

# NAPAJANJE

# LFP BATERIJE 2. DIO

Teksti foto: **Josip Zdenković**

**U** prošlom nastavku smo upoznali kako uključiti alternator u sustav s LFP baterijom. Za olovne baterije alternator je povijesnim razvojem tehnike „tehnički prilagođen“, no logična je želja na plovilu pri zamjeni olovnih baterija opće namjene s LFP baterijama zadržati i postojeći alternator na motoru plovila i njime puniti i startnu bateriju i bateriju opće namjene. Tako smo ponovili da LFP baterije imaju značajno manji unutarnji otpor u odnosu na olovne baterije što može prouzročiti povećanje struje uobičajenih alternatora ako bi se alternator priključio

izravno na litijevu bateriju. To može u konačnici završiti pregaranjem alternatora. Za priključak alternatora za postizanje funkcije punjenja LFP baterija opće namjene pametno je stoga koristiti DC-DC pretvarač koji kroz sebe kontrolirano propušta snagu pa jednostavno ne može doći do preopterećenja alternatora.

Proizvođači motora u plovilima i vozilima sve više uvode inteligentno vođenje rada alternatora u motorskom agregatu (motori EURO 5 i 6 generacije) kako bi se povećala iskoristivost goriva i smanjila nepotrebna emisija štetnih

plinova. Osim što mogu dinamično varirati izlazni napon, pametni alternatori se i gase kada nisu potrebni. DC-DC pretvarač za punjenje LFP baterije spojen na alternator i startnu bateriju bi morao biti podešen tako da predaje energiju samo dok je motor koji pogoni alternator u vrtnji, odnosno preciznije - dok alternator može predavati energiju. Ovo je ekstremno važno kako se ne bi uz isključeni alternator praznila i ispraznila startna baterija!!!! Ali jednako je važno i da LFP baterija ne bi bez potrebe punila startnu – jer za punjenje startne i imamo alternator!!! Kvalitetan DC DC



Slika 1. Silazno/uzlazni DC/DC pretvarač (buck/boost converter)

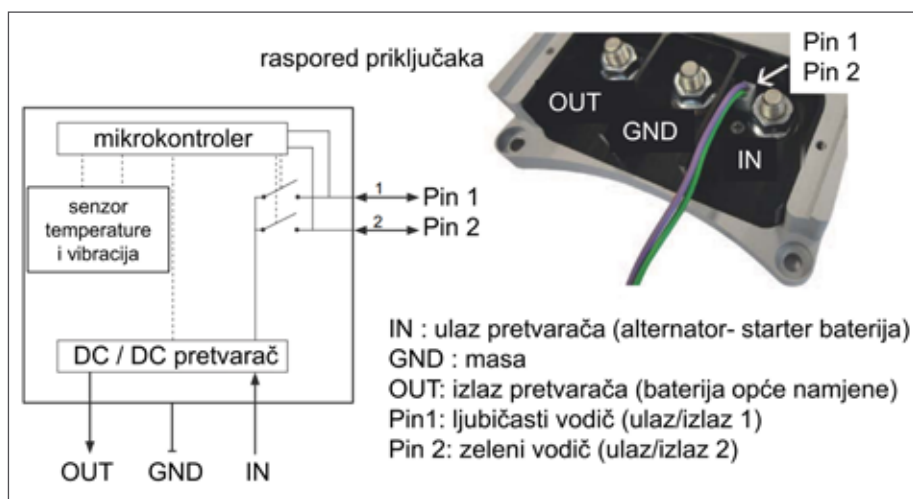
**Proizvođači motora u plovilima i vozilima sve više uvode inteligentno vođenje rada alternatora u motorskom agregatu (motori EURO 5 i 6 generacije) kako bi se povećala iskoristivost goriva i smanjila nepotrebna emisija štetnih plinova. Osim što mogu dinamično varirati izlazni napon, pametni alternatori se i gase kada nisu potrebni.**

pretvarač mora u sebi imati detekciju vrtnje pogonskog motora, odnosno alternatora.

Silazno/uzlazni DC/DC pretvarač (buck/boost converter) sa slike 1. upravo imaju detekciju rada pogonskog motora i vrtnje alternatora. Ta detekcija se provodi preko senzora vibracija, svaki motor kada radi ima karakteristične vibracije koje se prenose i do pretvarača. Dodatno može se pratiti i ulazni napon uređaja i ta informacija kombinirati s prisutnošću vibracija. Pretvarač prosljeđuje energiju prema LFP bateriji

samo ako je motor u radu i ulazni napon tj. napon startne baterije, veći od podešenog praga i ako je prošla postavljena podesiva vremenska zatega od starta pogonskog motora.

Osim opisanog automatskog upravljanja radom pretvarača je moguće upravljati i preko upravljačkog priključka „Pin 1“ (ljubičasti vodič), slika 2. Pretvarač počinje prosljeđivati energiju kada je napon na upravljačkom priključku Pin 1  $\geq 2V$  i kada je ulazni napon na IN priključku (napona alternatora i startne baterije) veći od zadanog praga. Podsjetit



Slika 2. Priključci silazno/uzlaznog DC/DC pretvarača

**SCHRACK STORE**

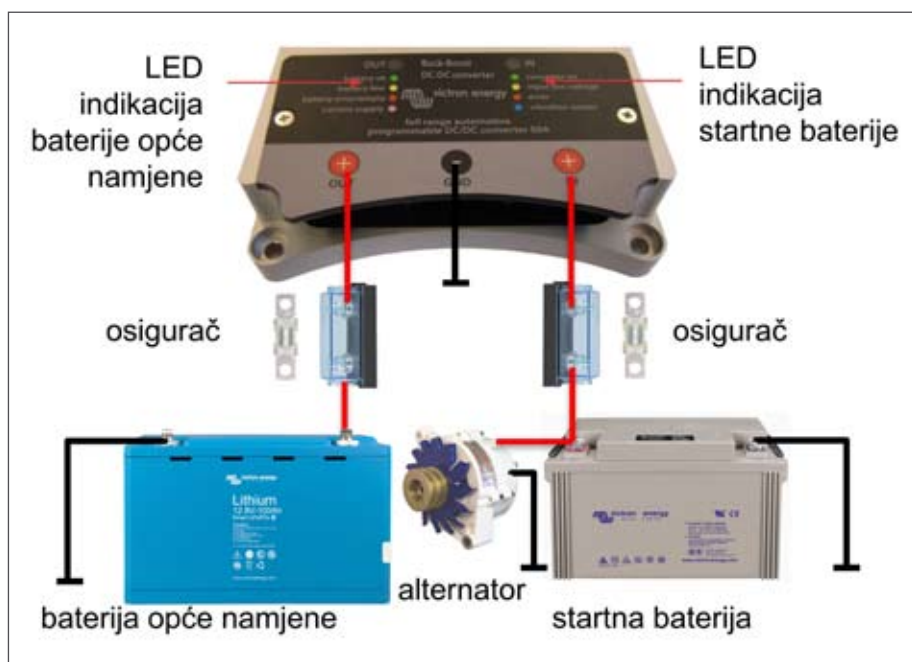
Tisuće artikala na raspolaganju spremnih za preuzimanje

**INTERNET TRGOVINA**

Iz ureda ili u pokretu

[www.schrack.hr](http://www.schrack.hr)

Get Ready. Get Schrack.



Slika 3. Osnovni spoj silazno/uzlaznog DC/DC pretvarača (engl. buck/boost converter)

ćemo se i da i jednokratno prepunjavanje LFP baterija dovodi do uništenja baterija. Ako smo izabrali da se pretvaračem upravlja preko detekcije rada motor onda se preko „Pin 2“ (zeleni vodič) može upravljati njegovim isključenjem preko upravljačkog izlaza nadzornika LFP baterija. Kada je Pin 2 na niskoj razini tada je pretvarač isključen i neće predavati energiju LFP bateriji sve i da alternator radi. Dodatno ako se LFP baterija preduboko ispražnjena tj ako je prag pao ispod nekog podesivog minimuma, dobro ju je puniti s manjom strujom dok se ne oporavi. Prag te nove, niže struje punjenja, za slučaj dubokog pražnjenja je također podesiv. Slika 3. prikazuje spoj silazno/uzlaznog DC/DC pretvarača u električnoj instalaciji plovila (ili vozila).

U pravilu na plovilu imamo za startnu bateriju najčešće klasičnu olovnu bateriju. Ona se dopunjava alternatorom koji posjeduje vlastiti regulator napona. I sve dok smo na plovilu imali bateriju opće namjene isto od olova moglo se pomoću inteligentnog releja tipa Cyrix koristiti alternator i za dopunjavanje baterije opće namjene. Međutim zbog malih unutarnjih otpora LFP baterije i time slijedno više struje pri izravnom spoju alternatora na LFP bateriju može se oštetiti (i izgorjeti!) alternator. Neki alternatori imaju posebne regulatore koji sami ograničavaju izlaznu struju mjereći temperaturu svojih

namota. No ako nemate takav alternator i pripadni pametni regulator, DC/DC pretvarač za punjenje LFP baterije mora imati mogućnost preciznog zadavanja i reguliranja maksimalne struje punjenja LFP baterije. Ograničenjem struje ograničava se i snaga koja se povlači iz alternatora pa tako alternator neće biti ugrožen. Podešenje iznosa struje punjenja LFP baterije provodi se u DC/DC pretvaraču preko osobnog računala koje se spaja USB sučeljem na DC/DC pretvarač, a uz korištenje male besplatne

programske aplikacije TSC config podešavanjem parametra „Maximum output current“, slika 4. Tako podešena vrijednost izlazne struje dodatno je korigirana senzorom temperature u samom pretvaraču. Ako temperatura u pretvaraču poraste, struja se dodatno ograničava. Tako se sam pretvarač štiti od prekomjerne temperature koja bi ga mogla uništiti.

Prilikom izvođenja instalacije potrebno je predvidjeti osigurač na ulazu i osigurač na izlazu i sve to izvesti odgovarajućim presjekom vodiča (tablica 1.)

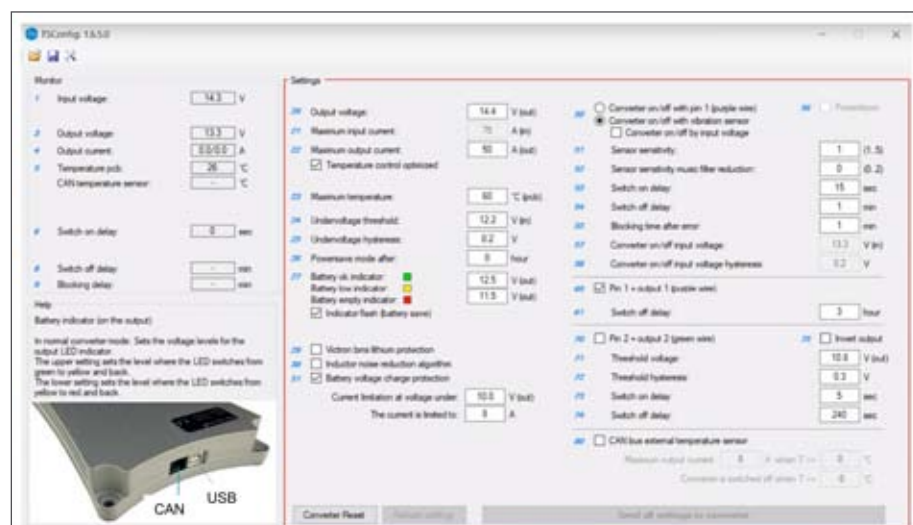
Prema startnoj bateriji koristite topive osigurače kave smo već opisivali u seriji, dok prema LFP bateriji bi trebalo koristiti brze ili ultra brze osigurače (fast acting fuses).

Najprije spojite GND priključak pretvarača i (-) polove baterija na zajedničku masu, a tek onda (+) polove.

Spajanje plus polova baterija na pretvarač, a bez referentnog GND potencijala može dovesti do nekontroliranih struja kroz pretvarač i uništiti ga. Jako je važno da je GND spoj pretvarača s minus polovima baterija zaista pouzdan. Pretvarač nema zaštitu od spajanja baterije obrnutim polaritetom!

Pretvarač će raditi u jednom od najčešćih omjera ulaznog i izlaznog napona pri čemu vrijede sljedeća ograničenja struje punjenja, (tablica 2.)

Ako se podesi maksimalna struja izlaza pretvarača, on će sam podesiti



Slika 4. Program za podešavanje silazno/uzlaznog DC/DC pretvarača preko računala i USB sučelja

Buck-Boost DC DC pretvarač	25 A	50 A	100 A
Raspon ulaznog napona	10 do 30 V		
Prag zaštite podnapona	10 V		
Raspon izlaznog napona	10 do 30 V		
Maksimalna struja punjenja	12 V : 25 A 24 V : 15 A	12 V : 50 A 24 V : 30 A	12 V : 100 A 24 V : 50 A
<b>Potrošnja</b>			
Pretvarač isključen, LED "energy saving" način rada	7 mA		
<b>Općenito</b>			
Radna temperatura	-25 do + 60° C		
Temperatura okoline	maks. snaga do 40° C		
Masa	0,6 kg	1,4 kg	4,1 kg
Dimenzije	165 x 120 x 30 mm	213 x 120 x 30 mm	288 x 162 x 95 mm
Osigurač	40 A	60 A	125 A
Presjek	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>

Tablica 1. Osnovne karakteristike tri modela silazno/uzlaznog DC/DC pretvarača.

Ulazni napon - izlazni napon	12 V - 12 V	24 V - 24 V	12 V - 24 V
Model 25 A maks. struja punjenja	25 A	15 A	10 A
Model 50 A maks. struja punjenja	50 A	25 A	20 A
Model 100 A maks. struja punjenja	100 A	50 A	50 A
Parametar 20 izlazni napon za LFP	14,2 V	28,4 V	28,4 V
Parametar 24 prag podnapona	11,8 V - 12,2 V	23,8 V - 24,2 V	11,8 V - 12,2 V
parametar 22 maksimalna izlazna struja: do 60% nazivne struje alternatora – ne više			

Tablica 2. Ulazno izlazni naponi za Buck-Boost pretvarač

napon koji je potreban za tu struju, ali pri tome izlazni napon neće biti viši od postavljene maksimalne granice!

Pretvarač je opremljen s dva LED pokazivača koji mijenjaju boju i brzinu bljeskanja: jedan za ulazni dio i jedan za izlazni dio.

*IN pokazivači* daju stanje na ulaznom priključku vezanom na startnu bateriju:

**Zeleno:** pretvarač radi prisutna je ili detekcija vrtnje alternatora ili postoji nalog na pin 1 upravljačkom ulazu.

**Žuto:** ulazni napon je niži od postavljenog praga koji je potreban da se pretvarač uključi.

**Crveno:** unutarnja temperatura pretvarača je viša od sigurnosnog praga, pretvarač još radi.

**Plavo:** kratki impulsi = detektirana je vrtnja motora, pretvarač će krenuti nakon podešenog vremenskog zatega;

polako bljeska = pretvarač je isključen i blokiran zbog preniskog ulaznog napona.

*OUT pokazivači* daju stanje na izlaznom priključku:

**Zeleno:** pretvarač je isključen, priključena baterija na izlazu je u dozvoljenom području napona.

**Žuto:** pretvarač je isključen, priključena baterija na izlazu ima pre nizak napon.

**Crveno:** Pretvarač je isključen. Priključena baterija na izlazu ili nije priključena ili je potpuno prazna.

**Ljubičasto:** Pretvarač je uključen na napon i šalje struju u bateriju priključenu na izlazu.

Za primijetiti je da ovaj silazno/uzlazni DC/DC pretvarač za razliku od Orion pretvarača opisanog u prošlom broju ima nešto grublje odrednice za postavljanje

OBNOVLJIVI IZVORI

SUSTAVI

ZGRADARSTVO

KABELI

RASVJETA

ENERGIJA

INDUSTRIJA

VAŠ PARTNER U ELEKTROTEHNICI

**SCHRACK**  
TECHNIK

www.schrack.hr

Get Ready. Get Schrack.



**LFP baterije i oprema za nadzor na katamaranu Fountaine Pajot Helia**

izlaznog napona; zadaje se napon punjenja baterije priključene na izlaz i maksimalna struja punjenja. No to je za LFP bateriju potpuno dovoljno! Orion pretvarači imaju pak trostupanjsku karakteristiku punjenja što je izuzetno bitno samo kod baterija opće namjene izvedenih olovnim baterijama. Orion pretvarači su izvedeni po jedinicama s nešto manjim strujama punjenja, ali se mogu spajati u paralelu do potrebne ukupne struje punjenja. Primijetite i da Orion pretvarač iz prošlog nastavka ima galvansko odvajanje startne baterije i baterije opće namjene – dakle moguće je imati dvije razdvojene mase baterijskih sustava, dok DC/DC pretvarač opisan u ovom broju ima zajedničku masu (minus pol) obje baterije.

### **KAKO DJELUJE SILAZNO/UZLAZNI DC / DC PRETVARAČ (ENGL. BUCK/BOOST CONVERTER)?**

Princip djelovanja smo opisali jako davno pa ćemo ga ovdje ipak ukratko ponoviti. Za sve kojima je ovo presloženo - slobodno možete preskočiti. Za razumijevanje rada istosmjernog pretvarača bitne su sljedeće fizikalne činjenice (sve navodimo bez formula!!!): Struja se kroz prigušnicu ne može trenutno promijeniti i prigušnica predstavlja otpor promjeni iznosa struje kroz sebe. Kada se struja kroz prigušnicu ustali, tada na njoj nema pada napona. Kada se struja kroz prigušnicu mijenja prigušnica ima svojstvo da inducira

na sebi takav napon koji će nastojati zadržati iznos i smjer struje prije nastanka promjene. Kada je napon na prigušnici konstantan, struja se linearno mijenja; povećava ili smanjuje. Prigušnica je spremnik energije!

Na slici 5. su prikazane dvije baterije, dva skladišta energije između kojih su dvije poluvodičke sklopke, svaka zaštićena svojom povratnom diodom.

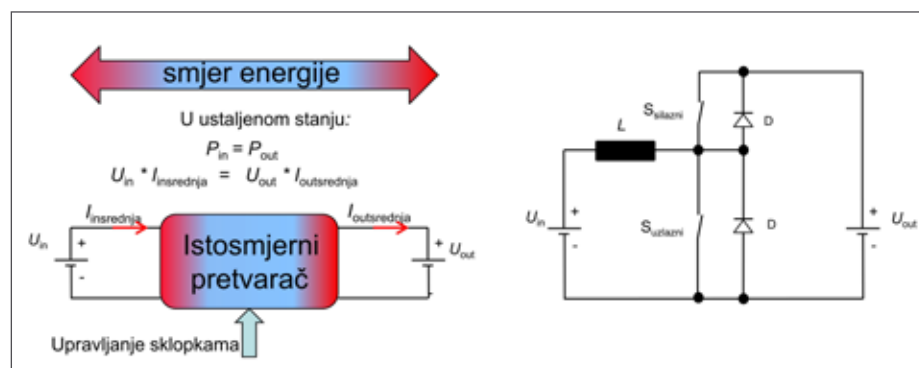
Takav spoj omogućava upravljanje smjerom i količinom energije prenesene iz jedne baterije u drugu. Pri tome naravno snaga koja prolazi od ulaza prema izlazu, ako zanemarimo neznatne gubitke uređaja, ostaje ista. Zbog toga ako se iz ulazne baterije penjemo na višu razinu napona (recimo s 12 na 24 V) tada struja izlaza pada na pola vrijednosti ulazne struje. Ako se iz ulazne baterije

spuštamo na nižu razinu (recimo s 24 na 12 V) tada je na izlazu struja dvostruko veća! Silazno/uzlazni DC/DC pretvarač odgovara po svojem načinu djelovanja i funkciji transformatoru u izmjeničnim mrežama. Transformator u izmjeničnim mrežama također prilagođava razinu napona. Kako kroz ulaz (primarni namotaj) i izlaz (sekundarni namotaj) transformatora zanemarimo li gubitke prolazi uvijek jedinstvena snaga spojenog izvora to vrijedi: ako napon izlaza pada - struja izlaza raste, ako napon izlaza raste struja izlaza pada. Promjenu razine napona smo kod izmjeničnog transformatora definirali brojem zavoja na primaru i sekundaru. U silazno/uzlaznom DC/DC pretvarač razina napona izlaza rezultat je upravljanja silaznom i uzlaznom sklopkom. Te sklopke upravljaju se frekvencijom nekoliko kHz. Bitan dio uređaja je i prigušnica. Prigušnica ima neki induktivitet, a induktivitet je mjera otpora promjeni struje kroz prigušnicu – struja sporije slijedi promjene napona što je veći induktivitet prigušnice. Upravo to svojstvo je ključno za silazno/uzlazni DC/DC pretvarač.

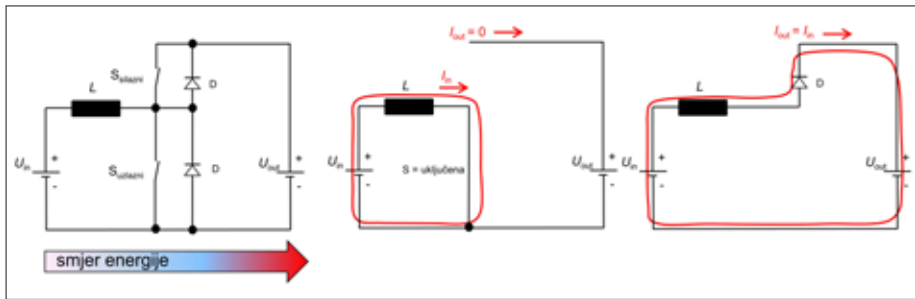
Ako je potrebno podignuti napon izlaza u odnosu na napon ulaza tada istosmjerni pretvarač djeluje u uzlaznom načinu rada (engl. boost mode). Ako je potrebno spustiti napon izlaza u odnosu na napon ulaza tada istosmjerni pretvarač djeluje u silaznom načinu rada (engl. buck mode). U oba smjera energija će za naše primjene ići iz ulazne baterije prema izlaznoj bateriji.

### **UZLAZNI NAČIN DJELOVANJA**

Pri smjeru energije iz startne baterije, odnosno alternatora prema bateriji opće namjene potrebno je, osigurati povišenje



**Slika 5. Silazno/uzlazni DC / DC pretvarač (engl. buck/boost converter)**



Slika 6. Uzlazni istosmjerni pretvarač, puna shema, tijek struje uz uključenu i isključenu sklopku S.

razine izlaznog napona prema ulaznom. Na slici 6. prikazan je takav spoj; koristi se samo ulazna sklopka i povratna dioda D od silazne sklopke.

### KAKO SE POVISUJE NAPON NA BATERIJI OPĆE NAMJENE?

Ako se zatvori ulazna sklopka S tada zbog zapiranja diode silazne sklopke (manji je napon anode od napona katode) struja ne može ići prema višoj razini baterije opće namjene. Stoga diodu možemo izbrisati s crteža za vrijeme dok je zatvorena ulazna sklopka S. Struja kroz ulaznu sklopku S zbog praktički kratkog spoja startne baterije kreće rasti. Brzina porasta struje je ograničena induktivitetom prigušnice. Napon na prigušnici je jednak naponu na bateriji, pa struja linearno raste. Pri porastu struje u prigušnici se akumulira energija. U nekom trenutku sklopka se otvara, struja zbog induktiviteta prigušnice, odnosno nakupljene magnetske energije, mora nastaviti teći. Na prigušnici se inducira napon koji nastoji progurati struju u dosadašnjem smjeru što propusno polarizira diodu (napon anode postaje veći od napona katode). Struji prigušnice koja tako prolazi kroz diodu suprotstavlja se napon na bateriji opće namjene, ali zbog energije u prigušnici struja nastavlja teći u bateriju opće namjene, usprkos što je napon na bateriji opće namjene viši od napona startne baterije. Kako se energija u prigušnici smanjuje tako se smanjuje i inducirani napon pa i struja opada iznosom. Kada bi se stanje ostavilo trajno, po pražnjenju energije akumulirane u prigušnici dioda bi opet postala nepropusno polarizirana i struja bi prestala teći. Struja koja je ušla u bateriju opće namjene ipak ju je ponešto napunila. Potom ciklus kreće ispočetka.

Zatvara se sklopka S, struja opet raste, akumulira se energija u prigušnici. Za uočiti je krasno svojstvo prigušnice koja je međuspremnik energije; puni se energijom na nižoj razini napona startne baterije pri čemu struja kroz prigušnicu raste, a prazni energiju na višoj razini napona baterije opće namjene, pri čemu struja kroz prigušnicu opada. A ulazna sklopka S i dioda D su prometnici za usmjeravanje struje u željenom smjeru iz startne u bateriju opće namjene. U ustaljenom stanju i pri visokoj frekvenciji rada sklopke S, dakle ustaljenom periodu rada uzlazne sklopke (period rada sklopke je ispod 1 ms!) napon na bateriji opće namjene se tek neprimjetno podiže za vrijeme jednog ciklusa rada sklopke jer je količina transportirane energije u jednom ciklusu jako mala. Baterija opće namjene se ponaša kao veliki kondenzator koji se lagano puni strujom.

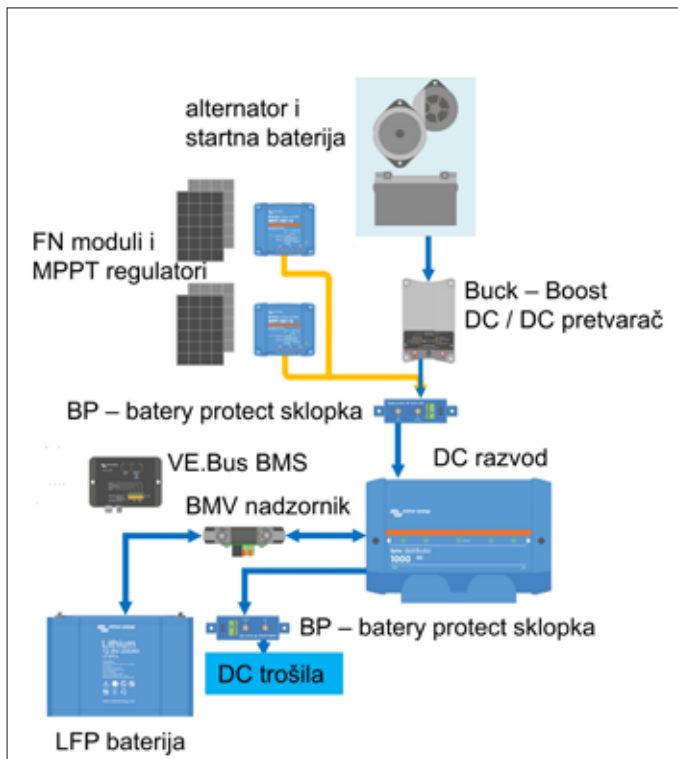
Ako je cijeli ovaj opis istosmjernog pretvarača prenaporan ili prezahtevan tada pokušajte shvatiti istosmjerni pretvarač kao „istosmjerni“ transformator. Kroz kojega prolazi u nekom trenutku neka snaga gotovo bez gubitaka, pri čemu je moguće proizvoljno definirati DC napon izlaza. Silazni način rada DC/DC pretvarača nećemo objašnjavati!

### PRIKAZ KONKRETNOG RJEŠENJA

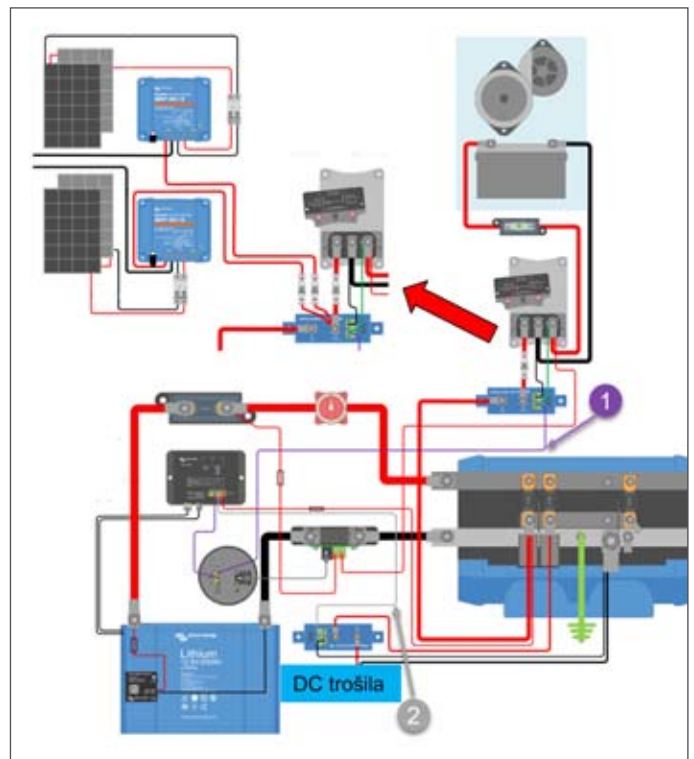
No srećom, za proučavanje i korištenje uređaja gornje znanje nije potrebno!!!

Na slici 7 prikazano je jedno konkretno rješenje s primjenom opisanog DC/DC pretvarača, a na slici 8 je prikazano detaljno ožičenje toga dijela. Uočite dvije poluvodičke sklopke BP. One služe da po naredbi VE.Bus BMSa (nadglednika LFP baterije) blokiraju punjenje i pražnjenje LFP baterije. Što se





Slika 7. Osnovni elementi od alternatora i startne baterije do LFP baterije.



Slika 8. Ožičenje elemenata od alternatora i startne baterije do LFP baterije.

tiče spoja alternatora i startne baterije sama BP sklopka ne bi bila potrebna jer DC/DC pretvarač ima u sebi mogućnost zaustavljanja punjenja LFP baterije, no u konkretnoj aplikaciji imamo i dva MPPT regulatora koji također pune LFP bateriju pa i njih treba odspojiti ako je LFP baterija puna. Kada je LFP baterija puna VE-Bus BMS uređaja šalje signal na BP sklopku (slika 8 ljubičasti krug označen s 1) i svi punjači se odspajaju. VE-Bus BMS uređaj šalje signal na BP sklopku (slika 8 sivi krug označen s 2) i sva DC trošila se odspajaju.

Originalnu i potpunu shemu možete pogledati na:

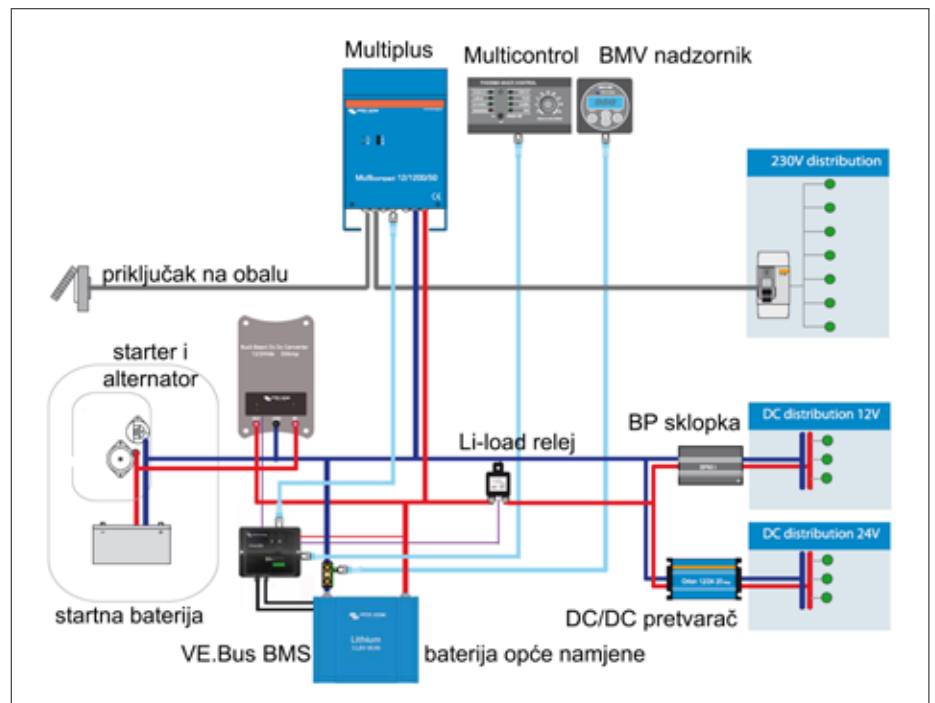
<https://community.victronenergy.com/content/kbentry/15035/victron-vw-van-electrics-install-schematic-drawing.html>

### ZAKLJUČAK

U ovom nastavku opisali smo još jedan DC/DC pretvarač kojim možemo zadržati klasični alternator pri zamjeni olovne baterije opće namjene s LFP baterijom opće namjene na plovilu. Ove komponente ipak nisu skroz jednostavne

za primjenu pa smo se i ovaj puta ograničili samo na prenošenje ideja – tako nas poučava i izaziva i slika 9., a

znatizeljni će se već kao i obično javiti ili sami proučiti potrebno...  
josp.zdenković@schrack.hr



Slika 9. Ožičenje elemenata jednog sustava na plovilu s LFP baterijom opće namjene.