

## ДИСТАНЦИОНЕН МОНИТОРИНГ НА СИСТЕМИ ЗА РЕЗЕРВНО ЗАХРАНВАНЕ

**Тодор Тодоров, Емил Йончев\*, Георги Божев**

*ВТУ „Тодор Каблешков“, ул. Гео Милев 158, София, България*

*\*кореспондиращ автор: e\_iontchev@yahoo.com*

## REMOTE MONITORING OF BACKUP POWER SYSTEMS

**Todor Todorov, Emil Iontchev\*, Georgi Bozhev**

*Higher School of Transport “Todor Kableshkov”, 158 Geo Milev Str., Sofia, Bulgaria*

*\*Corresponding author: e\_iontchev@yahoo.com*

### Abstract

*In emergency backup power systems, the most expensive component with the shortest lifespan is the battery (AB). This necessitates continuous monitoring and control of its key parameters. In a previous article, the authors proposed a system for collecting certain parameters of the AB and processing them. However, access to the data via the internet was limited. To address this shortcoming, two options for modifying the monitoring system are proposed. Solutions for improved graphical data representation and enhanced security of data access are also suggested. The data is stored in a MySQL database and visualized using the Grafana platform. Access to the data is provided through an Nginx proxy server to ensure that only authorized individuals can view and use it. Acceptable ranges for each parameter have been set, and if they are exceeded, an email notification is sent to the relevant parties. At the end of each day, the data is compressed and encrypted with a unique key, ensuring its reliable long-term storage. The proposed monitoring options have been practically implemented, and experiments have been conducted, proving their functionality.*

**Keywords:** backup power supply, battery, Internet of Things, microcontroller.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Аварийни резервни захранвания се използват в почти всички области на човешкия живот. Елемента с най-висока цена и кратък срок на експлоатация в тези системи е акумулаторната батерия (АБ). 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 различни комуникационни мрежи и протоколи посредством, които състоянието на батерията и на резервното захранване като цяло, да се наблюдава отдалечено, без да е необходимо конкретния собственик да

назначава човек, отговорен за тази дейност. 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 период от време, колкото е необходимо. Така може да се докаже и настъпил дефект пред фирмата производител на акумулаторната батерия или като обратна връзка с евентуални препоръки. Такава система е особено полезна когато резервното захранване е предназначено за големи промишлени, транспортни предприятия, болници, административни сгради, където има много батерии, които работят съвместно. В тези случаи, дефектирането на някоя батерия

може да доведе до отказ в системата, което е недопустимо.

За целта са разработени системи за мониторинг и контрол на батерии (СМК), които измерват и контролират основните параметри на АБ и защитават по-големи полета батерии. Някои от големите компании на пазара разработващи такива системи са [1,2, 3].

Собствена разработка за СМК на АБ е представена в статия [4]. Системата контролира и събира данни за всяка батерия, които се записват в база данни на локален сървър. Наблюдаването на данните може да стане като се използва отдалечен достъп до контролния компютър. Този метод не дава възможност за сигурна и безопасна връзка, както и не дава възможност да се изпращат съобщения при излизане на някои параметри извън предписаните норми.

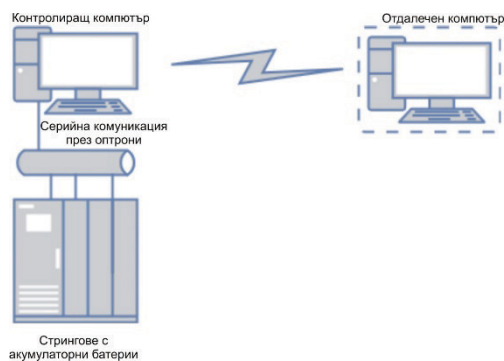
В настоящата статия са описани два варианта за надграждане на системата описана в [4] с цел данните да бъдат графично представени, както и да се изпращат съобщения по e-mail и sms, когато са извън зададените граници. Данните да бъдат архивирани, компресирани и маркирани със сертифициран цифров подпис и времеви етикет кога е създаден архива. Така достъп до данните може да има всеки с издадено разрешение, като това може да става от всяка точка, в която има интернет.

## ХАРДУЕРНИ РЕШЕНИЯ

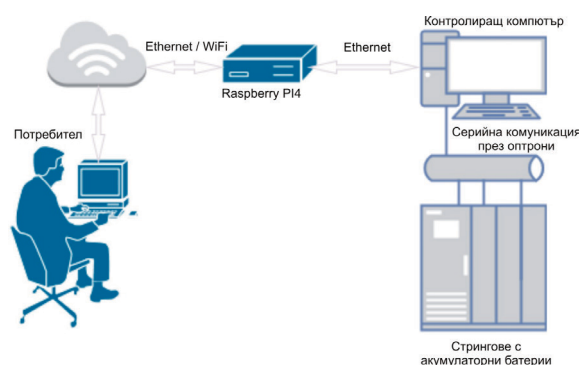
Съществуващото към момента решение за мониторинг на системата разглеждана в [4] е показано на фигура 1. Контрола на параметрите на АБ се извършва от модул с микроконтролер, който е свързан към всяка батерия. Данните получени от тези модули се събират по

команда от контролния компютър. Това става по сериен интерфейс, който е галванично разделен с оптрони. Получените данни се съхраняват в html формат на Apache HTTP сървър, инсталиран на контролния компютър. Достъпа до тях на локално ниво става на адрес 127.0.0.1. От интернет достъпа става с използване на приложението AnyDesk, като по този начин се преодолява изискването за наличието на статичен адрес.

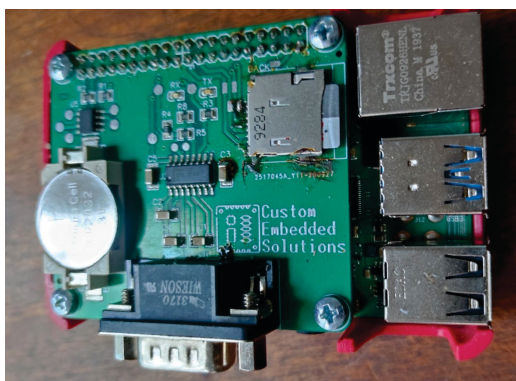
Въпреки, че AnyDesk използва протокола TLS 1.2 и криптиране на връзка с AES-256, използването му представлява сериозен риск за сигурността на системата. Това е една от причините за търсене на нови варианти за достъп до системата.



Фиг. 1. Блокова схема на съществуваща СМК



Фиг. 2. Първи вариант за промяна на СМК

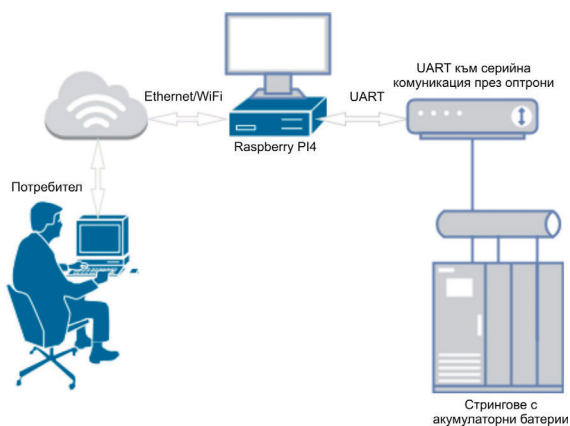


Фиг. 4. Комуникационен модул

Добавяне на нови функции на системата е избрано да се направи на базата на Raspberry Pi. Една от причините за този избор е сравнително ниската цена, наличието на няколко вида мрежи за комуникации, малки размери, възможност за сравнително лесно включване на допълнителни сензори и изпълнителни механизми. Операционната система на платформата позволява да се инсталират необходимите програмни продукти, които са с отворен код и не е необходимо да се заплаща за тях.

При варианта показан на фигура 2 старата система се запазва, добавя се само платформата Raspberry. На нея са инсталирани програмите за архивиране, компресиране и криптиране на данните за едно денонощие.

Графично представяне на данните и следене дали техните стойности са в зададените граници. При излизане извън



Фиг.3. Втори вариант за промяна на СМК

тези граници се изпраща e-mail и sms съобщение. Платформата Raspberry е свързана към интернет посредством WiFi или Ethernet връзка. Контролният компютър събира суровите данните от акумулаторните батерии и ги записва в текстови файл. През определен период се прехвърля към Raspberry Pi4 по локалната Ethernet мрежа. Получените резултати от обработката им се визуализират и могат да бъдат наблюдавани от всяка точка с достъп до интернет. Недостатък на този вариант е, че данните от файла не се прехвърлят в реално време. Това означава, че всички евентуални аларми ще бъдат получени с определено закъснение.

Следващата стъпка е функциите изпълнявани от контролният компютър да бъдат изпълнявани от Raspberry Pi4. Основните блокове на системата са показани на фигура 3.

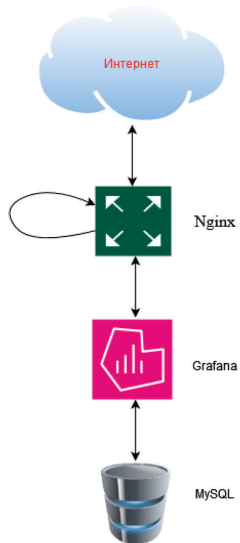
Това е изпълнено с пренаписване на управляващата програма за новата операционна система и разработката на нов комуникационен модул за свързване на отделните стрингове с акумулаторни батерии. Този модул преобразува UART интерфейса в галванично развързан, с оптрони на входа и изхода, последователен интерфейс. Освен тази функция, на него е добавена SD карта, на която се прави резервно копие на суровите данни. Достъпа до тях е само от оторизиран служител със специална за целта програма. Вида на новият комуникационен модул е показан на фигура 4.

Предимството на този вариант е, че щом има налични сурови данни от системата, те се прехвърлят посредством MQTT протокол към базата данни и програмата за визуализация. Премахнат е и контролният компютър работещ под операционна система Windows, който е и с по-висока консумация на електрическа енергия. Предвидено е архивираните данни да се съхраняват и в облачен сървър, с цел повишаване сигурността, наличността и достъпността до тях.

## СОФТУЕРНИ РЕШЕНИЯ

За управление на отделните софтуерни приложения на Raspberry Pi4 е инсталирана операционна система Debian. С цел по-висока сигурност и надеждност на системата, оптимално използване на хардуерните ресурси и по-лесно мащабиране на проекта в бъдеще, е инсталирана платформата Docker. Съответно за изпълнение на основните услуги са използвани три софтуерни приложения, работещи в изолирани потребителски пространства – контейнери. Това са: MySQL[5], Grafana[6] и Nginx[7].

Данните за параметрите на акумулаторните батерии се получават всяка минута, а тези за оценяване на качеството на доставяната енергия на входа и изхода на системата всяка секунда. Впоследствие след обработка се получават времеви серии от 15 секунди и 10 минути. Всичко това е причина за реализиране на базата данни да се използва MySQL.

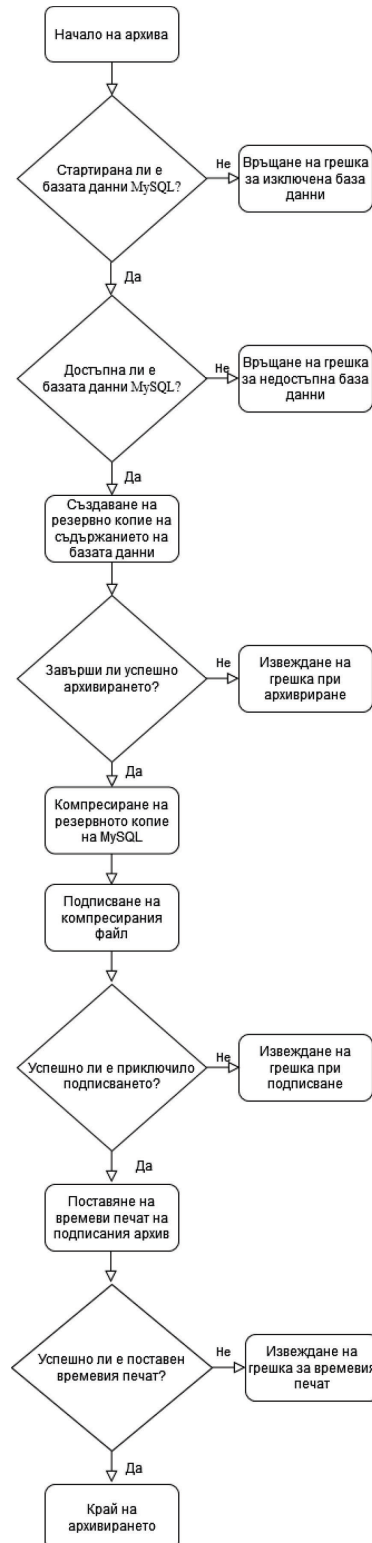


Фиг. 5. Последователност на достъп до данните от интернет

Подходящ инструмент за графично представяне на данните организирани във времеви серии, както и създаване на подходящи аларми при излизане извън зададените допустими граници на параметрите на АБ, е уеб приложението Grafana.

Достъпът до базата данни и създадените резултати от Grafana, трябва да е

само от оторизирани потребители, които имат издаден клиентски сертификат, подписан от удостоверяващ орган. Подходящ за целта е уеб сървърът Nginx. Зад него са разположени останалите два контейнера.



Фиг. 6. Алгоритъм за архивиране на данните

Използва се като прокси сървър, който прехвърля само заявки, които имат необходимия сертификат. Същевременно може да обслужва заявки от много потребители едновременно и то с висока скорост.

Проверката за сертификатите е двустепенна, от интернет до прокси сървъра и от него до Grafana. Последователността на получаване на необходимата информация от системата е представена на фигура 5.

Таблица 1 Контролирани параметри на АБ

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
time	UBar0	UBar1	UBar2	UBar3	TBar0	TBar1	TBar2	TBar3	Rin0	Rin1	Rin2	Rin3
05:00 12.939	13.017	12.958	13.057	23.546	23.686	23.566	23.626	4.025	4.022	4.027	4.015	
05:01 13.079	12.996	13.018	12.909	23.686	23.646	23.586	23.586	4.022	4.022	4.018	4.018	
05:02 13.069	12.948	13.066	13.089	23.646	23.586	23.526	23.506	4.015	4.015	4.030	4.025	
05:03 12.996	13.038	13.074	13.074	23.606	23.506	23.506	23.686	4.020	4.015	4.013	4.027	
05:04 13.020	12.980	13.006	13.009	23.626	23.626	23.526	23.666	4.020	4.015	4.013	4.027	
05:05 13.050	13.044	13.033	13.048	23.506	23.646	23.546	23.626	4.010	4.020	4.032	4.022	
05:06 12.959	13.035	13.018	13.083	23.626	23.666	23.686	23.546	4.012	4.020	4.012	4.013	
05:07 12.922	13.076	13.025	12.938	23.686	23.566	23.666	23.686	4.030	4.010	4.027	4.010	
05:08 13.009	12.916	13.031	13.031	23.526	23.566	23.526	23.566	4.030	4.010	4.027	4.010	
05:09 12.938	12.955	12.978	13.063	23.526	23.646	23.566	23.666	4.020	4.027	4.015	4.013	
05:10 12.965	13.017	13.056	13.036	23.626	23.506	23.506	23.646	4.020	4.025	4.022	4.027	
05:11 13.085	13.035	13.089	12.945	23.526	23.606	23.586	23.646	4.020	4.015	4.018	4.022	
05:12 12.992	12.957	13.025	12.925	23.666	23.686	23.506	23.566	4.020	4.015	4.018	4.022	
05:13 12.926	12.913	13.080	13.011	23.526	23.666	23.506	23.626	4.020	4.032	4.013	4.025	
05:14 13.012	12.929	13.063	12.902	23.506	23.646	23.546	23.666	4.020	4.035	4.010	4.020	
05:15 13.085	13.033	13.040	13.088	23.586	23.506	23.566	23.506	4.037	4.015	4.020	4.000	
05:16 13.071	13.005	13.096	13.009	23.606	23.546	23.526	23.646	4.037	4.015	4.020	4.000	
05:17 13.071	13.090	12.917	12.923	23.606	23.626	23.686	23.606	4.022	4.018	4.025	4.027	

Когато клиент се опита да получи достъп до уеб интерфейса на Grafana, заявката минава през Nginx. Той изисква клиентски SSL сертификат, който трябва да е подписан от удостоверяващ орган (CA), включен в списъка на Nginx с доверени удостоверяващи вериги [8]. Проверява автентичността на клиентския сертификат и дали срокът му на валидност не е изтекъл. След успешната проверка, Nginx установява дали услугата Grafana е достъпна, преди да позволи достъп на клиента.

При проблеми с услугите се връща HTTP грешка, като не позволява на клиента да получи достъп до неработеща услуга. Ако се потвърди, че Grafana работи, на клиента се предоставя достъп до уеб интерфейса. Прехвърлянето на данни е по защитен канал, установен от клиентския сертификат.

Предвидено е в края на всеки работен ден събраната и обработена информация

да се архивира и след това компресира. Полученият компресиран файл се подписва с цифров подпис, сертифициран от удостоверяващ орган и към него се добавя времеви етикет (timestamp), за да се гарантира автентичността и целостта му [9]. Алгоритъмът за получаване на архива е представен на фигура 6. Всяка стъпка включва проверки за справяне с потенциални проблеми, което гарантира, че процесът е стабилен и надежден.

За достъп от всяка една точка с налична интернет връзка е избрано да се използва домейн име, което се поддържа от междинен сървър, даващ възможност динамични IP адреси да бъдат насочвани към това име. За целта и рутера на входа на системата е настроен винаги да пренасочва заявките от избраното име на домейн и порт, към зададен вътрешен адрес и устройство с конкретен MAC адрес.

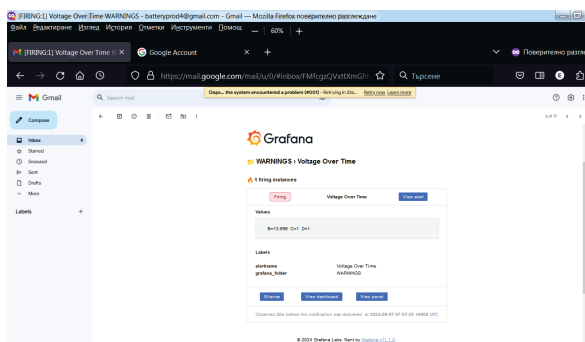
## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

В статията са показани резултатите от проведени тестове със СМК с включване на Raspberry Pi 4 към контролния компютър. Реализираната система е включена към четири оловно киселинни акумулаторни батерии. Към всяка от тях са включени модули за събиране на избрани техни параметри. Това са напрежението на всяка батерия, нейната температура и нейното вътрешно съпротивление. Измерванията са правени през една минута и са записвани в отделен csv файл, в споделена папка, в контролния компютър на СМК. Вида на данните е показан в таблица 1. На платформата Raspberry Pi са инсталирани разгледаните софтуерни приложения в предходната точка. Двете системи са свързани в LAN мрежа. След всеки кръгъл час записаните данни от файла, се прехвърлят в базата данни MySQL.



Фиг. 7. Графично представени данни

Следва визуализиране на данните от Grafana и контролиране дали техните стойности са в зададените граници. Вида на избраните контролни уреди за показване на моментните стойности на напрежението и вътрешното съпротивление, както и техните стойности във функцията на времето, са показани на фигура 7.



Фиг. 8. Изпратен e-mail за вдигната аларма

При излизане на контролираните параметри извън посочените граници се изпраща e-mail до заинтересованите лица фигура 8.

Такъв се изпраща и при възстановяване на параметрите в нормалните граници.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложените варианти за надграждане на съществуваща система за контрол на параметри на акумулаторни батерии са тествани и е доказана тяхната работоспособност. И в двата случая има защита на данните и достъп до тях, само

от оторизирани за целта хора. Архивирането е с цифров подпис, което гарантира, че никой няма да има достъп без съответното разрешение. Решението с прехвърляне на данните през споделена папка има недостатък, че това се извършва през определен период, в случая това е един астрономически час. Предимството на решението с разработване на допълнителен модул за адаптиране на UART интерфейса на Raspberry Pi към оптронния интерфейс на системата, е че данните се прехвърлят директно в базата данни и едновременно с това се прави архив в добавената SD карта на модула. Така се увеличава надеждността на системата.

## БЛАГОДАРНОСТ

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

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.dfuntech.com/bg/best-ups-data-center-battery-monitoring-software-linux-battery-monitor-software.html> - 17.09.24
- [2] <http://nrgsource.eu/bg> - 17.09.24
- [3] <https://heliosps.com/> - 17.09.24
- [4] Todorov T., Iontchev E. "Measurement and control of key parameters of rechargeable batteries in backup power systems" Mechanics, Transport, Communications, vol. 22, no. 3/2, 2024, Article No. 2512, pp. X-88 - X-93, ISSN 1312-3823.
- [5] <https://www.oracle.com/mysql/what-is-mysql/> - 20.09.24
- [6] <https://www.redhat.com/en/topics/data-services/what-is-grafana> - 20.09.24
- [7] <https://medium.com/globant/understanding-nginx-as-a-reverse-proxy-564f76e856b2> - 20.09.24
- [8] <https://easy-rsa.readthedocs.io/en/latest/> - 25.09.24
- [9] <https://www.signfiles.com/timestamping/> - 25.09.24.