

**Нови производ уведен у производњу М81:  
Систем за контролу акумулаторских батерија - СКБ**

**Руководилац пројекта:** проф. др Љиљана Живанов

**Одговорно лице:** др Мирослав Лазић, дипл.инж

**Аутори:** Мирослав Лазић, Скендер Миодраг, Драгана Петровић, Зоран Цвејић, Бојана Јовановић

**Реализатор:** Институт за телекомуникације и електронику ИРИТЕЛ а.д. БЕОГРАД

**Корисници:** Војска Србије и Електродистрибуција Београд

**Примена:** до сада је испоручено 8 уређаја за потребе Војске Србије

**Развијено:** у оквиру пројекта ТР 32016

**Година:** 2014. - 2015.

**Примена:** 01.01.2015.

**Кратак опис**

Стандардни поступци одржавања акумулатора контролишу укупну вредност напона сета акумулаторских батерија. Током циклуса пуњења и пражњења, поједине ћелије могу изаћи из опсега препоручених радних режима, а да то уређаји за пуњење или пражњење не идентификују. СКБ је програмабилни контролер који омогућава стално мониторишање и балансирање напуњености сваке батеријске ћелије појединачно.

Техничке карактеристике:

- Мерење напона сваке ћелије,
- Мерење температуре сваке ћелије,
- Мерење струје целог низа,
- Аларм пренапона сваке ћелије,
- Аларм поднапона сваке ћелије,
- Аларм температуре сваке ћелије,
- Аларм превелике струје пуњења,
- Аларм превелике струје пражњења,
- Упозорење о преосталом капацитету,
- 2 низа по 4 акумулаторска модула 6V/100Ah,
- Применљиво за све врсте НИС напона 1.9 – 16V,
- Скалабилно до максималног напона низа од 70V,
- *Ethernet interface* и ТСРIP сервер апликација за локалну удаљену контролу,
- Програм на микрорачунару за управљање конфигурацијом, алармима и мерењима,

Додатне функције:

- Активно уравниотежење напуњености ћелија
- Иновативни алгоритам СЈ-ЈС “Сви за једног- Један за све”

## Стање у свету

Уобичајен поступак контроле батерија је да се контролише укупан напон батеријског сета. Практично, уколико има више батерија везаних редно и паралелно, контролише се укупан напон и укупан капацитет. Недостатак овакве концепције је што карактеристике целог система дефинише најлошија батеријска ћелија у систему. Уколико једна ћелија повећа унутрашњу отпорност, она ће ограничити максималну струју и пуњења и пражњења за цео систем. Поред тога, она ће спречити коректно пуњење исправних ћелија, а у процесу пражњења неће дозволити да се испразне исправне ћелије. Уочени недостаци се отклањају уређајем СКБ. СКБ контролише сваку акумулаторску батерију појединачно. Уколико постоји неисправна акумулаторска батерија, онда се примењује принцип да исправне батерије допуњавају неисправну батерију, тако да се њен напон изједначи са исправним батеријама. Уколико је напон неисправне батерије већи од напона исправних батерија, она се празни кроз исправне батерије, док се њихови напони не изједначе. На тај начин се смањује утицај неисправне батерије на исправне батерије, омогућава се коректно пуњење исправних батерија и омогућава се потпуно пражњење исправних батерија у току циклуса пражњења.

## Опис техничког решења

Акумулаторске батерије су једини извор енергије који је потпуно под контролом корисника. Са друге стране, акумулаторске батерије су најмање поуздана компонента електроенергетског система непрекидног напајања. Периодични преглед батерија, који се ради на месечном или кварталном нивоу, пружа увид у стање батеријског система, међутим, поједине батеријске ћелије могу тренутно отказати. Да би се повећала поузданост описаног система непрекидног напајања, развијен је посебан електроенергетски склоп (систем за контролу батерија - СКБ). СКБ континуално прати и проверава стање акумулаторских батерија. Превентивно упозорава на проблеме и тиме спречава да дође до прекида у напајању потрошача. СКБ омогућава да систем непрекидног напајања увек има декларисано време аутономије рада на резервни извор напајања (акумулаторске батерије).

Стандардни поступци одржавања акумулатора контролишу укупну вредност напона сета акумулаторских батерија. Током циклуса пуњења и пражњења поједине ћелије могу изаћи из опсега препоручених радних режима, а да то уређаји за пуњење или пражњење не идентификују. СКБ је програмабилни контролер који омогућава стално мониторисање и балансирање напуњености сваке батеријске ћелије појединачно.

Акумулаторска батерија је електрохемијски елеменат који на свом излазу генерише напон који се креће у границама од 1.4 до 2.3V. Напон ћелије зависи од технологије производње и степена напуњености. Акумулаторске батерије су погодне као резервни извори напајања за системе код којих је неопходан услов непрекидног рада. У периоду времена када је присутан напон електродистрибутивне мреже, акумулаторске батерије електричну енергију претварају у хемијску енергију – процес пуњења. Када настане прекид у снабдевању електричном енергијом из електродистрибутивне мреже, акумулаторске батерије акумулирану хемијску енергију претварају у електричну енергију (пражњење) и напајају потрошаче. На тај начин се остварује непрекидно у раду електронских уређаја.

Уобичајене номиналне вредности једносмерног напона резервног напајања су 24V, 48V, 110V и 220V. Да би се оствариле потребне вредности резервног напајања, акумулаторске батерије се везују на различите начине.

## Серијска веза

Серијско повезивање батерија се користи да би се постигао виши напон батеријског сета. Струјни капацитет редне везе је једнак струјном капацитету појединачне батерије, а напон је једнак збиру напона редно везаних ћелија (једначина 1)

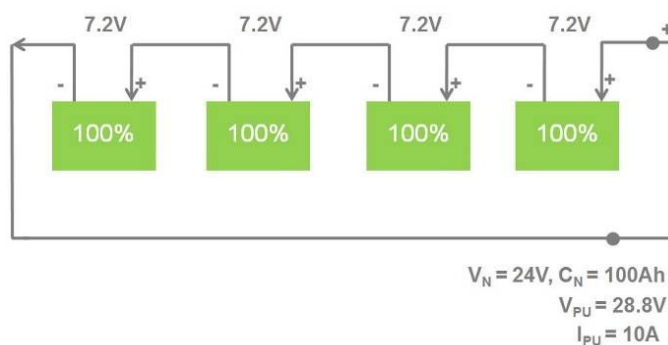
$$Q_{bs} = Q_{b1} + Q_{b2} + \dots + Q_{bn} = \sum_{i=1}^n Q_{bi}, \quad (1)$$

Где је:

$Q_{bc}$  - Напон батеријског сета,

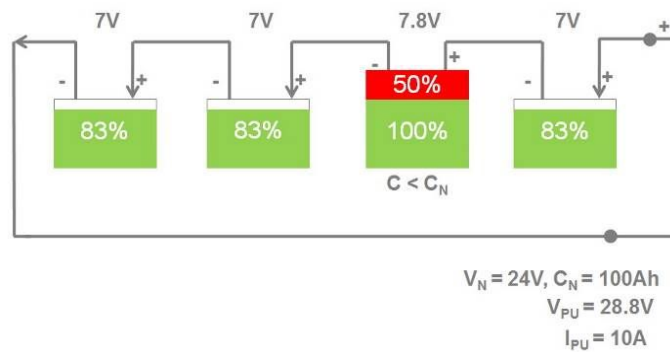
$Q_{bi}$  - Напон једног акумулатора

Појам капацитет ( $Q$ ) код акумулатора је дефинисан као укупна количина електричне енергије коју акумулатор може акумулирати у облику електрохемијске енергије. Капацитет се изражава у амперсатима [Ah]. Кроз све батеријске ћелије тече иста струја пуњења, односно пражњења. Уколико акумулатори имају исту унутрашњу отпорност, све редно везане акумулаторске батерије ће се напунити на исту вредност напона. Уколико постоје разлике у електричним карактеристикама редно везаних батерија манифестоваће се као различити напони на појединим ћелијама. Акумулатори са већом унутрашњом отпорношћу ће се брже пунити и брже празнити од осталих. Практично, током пуњења напон на ћелијама са већим унутрашњим отпором биће виши од напона на ћелијама са мањим унутрашњим отпором. Уколико се у току пуњења контролише укупан напон серијске везе, то ће довести до тога да ће ћелије са већом унутрашњом отпорношћу бити препуњене док ће остале ћелије бити недовољно напуњене. У циклусу пражњења, напон на лошим ћелијама ће пасти испод дозвољеног прага, док друге ћелије још увек имају напоне у радном опсегу. Најслабија батерија одређује карактеристике целог низа. Може се рећи да је струјни капацитет целог низа једнак капацитету најлошије батерије. На слици 1 је приказан низ од четири батерије серијски везане. Све батерије имају исту унутрашњу отпорност, па су и напони на њима исте вредности. Све четири батерије су напуњене до капацитета од 100%



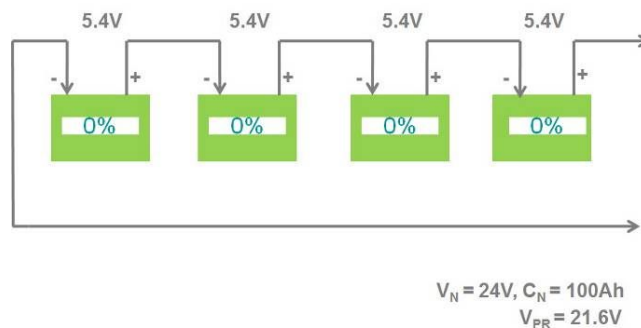
Слика 1. Пуњење исправних акумулаторских батерија

Уколико једна од батерија има већу унутрашњу отпорност од осталих, та ће се батерија напунити на већу вредност напона од дозвољене (препунити), а остале у низу ће бити не напуњене (слика 2).

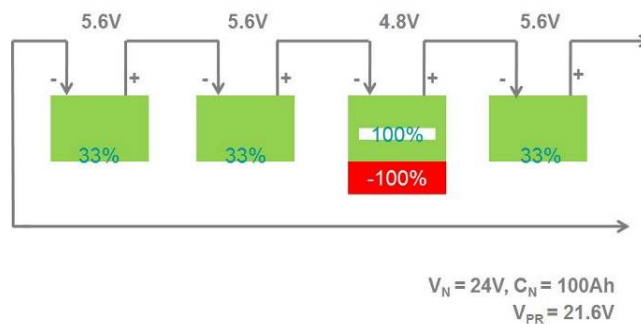


Слика 2. Пуњење батерије са једном неисправном ћелијом

На слици 3 је приказан сет од четири испразњене батерије. Све батерије имају исту унутрашњу отпорност, па ће се испразнити на исту вредност напона.



Слика 3. Пражњење серијски везаних батерија са истом унутрашњом отпорношћу



Слика 4. Пражњење серијски везаних батерија - једна батерија је неисправна

Уколико је једна батерија неисправна, процес пражњења се завршава када укупан напон достигне минималну вредност. То практично значи да се лоша ћелија препразнила (напон ће бити мањи од минилано дозвољеног напона), а да су добре батерије остале делимично напуњене.

### Паралелна веза

Паралелна веза се користи ради повећања струјног капацитета. Капацитет сета батерија је једнак збиру појединачних капацитета (једначина 2).

$$Q_{bs} = Q_{b1} + Q_{b2} + \dots + Q_{bn} = \sum_{i=1}^n Q_{bi} \quad (2)$$

$Q_{bs}$ - укупна количина енергије батеријског сета

$Q_{b1}$ - количина енергије једног акумулатора

Напон сета акумулатора је једнак напону појединачног акумулатора. Повезивање напонских извора у паралелни рад захтева високу упареност по електричним карактеристикама. Струје у гранама ће бити једнаке само под претпоставком да су батерије једнаке по напону, унутрашњој отпорности и капацитету. Реално је очекивање да то није случај ни када су батерије потпуно нове и из исте производне серије.

Поред разлика у производњи акумулатора постоје разлике и у повезивању акумулатора у паралелан рад. Код повезивања у електрично коло мора отпорност инсталације у обе гране бити уједначена (дужине проводника, прелазни отпори на контактима, отпор осигурача). Асиметрија међу нивовима значајно утиче на расподелу збирне струје пуњења или пражњења. Разлика у напонима између два акумулатора који се вежу паралелно се манифестује као само-пражњење или неконтролисано само-балансирање. Тада се грана са нижим напоном понаша као потрошач. Почетна струја балансирања је ограничена унутрашњом отпорношћу акумулатора и може бити веома велика. Ова инцидентна струја се јавља при свакој промени циклуса пуњење/пражњење и при сваком затварању струјне контуре након што је била прекинута, (ради прегледа, замене осигурача или замене неког од батеријских модула). Појава да се батерија са већим напоном празни преко батерије са нижим напоном повећава ризик од трајног уништења батерија, нарушава оптимални режим рада и доводи до убрзаног старења батерија. Повећавањем разлике електромоторних сила, повећава се и инцидентна струја у струјном колу које чине паралелни батеријски нивои.

#### **Комбинована-серијско/паралелна веза**

Комбиновани начин повезивања омогућава највећу конструкциону флексибилност у циљу постизања жељеног напона и струјног капацитета коришћењем стандардних акумулатора.

За Телекомуникационе компаније је уобичајена конфигурација да се четири акумулатора вежу редно па затим паралелно са друга четири акумулатора редно везана (4С2П конфигурација). Наравно ово важи уколико су акумулатори номиналне вредности 12В. Уколико је напон ћелије 2В онда је то 24С2П Конфигурација комбинованог везивања акумулатора је најсложенија. Омогућава кориснику да од стандардних акумулатора направи произвољно велики капацитет батерија. Међутим, поседује све лоше стране серијске и паралелне везе.

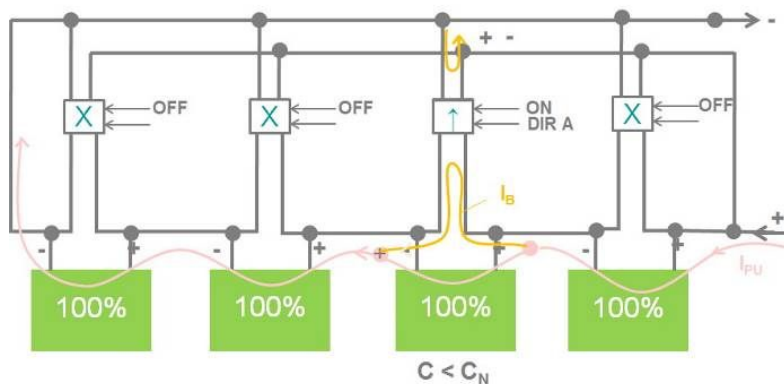
#### **Поступци отклањања уочених недостатака**

Уочени недостаци серијског и паралелног везивања акумулатора су последица различитих карактеристика акумулатора. Због неједнаке унутрашње отпорности, акумулатори ће при истим условима пуњења и пражњења имати различите напоне. Један од начина да умањи негативан утицај неисправне батерије на исправне батерије је изједначавање (у пракси је уобичајен термин еквилизација) напона акумулатора у заједничком раду. Контролише се напон сваког акумулатора и уколико постоји разлика у напонима изврши изједначавање напона.

Уколико један акумулатор у низу има већу унутрашњу отпорност у току пуњења, на њему ће напон бити већи. Да би се остали акумулатори напунили до максималног капацитета, неопходно је смањивати напон неисправног акумулатора. Потребно је празнити акумулатор док напон не буде једнак са напонима осталих акумулатора у низу. На тај начин ће се поступак пуњења завршити када сви акумулатори у низу буду имали декларисану вредност напуњеног акумулатора.

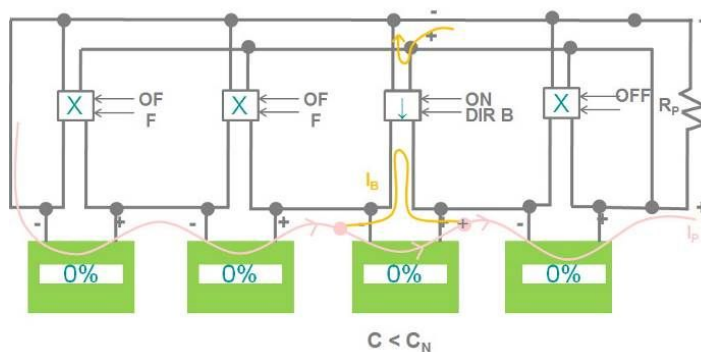
Уколико, у току пражњења, напон на једном акумулатору почне да се смањује већом брзином од напона на осталим акумулаторима, потребно је тај акумулатор допуњавати од осталих акумулатора. На тај начин ће се процес пражњења зауставити када напон свих акумулатора у низу буде минималано дозвољен.

На сликама 5 и 6 је показан поступак којим се отклања недостатак неисправног трећег акумулатора у низу. У току пуњења је напон на трећем акумулатору био већи од напона на остала три акумулатора па је пражњен преко остала три акумулатора (слика 5).



Слика 5. Пуњење са склопом за еквализацију

У току пражњења напон на трећем акумулатору се брже смањује од остала три акумулатора. Да би се спречило препражњавање, трећи акумулатор се допуњава из исправних акумулатора (слика 6).



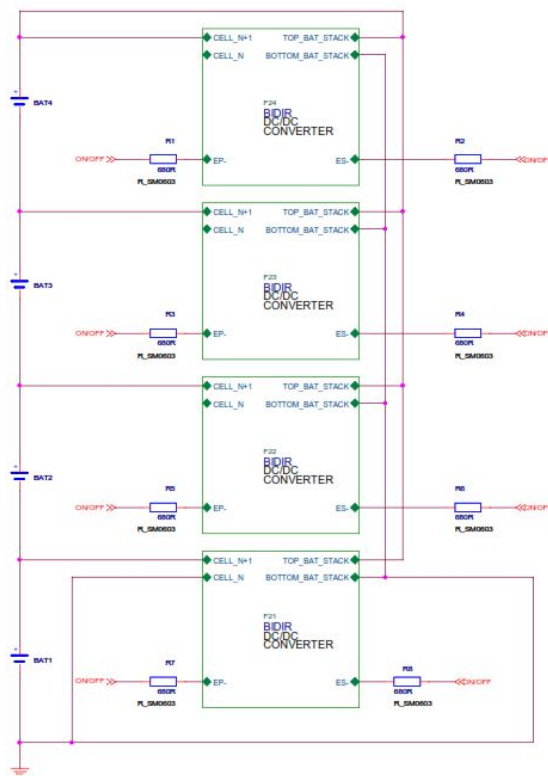
Слика 6. Пражњење сета акумулатора са еквализацијом.

### Бидирекциони конвертор

За реализацију описане идеје развијен је специфичан DC/DC конвертор - бидирекциони конвертор. На крајеве сваког акумулатора се везује по један бидирекциони конвертор. Улога бидирекционог конвертора је да омогући:

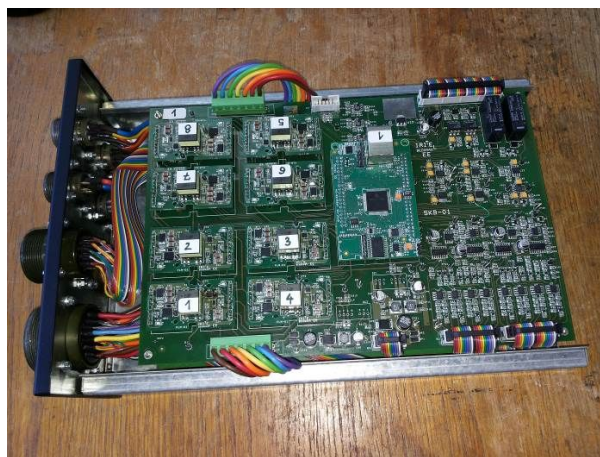
- у току пражњења сета батерија, додатно пуњење акумулатора који има мањи напон од осталих акумулатора,
- у току пуњења сета батерија, додатно пражњење батерије која има већи напон од осталих преко исправних батерија.

На слици 7 је дата блок шема повезивање бидирекционог конвертора за еквализацију сета од четири акумулатора.



Слика7. Повезивање бидирекционих конвертора

Микроконтролер контролише напон сваког акумулатора. Уколико утврди одступање неког акумулатора од осталих у низу укључује бидирекциони конвертор. Уколико је напон акумулатора већи од осталих укључује се бидирекциони конвертор тако да празни акумулатор са већим напоном преко остала три акумулатора. Уколико је напон акумулатора мањи од осталих тада се укључује бидирекциони конвертор тако да се акумулатор пуни од осталих акумулатора.



Слика 8. Изглед реализованог решења

**Нови производ уведен у производњу М81: Систем за контролу акумулаторских батерија СКБ развијен је у Ирител-у у Београду у оквиру текућег пројекта ТР 32016 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.**