

**Нови производ уведен у производњу М81:
Исправљачки модул ИМ500**

Руководилац пројекта: проф. др Љиљана Живанов

Одговорно лице: др Мирослав Лазић, дипл.инж

Аутори: Мирослав Лазић, Драгана Петровић, Зоран Цвејић, Бојана Јовановић, Марко Тодоровић, Милан Јевтић

Реализатори: Институт за телекомуникације и електронику ИРИТЕЛ а.д. Београд, Војнотехнички институт у Београду

Корисници: Војнотехнички институт у Београду и Министарство одбране Републике Србије

Примена: до сада је испоручено око 120 уређаја за потребе Војске Србије

Развијено: у оквиру пројекта ТР 32016

Година: 2014. - 2015.

Примена: 01.01.2015.

Кратак опис

Исправљачки модул ИМ500 претвара улазни наизменични (једнофазни) напон у једносмерни напон номиналне вредности 24V. Модули ИМ500 имају могућност да по потреби раде заједно у паралели и на тај начин формирају конфигурабилан исправљачки систем. У складу са тим, излазна снага система је пропорционална броју инсталираних и међусобно повезаних модула.

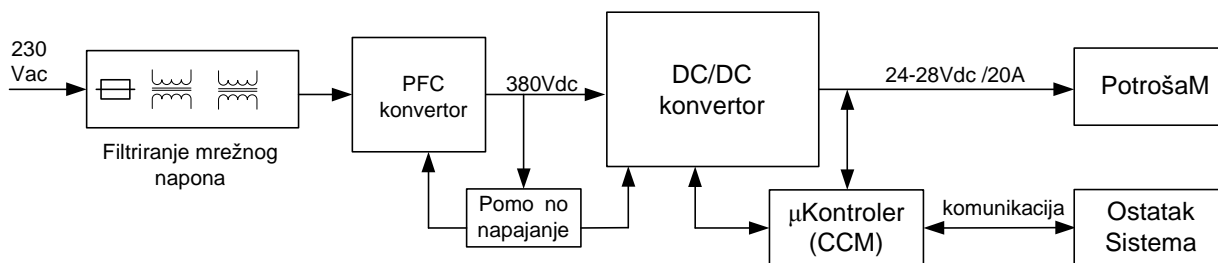
Након довођења мрежног напона, преко кабла за повезивање АС дистрибуције са исправљачким модулима, ИМ500 је спреман за рад. Стартовање модула је могуће и без оптерећења (не постоји потреба за тзв. минималним оптерећењем). Вредност напона на излазу је задата фабричким подешавањем или накнадном променом задатом кроз комуникацију са остатком система односно оператером преко надзорног рачунара. Опсег подешавања излазног напона је 24-28 V_{DC} .

Стање у свету

Улога IM500 је да прилагоди мрежни напон једносмерном напону уређаја који се напаја. Уобичајено је да сваки потрошач има свој енергетски претварач. Овакво решење је неефикасно и не постоји могућност да се претварач напона са једног уређаја пребаци на други, што смањује поузданост рада телекомуникационих центара. IM500 је стандардизован уређај који омогућава напајање било ког потрошача. Уређаји IM500 имају могућност активног дељења струје. То значи да се комбиновањем већег броја IM500 може направити произвољно велика снага за потребе потрошача. На тај начин је омогућено да се из типског уређаја напаја било који телекомуникациони уређај. Ово решење повећава ефикасност коришћења енергије извора, омогућава унификацију енергетских претварача и повећава искоришћење енергије која се узима из извора.

Опис техничког решења

На слици 1 налази се блок дијаграм исправљачког модула IM500.



Слика 1. Електрични блок дијаграм IM500

IM500 се повезује посебним каблом са дистрибуцијом наизменичног напона (AC дистрибуција). Улазни мрежни 230V напон (слика 1), доводи се на део за филтрирање наизменичног напона. Овај део модула има у себи и елементе заштите од улазних пренапона (двостепена пасивна заштита реализована варисторима), а врши и филтрирање сметњи од модула ка мрежи. Филтрирање сметњи (у односу на нулу и фазу, и у односу на мрежно уземљење) врши се кроз двостепени ЕМИ филтар. Унутар овог склопа налази се и део за аналогно мерење улазног напона. Улазни осигурач је пасиван, спорог типа, 10А, топљив, налази се у оба улазна вода – и у фази и у нули.

У основи модул се састоји од две целине без којих не може функционисати. То су склоп коректора фактора снаге (PFC) и склоп DC/DC конвертора спуштача напона.

Коректор фактора снаге има улогу да повећа ефикасност коришћења енергије коју исправљачки модул узима из мрежног напона. У складу са важећим прописима за уређаје енергетске електронике, фактор снаге мора бити већи од 0,98%, а дисторзија улазне струје мања од 5%. Да би се то остварило, контролише се фазна разлика улазног напона и улазне струје, и уколико постоји, отклања се. На тај начин се генерише струја синусног облика, па је и дисторзија струје мања од 5%. Основни елемент коректора фактора снаге је интегрисано коло LM4981 које контролише фазну разлику и управља енергетским прекидачем, са циљем да се улазни напон и улазна струја одрже у фази. Конфигурација је Boost конвертор (подизач напона). При промени улазног мрежног напона у опсегу од 90V до 255V, на излазу коректора фактора снаге се генерише једносмерни напон номиналне вредности 400V.

DC/DC конвертор спуштач напона на улазу има једносмерни напон номиналне вредности 400V, а на излазу генерише једносмерни напон номиналне вредности 24V. Конфигурација је двоструки *forward* конвертор. Основни елемент конвертора је интегрисано коло LM2845, а галванско одвајање је остварено у енергетском делу преко трансформатора, а у склопу управљачке електронике преко оптокаплера.

У излазном делу исправљачког модула IM500 налази се микроконтролер, са својим окружењем (слика 1), који обавља неколико функција. Функције овог склопа могу се поделити у две категорије:

- 1) контролу и управљање,
- 2) комуникацију.

У даљем тексту овај склоп се може назвати скраћено ССМ (скраћеница од *Control and Communication Module*).

Функција контроле и управљања ССМ може се поделити у две основне групе:

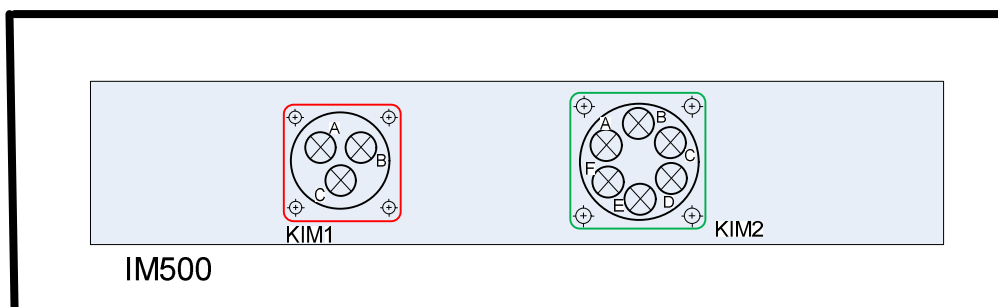
- 1) надзор исправљачког модула IM500 и његова заштита у складу са измереним вредностима и програмираним параметрима,
- 2) програмирање вредности излазног напона (на потрошачу), максималне струје ка потрошачу.

Комуникација IM500, односно ССМ склопа унутар исправљачког модула, са остатком система, остварује се преко DC дистрибуције или самостално и тако се остварује веза са локалним или удаљеним корисником и/или другим системом за надзор и управљање. Надзор и управљање се обављају преко *Ethernet* прикључка.

ССМ може да очита вредност излазног напона и струје исправљачког модула, улазног мрежног напона, температуру плоче и хладњака и још вредности у складу са потребама. Све ове очитане аналогне вредности се преносе ка остатку система, односно систему за надзор и управљање. Постоје и дигиталне (*on/off*) величине које се преносе – да ли је исправљачки модул активан или не, да ли је мрежни напон присутан или не, стање осигурача и сл. Истовремено, ССМ проверава да ли су очитане аналогне вредности у границама задатих параметара, и у складу са тим реагује – укључује или искључује исправљачки модул, даје аларме ка остатку система итд.

Изглед предње плоче, са распоредом сигнала на пиновима, приказан је на слици 2.

Исправљачки модул је смештен унутар металног кућишта, па ризик од додира делова под напоном (одозго или одоздо) не постоји (слика 3). Кућиште је уземљено. Хлађење је нефорсирано (пасивно), реализовано преко хладњака на бочној страни (слика 3). Заштита од прегревања је реализована мерењем температуре хладњака и главне плоче, као и биметалним прекидачем који се налази на хладњаку. Вредности на којима заштита реагује су програмабилне.



Слика 2. Изглед предње плоче IM500 са распоредом сигнала на пиновима
 Распоред сигнала на пиновима наведен је у табели 1.

Табела 1: Распоред сигнала на пиновима модула IM500

Ознака конектора	Улога конектора	Распоред сигнала
KIM1	Повезивање улазног наизменичног напона	A - фаза B - нула C - уземљење
KIM2	Повезивање са DCD	A - 24 - 28V B - нула C - RS485 D - RS485 E - активно дељење струје F - маса за комуникацију (по потреби)



Слика 3. Изглед IM500 модула

Опис рада модула IM500

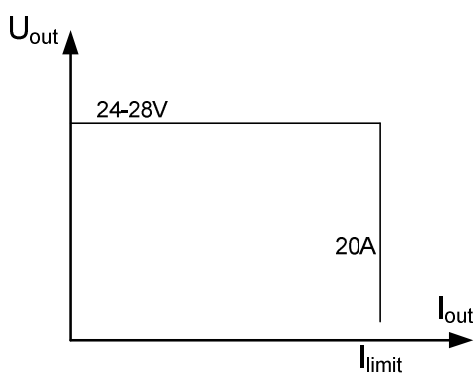
Исправљачки модул IM500 је базиран на двостепеном претварању напона. Прво конвертовање напона, из наизменичног улазног 230V напона, у једносмерни контролисани напон (приближно $380V_{DC}$), изведено је од стране конвертора фактора снаге – у питању је тзв. PFC (*Power Factor Converter*) конвертор (слика 1). Друго претварање напона, из једносмерног $380V_{DC}$ напона доведеног са излаза PFC-а, у једносмерни излазни контролисани напон (номиналних $24V_{DC}$), изведено је од стране главног DC/DC конвертора (слика 1). PFC је неизоловани *boost* (подизачки) конвертор, са једносмерним излазним напоном од $400V_{DC} (\pm 5V)$. Основна функција PFC конвертора је да коригује фактор снаге на вредност 0,96 до 0,99.

Помоћно напајање, потребно за рад управљачке електронике PFC-а и примарне стране DC/DC конвертора, смештено је на примарној страни IM500, независно је од вредности излазног оптерећења и генерише напон тако што конвертује излазни напон PFC конвертора. Због тога исправљачки модул може да ради са нултим оптерећењем на излазу. Конвертор за помоћно напајање реализован је као тзв. *Flyback* конвертор и даје излазних $+12V_{DC}$.

Главни DC/DC конвертор је тзв. *two transistor forward* конвертор са две целине:

- 1) енергетска електроника (главна плоча IM500),
- 2) управљачка електроника (посебна картица, са ознаком DCC, вертикално монтирана на главну плочу). Примарна и секундарна страна овог конвертора су галвански изоловане. Заштита од евентуалног пренапона на излазу је реализована кроз посебну везу преко оптокаплера, независно од главне повратне петље.

Овај конвертор поседује струјно ограничење реализовано као струјну заштиту типа *hard limit* (слика 4). Преко одређене вредности оптерећења, струја остаје константна, а напон на излазу пада. На овај начин је реализована заштита од преоптерећења, кратких спојева, а могуће је и (уз одређене предуслове) повезивање са батеријом тј. коришћење модула као пуњача.



Слика 4. Струјно ограничење главног DC/DC конвертора

IM500 се повезује посебним каблом са дистрибуцијом једносмерног напона (DC дистрибуција), а преко ње са потрошачима.

Више међусобно повезаних исправљачких модула IM500, три модула максимално ($3 \times 20A$), повезаних са дистрибуцијом једносмерног напона (DCD), чине исправљачки систем SN24/1500, укупне снаге до 1500W. На слици 5 налази се блок шема повезивања исправљачких модула IM500 са DCD. SN24/1500 је конфигурабилан систем, дизајниран за различите снаге потрошача.

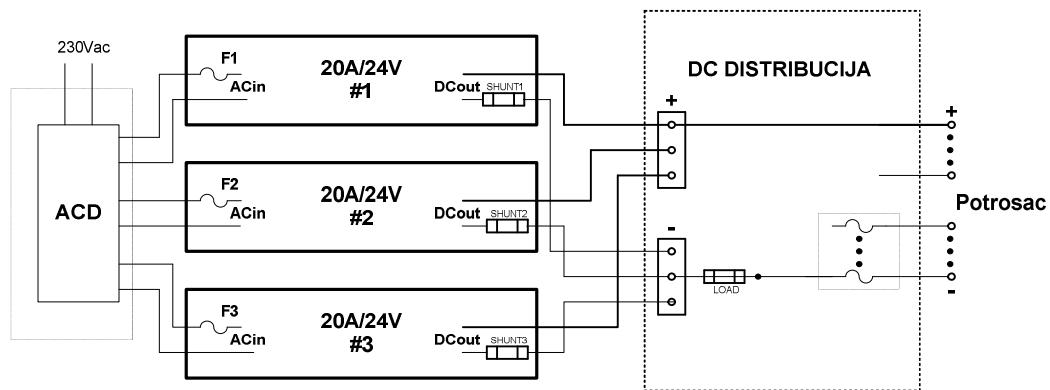
На слици 6, приказан је изглед система SN24/1500 са два исправљачка модула и уређајем за даљински надзор (на слици први здесна).

Минималан број модула је један, максималан три (у верзији за 1500W). Да би се постигла редувантност система, поред потребних модула, монтира се и повезује увек још један, тзв. резервни модул. У случају отказа било ког модула, остали модули имају довољно снаге да покрију све потребе потрошача.

Исправљачки модули IM500 међусобно деле снагу, односно излазну струју. Посебна веза између модула (тзв. *current share bus*, један сигнални вод) и активна електроника на сваком од модула намењена овој функцији, омогућавају тачност активног дељења струје од 5% између модула.

Главне особине исправљачког модула IM500 и исправљачког система SN24/1500 су:

- Исправљачки модул IM500, односно систем SN24/1500 је компактан и са пуним фронталним прилазом - једноставност инсталације и коришћења система,
- Конфигурабилност система - различит број модула по реку,
- Паралелни рад модула - активно дељење струје,
- Редувантност система реализована са IM500 модулима - N+1 конфигурација,
- Укупна номинална снага, максимално 1500W (3x20A),
- Природно хлађење – без вентилатора,
- Фактор снаге 0,98,
- Интегрисан систем за надзор и управљање системом.



Слика 5. Електрични блок дијаграм повезивања IM500 (3 исправљачка модула)
Модули, заједно са DC дистрибуцијом се налазе монтирани у посебном кућишту.



Слика 6. Изглед исправљачког система SN24/1500, са два модула и уређајем за даљински надзор

Нови производ уведен у производњу М81: Исправљачки модул ИМ500, развијен од стране Ирител-а у Београду и Војнотехничког института у Београду у оквиру текућег пројекта ТР 32016 Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.

Штампано – 2015.