

**Нови производ уведен у производњу М81:
Програмабилни серијски конвертор за повезивање алтернативних извора – ПСК 1000**

Руководилац пројекта: проф. др Милош 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

Корисник: Војска Србије

Примена: До сада је испоручено осам уређаја за потребе Војске Србије

Развијено: у оквиру пројекта ИИИ 43008

Година: 2014. - 2015.

Примена: 01.01.2015.

Кратак опис

Снага алтернативних извора који се могу применити у мобилним телекомуникационим центрима је реда киловата. Алтернативни извори веће снаге су, због својих димензија и механичких карактеристика, неприменљиви за мобилне телекомуникационе центре. Алтернативни извори мале снаге, који се могу применити за напајање мобилних телекомуникационих центара су једносмерни извори. При томе су то енергетски претварачи мале ефикасности при конверзији неелектричне величине у електричну. Због тога, у циљу максималног искоришћења енергије алтернативних извора, код избора концепције напајања телекомуникационе опреме у мобилним интегрисаним системима веза, изабрана је дистрибуција на једносмерном нивоу. За организацију система непрекидног напајања примењена је концепција модификованог дистрибуираног напајања са једним сетом акумулаторских батерија (системске батерије).

Да би се могла користити енергија алтернативних извора, неопходно је користити неки акумулативан елемент. Улога акумулативних елемента је да акумулирају енергију кад је има у довољној количини и предају је потрошачима када је потрошња таква да је напон алтернативних извора недовољан за рад телекомуникационе опреме. Као акумулативан елемент користи се специфична врста електролитских кондензатора или акумулаторске батерије. Алтернативни извори би требало да се повезују директно на системске батерије. Међутим, због зависности напона од оптерећења, неопходан је елемент који ће оптимизирати коришћење енергије алтернативних извора. Практично, контролишу се напон и струја на излазу алтернативног извора и подешава се радна тачка да се добије максимална снага. За сваки алтернативни извор је неопходан по један такав елемент. Прилагодни блокови за три типа алтернативних извора (соларни панел, ветрогенератор и горивну ћелију) су смештени у један склоп назван ПСК 1000. Преко склопа ПСК 1000 се повезују алтернативни извори у склоп напајања.

Стање у свету

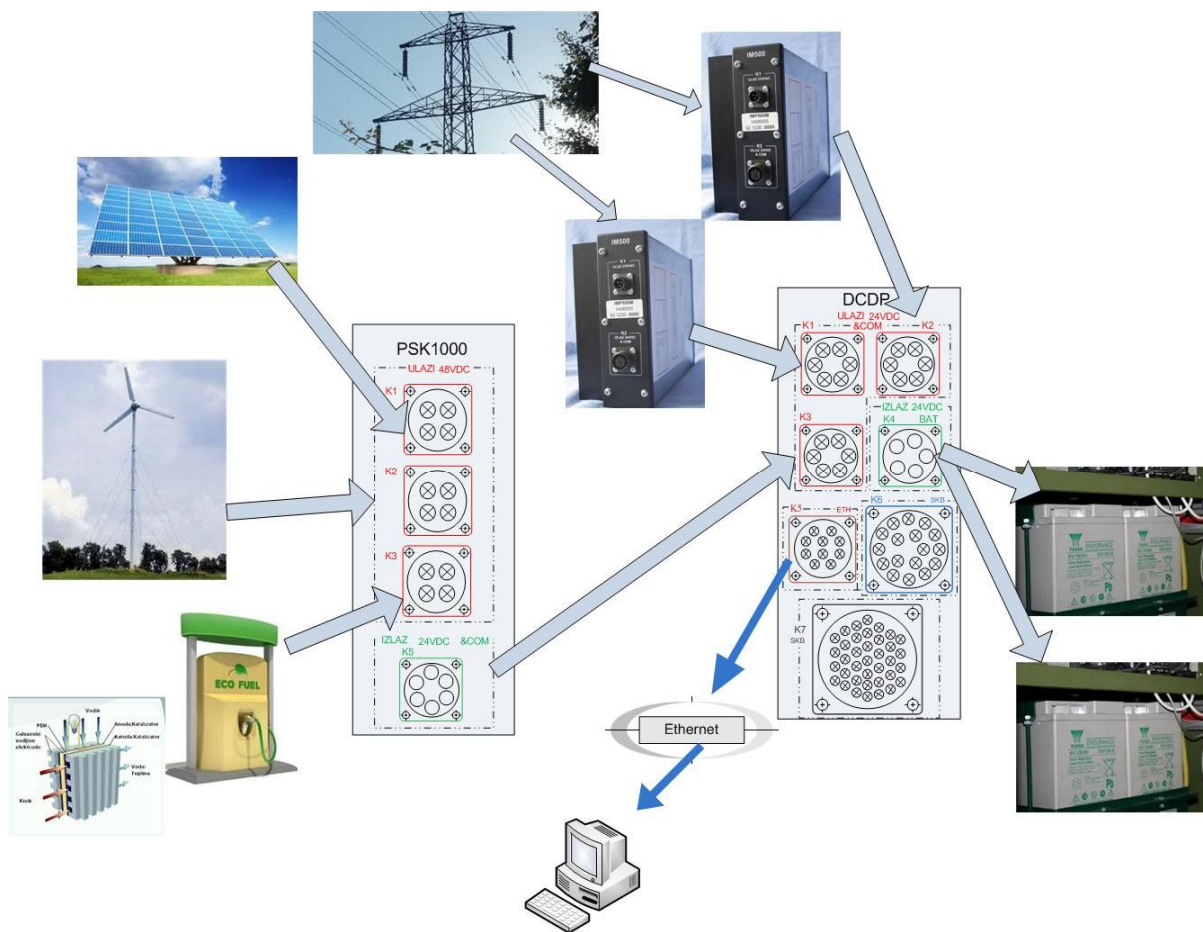
За повезивање алтернативних извора у електроенергетски систем, користе се серијски конвертори. Сваки алтернативни извор користи сопствени серијски конвертор. Уколико је присутно више алтернативних извора, користи се само један од њих, јер не постоји могућност паралелног рада различитих алтернативних извора. ПСК 1000 отклања уочени недостатак и омогућава паралелан рад до три алтернативна извора. При томе, енергија алтернативних извора се контролише помоћу микроконтролера и извлачи се максимална расположива енергија из сваког алтернативног извора повезаног на ПСК 1000. Такође, део енергије се усмерава за оптимално пуњење акумулаторских батерија, а део енергије се прослеђује ка потрошачима.

Опис техничког решења

У идејном пројекту за развој система непрекидног напајања за интегрисане системе веза, постојао је захтев да наредна фаза развоја омогући повезивање алтернативних извора енергије. Снага алтернативних извора који се могу применити у мобилним телекомуникационим центрима је реда киловата. Алтернативни извори веће снаге су због својих димензија и механичких карактеристика неприменљиви за мобилне телекомуникационе центре. Алтернативни извори мале снаге, који се могу применити за напајање мобилних телекомуникационих центара су једносмерни извори. При томе су то енергетски претварачи мале ефикасности при конверзији неелектричне величине у електричну. Због тога, у циљу максималног искоришћења енергије алтернативних извора, код избора концепције напајања телекомуникационе опреме у мобилним интегрисаним системима веза, изабрана је дистрибуција на једносмерном нивоу. За организацију система непрекидног напајања примењена је концепција модификованог дистрибуираног напајања са једним сетом акумулаторских батерија (системске батерије). За напајање мобилних телекомуникационих центара планирано је коришћење следећих извора енергије:

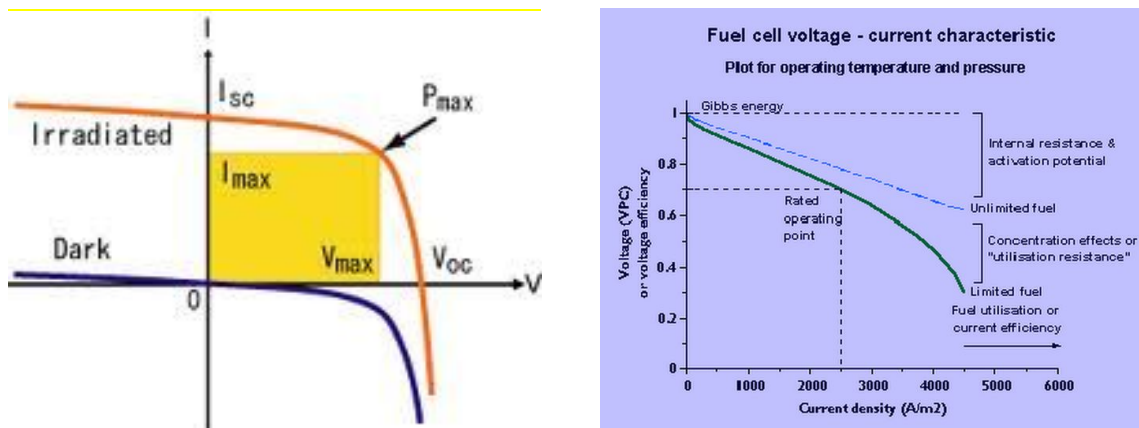
- Електродистрибутивна мрежа,
- Агрегатско постројење (дизел или бензински),
- Акумулаторске батерије (хемијски извор),
- Ветрогенератор,
- соларни панели и
- горивне ћелије.

На слици 1 приказана је блок шема повезивања расположивих извора енергије за напајање мобилних телекомуникационих центара. За примену ветрогенератора и соларних панела постоје сви потребни технички прописи, док се то не може рећи и за горивне ћелије. Ту се пре свега мисли на складиштење основне сировине, водоника.

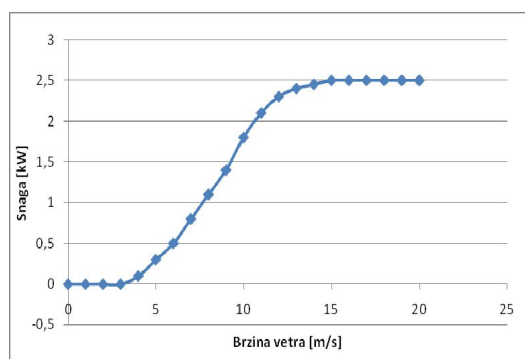


Слика 1. Повезивање алтернативних извора у систем

Заједничка карактеристика свих одрживих извора енергије је већа зависност излазног напона од струје оптерећења, у односу на претвараче напона који конвертују електричну у електричну енергију. На слици 2 је приказана зависност излазног напона од струје оптерећења за соларни панел и горивну ћелију, а на слици 3 зависност излазне снаге од брзине ветра за ветрогенератор.



Слика 2. Напонско/струјна карактеристика соларног панела и горивне ћелије



Слика 3. Карактеристика ветрогенератора

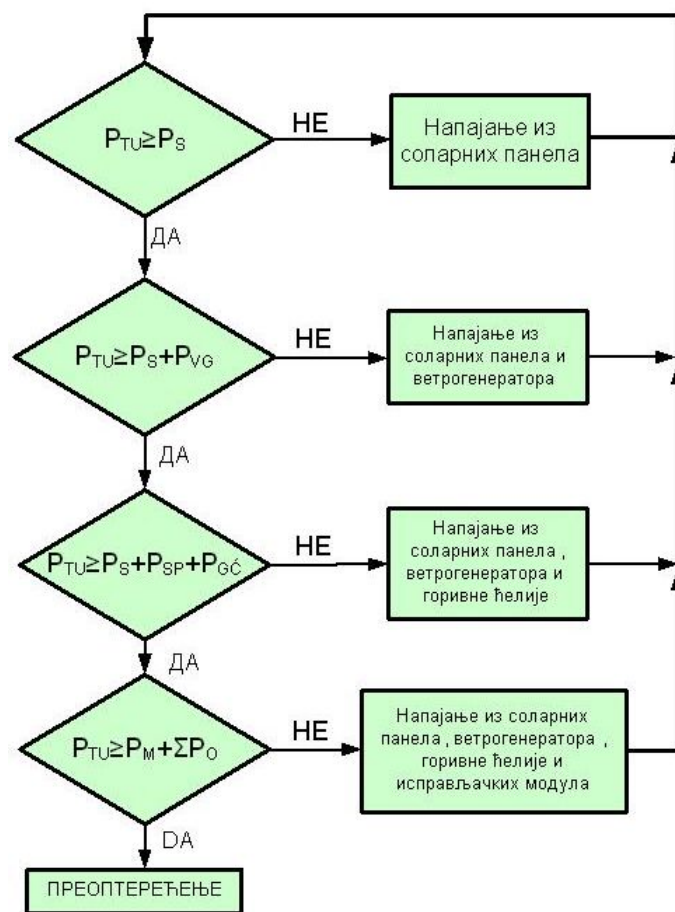
Очигледно је да вредност напона на излазу алтернативних извора битно зависи од оптерећења и неелектричне величине која је основни извор енергије (енергије сунца, ветра). Не могу се директно повезати на потрошаче. Алтернативни извори су нестабилни извори и нису директно применљиви за напајање телекомуникационе опреме. Да би се могла користити енергија алтернативних извора, неопходно је користити неки акумулативан елемент. Улога акумулативних елемента је да акумулирају енергију када је има у довољној количини и предају је потрошачима када је потрошња таква да је напон алтернативних извора недовољан за рад телекомуникационе опреме. Као акумулативан елемент користи се специфична врста електролитских кондензатора или акумулаторске батерије. У приказаном систему напајања, постоје системске акумулаторске батерије. Алтернативни извори би требало да се повезују директно на системске батерије, међутим, због зависности напона од оптерећења, неопходан је елемент који ће оптимизирати коришћење енергије алтернативних извора. Практично, контролишу се напон и струја на излазу алтернативног извора и подешава се радна тачка да се добије максимална снага. За сваки алтернативни извор је неопходан по један такав елемент. Прилагодни блокови за три типа алтернативних извора (соларни панел, ветрогенератор и горивну ћелију) су смештени у један склоп назван ПСК 1000. Преко склопа ПСК 1000 се повезују алтернативни извори у склоп напајања (слика 1). На склопу ПСК 1000 постоје три конектора за повезивање три типа алтернативних извора (конектори K1, K2 и K3). С обзиром на то да вредност напона алтернативних извора може бити у широком опсегу, неопходан елемент у систему је серијски конвертор.

Серијски конвертор има двоструку улогу:

- Да омогући коришћење максималне снаге алтернативних извора и
- Да прилагоди напон на излазу оптималном пуњењу системских батерија.

У систему непрекидног напајања, алтернативни извори се појављују као још један извор који има могућност пуњења системских батерија. Склоп ПСК 1000 има један излазни конектор, K4, за повезивање са DCDP дистрибуцијом пуњача. На тај начин се сви алтернативни извори повезују на један улаз DCDP дистрибуције пуњача. Микрорачунар у склопу ПСК 1000 има и улогу да омогући паралелан рад одрживих извора енергије. Да би се искористила сва расположива енергија алтернативних извора, неопходна је комуникација између микрорачунара на DCDP и ПСК 1000. Веза је остварена преко RS485 комуникације (на слици 1, конектор K3 на DCDP и конектор 5 на ПСК 1000). Уколико постоји довољно енергије у алтернативним изворима, микрорачунар на DCDP ће искључити конверторе који пуне системске батерије из електродистрибутивне мреже или агрегатског постројења. На овај начин се постиже уштеда у потрошњи горива агрегатског постројења.

Алгоритам рада система непрекидног напајања са одрживим изворима енергије приказан је на слици 4.



Слика 4. Алгоритам рада система непрекидног напајања

Где је:

- P_{TU} потребна снага телекомуникационог уређаја
- P_S снага соларних панела
- P_{VG} снага ветрогенератора
- P_{GC} снага горивне ћелије
- P_M снага која се може добити из мрежног напона
- P_O укупна снага свих одрживих извора енергије

Са становишта економичности, приоритет код коришћења извора енергије је на соларној енергији. Соларни панели немају обртних механичких делова и стога су једноставнији за коришћење. Код ветрогенератора и агрегата постоје механички делови који се крећу, самим тиме и хабају. Са становишта века трајања склопова, пожељно је рационално коришћење.

Да би се омогућило истовремено коришћење соларне енергије, ветрогенератора и агрегата, потребно је контролисати коришћење извора енергије. Уколико има довољно соларне енергије, а системска батерија је напуњена, нема потребе користити остале изворе енергије. Уколико соларни панели немају довољно снаге (струја којом се празне системске батерије је већа од струје којом се пуне од стране соларних панела), у паралелан рад треба додати други расположиви алтернативни извор. Ако је енергија ветрогенератора доступна, треба укључити и ветрогенератор (паралелан рад соларних панела и ветрогенератора). Уколико је енергија коју производи ветрогенератор недовољна или је нема, потребно је користити горивне ћелије. Горивна ћелија је извор енергије који треба користити када нема довољно енергије светлости или ветра. Међутим, енергија горивних ћелија се добија од водоника и неоподно је повремено

допуњавати резерворе. Неопходан елемент за разматрање у току пројектовања објекта је складиштење водоника. Водоник је запаљив материјал и из тог разлога се мора одвојити у резервоаре који се налазе у близини телекомуникационог објекта, али никако у склопу објекта.

Уколико је енергија потребна за рад телекомуникационог уређаја већа од расположиве енергије алтернативних извора енергије, тада се пуштају у паралелеан рад одрживи извори енергије и извор енергије на бази фосилиних горива.

Да би се оствариле све горе наведене функције, неопходно је управљати одрживим изворима енергије и изворима на бази фосилних горива. Управљање одрживим изворима енергије је омогућено преко склопа ПСК 1000, а управљање исправљачким модулима је преко склопа DCDP. Паралелеан рад одрживих извора енергије и исправљачких модула је могућ уз сарадњу микрорачунара у склоповима ПСК 1000 и DCDP.

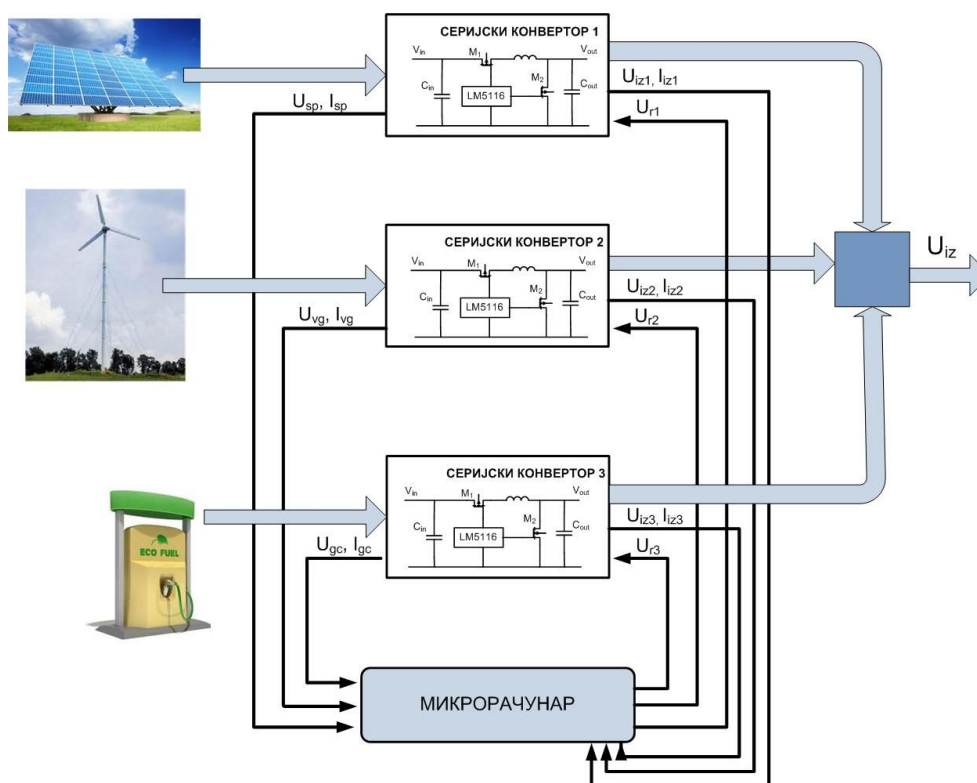
Принцип рада склопа ПСК 1000

Принцип рада склопа ПСК 1000 приказан је на слици 5. За сваки алтернативни извор енергије користи се један серијски конвертор. У основи, серијски конвертор је неизоловани синхрони „*Buck*“ конвертор. При избору конфигурације конвертора, основни услов је максимално искоришћење енергије алтернативних извора. Циљ је направити DC-DC конвертор са ефикасношћу око 95% .

Да би се обезбедио горе наведени циљ, реализација склопа ПСК 1000 је урађена на следећи начин. Избегнут је трансформатор. Први разлог, зато што конфигурације са раздвојним трансформатором имају нижи степен корисног дејства. Други разлог, трансформатор омогућава галванску изолованост, али за ову намену то није неопходно. Алтернативни извори су једносмерни извори, па код спрезања није неопходан услов галванске изолованости.

„*Buck*“ конфигурација је спуштач напона. Номинална вредност напона за напајање телекомуникационе опреме у систему је 24V, те је пожељно да улазни напони алтернативних извора буду већи од те вредности. Теоријски, то би могли бити и напони номиналне вредности мање од 24V, али тада би за исту снагу величине струје алтернативних извора биле пропорционално веће. Самим тим и губици би се повећали (величина губитака зависи од квадрата струје). Са друге стране, постоје ограничења по критеријуму безбедности, па је усвојено да максимални улазни једносмерни напон не буде већи од 70V.

Синхрони конвертор уместо диоде користи MOSFET (на слици 5 то је MOSFET M2). На тај начин се контролишу комутациони губици. Комутациони губици су доминатни губици на фреквенцијама на којима раде савремени конвертори. Наравно, смањују се и губици у режиму вођења, јер је отпорност MOSFET-а мања од отпорности диоде.



Слика 5. Принцип рада ПСК 1000

Улога микрорачунара је да контролише рад сваког одрживог извора енергије. То се постиже мерењем електричних карактеристика на улазу и излазу серијског конвертора. На бази тих података се дефинише положај радне тачке. Поред мерења карактеристика алтернативних извора, микрорачунар има и могућност управљања радом алтернативних извора. Управљање се остварује сигнаlima U_{r1} до U_{r3} . Сигнаlima U_{r1} до U_{r3} се мења референтни напон конвертора и на тај начин се може повећати или смањити вредност излазног напона сваког серијског конвертора. Конвертор са већим напоном ће преузети снагу од конвертора са мањим напоном. Промене напона на излазу конвертора су мање од 1V, па ће и са таквим променама напона бити у границама које су прописане за једносмерни напон номиналне вредности 24V (опсег у коме се мења напон 24V је од 21.6V до 27.4V). На тај начин се остварује расподела снаге према алгоритму који дефинише корисник. У склопу ПСК 1000 није предвиђена опција активног делења струје, већ је основни критеријум максимално искоришћење алтернативних извора. Микрорачунар склопа ПСК 1000 је повезан са микрорачунаром у склопу дистрибуције пуњача (DCDP), како би постојала контрола напајања из алтернативних извора, односно електродистрибутивне мреже. Уколико постоји довољна количина енергије у алтернативним изворима, микрорачунар у дистрибуцији пуњача ће променити референцу исправљачким модулима IM500 и на тај начин их искључити. Модули IM500 су програмабилни и вредност напона на излазу се може мењати преко микрорачунара који се налазе у дистрибуцији. На тај начин се омогућава паралелан рад одрживих извора енергије, као и паралелан рад одрживих извора енергије са исправљачким модулима који се напајају

Нови производ уведен у производњу M81: Програмабилни серијски конвертор за повезивање алтернативних извора – ПСК 1000, развијен је у Ирител-у у Београду у оквиру текућег пројекта ИИИ 43008 Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.