



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Mobilní nabíječka elektrokol

William Nobilis, Samuel Mlýnek

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola, Kladno
Jana Palacha 1840, Kladno

Autoři (jméno, kontakt): Nobilis William, 728603242
Mlýnek Samuel, 605388830
Název projektu: Mobilní nabíječka elektrokol
Kategorie projektu: Enersol a praxe
Škola: SPŠ a VOŠ Kladno, Jana Palacha 1840, 272 01 Kladno
Obor, ročník studia: Elektronické počítačové systémy, 2. ročník
Vedoucí práce, koordinátor: Ing. Jaroslav Mlejnek
Spolupracující firma: Prokyber s.r.o.
Poradce: Bc. Ján Hýbl
Počet stran: 15
Školní rok: 2023/24

Anotace:

V této práci jsou popsány a sestrojeny dva typy mobilních nabíječek do elektrokol. První typ používá Li-ion nabíjecí akumulátor 20V/4Ah do AKU nářadí ve spojení se step up napájecím měničem. V druhém typu je použit námi zhotovený Li-ion akumulátor 20 V s kapacitou 7 Ah a elektrickou ochranou před zničením. Projekt řeší prodloužení použitelnosti baterií do elektrokol s již velmi malou kapacitou v Ah a nabízí cenové srovnání koupi nové elektrobaterie nebo použití mobilní nabíječky.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsme svou práci vypracovali samostatně a použili jsme pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu zdrojů. Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžního projektu jsou shodné. Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Kladně dne: 3.1.2024Podpis: Nobilis William

Mlýnek Samuel

Vyjádření spolupracující firmy:

Žáci nás oslovili se zajímavým nápadem, jak ušetřit finance a prodloužit životnost akumulátoru. Z technického hlediska je projekt realizovatelný a z ekonomického hlediska je zřejmá úspora nákladů při prodloužení životnosti akumulátorů. Dále má prodloužená životnost příznivý ekologický dopad a akumulátory jsou označeny za odpad při nižší úrovni vybití. Samotný záložní akumulátor má delší životnost díky šetrnějšímu nabíjení, vybíjení.

Obsah

1) Úvod:	4
2) Od nápadu k realizaci	4
3) Trocha teorie	5
3.1. Princip nabíjení lithiového akumulátoru	5
3.2. Používání Li-ion akumulátorů v praxi	5
4) Mobilní nabíječka – 1.typ	6
4.1. Komponenty	6
4.2. Měřicí pracoviště mobilního nabíjení	7
4.3. Parametry	7
4.4. Montáž nastavení.....	8
4.5. Mobilní nabíjení v praxi	8
4.6. Test dojezdu v km	9
5) Mobilní nabíječka 2.typu	9
5.1. Účel zhotovení.....	9
5.2. Komponenty nabíječky	10
5.3. Měřicí pracoviště mobilního nabíjení	10
5.4. Nabíjecí baterie s Li-ion články 18650, 3,5Ah	10
5.5. Sestava a montáž baterie s Li-ion články	11
5.6. Zátěžový test baterie s Li-ion články	11
5.6.1. Test ochrany proti přebíjení a podbití Li-ion článků.....	11
5.6.2. Měření kapacity v Ah	12
6) Cenový rozbor	13
6.1. Cena jednotlivých komponentů-nabíječka 1.typu	13
6.2. Cena jednotlivých komponentů-nabíječka 2. typu	13
6.3. Cenové srovnání nabíječek 1. a 2. typu.....	13
6.4. Cenové srovnání použití nabíječky 1. typu s koupi nové baterie.....	14
7) Co nám tato práce dala	14
8) Co je potřeba dokončit.....	14
9) Spolupráce s firmou Prokyber.....	14
10) Závěr.....	15
11) Literatura.....	15

1) Úvod:

Naše práce se zabývá zhotovením levné, lehké a spolehlivé mobilní nabíječky do elektrokol. Mnoho uživatelů elektrokol má již kapacitu baterie na hranici použitelnosti a řeší problém koupě nové baterie, nebo repase původní. Cenově to vychází od 12 000 Kč výše.

Naše nabíječka se používá k mobilnímu nabití baterie během cesty. Cena zhotovení naší nabíječky dosahuje maximálně 12 % ceny nové baterie. Hlavním účelem je prodloužit *využitelnost* původní baterie a také prodloužit *životnost* (počet nabíjecích cyklů) běžných provozu schopných baterií.

2) Od nápadu k realizaci

Náš nápad navrhnout a sestavit mobilní nabíječku do elektrokola vznikl po jednom společném cyklu výletě loni na podzim. Na cyklotrase z Jinců do Příbrami se jednomu členovi z našeho kolektivu vybil akumulátor do elektrokola. Stalo se to uprostřed lesa pod táhlým kopcem před Příbramí. Následoval otravný pěší téměř 3km výstup s elektrokolem na vrchol a následný sjezd do Příbrami místy kombinovaný táhnutím elektrokola v nerovném terénu. Po návratu z výletu byl akumulátor nabit a vybitím přes umělou zátěž byla změřena jeho stávající kapacita. Naměřená hodnota 3,01Ah dosahovala přibližně 22 % původní celkové kapacity 14Ah. Tedy akumulátor již na hranici použitelnosti. První možnost, která nás napadla, byla koupě nového akumulátoru, cena kolem 13 000 Kč. Druhou možností byla repase stávajícího akumulátoru. Kontaktovali jsme několik cyklo servisů. Ceny repase se pohybovaly od 9 000 Kč do 12 000 Kč a byly dlouhé dodací lhůty. Další možnost repase udělat sami narážela na nutnost použít pro propojení jednotlivých článků bodovací techniku a také nemožnost umístění externí „hlídací“ elektroniky do stávajícího pouzdra.

Začali jsme se tedy zabývat myšlenkou, zda ještě využít stávající akumulátor za pomoci mobilního dobíjení.

V naší práci jsou popsány dva typy mobilního dobíjení. První typ již hotový a v praxi používaný a druhý inovovaný typ ve stádiu realizace.

3) Trocha teorie

3.1. Princip nabíjení lithiového akumulátoru

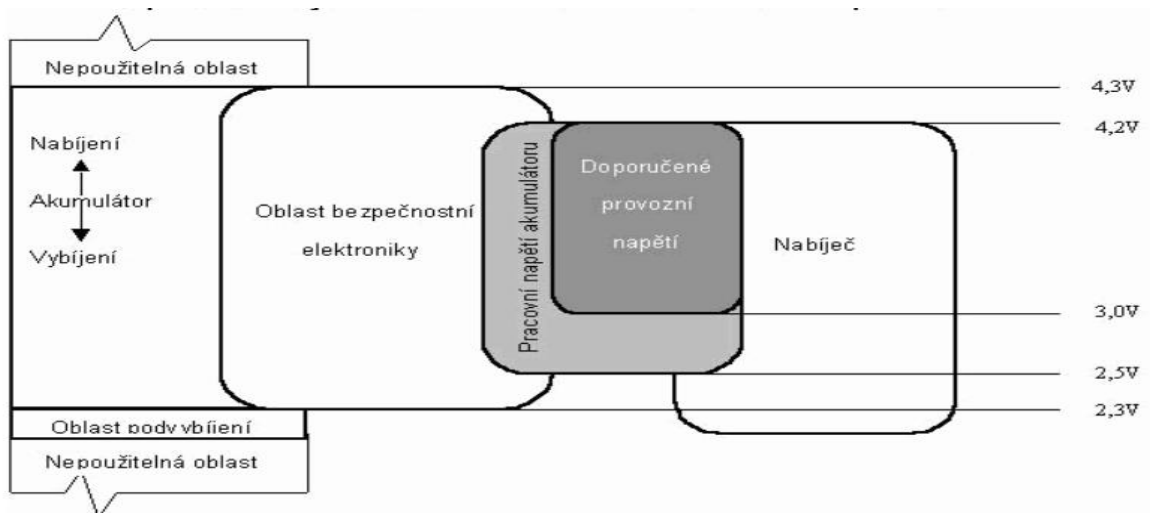
Záporná elektroda lithium-iontového akumulátoru je grafitový krystal a kladná elektroda je obecně oxid lithia. Při procesu nabíjení lithiové ionty putují od kladné elektrody ke grafitovému povrchu záporné elektrody. Při vybíjení ionty lithia oddělují od povrchu grafitového krystalu záporné elektrody a přesouvají se ke kladné elektrodě. Během procesu nabíjení a vybíjení akumulátoru je lithium vždy přítomno ve formě iontů lithia, nikoli ve formě kovového lithia. Proto se tento akumulátor nazývá Lithium-iontový.

3.2. Používání Li-ion akumulátorů v praxi

Nejprve si je třeba uvědomit, že i když je na jednotlivých Li-Ion akumulátorech napsané jmenovité napětí 3,6 V a rozměrově jsou shodné (typ 18650), není možné je vždy v aplikacích zaměňovat. Celý problém spočívá v tom, že výrobci používají různé druhy elektrod i elektrolytů a pracovní rozpětí napětí je různé. Konečné nabíjecí napětí se pohybuje od 4,0 V do 4,3 V, objevují se však Li-ion akumulátory, které potřebují k plnému nabití 4,5 V. Podobně je tomu i u konečného vybíjecího napětí, kde se hodnoty pohybují od 2,5 do 3,0 V. Proto je třeba při konstrukci nových zařízení znát katalogové údaje výrobce daného typu lithiového akumulátoru. Tyto hodnoty nenajdete totiž ani v normě pro lithiové akumulátory [ČSN EN 61960 ed.2](#). Překročením předepsaných mezních hodnot, byť by se jednalo o pouhé desetiny či setiny voltu, dochází k rozpadu elektrod, a tím i k úplnému znehodnocení akumulátoru. Nejčastěji se na našem trhu objevují lithiové akumulátory s kobaltovou kladnou elektrodou s rozsahem konečného nabíjecí napětí 4,2V a vybíjecího napětí do 2,5V.

Také je třeba rozlišit *pracovním napětí* Li-Ionového akumulátoru a *doporučené provozní napětí*. Pracovní napětí slouží k zjišťování jmenovité kapacity, ale doporučené provozní napětí je rozsah, kdy akumulátor dosahuje daleko větší životnosti. Pokud máme akumulátor s pracovním napětím 2,5–4,2 V, pak je schopen v tomto režimu dát přibližně 500 cyklů. Ale pokud je vybíjení ukončeno na 3,0 V, pak se jeho životnost pohybuje už i přes 1500 cyklů.

Do oblasti bezpečnostní elektroniky, kam spadá hlídání konečného nabíjecího a vybíjecího napětí, je zařazen ochranný prvek tzv. *balancér*, který udržuje rovnováhu napětí mezi jednotlivými články v sériovém zapojení.

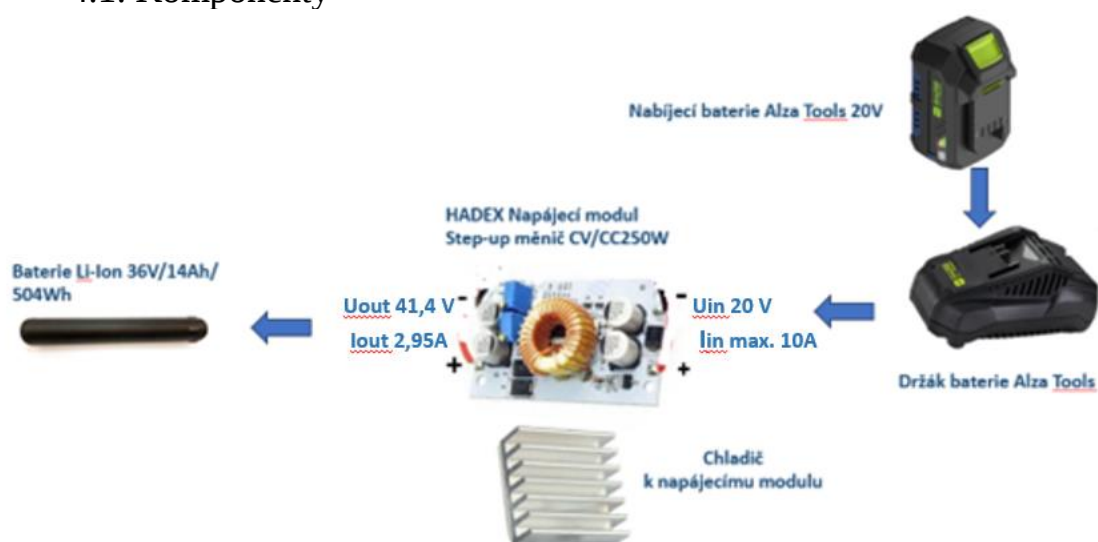


Obr. 1 Napěťové rozsahy Li-Ion akumulátoru a jeho příslušenství

Použit materiál z odkazu: <https://www.battex.cz/pouzivani-li-ion-akumulatoru-v-praxi-x31398>

4) Mobilní nabíječka – 1.typ

4.1. Komponenty



Obr. 2 Mobilní nabíječka 1.typ, jednotlivé komponenty

4.2. Měřicí pracoviště mobilního nabíjení



Obr. 3 Mobilní nabíječka 1. typ, měřicí pracoviště mobilního nabíjení

4.3. Parametry

Nabíjecí baterie Alza Tools 20 V

Parametry:

- druh akumulátor Li-ion, 2Ah
- celková kapacita 4 Ah
- napětí 20 V
- integovaná ochrana proti podbití a přebití baterie
- integovaná ochrana jednotlivých článků balancérem

Držák nabíjecí baterie Alza Tools

Byl použit kryt nabíječky Alza Tools ve funkci držáku dobíjecí baterie a také jako kryt pro napájecí modul Step-up měnič

Hadex Napájecí modul Step-up měnič CV/CC 400 W

Parametry-vstupní napětí 8,5–50 V-vstupní proud max.12 A

- výstupní napětí 12–60 V nastavitelné
- výstupní výkon max. 400 W

-ochrana proti zkratu a přepólování

-účinnost 96%

Chladič k napájecímu modulu

Hliníkový chladič, žebrovaný, rozměrově přizpůsobený rozměru DPS napájecího modulu

Testovaná baterie Li-Ion 36 V/14Ah/ 504Wh

Součást elektrokola Auto Kelly City 28

Stávající **kapacita baterie 3,1Ah**, změřeno přes umělou zátěž, **stav v září 2023**

4.4. Montáž, nastavení

Na napájecí modul step-up jsme připevnili hliníkový chladič a celou sestavu umístili do pouzdra od nabíječky Alza Tools. Dále jsme nastavili napěťový a proudový výstup napěťového modulu pomocí dvou potenciometrů integrovaných na desce DPS napájecího modulu step up. Napěťový výstup jsme nastavili na 41,5 V a proudový výstup přes odporovou zátěž na 2,95 A. Tedy přesně na hodnoty, které jsme naměřili při nabíjení Li-Ion cyklo baterie s originální síťovou nabíječkou. Nakonec jsme připojili na výstup napájecího modulu kabel s příslušným nabíjecím konektorem.

4.5. Mobilní nabíjení v praxi

Mobilní nabíječka byla použita pro dobíjení baterie Panasonic 36V/14Ah/504Wh elektrokola Auto Kelly City 28 zakoupeného v roce 2019. Po 3 letech používání a najetí 2900 km nastal pokles kapacity baterie z 14 Ah na 3,1 Ah, stav v září 2022. V listopadu 2022 začalo používání mobilního nabíjení baterie výše popsanou a sestrojenou nabíječkou 1.typu. Doba nabíjení baterie proudem 2,95A byla 55 min. V následujícím testu jsou vyznačeny dojezdy v km bez použití dobíjení na trase a s využitím mobilního dobíjení a také změření kapacity baterie v Ah na počátku testování a na konci testování

4.6. Test dojezdu v km

Test proběhl v období listopad 2022 - listopad 2023, najeto 720 km

Test dojezdu v km: **bez použití mobilního dobíjení na trati- max. 24 km, 12*km**

s využitím mobilního dobíjení na trati 1x na trase- max.42 km, 22*km

* dojezdy v terénu s celkovým převýšením do 500 m

Kapacita baterie: **3,1Ah, stav listopad 2022**

2,6Ah, stav listopad 2023

Nutno však vzít v úvahu, že na délku dojezdu a malý pokles baterie v Ah měla také vliv kvalita jízdy. Při jízdách byl většinou zařazen tzv. měkký převod mezi středovým talířem a zadním ozubeným pastorkem elektrokola.

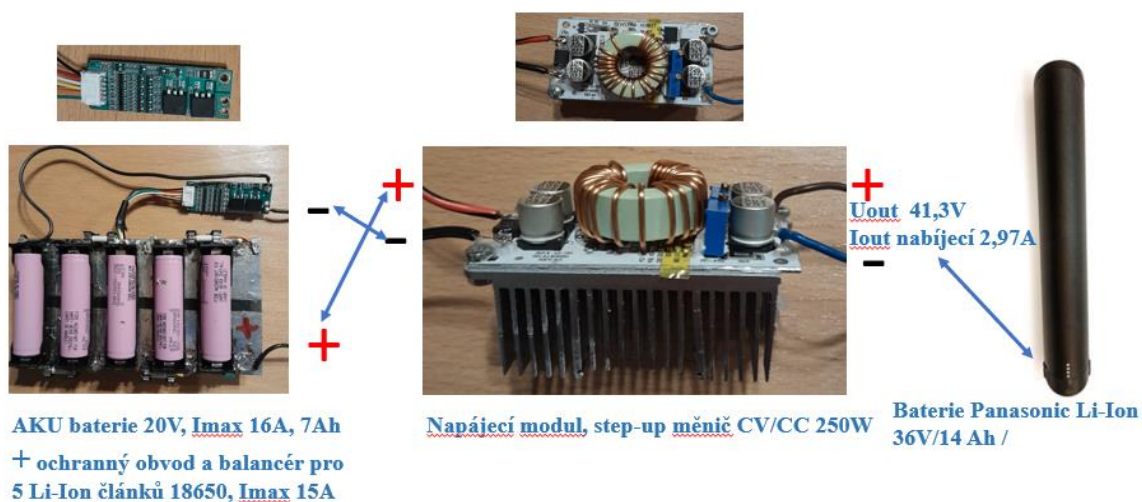
5) Mobilní nabíječka 2.typu

5.1. Účel zhotovení

Během posledního roku poklesly ceny jednotlivých Li-ion článků ze 170 Kč na současných 92 Kč. **Cena nové baterie se však stále pohybuje od 12 000 Kč do 13 000 Kč!**

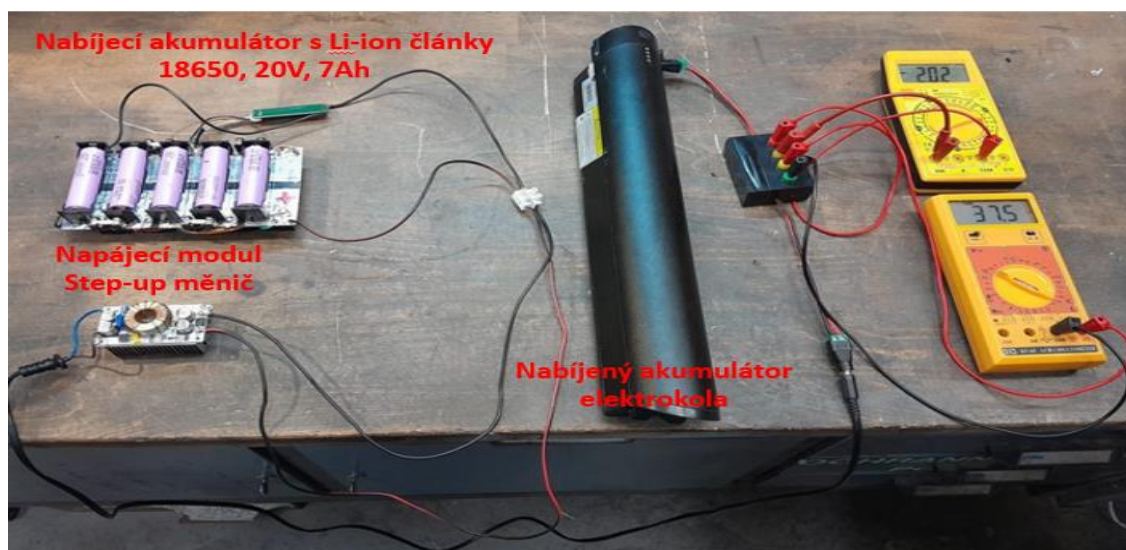
Vzhledem k poklesu cen Li-ion článků jsme se rozhodli k vlastní realizaci nabíjecího akumulátoru s kapacitou 7Ah. **Cílem realizace je prodloužit dojezdovou vzdálenost a také zjistit, zda stávající kapacita baterie 2,6Ah je ještě v praxi použitelná.**

5.2. Komponenty nabíječky



Obr. 4 Jednotlivé komponenty nabíječky

5.3. Měřicí pracoviště mobilního nabíjení



Obr. 5 Měřicí pracoviště mobilního nabíjení s nabíjecí baterií s Li-ion články a step-up měničem

5.4. Nabíjecí baterie s Li-ion články 18650, 3,5Ah

Parametry:

- 1 článek-akumulátor Li-ion, 3,5Ah
- počet článků 10 v sérioparalelním zapojení
- celková kapacita 7Ah

- napětí 20 V
- externí ochrana proti podbití a přebití baterie
- externí ochrana jednotlivých článků balancérem

5.5. Sestava a montáž baterie s Li-ion články

V sestavě je použito deset pouzder na Li-ion články v sérioparalelním zapojení. 2 větve v paralelním zapojení a v každé větvi je 5 článků v sériovém zapojení. Jednotlivá pouzdra jsou připájena na dvouvrstvé DPS desce. Na jednotlivé články je připojen balancér, navíc s ochranou proti podbití nebo přebití článků.



Obr. 6 Sestava nabíjecí baterie s Li-ion články a ochranným obvodem s balancérem

5.6. Zátěžový test baterie s Li-ion články

5.6.1. Test ochrany proti přebití a podbití Li-ion článků

Proběhl test zátěžovým proudem 2,95A při nabíjení i při vybíjení přes odporovou zátěž. Nabíjení skončeno při napětí 4,1V, vybíjení skončeno při napětí 2,5V na článek, vše v souladu s technickými parametry. Kontrolou „vybalancováním“ jednotlivých článků byl rozdíl napětí na jednotlivých článcích menší než 0,05V.

5.6.2. Měření kapacity v Ah

Pro přesné měření kapacity je potřeba umělá zátěž s údaji v Ah a ve Wh.

V současné době nemáme umělou zátěž k dispozici a měření bude provedeno později.

6) Cenový rozbor

6.1. Cena jednotlivých komponentů-nabíječka 1.typu

1 ks. Nabíjecí AKU baterie Alza Tools 20 V/4Ah	999 Kč
1 ks. Nabíječka AKU baterií Alza Tools	299 Kč
1 ks. Napájecí modul, step-up měnič, CV/CC, 400 W	175 Kč
1 ks. Chladič	65Kč
2 ks. Napájecí konektory	42Kč
1 m Napájecí kabel	12 Kč
Celkem	1592Kč

6.2. Cena jednotlivých komponentů-nabíječka 2. typu

1ks. Ochranný obvod a balancér pro 5 Li-ion článků 18650, proud do 15A	110 Kč
1ks. Napájecí modul, step-up měnič, CV/CC, 600 W	295 Kč
10ks. Li-ion baterie Samsung 3,6V/3,5Ah	920 Kč
10ks. Pouzdra na Li ion články 18650	148 Kč
1ks. Deska DPS	86 Kč
1ks. Zhotovení krytu na 3D tiskárně	60 Kč
2ks. Napájecí konektory	42 Kč
1 m Napájecí kabel	12 Kč
Celkem	1 673 Kč

6.3. Cenové srovnání nabíječek 1. a 2. typu

Náklady na zhotovení nabíječek 1.typu a 2.typu jsou téměř stejné. V čem je rozdíl? **Nabíječka 2.typu má o 3Ah větší kapacitu a nabízí tedy větší dojezd.** Jak velký dojezd, to ukáže test stávající baterie elektrokola Auto Kelly City 28 při dalších cyklovýletech.

6.4. Cenové srovnání použití nabíječky 1. typu s koupí nové baterie

První možnost je koupě nové baterie 36 V/14Ah/504Wh/ v ceně min. 12 000 Kč.

Druhou možností je používání mobilního dobíjení během cesty. **Mobilním dobíjením jsme prodloužili použitelnost baterie o jeden rok**, celkem tedy na čtyři roky. Každý rok jízdy na elektrokole nás stál z ceny baterií 3 000 Kč. **Odečtením nákladů na jednotlivé komponenty nabíječky 1. typu dostaneme ušetřenou částku $3\,000 - 1\,592 = 1\,408$ Kč.**

Není to sice moc, ale **zůstala nám okamžitá investice $12\,000\text{ Kč} - 1\,592\text{ Kč} = 10\,408\text{ Kč}$** k použití, například k zakoupení poukazu na dovolenou.

7) Co nám tato práce dala

V praxi jsme si ověřili, že s několika nastavitelnými a na trhu dostupnými komponenty lze sestavit levnou mobilní nabíječku baterií do elektrokol a průběžným nabíjením na trati lze **prodloužit a) použitelnost** baterie s kapacitou téměř na odpis

b) životnost (počet nabíjecích cyklů) provozu schopné baterie (jednotlivé články baterie pracují v rozsahu *doporučených provozních napětí*)

8) Co je potřeba dokončit

Dokončit realizaci nabíječky 2. typu a v praxi ji použít.

9) Spolupráce s firmou Prokyber

Většina nastavení a měření komponentů našich mobilních nabíječek bylo prováděna na firmě Prokyber.

Seznámili jsme se s činností step up napájecími měniči a jejich nastavením ve spojení s Li-ion akumulátorem. Velmi děkujeme za užitečné a praktické rady Bc. Hýblovi.

Ve spolupráci bychom chtěli dále pokračovat na našem dobíjecím akumulátoru.



Obr. 7 Firma Prokyber, Bc. Hýbl a celý cyklo team včetně autorů tohoto projektu



Obr.8 Autoři tohoto projektu od leva Mlýnek, Nobilis

10) Závěr

Cílem této práce je oslovit řadu cykloturistů s elektrokolem, kteří jsou postaveni před problémem, zda koupit novou či repasovat původní baterii s již hodně malou kapacitou. Naše práce nabízí realizaci mobilní nabíječky sestavené na trhu z dostupných a snadno nastavitelných dílů a použitím mobilního nabíjení využít alespoň na nějakou dobu již téměř odepsanou původní baterii.

11) Literatura

<https://vyvoj.hw.cz/aktivni-balancer-baterii.html>

http://www.ben.cz/_d/obsah/121085o.pdf

<https://www.hadex.cz/m402e-ochranny-obvod-a-balancer-pro-5-li-ion-clanku-18650-proud-do-15a/>

<https://www.hadex.cz/m400-napajeci-modul-step-up-menic-cvcc-250w/>

<http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/li-akumulatory/pouzivani-li-ion-akumulatoru-v-praxi>