



Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky

Testování a použití elektrických akumulátorů energie

Jindřich Sadil, Martin Leso
6.6.2013

- Pracoviště pro testování elektrických akumulátorů energie
 - Důvody pro testování
 - Rozsah testování
 - Popis pracoviště
 - Parametry testování
 - HW a SW řešení pracoviště
 - Vybrané výsledky testování
 - Plán rozvoje



Důvody testování



- Na akumulátoru energie závisí zásadně parametry elektrických vozidel (především BEV, ale také HEV) co se týče
 - trakčních vlastností,
 - provozních vlastností a
 - investičních a **provozních** nákladů.



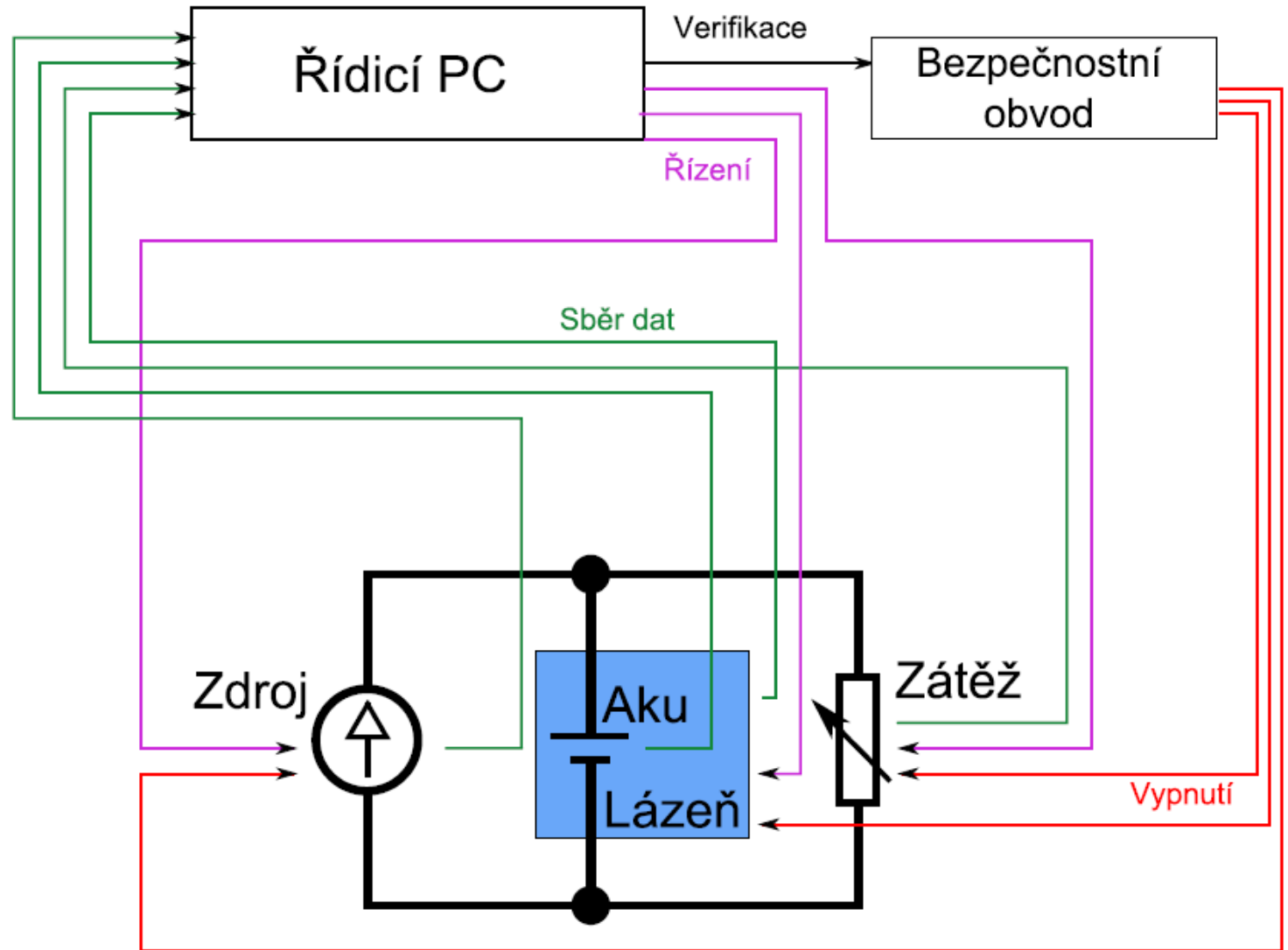
Rozsah testování

Testování elektrických akumulátorů energie:

- Měřené charakteristiky
 - krátkodobé (vybíjení a nabíjení),
 - dlouhodobé (cyklická životnost při různých provozních podmínkách).
- Možné typy testovaných elektrických akumulátorů
 - elektrochemické články nebo baterie
 - superkapacitory
- Bezpečnostní opatření při testování akumulátorů
 - dodržení provozních napětí daných výrobcem,
 - dodržení nabíjecích a vybíjecích proudů daných výrobcem,
 - vypnutí měření při případném překročení nastavené teploty
 - nezávislý obvod kontrolující funkci SW



Popis pracoviště – principiální schéma



Popis pracoviště - fotografie



Parametry testování

Obecné parametry

- Vzorkovací perioda T_S (s) pro pořízení a ukládání dat.
- Maximální povolená teplota ϑ_{Max} (°C).

Parametry vybíjení

- Teplota při vybíjení ϑ_{Dis} (°C).
- Vybíjecí proud I_{Dis} (A).
- Minimální napětí akumulátoru U_{Min} (V).
- Hloubka vybíjení DOD (%).
- Časová prodleva po vybití TD_{Dis} (s).

Parametry nabíjení

- Teplota při nabíjení ϑ_{Ch} (°C).
- Nabíjecí proud I_{Ch} (A).
- Maximální napětí akumulátoru U_{Max} (V).
- Minimální nabíjecí proud I_{ChMin} (A).
- Časová prodleva po nabití TD_{Ch} (s).

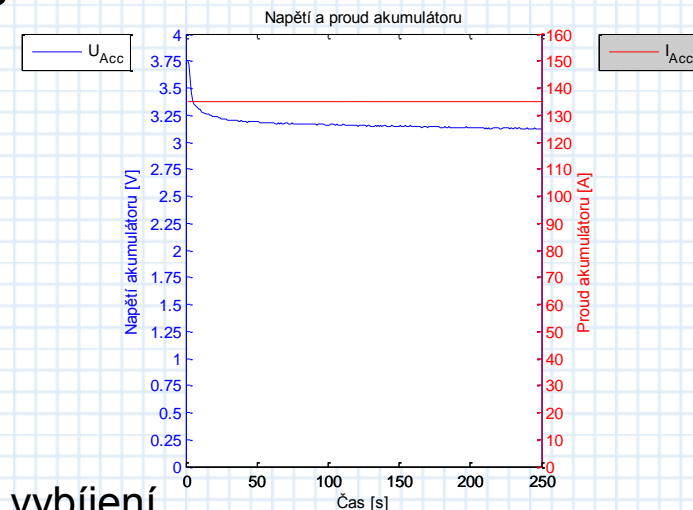
***Na pracovišti je možné naprogramovat různá schémata testování.
Následuje popis cyklického testování s průběžnými testy kapacity.***



Popis 1 dílčího cyklu – 1) vybíjení

1) Vybíjení

- Vybíjení nastaveným proudem I_{Dis} .
- Do příslušných datových souborů se s nastavenou periodou T_S ukládají následující měřené/dopočítané veličiny:
 - teplota,
 - napětí akumulátoru,
 - vybíjecí proud akumulátoru,
 - výkon při vybíjení,
 - celková vybitá energie.
- Vybíjení se ukončí, pokud
 - je dosažena nastavená hloubka vybíjení DOD , nebo
 - je dosaženo minimální napětí akumulátoru U_{Min} , nebo
 - je překročena maximální povolená teplota ϑ_{Max} .



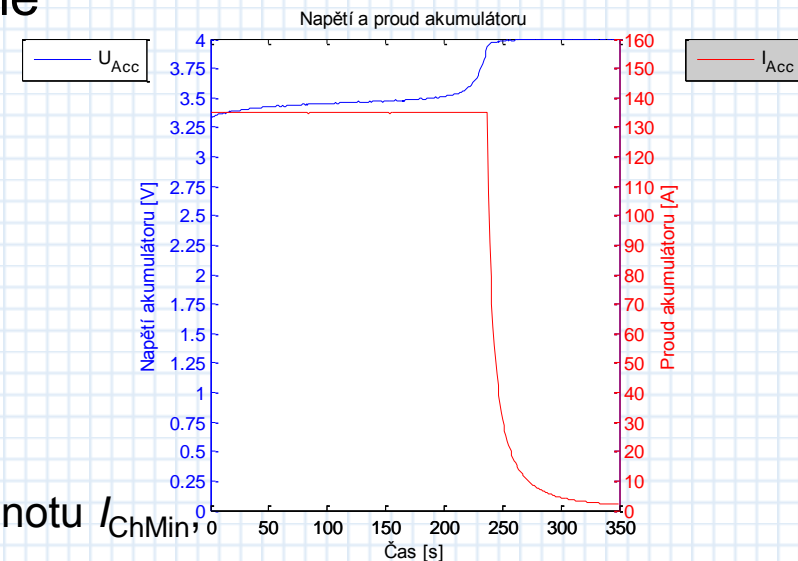
Popis 1 dílčího cyklu – 2) nabíjení

2) Nabíjení

- Nabíjení nastaveným proudem I_{Ch} .
- Do příslušných datových souborů se s nastavenou periodou T_S ukládají následující měřené/dopočítané veličiny:

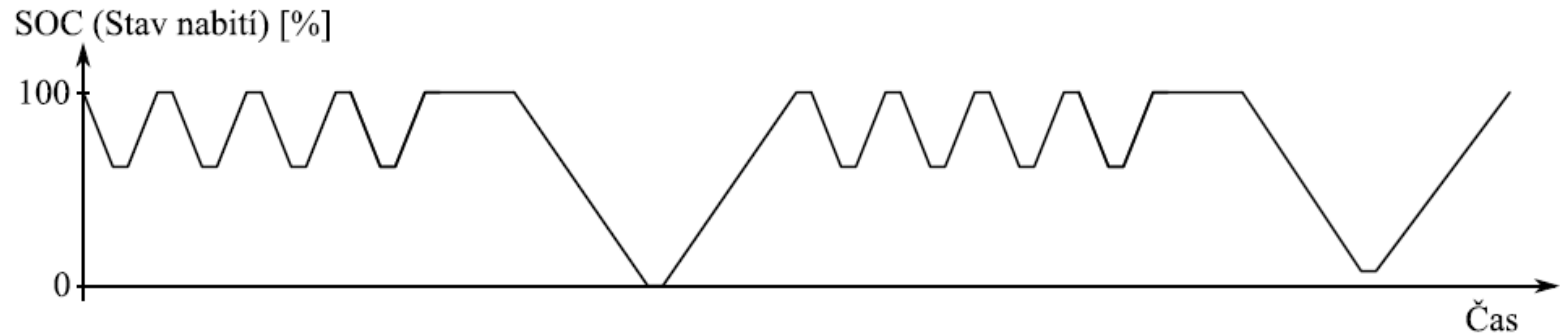
- teplota,
- napětí akumulátoru,
- nabíjecí proud akumulátoru,
- výkon při nabíjení,
- celková nabitá energie.

- Nabíjení je ukončeno, pokud
 - nabíjecí proud klesne pod hodnotu I_{ChMin} nebo
 - je dosaženo maximální napětí akumulátoru, nebo
 - je překročena maximální povolená teplota ϑ_{Max} .



Popis dlouhodobého testování

Proběhne nastavený počet **metacyklů**.



1 **metacyklus** sestává z:

- nastaveného počtu výše popsaných dílčích cyklů.
- jednoho testu kapacity akumulátoru
 - plné vybití do minimálního napětí akumulátoru U_{Min} .
- V příslušných datových souborech se ukládají měřené/vypočtené hodnoty po celou dobu testování



Použitý HW – nejdůležitější přístroje

- Programovatelný zdroj A6KW (PCE Powercontrol).

- zdroj napětí max. 20 V, 300 A, 6000 W.



- Programovatelná zátěž EL-9080-400 (Elektroautomatik).

- elektronická zátěž max. 80 V, 400 A, 4800 W.



- Programovatelný oběhový termostat F33-ME (JULABO).

- lázeň s teplotním rozsahem -30 až +200 °C (topení i chlazení).



- 16-bitová karta DAQ 6036E (National Instruments).

- měření napětí akumulátoru,
- vyhodnocení měření teploty pomocí senzoru SMT 160,
- generování verifikačního signálu pro bezpečnostní obvod



SW řešení

- SW Labview je použit pro komplexní ovládání testování, mimo jiné
 - zadávání parametrů testování, ovládání přístrojů,
 - pořizování a předzpracování dat, správa datových souborů

Tlačítko: Spuštění měření

Nyní je měření spuštěno

Po zmáčknutí tohoto tlačítka:

- měření se nespustí
- běžící měření se přeruší (doběhne 1 cyklus)

Indikatory, pocitadla

Soucasny stav

prodleva vybijeni -> nabijeni normalni

predpokladany konec mereni

29.5.2013
14:10:16

Pocitadlo cyklu

2

Pocitadlo metacyklu

0

Vsechny komponenty OK?



A6KW 20-300



EL 9080-400



Mereni teploty



Mereni napeti



Julabo F33-ME

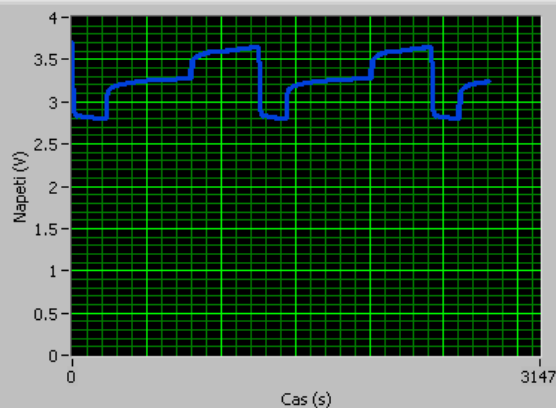


Aktualni merene hodnoty

napeti baterie (V)

3.236

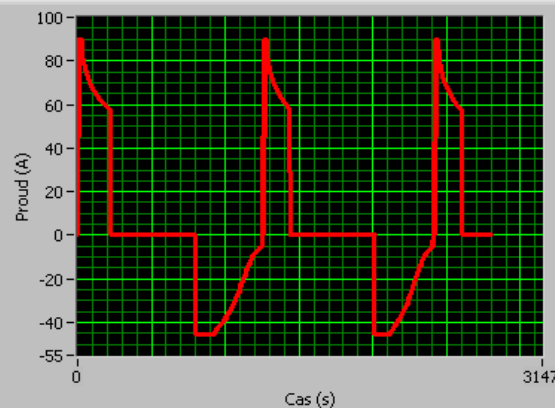
Prubeh napeti



proud baterie (A)

0

Prubeh proudu



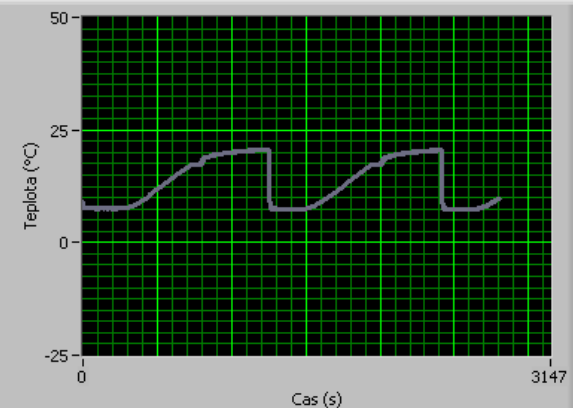
teplota lazne

8.04

teplota baterie (°C)

9.603

Prubeh teploty



Parametry dane vyrobcem

Minimalni napeti akumulatoru (V)

2.8

Kapacita baterie (Ah)

90

Maximalni napeti akumulatoru (V)

3.7

Jmenovite napeti akumulatoru (V)

3.2

Parametry dilciho testovani

Pocet cyklu

10

Hloubka vybijeni (%)

50

Proud vybijeni (A)

90

Proud nabijeni (A)

45

Napeti na baterii pri nabijeni (V)

3.65

Proud pro ukonzeni nabijeni (A)

5

Parametry celeho testovani

Pocet metacyklu
(cykly + 1x test kapacity)

3

Oznaceni akumulatoru (v nazvu souboru)

LF

Cislo baterie LF

3

Startovaci index pro .txt

17158

Nastaveni teplot

Teplota pri dilcim vybijeni

0

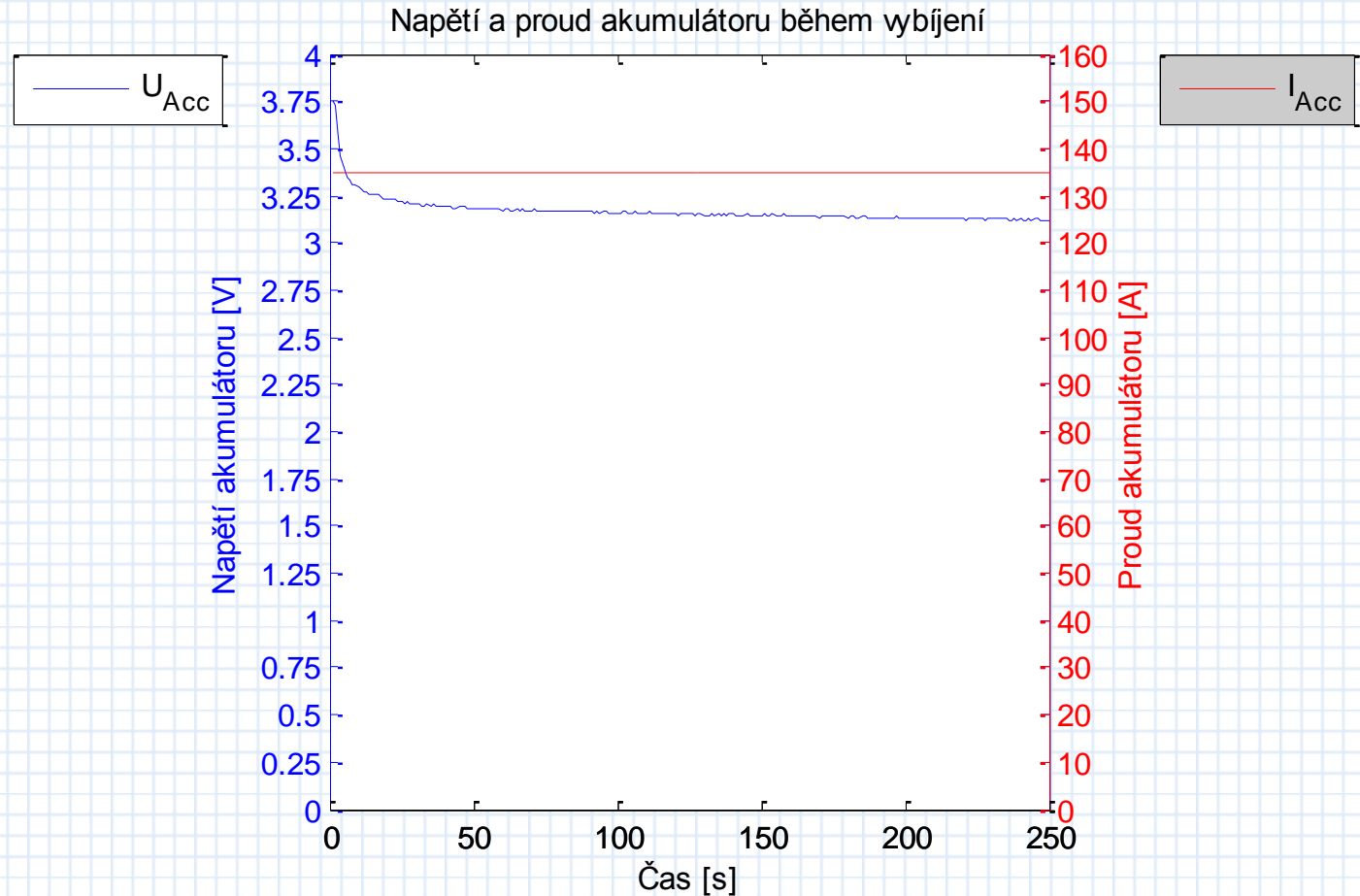
Teplota pri dilcim nabijeni

20

Výsledky testování

1) Vybíjení – napětí a proud

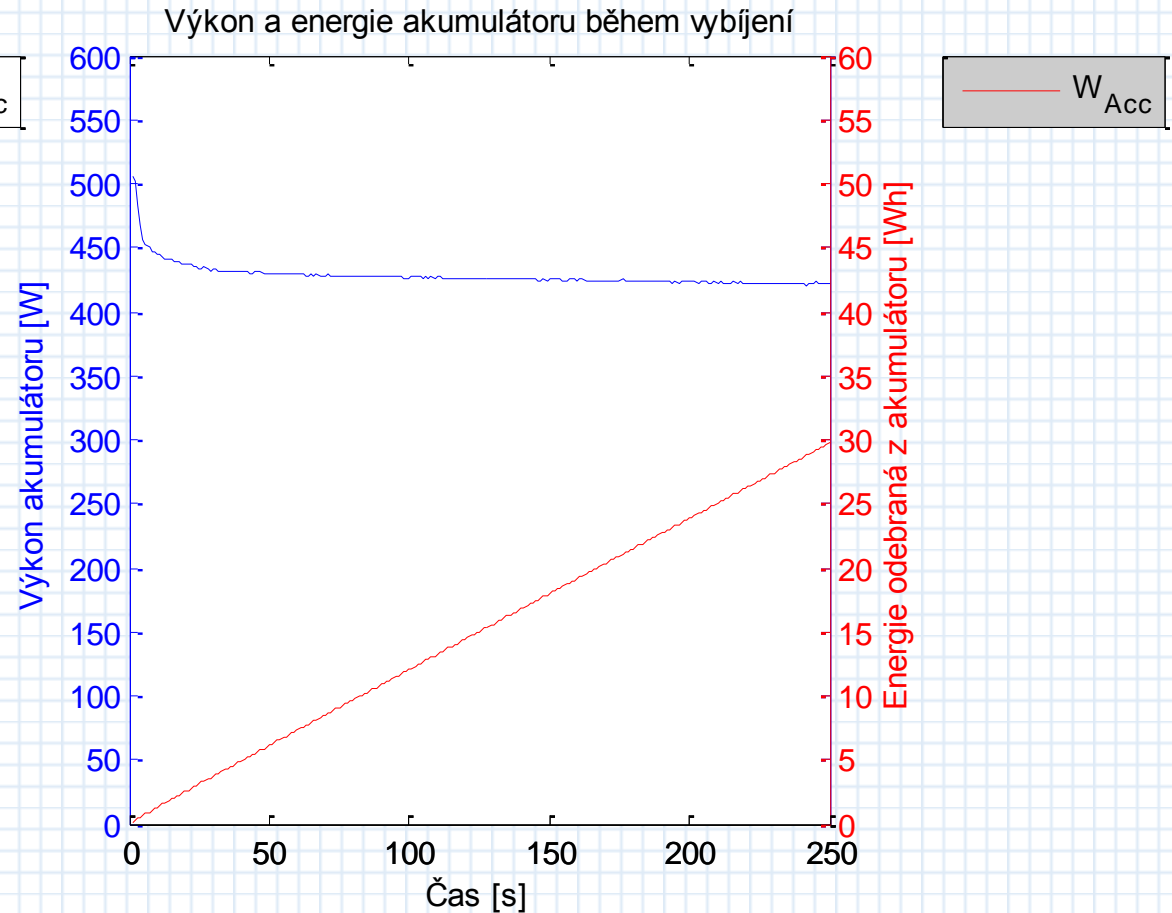
Napětí a proud během vybíjení akumulátoru 90 Ah LiFeYPO₄ po 13000 cyklech 10% hloubky vybíjení proudem 135 A.



Výsledky testování

1) Vybíjení – výkon a energie

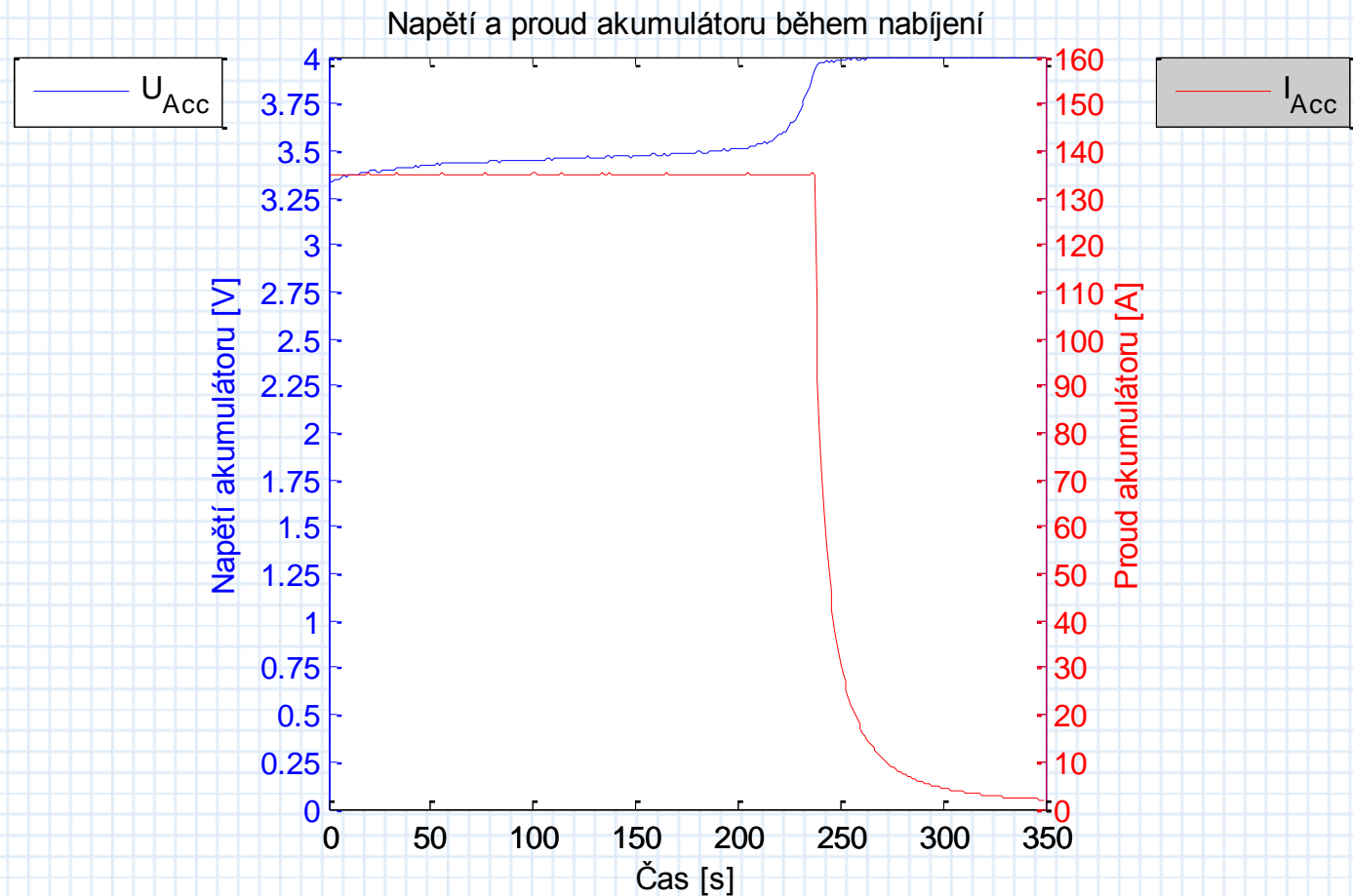
Výkon a energie během vybíjení akumulátoru 90 Ah LiFeYPO₄ po 13000 cyklech 10% hloubky proudem 135 A.



Výsledky testování

2) Nabíjení – napětí a proud

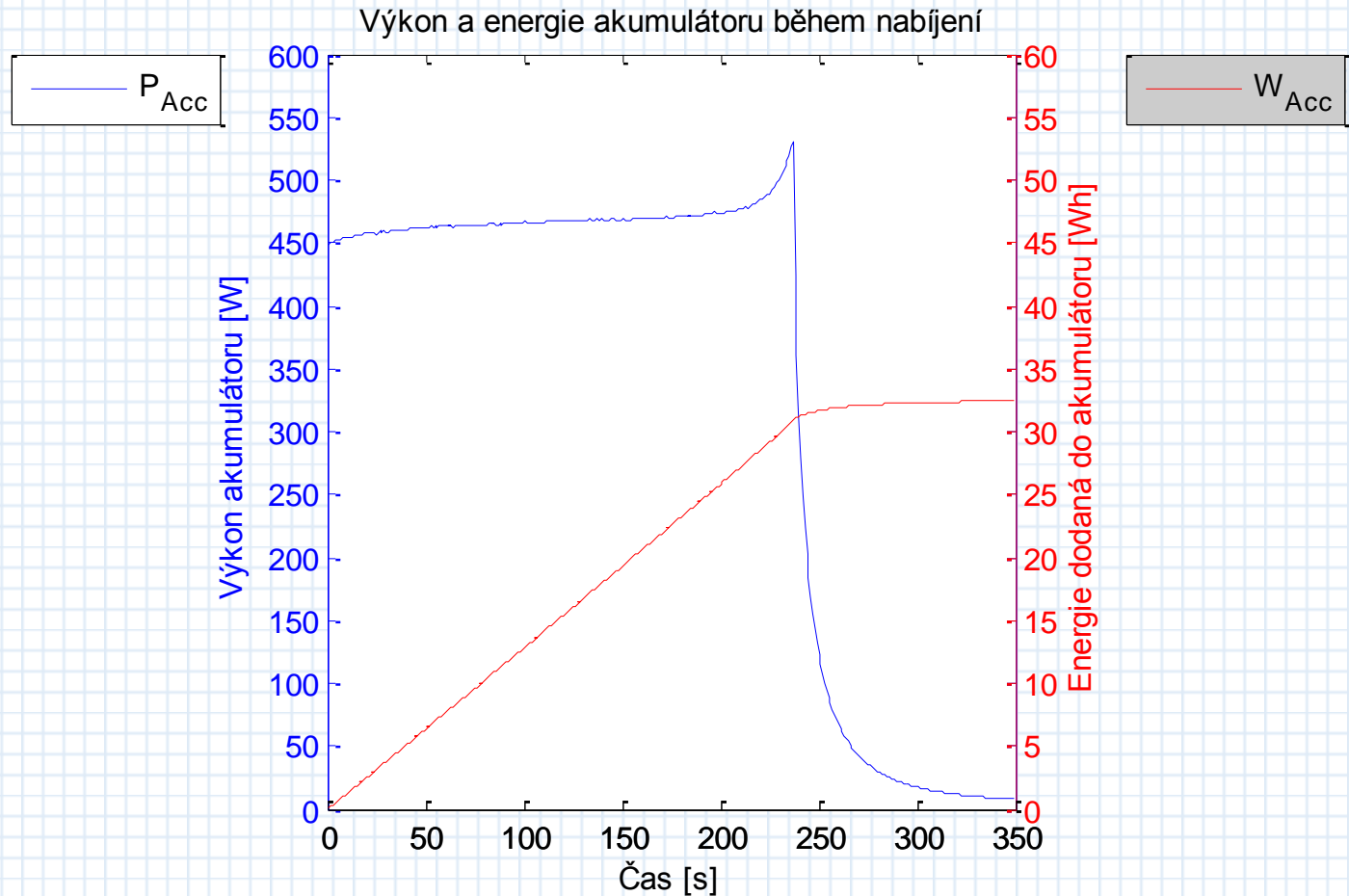
Napětí a proud během nabíjení akumulátoru 90 Ah LiFeYPO₄ po 13000 cyklech 10% hloubky proudem 135 A.



Výsledky testování

2) Nabíjení – výkon a energie

Výkon a energie během nabíjení akumulátoru 90 Ah LiFeYPO₄ po 13000 cyklech 10% hloubky proudem 135 A.



Výsledky testování

Shrnutí příkladu výsledků – akumulátor 90 Ah

LiFeYPO₄ po 13000 cyklech 10% hloubky proudem 135 A.

I [xC]	W_{out} [Wh]	W_{in} [Wh]	η* [%]
1,5	29,6	32,4	91,4

*** energetická účinnost nabíjení**



Jiný výsledek:

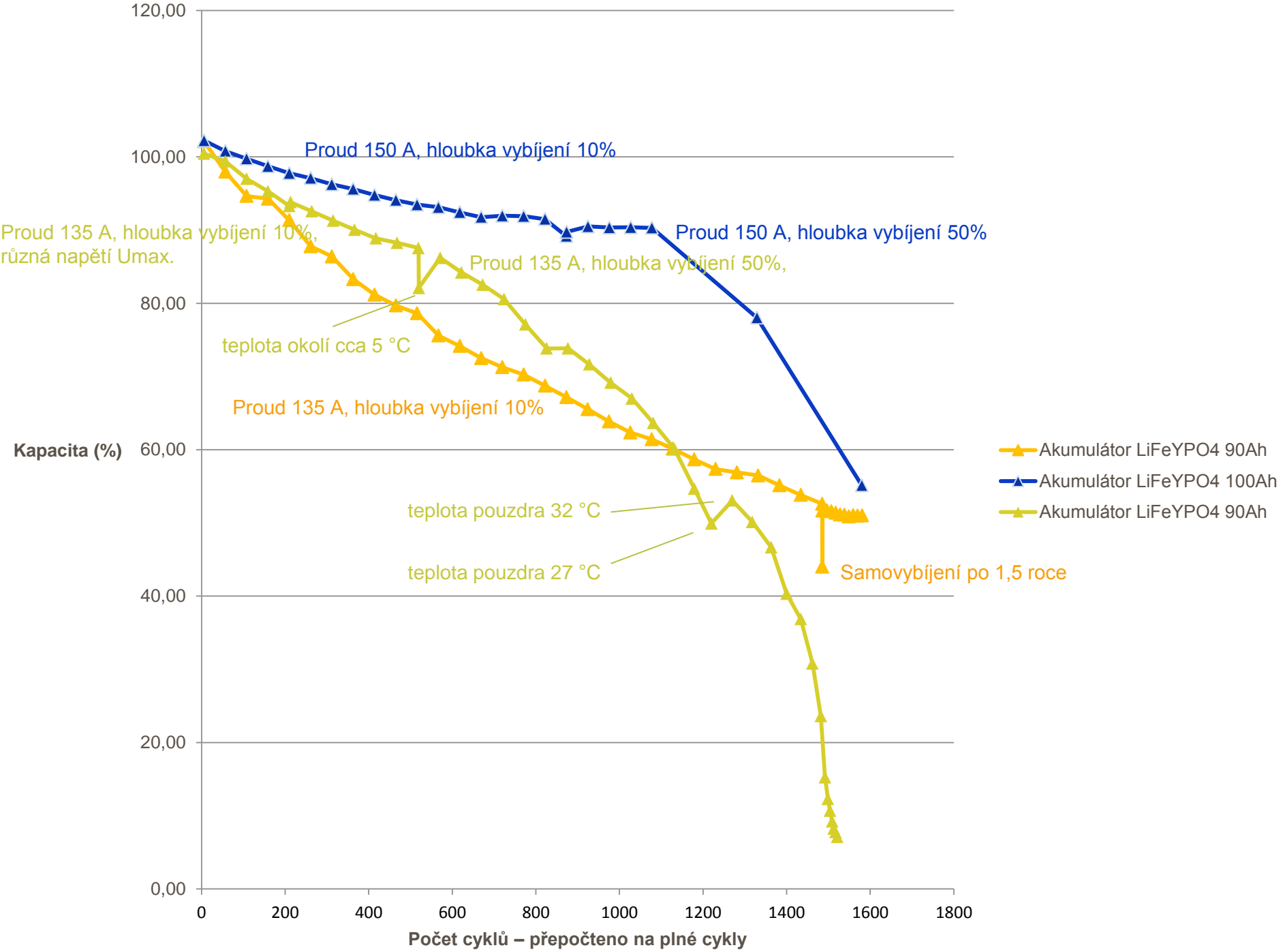
akumulátor 90 Ah

LiFeYPO₄ po cca 60

hlubokých cyklech

proudem 3C.





Výsledky testování

Cena za jednu uloženou kilowatthodinu:

Z výsledných kapacitních charakteristik (viz předchozí snímek) plyne pro akumulátor s oranžovou charakteristikou:

- kapacita po 465 plných cyklech je 80 % nominální kapacity
 - pokud v tuto chvíli akumulátor vyhodíme, zaplatili jsme za uložení a zpětnou dodávku 1 kWh elektrické energie **19 Kč!**
 - (pro akumulátor s modrou charakteristikou zaplatíme **9 Kč.**)
- kapacita po 1128 plných cyklech je 60 % nominální kapacity
 - pokud v tuto chvíli akumulátor vyhodíme, zaplatili jsme za uložení a zpětnou dodávku 1 kWh elektrické energie **8 Kč.**

pro akumulátor se žlutozelenou charakteristikou:

- kapacita po 1500 plných cyklech je 5 % nominální kapacity
 - pokud AŽ v tuto chvíli akumulátor vyhodíme, zaplatili jsme I TAK za uložení a zpětnou dodávku 1 kWh elektrické energie **5,50 Kč!**



Shrnutí, plán rozvoje

Pracoviště pro testování elektrických akumulátorů

- Od roku 2010 na Českém vysokém učení technickém v Praze,
 - Fakultě dopravní,
 - Ústavu řídicí techniky a telematiky (od r. 2013 Ústav dopravní telematiky)
- Možnost provádění krátkodobých i dlouhodobých testování,
- Elektrochemické akumulátory, superkapacitory
- Programovatelné cyklování akumulátorů.
- Od května 2013 programovatelné řízení teplot testování.

Další plány

- Vytvoření komplexního testování různých charakteristik akumulátorů (závislosti SOC, SOH, vnitřního odporu, teplot, při různých proudech atd.) s možností vydání „certifikátu akumulátoru“.

Děkujeme za pozornost!

Jindřich Sadil
Martin Leso
sadil@fd.cvut.cz
leso@fd.cvut.cz

