

Tehnički izvještaj

Pokazna stanica za izmjenu baterija električnih vozila (M6.1 i M6.2)

Vedran Bobanac

1. Dvosmjerni AC/DC pretvarač (1 kW) (3a.3)

U sklopu projekta EV BASS nabavljen je napredni, po mjeri izrađen dvosmjerni AC/DC pretvarač koji se koristi za laboratorijsko istraživanje karakteristika baterija. Zbog svoje izvedbe ovaj pretvarač osigurava fleksibilnost i potpuni nadzor nad procesima punjenja i pražnjenja baterija. Specifikacije pretvarača su sljedeće:

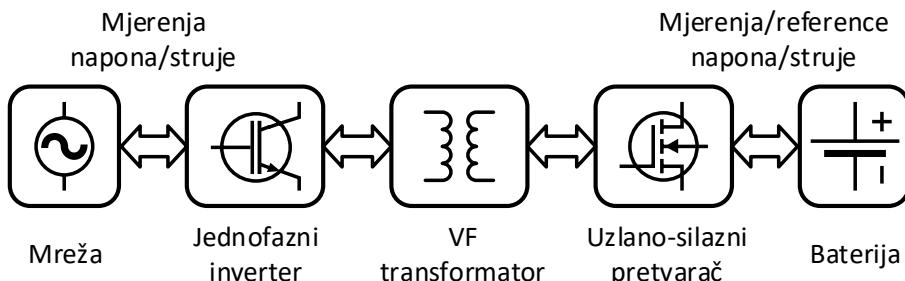
- Nazivna izlazna snaga: 1 kW
- Izlazni napon: 0 do 20 V DC
- Izlazna struja: -50 do 50 A DC
- Ulaz: 50 Hz, 230 V AC.

Ulazni/izlazni struje/naponi mjere se analognim signalima (0-10 V) i digitalnim signalima (izolirani USB ili RS-485). Rezolucije mjerena napon i struje su 5.8 mV, odnosno 46.56 mA. Točnost je povećana udaljenjem mjerjenjem naponi baterije.

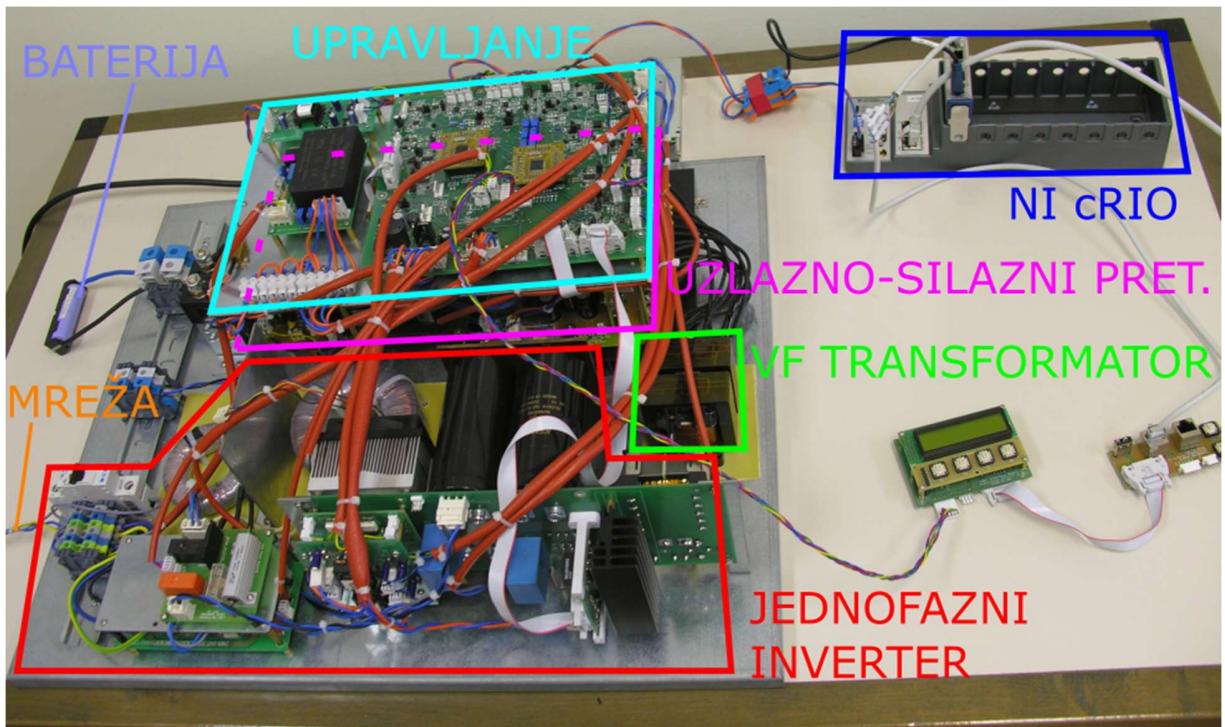
Pretvarač ima trodijelnu topologiju:

- Dvosmjerni mrežni inverter
- Rezonantni visoko-frekvencijski transformator
- Izlazni dvosmjerni uzlazni-silazni pretvarač.

Topologija pretvarača prikazana je na Sl. 1.1, dok je fizička izvedba pretvarača zajedno s označenim pojedinim dijelovima prikazana na Sl. 1.2.



Sl. 1.1. Topologija pretvarača



Sl. 1.2. Fizička izvedba pretvarača s označenim dijelovima

1.1. Nadzor i upravljanje (3a.2)

Pretvarač je spojen na osobno računalo preko opreme tvrtke National Instruments (NI). Komunikacija se odvija preko uređaja NI cRIO¹ preko Etherneta, dok se pretvarač nadgleda i njime upravlja preko SCADA² sustava implementiranog u programskom paketu NI LabVIEW³. Uređaj NI cRIO prikazan je na Sl. 1.2 i 1.3, dok je SCADA sustav prikazan na Sl. 1.4.



Sl. 1.3a. Uređaj cRIO tvrtke National Instruments

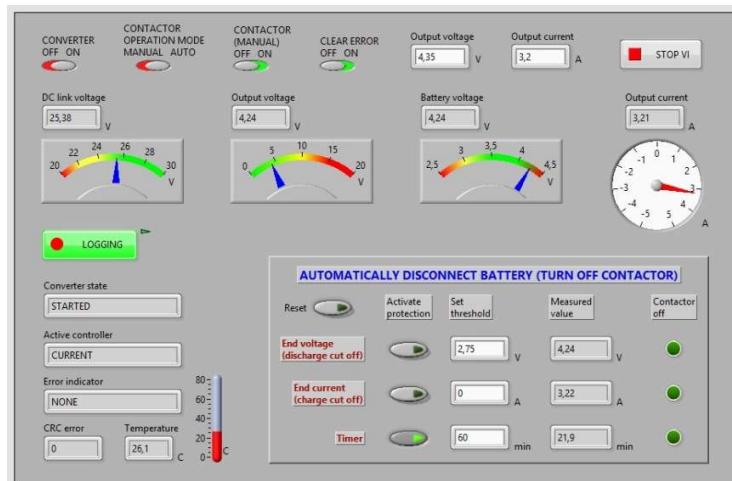
¹ cRIO (engl. Compact Reconfigurable Input Output) je industrijsko računalo za rad u stvarnom vremenu

² SCADA (engl. Supervisory Control and Data Acquisition) je sustav za nadgledanje i upravljanje uređaja ili postrojenja

³ LabVIEW (engl. Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)



Sl. 1.3b. Uređaj cRIO tvrtke National Instruments



Sl. 1.4. SCADA sustav za nadgledanje i upravljanje pretvaračem

2. Dvosmjerni DC/DC pretvarač (6 kW) (3a.4 i 3c.2)

U sklopu projekta EV BASS nabavljen je napredni, po mjeri izrađen dvosmjerni DC/DC pretvarač koji se koristi za punjenje/praznjenje baterija u laboratorijskoj mikromreži. Ovaj pretvarač je veće snage od onog opisanog pod točkom 1 i može se koristiti za punjenje/praznjenje baterijskih modula i/ili paketa. Specifikacije pretvarača su sljedeće:

- Nazivna izlazna snaga: 6.3 kW
- Izlazni napon: 30 do 63 V DC
- Izlazna struja: 0 do 100 A DC
- Ulazni napon: 95 do 125 V DC.

Za komunikaciju s nadređenim programabilnim logičkim kontrolerom (PLC-om) koristi se Modbus RS485 RTU ili TCP-IP protokol. Minimalna brzina komunikacije je 38400 bit/s. Rezolucija mjerena ulaznih/izlaznih struja/napona je 10 mA, odnosno 10 mV. Točnost je povećana udaljenim mjeranjem napona baterije. Rezolucija zadavanja referenci maksimalnih vrijednosti izlaznog napona/struje je 50 mA, odnosno 50 mV. Pretvarač regulira izlazni napon/struju ovisno o tome koja od tih veličina je u limitu zadanom referencom.

Preko digitalnih izlaza (24 V) pretvarač daje sljedeće signale:

- pretvarač spremjan (soft-start završen)
- izlaz aktivan (uključen je izlazni sklopnik)
- greška.

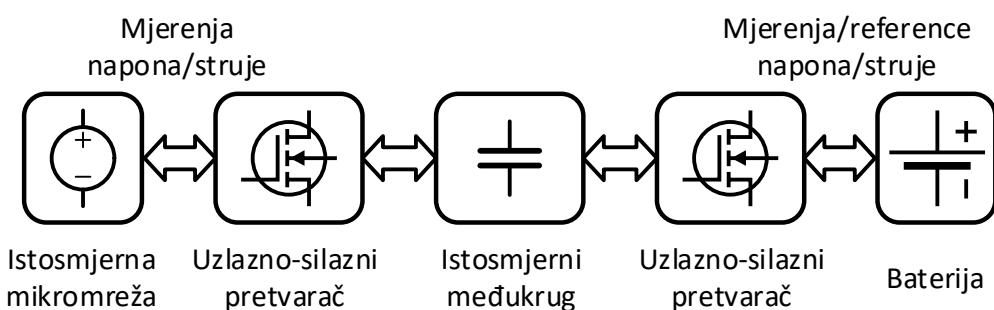
Preko digitalnih ulaza (24 V) pretvarač prima sljedeće naredbe:

- uključi pretvarač (pokreni soft-start proceduru)
- aktiviraj izlaz (uključi izlazni sklopnik).

Pretvarač ima trodijelnu topologiju:

- Ulazni dvosmjerni uzlazni-silazni pretvarač
- Istosmjerni međukrug
- Izlazni dvosmjerni uzlazni-silazni pretvarač.

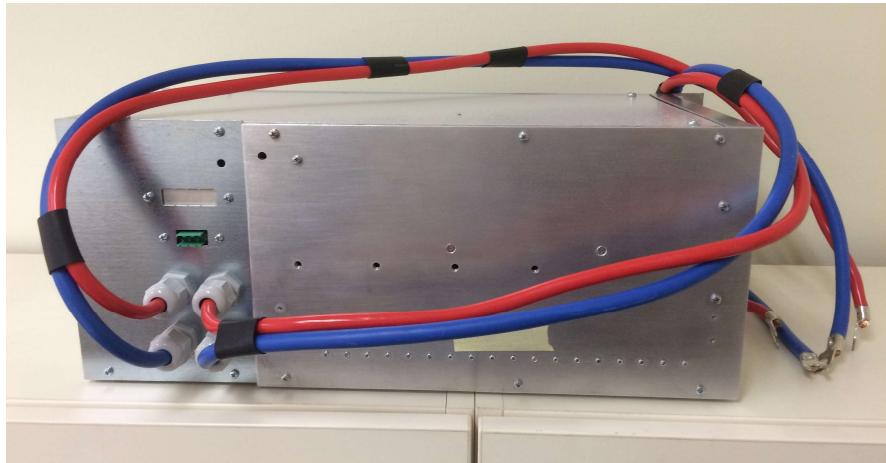
Topologija pretvarača prikazana je na Sl. 2.1, dok je fizička izvedba pretvarača prikazana na Sl. 2.2.



Sl. 2.1. Topologija pretvarača



Sl. 2.2a. Fizička izvedba pretvarača



Sl. 2.2b. Fizička izvedba pretvarača

3. Stogovi baterija (3a.1 i 3c.1)

Dvosmjerni pretvarač, opisan u točki 1 ovog izvještaja omogućava kompletну kontrolu nad procesima punjenja i pražnjenja različitih baterijskih čelija. Osim testiranja različitih obrazaca punjenja/praznjenja, bitno je istražiti njihov utjecaj na različite baterijske tehnologije (kemije). Zbog toga su nabavljeni različiti tipovi litij-ionskih čelija (Li-ion), te jedan tip nikal-metal-hidridne čelije (NiMH). Lista nabavljenih čelija jest kako slijedi:

- Litij kobalt oksid – LCO, ICR (Slika 3.2)
 - LG ICR18650-HD2
 - LG ICR18650-E1
 - Samsung ICR18650-32A
- Litij nikal mangan kobalt oksid – NMC, INR (Slika 3.2)
 - LG 18650-MJ1
 - Samsung INR18650-25R5
 - Samsung INR18650-20R
- Litij nikal kobalt aluminij oksid – NCA, NCR (Slika 3.2)
 - Panasonic NCR18650-B
 - Panasonic NCR18650-PF
 - Tenergy NCR18650-B
- Litij polimer (Slika 3.3)
 - Tenergy (925050)
 - Tenergy (6050100)
- Nikal metal hidrid (Slika 3.4)
 - Tenergy 4/3AF NiMH
- Litij fero-fosfat – LFP, IFR (Slika 3.5)
 - PowerTech LFP

Veći dio nabavljenih litij-ionskih baterijskih čelija (LCO, NMC, NCA) su tipa 18650 što je standardni naziv za cilindrične litij ionske čelije promjera 18 mm i visine 65 mm (Sl. 3.1). Na slikama 3.2-3.5 prikazane su gore navedene čelije koje su nabavljene u okviru projekta.



Sl. 3.1. Litij-ionska čelija 18650



Sl. 3.2. Litij-ionske čelije tipa 18650



Sl. 3.3. Litij-polimer čelije



Sl. 3.4. Nikal-metal-hidrid čelije



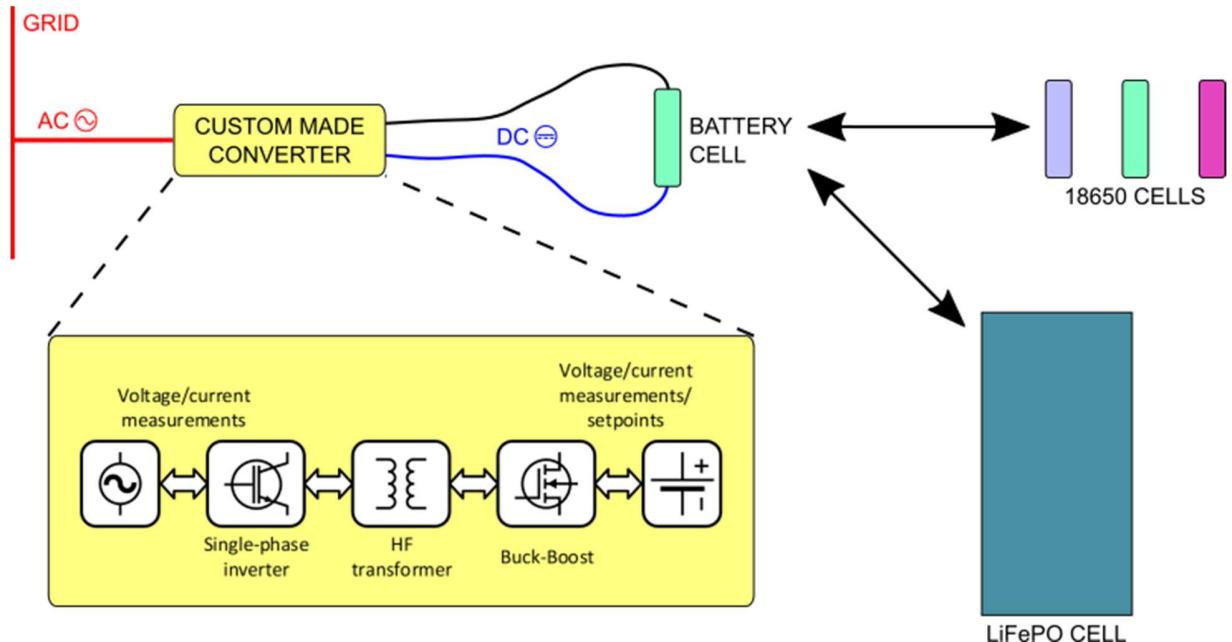
Sl. 3.5a. Litij-fero-fosfat čelije



Sl. 3.5b. Litij-fero-fosfat čelije

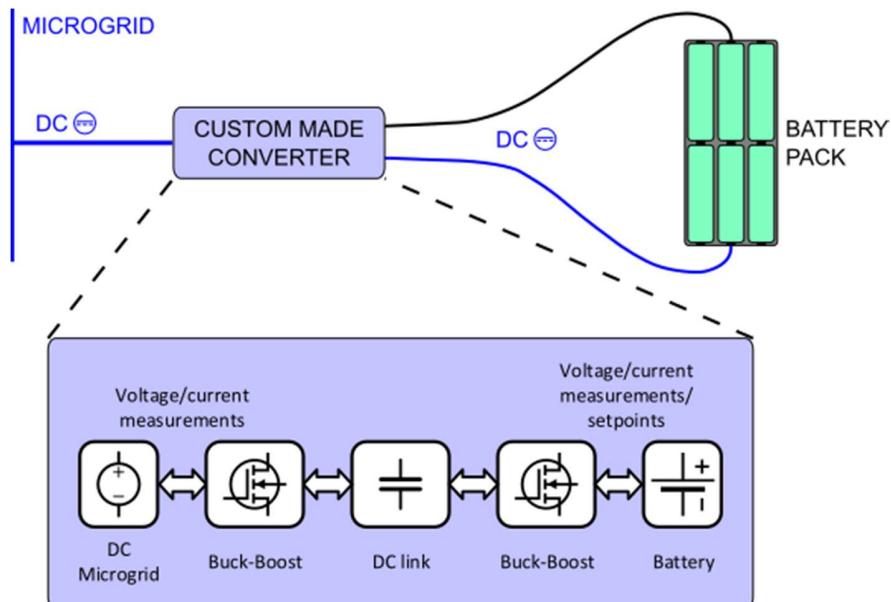
4. Ispitivanje karakteristika baterija

Eksperimentalno ispitivanje karakteristika baterijskih čelija na manjem pretvaraču snage 1 kW (opisan u točki 1 ovog izvještaja) shematski je prikazano na Sl. 4.1.



Sl. 4.1. Ispitivanje baterijskih čelija

Eksperimentalno ispitivanje karakteristika baterijskih paketa na većem pretvaraču snage 6 kW (opisan u točki 2 ovog izvještaja) shematski je prikazano na Sl. 4.2.



Sl. 4.2. Ispitivanje baterijskih paketa

Eksperimenti su provođeni na način da su mijenjani različiti ulazni parametri kao što su na primjer:

- tehnologija izrade ćelije (kemija)
- struja punjenja
- struja pražnjenja
- napon punjenja
- napon kraja pražnjenja.

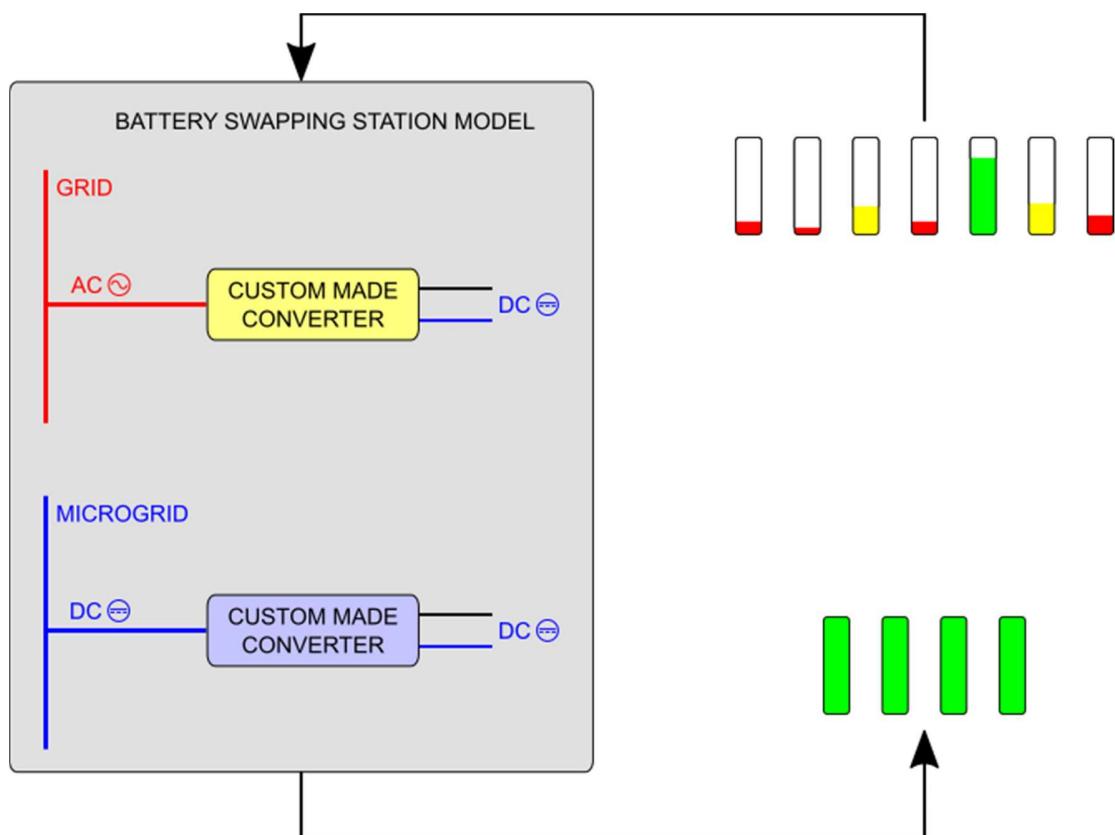
Između ostalog snimljene su i analizirane sljedeće karakteristike:

- karakteristike punjenja
- karakteristike pražnjenja
- snaga i energija punjenja
- kapacitet
- Peukertov zakon
- efekt oporavka kapaciteta
- unutrašnji otpor
- efikasnost
- određivanje stanja napunjenoosti
- itd.

5. Pokazna stanica za izmjenu baterija električnih vozila

Na Sl. 5.1 prikazan je načina na koji se emulira stanica za izmjenu baterija električnih vozila. Dva pretvarača predstavljaju dvije punionice. U stanice ulaze baterije različitih stanja napunjenošću, a trebale bi izlaziti pune ili gotovo pune baterije. Stanica za izmjenu baterija mora odabrati raspored punjenja baterija u ovisnosti o brojnim faktorima, kao što su:

- Trenutni broj baterija koje treba napuniti
- očekivani priljev ulaznih baterija u budućnosti
- stanja napunjenošću dolaznih baterija
- cijena energije na tržištu
- vršna snaga stanice
- itd.



Sl. 5.1. Pokazna stanica za izmjenu baterija električnih vozila