

ИЗМЕРВАНЕ И КОНТРОЛ НА ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ ОТ СИСТЕМИ ЗА РЕЗЕРВНО ЗАХРАНВАНЕ

Тодор Тодоров, Емил Йончев

t.todorov@valbis.com, e_iontchev@yahoo.com

*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков”,
ул. “Гео Милев”, 158, София 1574
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** система за управление на батерия, акумулаторна батерия, интернет на нещата, микроконтролер*

***Резюме:** Резервирането на мрежовото захранване е задължително в много области на човешкия живот. Така е в транспорта, енергетиката, телекомуникациите, в отраслите където се използват електронни системи за управление, в домакинствата и т.н. Елементът с най-висока цена и кратък срок на експлоатация в системите за резервно захранване е акумулаторната батерия. Всичко това налага нейните параметри да бъдат непрекъснато наблюдавани и контролирани. Това може да стане в самото място където се намира тя, което решение изисква да има ежедневно присъствие на отговорен за целта персонал. Друга възможност е да се използват решенията предлагани от концепцията интернет на нещата. Тя предоставя възможности на различните обекти да комуникират помежду си, да бъдат наблюдавани или контролирани от хора, като използват интернет мрежата. Това дава възможност състоянието на батерията и на резервното захранване като цяло да се контролира отдалечено. Така фирмата доставчик на резервното захранване може да осигури надеждна и по-дълговечна експлоатация на акумулаторната батерия. Предоставя се възможност за събиране на данни за всяка батерия, да се анализират, архивират и съхраняват за избран период от време. Така може да се докаже и настъпил дефект пред фирмата производител на акумулаторната батерия или като обратна връзка с евентуални препоръки. В статията е разгледана конкретна система за мониторинг. Дадена е блоквата и схема, обяснени са алгоритмите на работа на отделните модули и схемите за измерване на отделните параметри.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременният свят много от устройствата са оборудвани с аварийни резервни източници, за да се предотвратят инциденти при влошени параметри или внезапно прекъсване на електрозахранването. Основно като аварийни резервни енергийни източници се използват необслужваеми вентил-регулирани оловно-киселинни батерии. Те са устройства за преобразуване на електрическа в химическа енергия и обратното,

което поставя строги изисквания за работна температура, напрежение при зареждане и разреждане, ток, време, честота, както и за съхранение, монтаж, експлоатация и поддръжка.

В резервните захранвания обикновено се използват групи акумулаторни батерии (АБ), които работят в продължителен режим на цикличен заряд. В момента почти всички видове резервни източници на захранване използват несложно управление на зареждането и разреждането на цялата група акумулатори. Самият източник отчита параметрите на заряд и разряд на акумулаторната група, но не следи детайлно състоянието на единичните акумулатори. Понеже акумулаторната група е свързана последователно, ако дори един акумулатор излезе от строя, това може постепенно да засегне цялата група акумулатори, а в тежки случаи, може да доведе до внезапно прекъсване на захранването или дори до пожар и експлозия. Това налага периодично тестване и поддръжка на акумулаторните групи в резервните захранвания. За тази цел се създават съвременни системи за мониторинг и контрол на батерии (СМК), които измерват и контролират основните параметри на АБ и защитават поголеми полета батерии, като тези, използвани в индустриални непрекъсваеми захранвания, за електрически превозни средства или системи за съхранение на енергия. Някои от най-големите компании на пазара разработващи СМК на батерии са [1,2,3]. В статията е предложена блокова схема, принципни схеми на отделни модули и алгоритъм на работа на такава система. Изложени са използваните методи за повишаване на точността на измерване и контрол на основните параметри. Предложени са варианти за съхраняване на данните за АБ, както и тяхното предаване до фирмата отговаряща за експлоатацията и на интернет платформа.

ОСНОВНИ КОНТРОЛИРАНИ ПАРАМЕТРИ НА ОЛОВНО КИСЕЛИННИ БАТЕРИИ

СМК следят следните основни параметри на АБ: балансиране заряда на отделните клетки в АБ, температурата им, напрежението на заряд и разряд, вътрешното съпротивление.

Балансирането на заряда на отделните клетки е процес, който осигурява оптимална производителност и дълголетие на батериите. По време на цикъла на зареждане и разреждане някои клетки могат да се презаредят, докато други могат да бъдат недостатъчно заредени, което води до дисбаланс. В този случай може да възникне преждевременно разграждане на клетките поради излагане на батерията на пренапрежение. Балансирането на заряда може да бъде активно или пасивно.

По често се използва пасивното балансиране на клетките. При него излишната енергия на клетката с най-високо напрежение се освобождава във вид на топлина, докато заряда ѝ съвпадне с клетката с най-ниско напрежение. Това става посредством резистор, който се свързва към съответния 2V елемент(клетка) от АБ.

Контрол на температурата е необходим, за да се предпази батерията от прегряване. Когато това се случи, може да се стигне до увеличаване на загубата на вода, увеличаване на вътрешното съпротивление, което от своя страна води до увеличаване на топлината. Задачата на СМК е да алармира и коригира процеса на зареждане или разреждане, за да предотврати по-нататъшно повишаване на температурата и да избегне термично изтичане.

СМК следи общото напрежение на АБ и задава какво трябва да бъде напрежението на всяка клетка в батерията, за да гарантира че клетките не са презаредени или незаредени. Следи и общият ток, който е и тока на всяка клетка в батерията, като така подава информация за режима на работа на батерията в реално време. Също така през определен интервал от време се измерва вътрешното

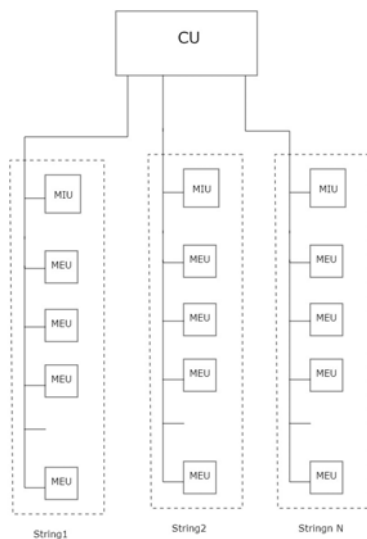
съпротивление на всяка клетка, за да гарантира, че батерията не е с отклонения спрямо параметрите гарантирани от производителя.

БЛОКОВА СХЕМА НА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА ОЛОВНО КИСЕЛИННИ БАТЕРИИ

Системата за мониторинг на резервно захранване, във всеки обект, трябва да притежава следните функции:

- ◆ да измерва избрани параметри на акумулаторната батерия(АБ);
- ◆ да управлява процеса на заряд и разряд на всяка батерия от системата;
- ◆ да събира данни за всяка батерия;
- ◆ да изпраща данните за състоянието на батериите на фирмата извършваща поддръжка на резервното захранване;
- ◆ да изпраща аларма към фирмата ако състоянието на отделна батерия застрашава нормалната работа на системата за резервно захранване.

На база на горните изисквания е синтезирана блоковата схема на системата, показана на фигура 1. Батериите са групирани в отделни нишки(string). Всяка нишка е



Фиг. 1. Блокова схема на системата

свързана с централен контролер (CU). Той обработва данните и на тази база формира управляващи въздействия към всяка батерия. Същевременно съхранява информацията за всяка батерия и я предава през определен интервал към сървъра на фирмата и на интернет сайт предлагащ услуги за интернет на нещата. Предвидена е възможност за отдалечен достъп до контролера във всеки момент от време. Към всяка батерия е включен модул (MEU) за измерване и контрол на параметрите ѝ. Измерват се: напрежението на батерията (U_{bat}), вътрешното ѝ съпротивление(R_{in}) и пълен контрол на температурния режим на батерията посредством зонално измерване на температурата на всяка от клетките (T_1-T_6). В зависимост от стойностите на тези параметри се изменя тока на подзаряд на отделната батерия.

Връзката на централният контролер с модулите MEU и MIU е посредством оптичен интерфейс, с което се постига евтино галванично разделяне на устройства, които работят на различни по стойност захранващи напрежения. Използван е UART интерфейса на микроконтролера, за да се реализира е двупроводен интерфейс, който е подобен на интерфейса I2C. Всеки от модулите има свой собствен адрес, с което е възможно директното обръщение към него от страна на CU и записване параметрите на батерията, която е свързана към него.

Поради големия брой на използваните MEU в системата, те трябва да са с ниска цена и висока точност на измерване. Основният елемент в модулите и с най-висока цена, е микроконтролера. Избора е направен на базата на съотношението цена и предлагани възможности за преобразуване на аналоговите величини в цифрови. Избран е STM32F103xx. Той има много канален 12-разреден аналогово-цифров преобразувател (АЦП), с време на преобразуване около 1 микросекунда. При опорно напрежение на АЦП от 3.3V, стойността на стъпката на квантуване (най-младшият разред (LSB)) е 0.8mV. За повишаване точността на измерване на аналоговите величини е необходимо да се намали грешката от квантуване, която зависи от големината на опорното напрежение и разредността на АЦП. Избран е метод за повишаване на разредността

чрез допълнителна цифрова обработка на суровите данни [4], [5] и [6]. Това се постига със свърх дискретизация на входния сигнал и последващи обработки като децимация, усредняване и интерполация. Честотата на свърх дискретизация се определя с израза 1 [4].

$$(1) f_{\text{oversampling}} = 4^n f_{\text{nyquist}}$$

Където f_{nyquist} е честотата определена от максималната честотна съставка в преобразувания сигнал, n е броят разреди, с които искаме да увеличим разредността. Получените отчети се сумират и се изместват надясно с n стъпки, което е равносилно на делене на 2^n . Всеки канал от АЦП-то се измерва в продължение на 1ms, което означава, че са взети 1024 отчета от съответната измервана величина. На получените нови 64 броя 14 разредни отчети се намира средната стойност и се получава крайната стойност на величината. Така стойността на LSB вече е 0.2mV.

За премахване влиянието на захранващото напрежение и температурата на околната среда се използва измерване на сигнал от прецизен източник на опорно напрежение REF3312AIDBZR [7]. В резултат на това измерване се формират и прилагат софтуерни корекции на измерените стойности.

За измерване напрежението на АБ се използва диференциалният усилвател реализиран с операционния усилвател DA3, показан на фигура 2. Неговият коефициент на усилване се определя с израза 2.

$$(2) V_{\text{к\уьм АЦП1}} = U_{\text{от АБ}} \frac{(R_7 + R_8)R_{10}}{(R_9 + R_{10})R_7}$$

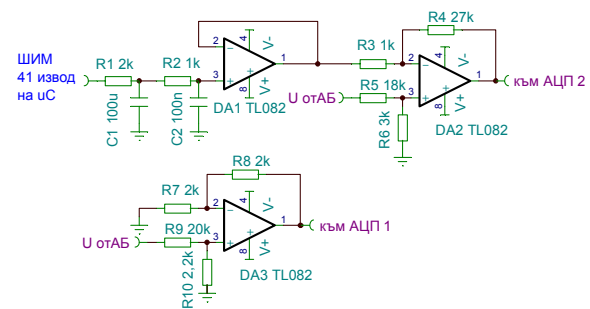
Исходното му напрежение се подава на входа на АЦП1 за преобразуване в цифров вид. Получената стойност се използва за управление коефициента на запълване на импулсите (широчинно импулсна модулация) на 41 извод на микроконтролера.

Тези импулси се интегрират от двете RC вериги включени към входа на повторителя DA1. Така се получава напрежение, което е пропорционално на напрежението на батерията и се използва като опорно, на един от входовете на диференциалния усилвател реализиран с ОУ DA2. Целта е да се подава напрежение, което се отличава с малка стойност спрямо напрежението на батерията, в целия работен обхват на изменение на напрежението на акумулаторната батерия. Така се постига разделителна способност на усилвателя от 0.1mV. Тя е необходима при измерване на вътрешното съпротивление R_{in} на батерията, което се изчислява съгласно израз 3.

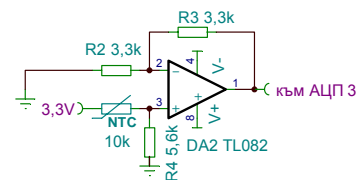
$$(3) R_{in} = \frac{U_{\text{without load}} - U_{\text{with load}}}{I}$$

Измерването на напрежението с товар се извършва при включване на съпротивление към АБ. Това става за много кратко време, с цел да се измери само активното съпротивление на АБ. Измерва се и големината на тока I , който протича в този момент.

Измерването на температурата на всяка клетка от АБ е с термистор [8]. Той притежава отрицателен температурен коефициент (NTC) и е включен в схема показана на фигура 3. За по-голяма скорост на изчисление е съставена таблица за връзката между измерено напрежение и съответстващата му температура. Тази таблица е записана във Flash паметта на микроконтролера.



Фиг. 2. Схеми за измерване напрежението на АБ



Фиг. 3. Схема за измерване температурата на клетка от АБ

Блока MIU е подобен на MEU, като вместо измерване на температура, се измерва големината на тока в конкретната нишка. Това става посредством токова сонда, която е включена към диференциални усилвател.

Алгоритъмът на работа на софтуера на MEU е показан на фигура 4. След първоначалната инициализация на модула се влиза в основния цикъл, където последователно се измерват параметрите на АБ и се прилагат изчислените корекции към измерените стойности. На тази база се извършва необходимото изравняване на тока на батерията и данните се предават към централния контролер. Измерването на вътрешното съпротивление не се извършва във всеки цикъл на измерване на параметрите, то става чрез асинхронна команда от CU.

Централният контролер последователно чете Ubat, T1-T6 от всеки MEU. Изчислява напрежението на съответната нишка и предава напрежението за изравняване (Uзад) към MEU. Стойността на тока за изравняване (Iзад) е функция на разликата между Uзад и Uизм. Тя се задава чрез коефициента на запълване на импулсите на сигнал UPR_U(61 извод на uC). Той определя колко време ще бъде отпушен MOS транзистор, който включва товар с определена стойност към АБ. През определен интервал от време инициира измерване на вътрешното съпротивление Rin. Формира html файл за наблюдение на резултатите с WEB браузър. Същите резултати се изпращат и към интернет платформа за съхранение.

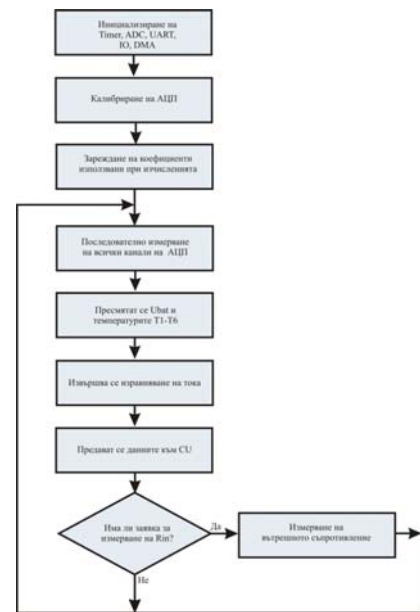
Оттам те са достъпни за допълнителна обработка и наблюдение през интернет мрежата за оторизирани потребители. През определен интервал от време CU записва на локален хард диск архивен файл с данните от измерванията. При отклонение на параметрите от нормалните стойности, формира различни аларми. Това се случва при превишаване на температурата, високо вътрешно съпротивление, високо или ниско напрежение на АБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената система за отдалечен мониторинг на оловно киселинни батерии може да бъде реализирана на сравнително ниска цена. Средствата необходими при нейната експлоатация може да са нулеви или минимални, при използване на платена интернет платформа. Същевременно тя дава възможност състоянието на батериите и на резервното хранване като цяло, да се наблюдават и контролират отдалечено. При излизане от норма на контролираните параметри да се изпращат контролни въздействия към АБ, както и аларми към собственика и доставчика на АБ. Това ще доведе до повишаване безопасността при експлоатацията на резервното хранване. Предоставя се възможност данните за всяка батерия да бъдат анализирани, архивирани и съхранени, както при потребителя, така и при доставчика на батериите.

БЛАГОДАРНОСТ

Представената система за измерване и контрол на основни параметри на акумулаторни батерии от системи за резервно хранване е част от Научно изследователски проект по Договор № 74/09.04.2024г., с възложител ВТУ „Тодор Каблешков”.



Фиг. 4. Алгоритъм на работа на MEU

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] HBL Power Systems Limited
<https://www.hblelectronics.com/Battery-Monitoring-Systems.html>
- [2] Socomec, акумулаторни системи за съхранение
<https://emea.socomec.com/en/c/power-quality-monitoring-and-metering>
- [3] Schneider Electric
<https://www.se.com/bg/bg/product-range/61934-powerchute-personal-edition/>
- [4] <https://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/doc8003.pdf>
- [5] <https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/an118.pdf>
- [6] https://www.microsemi.com/document-portal/doc_view/131569-improving-adc-results-white-paper
- [7] <https://www.ti.com/product/REF3312>
- [8] <https://www.tti.com/content/ttiinc/en/apps/part-detail.html?partsNumber=B57861S303F40&mfgShortname=EPC&utm=tti-octo&channel=ppc&source=octopart&campaigns=tti-brand>

MEASUREMENT AND CONTROL OF KEY PARAMETERS OF RECHARGEABLE BATTERIES IN BACKUP POWER SYSTEMS

Todor Todorov, Emil Iontchev

t.todorov@valbis.com, e_iontchev@yahoo.com

**Todor Kableshkov University of Transport
158, Geo Milev Str., 1574, Sofia,
THE REPUBLIC OF BULGARIA**

Key words: battery management system, rechargeable battery, Internet of Things, microcontroller

Abstract: Network power backup is mandatory in many areas of human life. This is the case in transportation, energy, telecommunications, in industries where electronic control systems are used, in households, and so on. The component with the highest cost and shortest lifespan in backup power systems is the rechargeable battery. All of this requires its parameters to be continuously monitored and controlled. This can be done at the location where it is located, a solution that requires responsible personnel to be present daily. Another option is to use solutions offered by the Internet of Things concept. It provides opportunities for various objects to communicate with each other, to be monitored, or controlled by people using the internet network. This allows the status of the battery and the backup power as a whole to be remotely controlled. Thus, the backup power supply provider company can ensure reliable and longer-lasting operation of the rechargeable battery. Data can be collected for each battery, analyzed, archived, and stored for a selected period of time. This can help prove a defect to the battery manufacturer or provide feedback with potential recommendations. The article examines a specific monitoring system. Its block diagram is given, the algorithms of the individual modules are explained, and the measurement schemes for the various parameters are described.