

Automatický testovací systém pro elektrochemické zdroje

Bc. Tomáš Tvaroužek
Katedra elektrotechnologie
Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze

Abstrakt

Článek pojednává o testování elektrochemických zdrojů na navrženém automatizovaném pracovišti. Základem tohoto pracoviště je měřicí a záznamová ústředna Comet MS5D, zatímco vyhodnocení zaznamenaných dat obstarává program navržený v LabVIEW. Testování elektrochemických zdrojů probíhá cyklickým vybíjením a nabíjením, které je ovládáno navrženou logikou pomocí ústředny. V článku je popsána realizace automatizovaného pracoviště – jeho komponenty, přizpůsobení pro účely testování a také návrh programu pro zpracování dat v softwaru LabVIEW. Následuje popis průběhu experimentu na navrženém automatizovaném pracovišti, při kterém byl testován olověný akumulátor. V závěru práce je diskutována dostatečnost navrženého řešení spolu s návrhy na zdokonalení automatizovaného pracoviště.

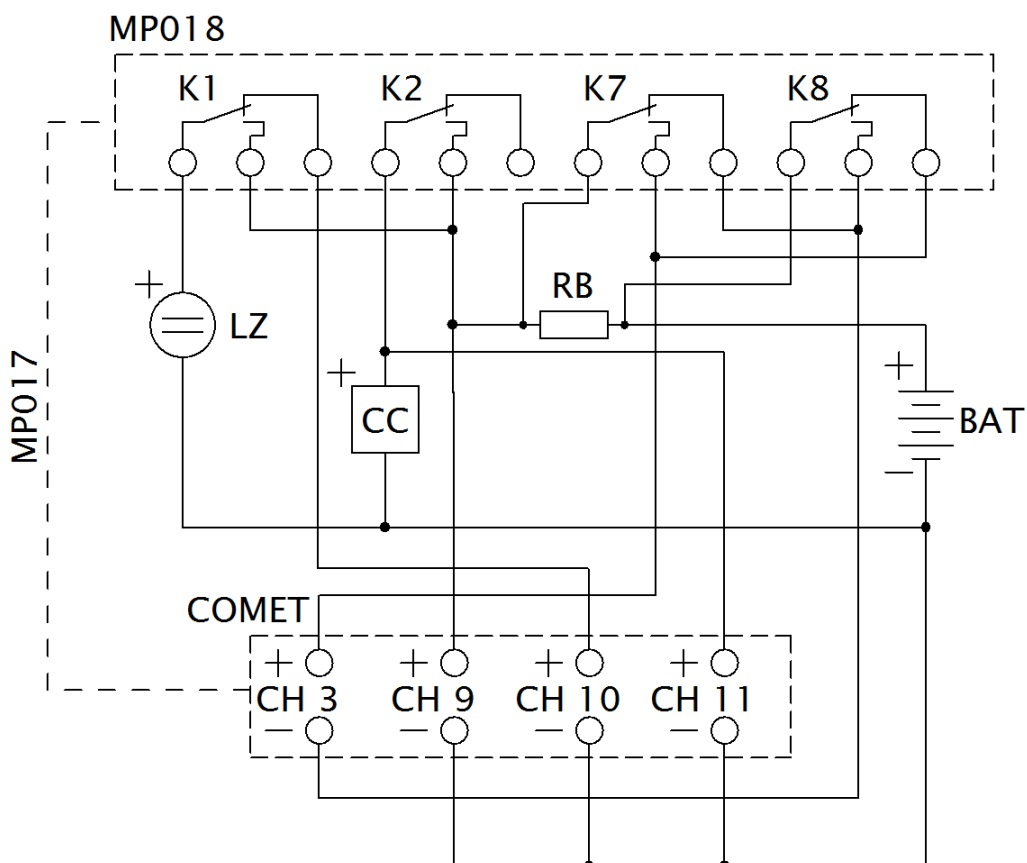
Klíčová slova – elektrochemické zdroje, automatizované měření, Comet, LabVIEW, olověný akumulátor, testování, cyklické nabíjení a vybíjení

Úvod

Elektrochemické zdroje nacházejí v současné době využití v neustále rostoucím množství aplikací, které zásadně ovlivňují náš život. Často však dochází k nesprávnému využití potenciálu, které nám elektrochemické zdroje nabízejí. V mnoha důležitých aplikacích (zdravotnictví, armáda) jsou baterie kvůli spolehlivosti předčasně vyřazovány z provozu. Tento přístup je částečně oprávněný, ale zároveň neekonomický a neekologický. Pravidelné testování baterií nám umožňuje průběžně sledovat a vyhodnocovat stav baterie, která pak může svému účelu sloužit mnohem déle a efektivněji. Jeden ze způsobů testování je cyklické vybíjení a nabíjení, na nějž jsme se návrhem automatizovaného pracoviště zaměřili.

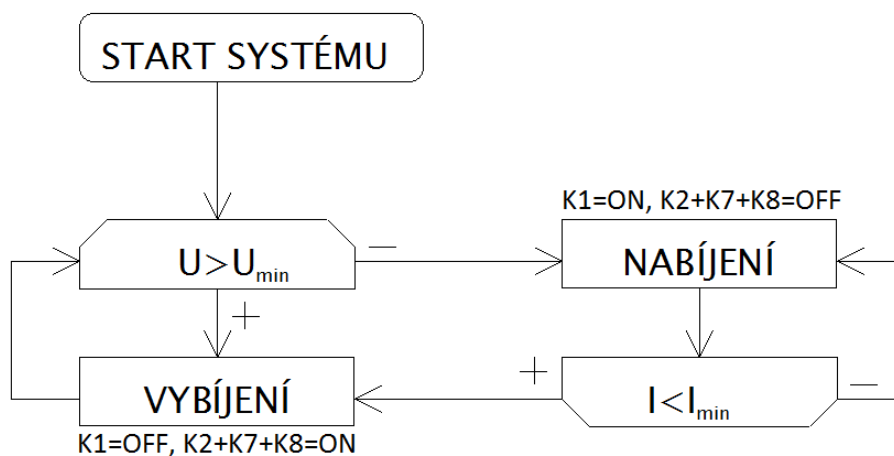
Návrh automatizovaného pracoviště

Základem pracoviště je ústředna Comet MS5D s měřicími moduly pro stejnosměrné napětí a deskou externích relé, které lze pomocí ústředny ovládat. Napětí baterie je měřeno kanálem s rozsahem $0 \div 75$ VDC a přesností 0,1 %. Proud byl měřen přes bočník 12 A/60 mV na napěťovém kanále s rozsahem $0 \div 100$ mVDC a přesností 0,1 %.



Navržené schéma zapojení automatizovaného pracoviště vypadá poměrně jednoduše – obsahuje testovanou baterii (BAT), laboratorní zdroj stejnosměrného napětí (LZ) pro nabíjení, elektronickou zátěž (CC) pro vybíjení, ústřednu Comet s měřicími kanály, odporový bočník (RB) pro měření proudu a desku relé (MP018) připojenou pětižilovým kabelem (MP017) k ústředně. K vytvoření větších uzlů musela být použita pomocná svorkovnice se čtyřmi dvojicemi propojených svorek (není zakreslena ve schématu).

Logika cyklování



Logika cyklování byla naprogramována v ovládacím programu Comet MS+ tak, aby ústředna byla schopna ovládat celý proces. Po spuštění systému je testována podmínka napětí na baterii – pokud je vyšší, než minimální hodnota (u olověného akumulátoru 10,5 V), začíná vybíjení.

Jakmile přestane podmínka platit, vybíjení je přerušeno a po 20s prodlevě začíná nabíjení baterie. To pak pokračuje až do chvíle, kdy přestane platit druhá podmínka – proud poklesne pod stanovenou mez. Tehdy je nabíjení dokončeno a po 30 s může znovu začít vybíjení.

Důležité parametry pro správné fungování jsou minimální a maximální hodnota napětí i proudu. Ty bychom měli nalézt v katalogovém listu testované baterie. Maximální hodnoty napětí a proudu nastavíme (omezíme) na laboratorním zdroji, respektive elektronické zátěži (vybíjecí proud). Minimální hodnotu vybíjecího napětí volíme dle typu testované baterie a nastavujeme jako hodnotu podmínky v softwaru Comet MS+. Podobně nastavíme i minimální proud, jehož hodnotu můžeme zvolit sami (např. $C/20$).

Jak je patrné z výše uvedeného, při pouhém sledování hodnot napětí a proudu by mohla nastat situace, kdy by testovaná baterie byla nabíjena a vybíjena současně, což je samozřejmě nežádoucí. Proto je třeba zavést logiku řízení cyklování tak, aby v jednu chvíli probíhal pouze jeden proces a až po jeho ukončení začal proces druhý. Comet neumožňuje nastavení sekvence, proto musíme tento nedostatek obejít použitím logické kombinace podmínek za pomoci operátorů logického součtu (OR) a součinu (AND).

Vybíjení může začít, je-li splněna podmínka napětí (větší než minimální) a zároveň neprobíhá nabíjení. Vybíjení je spuštěno alarmem, který sepne relé (K2), které připojí baterii k elektronické zátěži. Zároveň jsou sepnuta dvě relé (K7 a K8), která invertují polaritu proudu tak, aby na měřicím kanálu ústředny byly kladné hodnoty proudu.

Nabíjení začne, neprobíhá-li vybíjení a zároveň napětí klesne pod nastavenou mez a pokračuje do chvíle, kdy nabíjecí proud poklesne pod stanovenou hodnotu. Nabíjení je ovládáno alarmem, který sepne relé (K1) připojující k baterii laboratorní zdroj.

Blokování stavu současného nabíjení a vybíjení je vyřešeno měřením napětí na relé, která ovládají tyto procesy (K1 a K2). Nabíjení tak může začít, pokud je relé připojující elektronickou zátěž (K2) rozepnuté – napětí na něm je tedy nulové. Podobně to platí pro vybíjení, které začne až tehdy, když je relé připojující laboratorní zdroj (K1) rozepnuté.

Ukončení cyklování není ošetřeno systémově a musí tedy dojít k ukončení uživatelem. To lze provést v podstatě dvěma způsoby. Buď odpojením testovaného vzorku od měřicího obvodu (záznam dat nadále pokračuje), nebo vypnutím ústředny Comet (odpojením od sítě).

Návrh vyhodnocovacího programu

V prostředí LabVIEW byl navržen jednoduchý program k vyhodnocení ústřednou zaznamenaných dat. Datový soubor (převedený do formátu *.csv*) lze načíst a následně jednoduše vyhodnotit – výstupem je tabulka naměřených hodnot napětí a proudu a vykreslené časové průběhy těchto veličin včetně výpočtu kapacity baterie. Program také umožňuje pomocí kurzorů graficky zvolit vybranou část celého datového souboru, kterou pak lze podrobněji vyhodnotit. Další funkcí je zápis vybrané části souboru do souboru nového se stejným formátem. Ten pak lze v dalším běhu programu načíst jako soubor vstupní, čímž dostáváme možnost detailního zkoumání vybraných částí ze zaznamenaných nabíjecích a vybíjecích cyklů.

Průběh a vyhodnocení experimentu

Samotné měření se uskutečnilo v laboratoři Katedry elektrotechnologie Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze. Tomu předcházelo testování podmínek tzv. „mikrocyclováním“. To spočívalo v nabíjení a vybíjení testované baterie pouze v malém rozsahu (několik desetin voltu) tak, aby se procesy nabíjení a vybíjení střídaly v řádu minut. Touto testovací fází byly vyladěny všechny náležitosti tak, aby se mohlo uskutečnit skutečné měření v celém nabíjecím/vybíjecím rozsahu baterie.

Cyklování na olověném akumulátoru „Shimastu NPG 12-12“ (12 V, 12 Ah) bylo spuštěno ráno 29. listopadu a měření bez problému probíhalo až do odpojení 5. prosince ráno. Měření začalo vybíjením z $U \approx 11,7 \text{ V}$ a za celou dobu bylo provedeno 20 kompletních nabíjecích cyklů, během kterých bylo v desetisekundových intervalech zaznamenáno 51 560 hodnot napětí a proudu.

Výsledný datový soubor z ústředny (převedený do formátu *.csv*) byl následně vyhodnocen programem v LabVIEW. Byly vykresleny časové průběhy napětí, proudu a vypočítané kapacity baterie. Navržený program dále umožnil graficky pomocí kurzorů vybrat pouze uživatelem definovanou část dat, kterou poté znovu vykreslil. Definovaný výběr dat mohl být také zapsán do nového datového souboru formátu *.csv*, který pak mohl být programem znovu načten k dalšímu zpracování.

Závěr

Navržené pracoviště v testu obstálo, když bez dozoru několik dní cyklicky vybíjelo a nabíjelo testovanou baterii. Paměť ústředny má omezenou kapacitu, ale při současné konfiguraci (záznam napětí a proudu v 10 s intervalech) její zaplnění trvá více než týden nepřetržitého měření. V případě zaplnění paměti se původní data cyklicky přepisují, testování tedy teoreticky může pokračovat do nekonečna. Ukončení měření nebylo řešeno systémově – to obstaral uživatel (je totiž také nutné z bezpečnostních důvodů odpojit baterii od měřicího obvodu). Úspěchem tedy byl fakt, že i poměrně jednoduchý řídicí systém, představovaný ústřednou Comet, dokázal uspokojivě řídit a zaznamenávat cyklování nabíjením a vybíjením.

Vyhodnocovací program navržený v LabVIEW rovněž dokázal uspokojivě vyhodnotit zaznamenaná data a vynést je do grafů. Funkce výběru části zaznamenaných dat graficky pomocí kurzorů se jeví jako velice intuitivní a uživatelsky přívětivá. Zápis tohoto výběru do formátu shodného se vstupním datovým souborem pak umožnil načtení výběru dat v dalším běhu programu. To vede k možnosti nekonečného zužování výběru dat pro podrobnější analýzu. Program byl navržen co nejjednodušeji s přihlédnutím k možnému použití automatizovaného pracoviště uživatelem, který s LabVIEW nemá žádné (nebo minimální) zkušenosti.

Logiku cyklování, která byla pro ústřednu Comet navržena, lze samozřejmě aplikovat i na jiné druhy elektrochemických zdrojů. Je potřeba zjistit některé důležité parametry testované baterie – maximální nabíjecí napětí U_{nab} , maximální nabíjecí proud I_{nab} , minimální vybíjecí napětí U_{min} a hodnotu proudu pro ukončení nabíjení. Maximální nabíjecí hodnoty je třeba nastavit (respektive omezit) na laboratorním zdroji, zatímco minimální hodnoty pro ukončení vybíjení a nabíjení se změny v příslušných podmínkách – U_{nab} se projeví v podmínkách na napěťovém kanále č. 9, zatímco minimální proud pro ukončení nabíjení měníme na proudovém kanále č. 3. Před testováním vybrané baterie by se měl však uživatel s testovaným vzorkem důkladně seznámit (zda je vůbec pro cyklování vhodný) a případně také otestovat nově nadefinované hodnoty podmínek.

Reference

- [1] TVAROUŽEK, T.: *Automatický testovací systém pro elektrochemické zdroje*. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektrotechnologie. Vedoucí práce P. HRZINA.