

SUSTAV ZA NADZOR **LFP** **BATERIJE**



Tekst: Josip Zdenković
Foto: Victron Energy

Previsok napon na ćeliji je posebno opasan jer može izazvati eksploziju. Važno je znati i da se u procesu punjenja LFP baterija ne događa samoujednačavanje ćelija, a kako i same ćelije nisu nikada proizvodno potpuno jednake, uvijek će neka ćelija postati prepunjena ili potpuno ispražnjena prije ostalih što može dovesti do uništenja cijele baterije. Prva linija zaštite baterije je stoga u samoj bateriji gdje je uz svaku ćeliju sklop za ujednačavanje napona ćelije koji osim funkcije ujednačavanja napona ćelija stalno mjeri i temperaturu pojedine ćelije. Sklop za ujednačavanje napona ćelija u samoj bateriji vodi računa da one ćelije koje se pune „brže“ pričekaju one koje se pune „sporije“. Sve kako bi se na kraju punjenja sve ćelije ujednačile naponom do razlike

U dosadašnjim nastavcima serijala naučili smo kako su LFP baterije osjetljive na pretjerano pražnjenje i prepunjavanje. Ako napon na ćeliji padne ispod 2,5 V (u osnovnoj bateriji s 4 ćelije ispod 10 V), u većini slučajeva ćelija će se nepovratno uništiti. Može se pokušati „oživljavanje“ takve ćelije punjenjem malom strujom od 0,1C. Isto će se dogoditi i ako napon na ćeliji preraste 4,2 V, dakle u osnovnoj bateriji 16,8V.

ne veće od 10 mV. Druga linija zaštite LFP baterije je uređaj za nadzor stanja baterije (engl. Battery Management System, BMS). BMS prati svaku ćeliju posebno za vrijeme punjenja kako bi u procesu punjenja i pražnjenja svaka ćelija bila uvijek u dozvoljenim granicama napona. Ako bi pri punjenju napon neke ćelije porastao preko dozvoljene granice, BMS će dati signal za isključenje punjenja baterija i tako spriječiti razaranje ćelije, odnosno uništenje baterije. BMS će voditi računa i prilikom pražnjenja baterije, tj. dati će nalog za odspajanje trošila ako bi napon na nekoj ćeliji pao ispod razine dozvoljenog.

BMS 12/200

Prvi BMS koji smo upoznali je BMS 12/200 predviđen za manja 12 V rješenja. Sustav BMS 12/200 ima dva energetska priključka: AB priključak (engl. alternator-battery) i LB priključak (engl. load-battery). Sustav je prikazan na slici 1.

Osnovna zadaća AB priključka je spriječiti pražnjenje startne baterije od strane LFP baterije, DC ili AC trošila opće namjene. Struja može iz alternatora teći samo prema LFP bateriji i to samo ako je napon na startnoj bateriji veći od 13 V. Struja ne može teći od strane LFP baterije prema startnoj bateriji čime se osigurava LFP bateriju od pražnjenja punjenjem startne baterije iz LFP baterije. Preveliki ulazni vrhovi napona u prijelaznim pojavama rada alternatora su spušteni na dozvoljenu razinu za LFP bateriju. Struja punjenja LFP baterije iz alternatora se ograničava elektronički pomoću osigurača na AB ulazu. Osigurač na AB ulazu služi i kao mjerni otpornik! Izbor ispravnog osigurača na AB priključku će zaštititi LFP bateriju od prevelike struje punjenja što je važno za LFP baterije malog kapaciteta! Osiguračem na AB ulazu će biti zaštićen i alternator od preopterećenje u slučaju LFP baterije velikog kapaciteta; većina alternatora će pregorjeti ako dulje od 5 do 10 minuta radi na svojoj maksimalnoj struji. Osiguračem na AB ulazu štiti se i instalacija od preopterećenja, dakle od topljenja izolacije kabela. Do 10 baterija



Slika 1. BMS 12/200 sustav za nadzor i zaštitu LFP baterija

se može spojiti u paralelu. Umjesto alternatora na AB ulazu može biti spojen i neki poseban punjač baterija.

LB priključak BM S12/200 sustava za nadzor LFP baterija može provoditi do 200 A u oba smjera trajno. To znači da se preko LB priključka LFP baterija može i puniti i prazniti. Najviša kratkotrajna razina struje pražnjenja LFP baterije preko LB priključka je interno elektronički ograničena na 400 A. Osigurač na LB priključku (do 200 A) treba biti određen prema trošilima, odnosno presjeku ožičenja trošila. Pražnjenje baterije preko trošila se obustavlja u trenutku kada napon najslabije ćelije padne ispod 3V. Struja punjenja preko LB priključka se održava na sigurnoj razini ako se prijeđe razina neujednačenosti ćelija ili se dogodi temperaturno preopterećenje u nekoj ćeliji.

Na slici 2 je prikazan sustav s BMS 12/200 uređajem za nadzor i zaštitu LFP baterije spojen u sustavu s LFP baterijom, alternatorom, startnom baterijom, DC trošilima, AC trošilima, mrežom, MPPT regulatorom punjenja s fotonaponskim modulom i nadzornikom baterija. Primijetite da minus pol LFP baterije nije povezan na masu. Ako trošila na 12 V DC koriste masu kao vodič, onda se LFP baterija spaja s DC/DC pretvaračem 12 V / 12 V koji mora imati galvansko odvajanje ulaza od izlaza. Izlaz DC/DC pretvarača osigurava trošilima stabilan DC napon i njegov minus se smije spojiti na masu. Primijetite da je BMS spojen s masom samo na AB priključku. BMS također omogućava isključivanje trošila sustava preko upravljačkog ulaza odnosno upravljačke sklopke. Iako se trošila isklapaju preko upravljačkog ulaza još uvijek je moguće i preko AB i preko LB priključka punjenje baterije. Otvaranjem upravljačkog ulaza onemogućeno je jedino pražnjenje LFP baterije preko trošila na LB priključku.

U sustav je priključen MPPT 75/15 regulator punjenja s fotonaponskim modulima. Podsjetimo, MPPT 75/15 regulator punjenja ima već u sebi osigurač prema bateriji tako da se vrlo jednostavno priključuje



SCHRACK STORE

Tisuće artikala na raspolaganju spremnih za preuzimanje

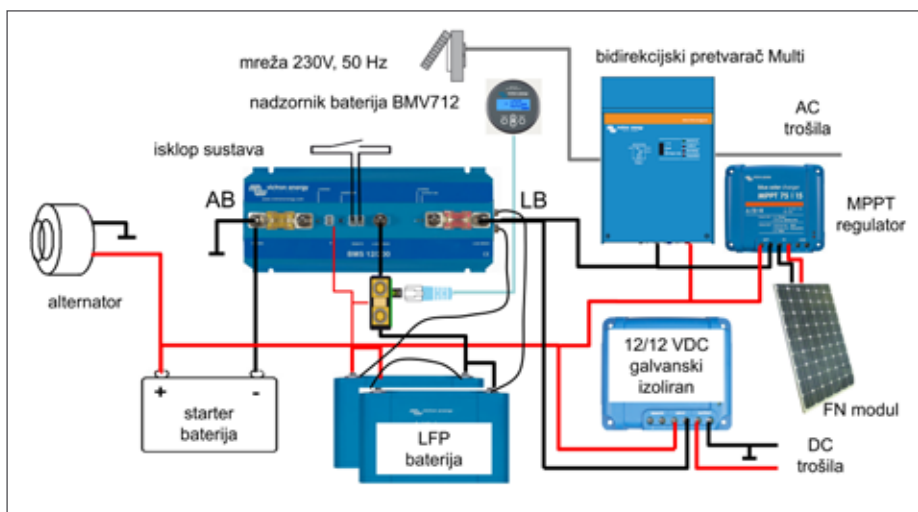


INTERNET TRGOVINA

Iz ureda ili u pokretu

www.schrack.hr

Get Ready. Get Schrack.



Slika 2. BMS 12/200 sustav za nadzor i zaštitu LFP baterija spojen u sustavu napajanja trošila plovila ili vozila

u sustav. Po želji se može u sustav dodati i nadzornik baterija BMV712. Ne zaboravite da je on spojen stalno na bateriju pa iako BMS odspoji trošila na LB priključku ipak je potrebno voditi računa da mala potrošnja nadzornika BMV 712 ne uništi kroz nekoliko dana potpuno ispražnjenu LFP bateriju...

MINI BMS

U nastavku serijala potom smo upoznali Mini BMS – uređaj za nadzor LFP baterija, slika 3. Zašto je ovaj uređaj nazvan Mini BMS? Zato što nema u svojim priključcima integriran VE.Bus pa ne može upravljati radom bidirekcijskih pretvarača Multiplus i Quattro kao niti velikim autonomnim izmjenjivačima Phoenix. Mini BMS ima dva M8 priključka za povezivanje s LFP baterijama preko kojih BMS komunicira s elektroničkim sklopovima povezanim uz svaku pojedinu ćeliju u bateriji, prateći tako stanje napona i temperature ćelije (to isto vrijedi i za BMS12/200). Ako je spojeno više baterija u slog, bilo serijski, bilo paralelno, bilo i serijski i paralelno, tada je potrebno bez posebno zadanog redoslijeda serijski povezati sve komunikacijske priključke LFP baterija u jedan krug koji počinje i završava na Mini BMS-u. BMS 12/200 može primiti samo paralelni spoj baterija tako da je BMS12/200 primjenjiv samo za 12 V sustave.

Mini BMS ima dva upravljačka izlaza:
 - Load : izlaz za isključenje trošila.
 Ovaj izlaz je uobičajeno visoko, a postaje otvoren („plivajući“) u slučaju pretjeranog pražnjenja, odnosno približavanja donjoj dopuštenoj naponskoj razini ćelija u bateriji. Maksimalna struja ovog izlaza je 1 A i izlaz nije osiguran od kratkog spoja. Ovaj izlaz može biti korišten za upravljanje relejom

koji će isključiti trošilo, za upravljanje „remote on/off“ ulazom uređaja za zaštitu baterija Battery protect (Battery protect smo već opisali u ovoj seriji – radi se o upravljivom poluvodičkom ventilu-sklopci, za upravljanje „remote on/off“ ulazom izmjenjivača ili DC/DC pretvarača.

- Charger : izlaz za isključenje punjača. I ovaj izlaz je uobičajeno visoko, a postaje otvoren („plivajući“) u slučaju pretjeranog punjenja, odnosno približavanja gornjoj dopuštenoj naponskoj razini napona ćelija u bateriji ili približavanja temperaturnoj granici ćelija. Maksimalna struja ovog izlaza je 10 mA. Charger izlaz nije pogodan za napajanje induktivnog tereta poput zavojnice releja! Ovaj izlaz može upravljati „remote on/off“ ulazom punjača, ili upravljačkim ulazom Cyrix-Li-Charge releja ili upravljačkim ulazom Cyrix-Li-ct releja.

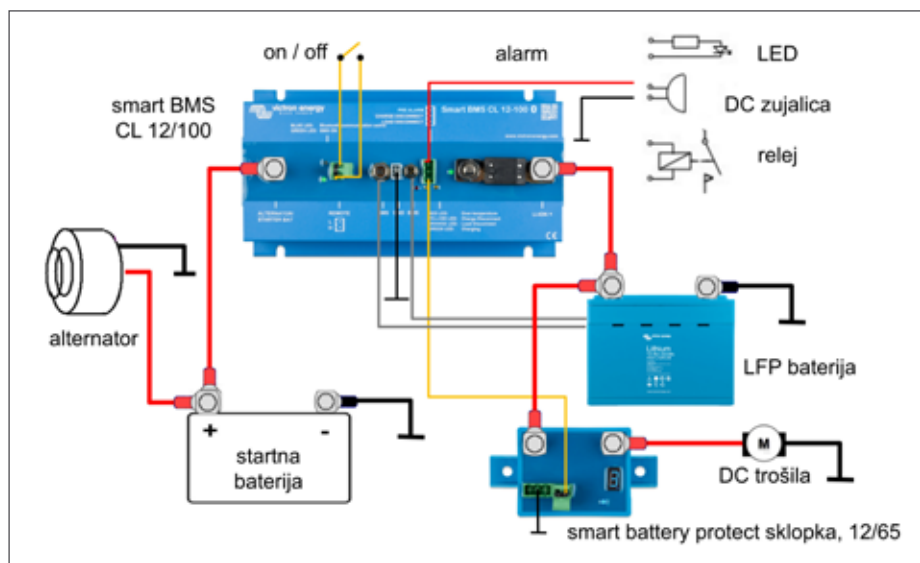
Mini BMS ima i dva upravljačka ulaza: „Remote L“ i „Remote H“. Preko ova dva ulaza može se proizvesti interni nalog u Mini BMS-u za uključivanje ili isključivanje sustava, takozvani „System on/off“ nalog. „System on/off“ nalog pak djeluje na izlaze Charger i Load tako da ih može oba isključiti, tj odspojiti s visoke razine. To je zapravo nalog da se isključi i punjenje i pražnjenje



Slika 3. Mini BMS- uređaj za nadzor i zaštitu LFP baterija



Slika 4. BMS CL 12/100 uređaj s nadzor i zaštitu LFP baterije s tablicom za izbor osigurača



Slika 5. Primjena BMS CL 12/100 uređaja i Battery protect sklopke za napajanje istosmjernih trošila E

baterije na uređajima koji pune i prazne bateriju!

„Remote L“ i „Remote H“ se mogu iskoristiti tako da se između njih postavi sklopka ili se može samo „Remote H“ spojiti sklopkom na + sustava, ili se pak „Remote L“ može spojiti samo sklopkom na – sustava. U sva tri slučaja, a izabirete naravno samo jedan, rezultat je isti: zadaje se interni nalog Mini BMS-a „System on/off“ kojim se može isključiti i punjenje i pražnjenje baterije.

Mini BMS ima dva LED pokazivača:

- Load ON (plavi): Load izlaz Mini BMSa je visoko (napon ćelija >2.8 V), trošila se napajaju iz baterije
- Temp or OVP (crveni): Charger izlaz Mini BMSa je otvoren (zbog temperature neke ćelije > 50°C ili temperature neke ćelije <5 °C ili pak previsoke razine napona neke ćelije).

Napomenuto je i da ako Mini BMS odspoji trošila u sustavu, tada u primjerice 100 Ah bateriji ostaje još svega 1 Ah prije njezinog nepovratnog uništenja. Ako su na bateriju spojeni izravno i nekontrolirano neki, pa i najmanji potrošači, baterija se može uništiti iako je BMS odradio nalog za isključenje trošila i trošila su po tom nalogu bila isključena. Struja od 10 mA može tako uništiti 200 Ah LFP bateriju ako tih 10 mA ostane neisključeno kroz 8 dana od prorade Load izlaza Mini BMS-a!

Mini BMS je predviđen za napajanje od 8 do 70 V istosmjerno. Kada je izlaz

Load aktiviran, tj postaje otvoren tj dan je nalog trošilima da se isključe, tada Mini BMS uzima svega 2 mA iz baterije. Kada je sustav, a time i Mini BMS, isključen preko Remote L i/ili Remote H ulaza on još uvijek troši 1,5 mA iz baterije. Ovo treba imati u vidu kroz već spomenutu činjenicu da ako imamo 200 Ah LFP bateriju i mini BMS kao jedino izravno spojeno trošilo tada je baterija u opasnosti uništenja cca nakon cca 40 dana po proradi izlaza Load unatoč činjenici da su velika trošila u tom periodu od 40 dana isključena!

Mini BMS može sa svojim upravljačkim izlazima vješto upravljati ulazima uređaja i zaustaviti punjenje ili pražnjenje na upravljačkoj razini. BMS 12/200 nema takve upravljačke izlaze pa isključivanje trošila ili punjača može provoditi samo koristeći vlastite elektroničke poluvodičke sklopke i prekidajući tijek energije u sebi. Mini BMS ne može upravljati strujom punjenja LFP baterije iz alternatora pa zbog toga nije optimalan za primjenu u vozilima i plovilima. Uz primjenu Mini BMSa morala bi se veza između alternatora i LFP baterije izvesti preko DC/DC pretvarača Orion, a koji su isto opisani u prethodnim nastavcima!

Objedinjavanjem funkcionalnosti BMS 12/200 i Mini BMS uređaja nastao je Smart BMS CL 12/100 koji može upravljati i većim jedinicama bidirekcijskih pretvarača i izmjenjivača

OBNOVLJIVI IZVORI

SUSTAVI

ZGRADARSTVO

IT

KABELI

RASVJETA

ENERGIJA

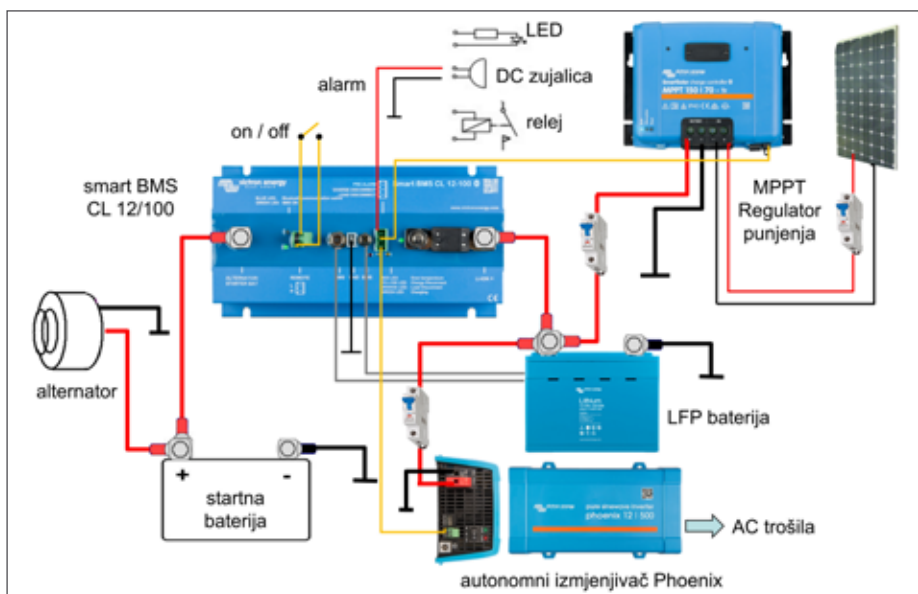
INDUSTRIJA

VAŠ PARTNER U ELEKTROTEHNICI

SCHRACK
TECHNIK

www.schrack.hr

Get Ready. Get Schrack.



Slika 6. Primjena BMS CL 12/100 uređaja, MPPT punjača s FN modulima i autonomnog izmjenjivača Phoenix za napajanje izmjeničnih trošila

koji imaju VE.Bus. Jedino ograničenje uređaja BMS CL 12/100 je rad samo na razini 12 V i do 100 A struje alternatora. No to je potpuno prihvatljivo za manje do srednje veličine plovila i vozila! U opisu sustava uočite kako uz primjenu BMS CL 12/100 uređaja negativni polovi startne i LFP baterija smiju biti povezani međusobno i na masu, što nije bio slučaj za BMS 12/200.

SMART BMS CL 12/100

Sustav za nadzor LFP baterija Smart BMS CL 12/100 ima za zadaću osim zaštite skupe LFP (LiFePo4) baterije zaštititi i alternator od preopterećenja zbog prevelike struje punjenja LFP baterije. U nazivu uređaja slova CL označavaju funkcionalnost ograničavanja struje alternatora za punjenje LFP baterije (engl. current limiting, CL), ali i upravljanje punjenjem i pražnjenjem LFP baterije preko upravljačkih izlaza (engl. Charge disconnect, Load disconnect, CL) Uređaj štiti i startnu bateriju jer se ne dozvoljava prijenos energije prema LFP bateriji ako startna baterija ima nizak napon, tj. ako alternator nije uključen.

Smart BMS CL je namijenjen za LFP baterije koje imaju komunikacijski priključak sa sklopovima za nadzor temperature i napona svake ćelije unutar baterije. Uređaj podržava spajanje do 5 baterija u paralelu i ne

dozvoljava spajanje baterija u seriju jer je baziran na nazivnom naponu 12 V, a što se također čita i iz imena uređaja. Komunikacijski priključci paralelno spojenih baterija se spajaju u serijski komunikacijski lanac i to jednostavno tako da lanac počinje na BMS CL uređaju i povezuje serijski sve baterije i njihove komunikacijske priključke u lancu i završava na BMS CL uređaju.

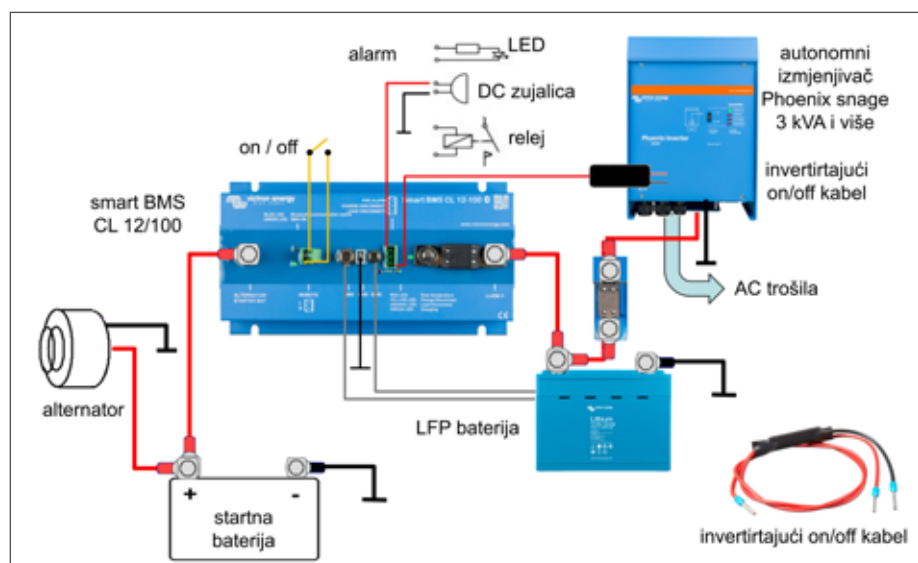
Sustav muških i ženskih konektora na BMS CL uređaju i na baterijama ne dozvoljava pogrešku izvedbe lančanog spoja. Redoslijede spajanja baterija u lanac nije bitan.

ZAŠTITA STARTNE BATERIJE

Struja iz alternatora može teći prema LFP bateriji samo ako napon startne baterije prelazi 13 V. Istovremeno struja ne može teći iz LFP baterije prema startnoj pri čemu se štiti LFP baterija od mogućeg pretjeranog pražnjenja. U tom smislu uređaj ima funkciju sličnu Cyrix Battery Combiner releju ili Argo FET Battery izolatoru. Oba uređaja smo već opisali u prethodnim nastavcima serije.

ZAŠTITA ALTERNATORA I LFP BATERIJE

Ulazna struja u uređaj je limitirana na cca 80% primijenjenog rastalnog osigurača. Primjerice 100 A osigurač će ograničiti struju alternatora na 80 A. Osigurač je ujedno i mjerni otpornik potreban za mjerenje i upravljanje ograničenjem struje koja se povlači iz alternatora. Izbor osigurača provodi se prema raspoloživoj struji alternatora prema tablici 1. Ako se radi o alternatorima sa slabijom strujom onda se umjesto MEGA rastalnog osigurača koriste automobilski osigurači u odgovarajućem podnožju. Izbor osigurača će:



Slika 7. Primjena BMS CL 12/100 uređaja i autonomnog izmjenjivača Phoenix snage 3 kVA i više

štititi LFP bateriju pretjerane struje punjenja (bitno za LFP baterije manjeg kapaciteta)

štititi alternator od preopterećenja u slučaju LFP baterije velikog kapaciteta i malog unutarnjeg otpora (većina 12 V alternatora će se jednostavno pregrijati ako radi s maksimalnom strujom dulje od 5 minuta.)

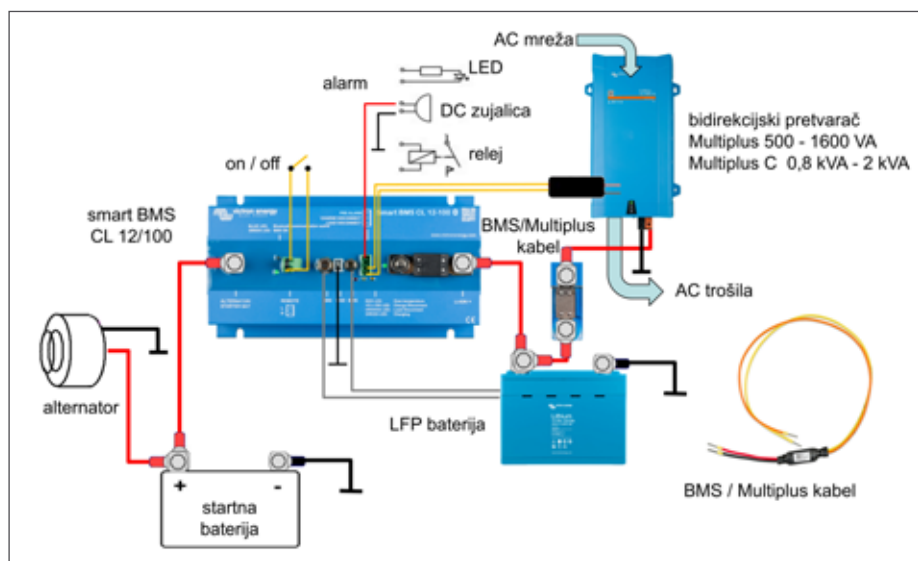
Prekomjerni naponi punjena, pogotovo prolazni kratkotrajni prenaponi se ne propuštaju prema LFP bateriji do razine sigurne za bateriju. BMS CL će zaustaviti punjenje u slučaju previsokog napona ili temperature pojedine ćelije. BMS CL uređaj ima tri upravljačko-nadzorna izlaza, vrlo slično kao Mini BMS uređaj:

Load disconnect izlaz je uobičajeno visok i postaje „plivajući“ u slučaju napona bilo koje ćelije ispod 2,8 V. Maksimalna struja ovog izlaza je 10 mA i zbog toga nije pogodan za pobudu induktivnog tereta kao što je recimo svitak releja! Ovaj izlaz može preko „on /off“ upravljačkog ulaza smještenog na ciljnom uređaju upravljati izmjenjivačima, DC-DC pretvaračima, Battery protect sklopkom itd. DC trošila upravljiva sa svojim „on/off“ upravljačkim ulazom tako da su uključena kada je ovaj ulaz na visokoj razini, a isključena kada je ovaj ulaz

slobodno plivajući mogu biti upravljana izravnom vezom „on/off“ ulaza i Load Disconnect izlaza. Za trošila koja se uključuju niskom razinom na „on/off“ ulazu, a isključuju kada je upravljački ulaz „plivajući“ primjenjuje se kabel s invertiranjem razina (egl. Inverting remote on-off cable).

Charge disconnect izlaz je uobičajeno visok i postaje „plivajući“ u slučaju nedozvoljeno visokog napona ili nedozvoljeno visoke temperature neke ćelije. Maksimalna struja ovog izlaza je 10 mA i zbog toga nije pogodan za pobudu induktivnog tereta kao što je recimo svitak releja! Ovaj izlaz može upravljati: preko „on /off“ upravljačkog ulaza punjačima, Cyrix-Li-Charge relejem i Cyrix-Li-ct Battery Combiner relejem. Za neke uređaje potrebno je primijeniti specijalni kabel zbog prilagodbe logičke i električke razine upravljačkih ulaza ciljnih uređaja kojima se upravlja.

Pre-Alarm izlaz može ukazati da je napon baterije nizak i da će ubrzo biti isključena trošila koja crpe energiju iz LFP baterije. Ovaj izlaz može pobuditi relej, LED pokazivač ili zujalicu. Može biti konfiguriran kao trajni ili isprekidani signal. Ovaj izlaz je uobičajeno „plivajući“ i postaje visok u slučaju niske razine napona neke od ćelija (podesivo od 2,85 V do 3,15 V). Maksimalna struja izlaza je 1 A. Izlaz nije štićen od kratkog



Slika 8. Primjena BMS CL 12/100 uređaja i bidirekcijskih pretvarača Multiplus 0,5 do 1,6 kVA i Multiplus Compact 0,8 kVA do 2 kVA



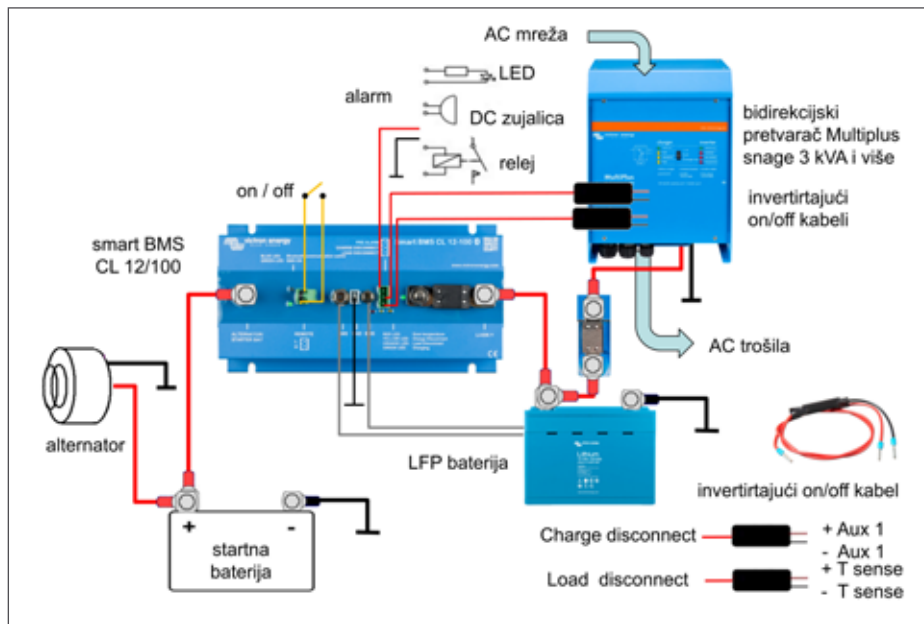
spoja. Najkraći razmak između ovog signala i Load disconnect signala je 30 s.

Uređaj na sebi ima Remote on/off ulaz kojim se dopušta ili blokira punjenje LFP baterije iz alternatora. BMS funkcionalnost zaštite LFP baterije je trajno prisutna bez obzira na stanje ovog signala. No ovaj ulaz može biti i podešen za djelovanje kao start i stop cijelog sustava. Parametriranje ovog ulaza izvodi se VictronConnect aplikacijom s pametnog telefona. Ovaj ulaz se sastoji od dvije stezaljke Remote L i Remote H. Sklopka ili bežnaponski kontakt releja za udaljeno upravljanje može biti spojena između L i H stezaljke ili alternativno između H stezaljke i plusa baterije ili između L stezaljke i minusa baterije.

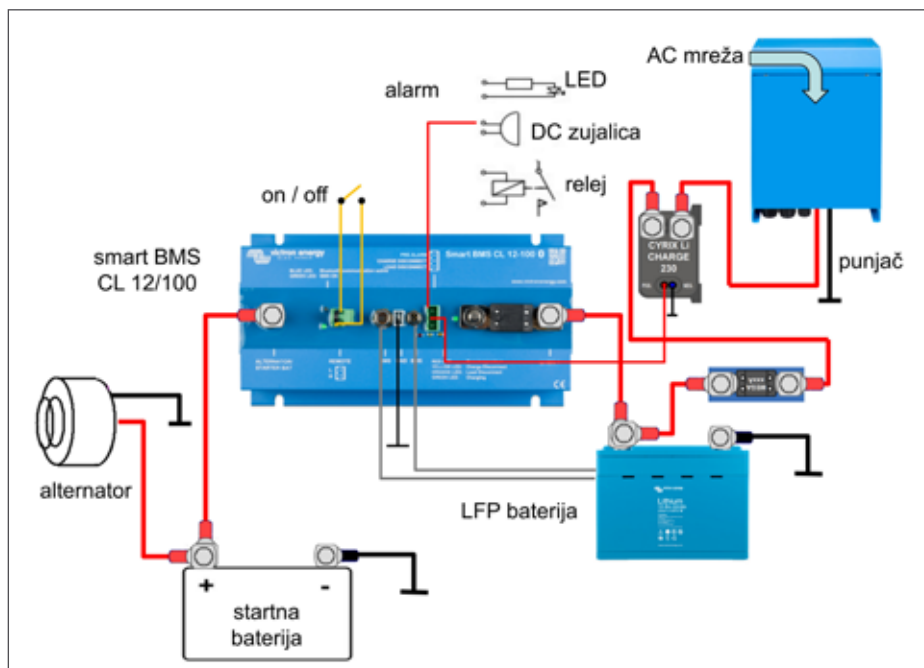
Uređaj na sebi ima LED pokazivače koji gledajući od lijeva na desno imaju svoje značenje:

- zeleni: Smart BMS CL 12/100 je aktivan
- plavi: trepćuće svijetli ako je Bluetooth prienos podataka u toku; trajno svijetli ako je uspostavljena Bluetooth veza
- crveni: aktivna zaštita od previsoke temperature BMS CL uređaja
- žuti: Charge disconnect izlaz je aktivan
- narančasti: Load disconnect izlaz je aktivan
- zeleni: alternator puni LFP bateriju.

Važno je ponoviti da će BMS uređaj za nadzor baterije isključiti trošila prije razaranja baterije no gotovo u svakoj primjeni odlučit ćemo se da neki uređaji ostaju trajno spojeni na bateriju – primjer za to je sam BMS. Nakon što je BMS detektirao razinu preniskog napona i odradio isključenje trošila, tada se iz baterije do njena uništenja smije izvući još svega 1% kapaciteta (1 Ah za 100 Ah bateriju). Trošilo koje troši svega 10 mA iz baterije 200 Ah može nakon isključenja trošila preko samog BMSa tako ostati priključeno još otprilike 8 dana prije nego što će struja od 10 mA uništiti skupocjenu bateriju! Na slikama što slijede su tipični primjeri primjene BMS CL 12/100 uređaja u sustavu s LFP baterijom opće namjene, olovnom startnom baterijom i alternatorom. Ova konfiguracija je tipična za plovila i vozila.



Slika 9. Primjena BMS CL 12/100 uređaja i bidirekcijskih pretvarača Multiplus snage 3 kVA i više



Slika 10. Primjena BMS CL 12/100 uređaja i punjača (koji nemaju potrebne upravljačke ulaze)

ZAKLJUČAK

Opisan je BMS CL 12/100 uređaj koji služi za zaštitu LFP baterije od pretjeranog prepunjavanja i pražnjenja. Uređaj može upravljati i strujom punjenja LFP baterije, tj. strujom opterećenja alternatora. Uređaj može upravljati i bidirekcijskim pretvaračima i autonomnim izmjenjivačima veće snage. Uređaj omogućava zajednički

spoj svih negativnih polova baterija u sustavu. Pokazani je niz karakterističnih primjena uređaja što može biti osnova i poticaj za vlastita promišljanja i rješenja.

Kao i uvijek, ako je nešto ostalo u zraku – treba dodatno čitati ili pitati. Neko vrijeme pratimo ovo područje i možda smo već proučili zadatak koji vas upravo muči, stoga javite se.

j.zdenkovic@schrack.com