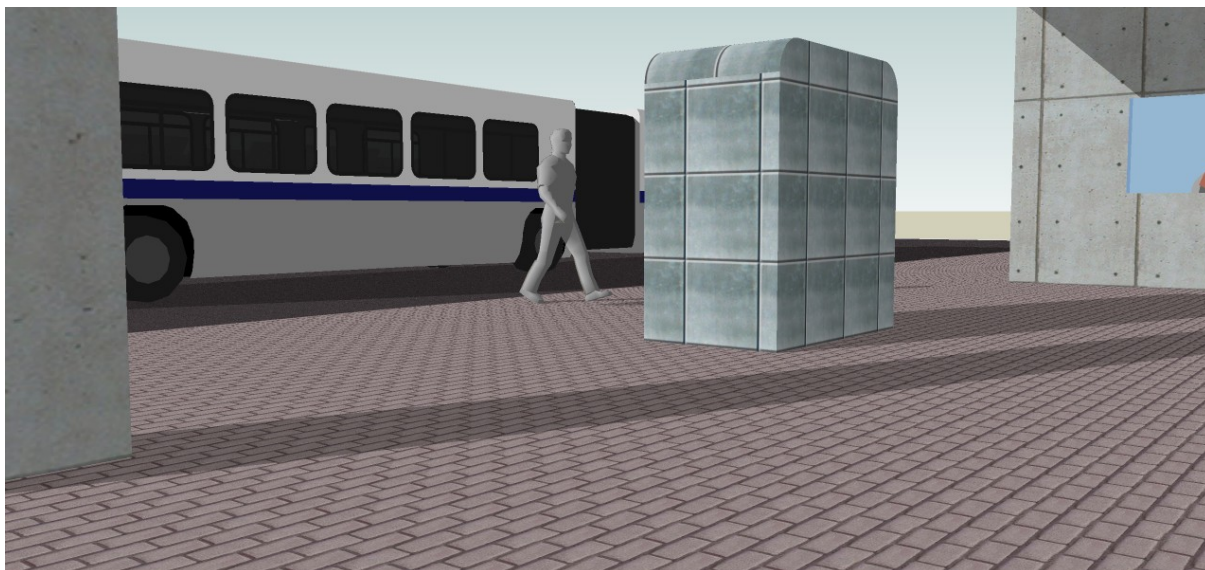
- Slunce je bezpečný jaderný reaktor, od něhož se v době řádově miliard let nemusíme obávat žádné havárie či výraznější změny funkce.
- Sluneční energie je velice kvalitní, to znamená, že se poměrně snadno přeměňuje na jiné formy energie (energie tepelná, elektrická, mechanická aj.).
- Sluneční energie je zadarmo - za sluneční světlo není třeba nikomu nic platit.
- Sluneční energie je místní, sluneční světlo není třeba odnikud dovážet.
- Sluneční energie je čistá, nezpůsobuje žádné toxické odpady, zápach, zplodiny, prach.

Elektrobusová nabíjecí stanice

Elektrobus ujede v městském provozu na jedno nabití akumulátorů asi 160 km. Proto musí být po městě rozmístěny nabíjecí stanice tak, aby elektrobus vždy bezpečně dojel. Navíc musí mít realizovanou rekuperaci, tj. využívat energii z motoru při brzdění, přičemž motor, v tomto případě sloužící jako generátor, dává energii zpět do akumulátorů.

Vlastní nabíjecí stanice má na střeše fotovoltaické články o dostatečné ploše, kterými nabíjí soupravu akumulátorů na napětí cca 18 – 20 V. Pokud by to nebylo možné, a byly by k dispozici jen fotovoltaické články 12 V, pak je třeba vložit měnič. Takovýto měnič o účinnosti cca 90 - 95% zvýší výstupní napětí na požadované napětí. To proto, že pro řízené nabíjení je třeba malé přepětí. Následuje vlastní nabíjecí blok, který řídí nabíjení akumulátorů. K nabití akumulátorů se používá rychlonabíječka, která dává vysoký proudový impuls do akumulátoru. Vznikající bublinky jsou odstraněny krátkým protipulsem, takže nehrozí exploze nabíjených akumulátorů. Musí se jen hlídat teplota nabíjených akumulátorů.

Navíc, kdyby byly dlouhodobě špatné světelné podmínky, lze výjimečně provádět dobítí staničních akumulátorů z veřejné sítě.



Elektrobusová nabíjecí stanice

Dojezd elektrobusu

Pro další řešení napájení elektrobusu vycházím z následujících předpokladů:

- jedna směna trvá asi 5 hodin,
- mezi zastávkami jede elektrobus 5 minut rychlostí asi 40 km/hod,
- ve stanici stojí 2 minuty,
- v rychlonabíjecí stanici PRE Vršovice se provede nabití na 80% kapacity za 25 minut
- ze zdrojů na internetu mám zjištěno, že při vysokofrekvenčním nabíjení trvá nabití na 90% kapacity 60 minut.

Z výše uvedených předpokladů vyplývá pro elektrobus následující:

- je ve směně 300 minut
- 300 minut děleno 7 minutami = 40 zastávek, což odpovídá vzdálenosti mezi stanicemi v průměru 3 300 metrů
- vlastní jízda trvá 40 krát 5 minut = 200 minut, což je 3 hodiny 20 minut
- tzn. elektrobus ujede vzdálenost asi 133 km.

Pokud vezmeme v úvahu, že bude muset elektrobus ujet průměrně 27 km, aby se dostal z vozovny na trasu, pak celková délka trasy za směnu je kolem 160 km. Tato situace je však nebezpečná z toho důvodu, že kdyby musel v případě objížďky jet delší trasu, je zde reálná hrozba, že by nedošel zpět do vozovny. Ale i v případě, že by nemusel najet více kilometrů, je zde potřebná bezpečnostní rezerva.

Tento problém je možné řešit tak, že bude elektrobus v každé stanici, kde stojí 2 minuty, vysokofrekvenčně dobit. Vzhledem k různým prostojům jsem vzal v úvahu jako reálnou dobu nabíjení čas zkrácený s ohledem na různé manipulace na 75%. Z toho vyplývá, že v každé stanici bude dobíjen jen 1,5 minuty.

Pokud tedy ujede elektrobus na plné nabití akumulátorů 160km a byl by bez jakékoliv rezervy, pak by se při takovémto způsobu dobíjení na zastávkách stačil při 40 stanicích dobít opět na 90% své kapacity.

Další výhodou takového krátkého dobíjení ve stanici je, že během 90 sekund nemůže dojít k přehřátí akumulátorů, a tím k jejich zničení.

Dobíjecí staniční systém je tedy mnohem lepší, neboť se elektrobuses nemusí jet do vozovny nabíjet, ale může být vystřídán druhou směnou, protože má ještě další přidanou energii získanou nabíjením ve stanicích na dalších minimálně 140km, nebo bude mít dostatek energie na případné objížďky, případně delší trasy s menším počtem zastávek. Dále není počítáno s tím, že na dalších 140km, které může navíc ujet, budou další zastávky, kde mohou být akumulátory vysokofrekvenčně dobíjeny.

Pohon elektrobuse

Pro pohon elektrobuse je třeba použít tzv. „bezeztrátové“ řízení otáček motoru. Jedná se o řízení otáček pomocí pulsně šířkové modulace (dále jen PWM). Pro přiblížení problému je toto řízení porovnáno s klasickým řízením pomocí regulačního tranzistoru.

Při stejnosměrném motoru, jehož napájení je 24V a proud tekoucí kotvou motoru je 100A (pro skutečný provoz to bude jiné), pro potřebné malé otáčky motoru, například pro pomalou jízdu či pojíždění, jsou potřeba 4V na motoru při proudu 100A pro potřebný krouticí moment. Na tranzistoru tedy bude napětí 20V při 100 A, což je

$$U_{ke} \cdot I_k = 20V \cdot 100A = 2000W$$

Pro stejný účel stačí krátký proudový impuls při plném napětí. Jednak se roztočí motor rychlostí odpovídající šířce impulsu a jednak se v něm naakumuluje energie, která je měněna na energii mechanickou. Rychlost otáčení motoru závisí tudíž na střídě vyp/zap. Ztráta na tranzistoru je pak následující:

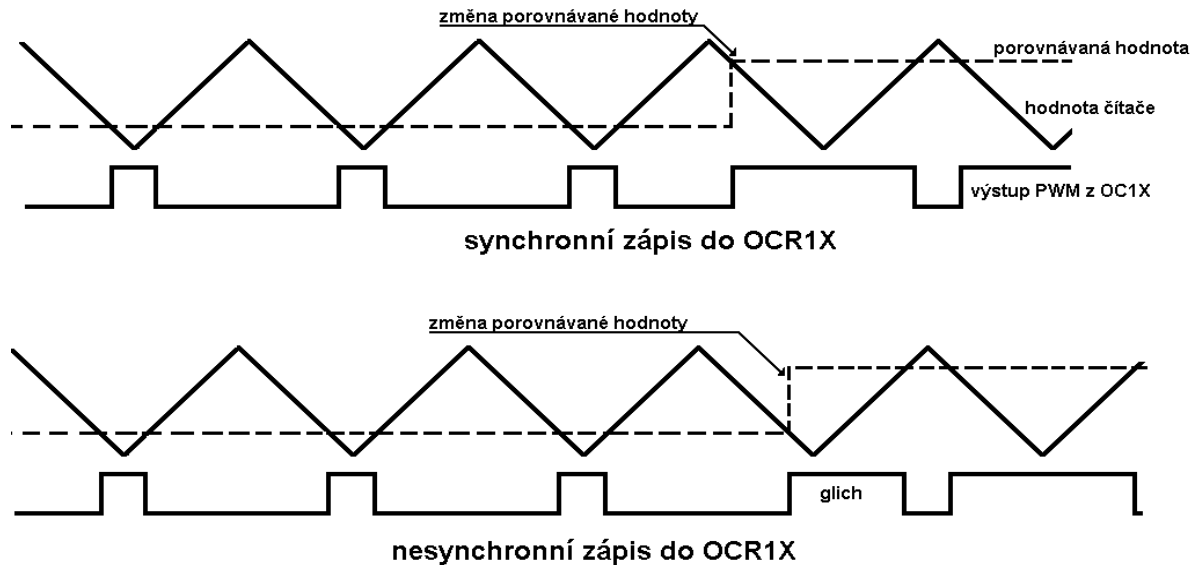
$$U_{sat} \cdot I_k = 1V \cdot 100A = 100W$$

takže rozdíl při malých rychlostech elektrobuse je „pouhých“ 1900 W, což je již významná úspora. Tímto způsobem je možno velmi úsporně využívat energii uloženou v akumulátorech.

Teoretická činnost PWM

Pulsně šířková modulace je realizována tak, že čítač čítá vzestupně, až dosáhne maximální hodnoty a poté začne čítat sestupně a zase naopak. Hodnota čítače se průběžně porovnává se zapsanou hodnotou v registru OCR1A. Po dobu, kdy je hodnota čítače nižší než zapsaná hodnota, je na výstupu OC1A generován šířkově modulovaný puls.

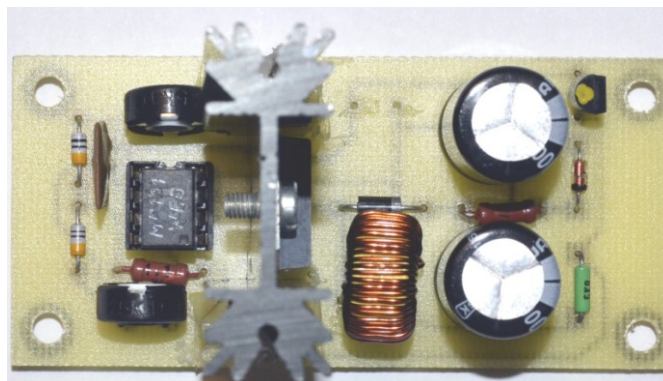
Pokud je proveden nesynchronní zápis nové hodnoty do registru OCR1A, pak může vzniknout nežádoucí výstupní impuls, který nemá definovanou šířku (glitch). Z toho důvodu lze zapsat novou hodnotu do záchytného registru, kterou procesor přepíše do registru OCR1A ve vhodný okamžik a zabrání poruchovému pulsu.



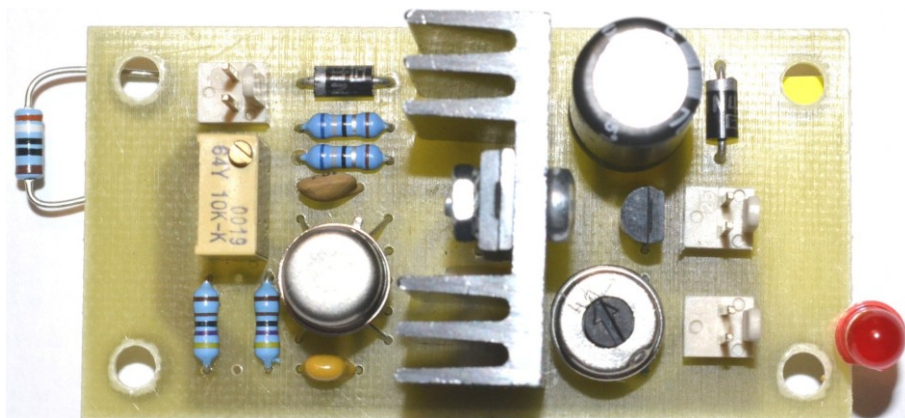
Generování pulsně šířkové modulace (PWM)

Měnič napětí

Vlastní měnič napětí, se kterým jsem neměl žádné zkušenosti a bohužel ani dostatek času na takové jeho vyladění, aby se blížil běžně používané 90 – 95% účinnosti, jsem zatím zvládl s 80% účinností.



Měnič napětí



Nabíjecí automatika akumulátorů

Pulsní nabíjení akumulátoru

Tento relativně složitý způsob nabíjení proudovým pulsem a úzkým protipučem byl pro mne časově náročný, a proto byl použit klasický způsob nabíjení s limitovaným proudem, který zabraňuje zničení akumulátoru.

Instalace fotovoltaických článků

Při instalaci fotovoltaických článků na střeše, stěně budovy nebo na volném terénu je třeba splnit několik podmínek. Konstrukce je obvykle nepohyblivá, takže je třeba při umístění volit kompromisní řešení.

Konstrukce však musí být dostatečně pevná, aby dobře odolávala různým přírodním vlivům (vítr, sníh). Pro orientaci článků je nejvhodnější natočení směrem k jihu nebo jihozápadu, aby se využila největší intenzita slunečního záření kolem poledne.

Sklon článků by byl ideální, kdyby na jejich plochu dopadalo záření stále kolmo. Výška Slunce nad obzorem se však mění nejen během dne, ale i v průběhu roku. V létě je slunce nad obzorem výš než v zimě. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30° od vodorovné roviny, v zimě kolem 60° . Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35° - 45° .

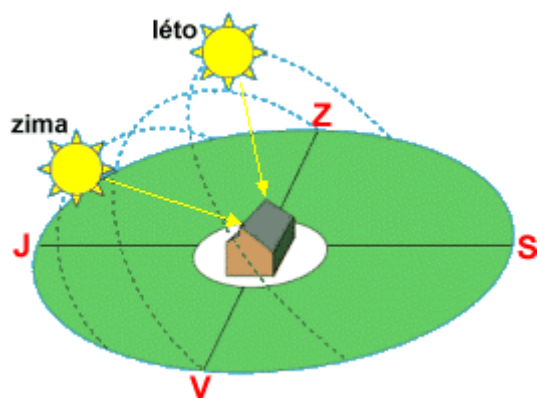


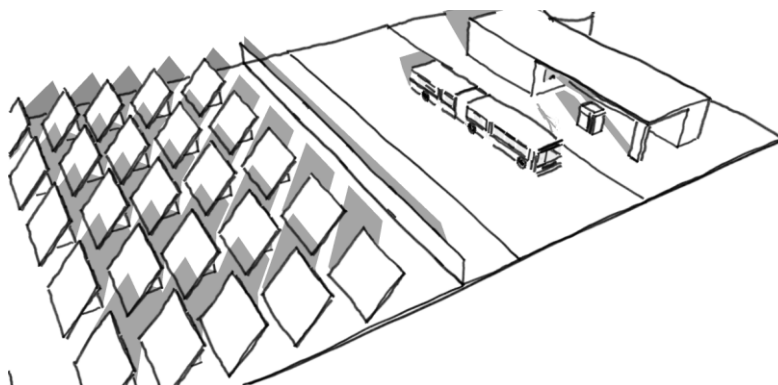
Schéma dopadu slunečního záření



Elektrovoltaické články v praxi

Závěr

Cílem mého projektu je podpořit ekologickou městskou dopravu, kde budou naftové autobusy vystřídány elektrobuses nabíjenými ve speciálních nabíjecích stanicích velkou většinou pomocí elektrovoltaických článků a kde by při tom nebylo ničeno životní prostředí.



Pohled na nabíjecí stanici