FOTONAPONSKI OFF-GRID HIBRIDNI SISTEM SA BATERIJAMA I DIZEL GENERATOROM ZA NAPAJANJE GRANIČNOG PRELAZA UŽLJEBIĆ

PHOTOVOLTAIC OFF-GRID HYBRID SYSTEM WITH BATTERIES AND DIESEL GENERATOR FOR POWER SUPPLY AT THE BORDER CROSSING UŽLJEBIĆ

Adis NUKIĆ[1*], Amila BRČANINOVIC[2], Sanela UŽIČANIN[2], Almir MAHMUTOVIĆ[3], Halid VRTAGIĆ[1]

[1] Elektrocentar Petek, d.o.o., Tuzla, BiH

[2] Fakultet elektrotehnike, Univerzitet u Tuzli, Tuzla, BiH

[3] General Engineering, d.o.o, Sarajevo, BiH

U ovom radu je analiziran realizovani sistem napajanja graničnog prelaza Užljebić, koji je bez napajanja i nalazi se na lokaciji u blizini koje nema priključka na distributivnu mrežu. Cilj ovog rada bio je projektovati sistem koji će biti zasnovan na obnovljivim izvorima energije i iskoristiti prirodni potencijal područja na kome se nalazi. Sistem je koncipiran tako da za primarno napajanje koristi solarne panele, a u slučaju pojave viška energije, ona se smješta u baterije. Ukoliko nema energije iz solarnih panela niti akumulisane energije iz baterija, kao neophodan izvor električne energije nezavisan od atmosferskih prilika koristi se dizel generator, koji proizvodi energiju za napajanje.

Ključne reči: *fotonaponski off-grid sistemi; hibridni sistemi; dizel generator; baterija*

In this paper, the realized power supply system of the border crossing Užljebić is analyzed, which is without power supply and is located in a location near which there is no connection to the distribution network. The aim of this work was to design a system that will be based on renewable energy sources and use the natural potential of the area in which it is located. The system is designed so that it uses solar panels for the primary power supply, and in case of excess energy, it is placed in the batteries. If there is no energy from solar panels or accumulated energy from batteries, a diesel generator, which produces energy for power supply, is used as a necessary source of electricity independent of atmospheric conditions.

Key words: *photovoltaic off-grid systems; hybrid systems; diesel generator; battery*

1 Uvod

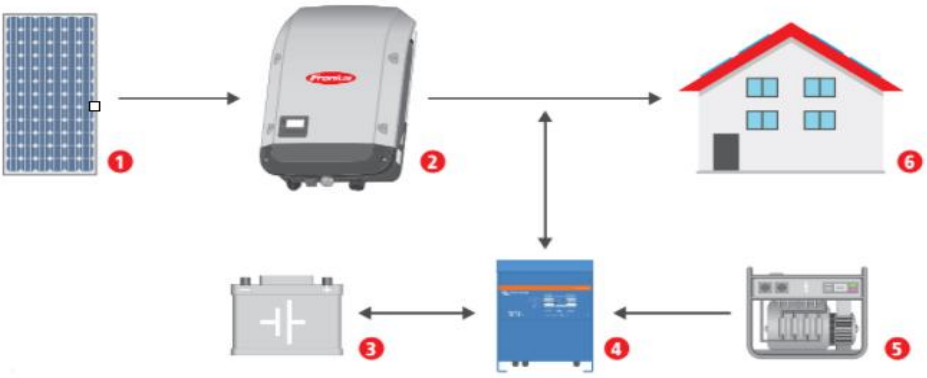
Sistem solarne energije jedna je od najboljih tehnologija obnovljivih izvora energije koja nije samo isplativa, već je i ekološki prihvatljiva. U ovom radu predstavljen je realizovan off-grid solarni sistem za potrebe napajanja graničnog prelaza Užljebić. Off- grid sistemi ili samostalni sistemi definišu se kao neovisni sistemi koji nisu priključeni na javnu električnu mrežu, nego rade samostalno i neovisno. Mogu biti različitih snaga i uglavnom se koriste na mjestima gdje nema pristupa mrežnoj infrastrukturi. U off-grid sistemu je samo onoliko energije koliko oni sami proizvedu, a ta energija se može skladištiti i odatle koristiti.

2 Samostalni ili off-grid fotonaponski sistemi

Samostalni ili off-grid sistemi predstavljaju sisteme koji nisu spojeni na električnu mrežu. Ovi sistemi mogu sami generisati energiju i sami pokretati uređaje i obično se koriste za elektrifikaciju manjih područja. Off-grid sistemi održivi su za udaljena područja u zemljama koje imaju mali ili nikakav pristup električnoj energiji zbog izrazito živog i rasprostranjenog stanovništva na ogromnom području. Utvrđivanje mjesta i položaja panela ključan je korak u projektovanju fotonaponskog

* Corresponding author's email: adis.nukic@ecp.hr

sistema, zbog toga što su sve sljedeće komponente usklađene sa ovim korakom. Komponente solarnog off-grid sistema prikazane su na Slici 1.



Slika 1. Komponente fotonaponskog off-grid sistema

1. Fotonaponski panel koristi se za pretvaranje Sunčeve energije u električnu energiju. Kad Sunčeva svjetlost padne na panele, oni proizvode električnu energiju koja napaja baterije.

2. Inventor je uređaj energetske elektronike koji se koristi za pretvaranje istosmjerne struje u izmjeničnu. Ova se pretvorba odvija u stvarnom vremenu sa vrlo malim vremenskim odstupanjem (danas efikasnost invertora je do 98%).

3. Baterija se koristi u periodima kada nema Sunčeve svjetlosti. Kako bi se u tim razdobljima osigurala električna energija, višak energije tokom dana pohranjuje se u baterije i koristi se za napajanje opterećenja kad god je to potrebno.

4. Punjač baterije određuje koliko struje treba injektirati u baterije kako bi se postigla optimalna izvedba. Budući da određuje efikasnost cijelog solarnog sistema, kao i radni vijek baterija predstavlja kritičnu komponentu. Punjač baterija štiti bateriju od prekomjernog punjenja. Mikromreže u udaljenim područjima često se napajaju pomoću pretvarača za punjenje. PV sistemi sa Froniusovim pretvaračima korišteni u ovom radu mogu se lako integrirati u takve mikromreže, jer imaju posebnu postavku koja uključuje nekoliko funkcija koje podržavaju njihov stabilan rad.

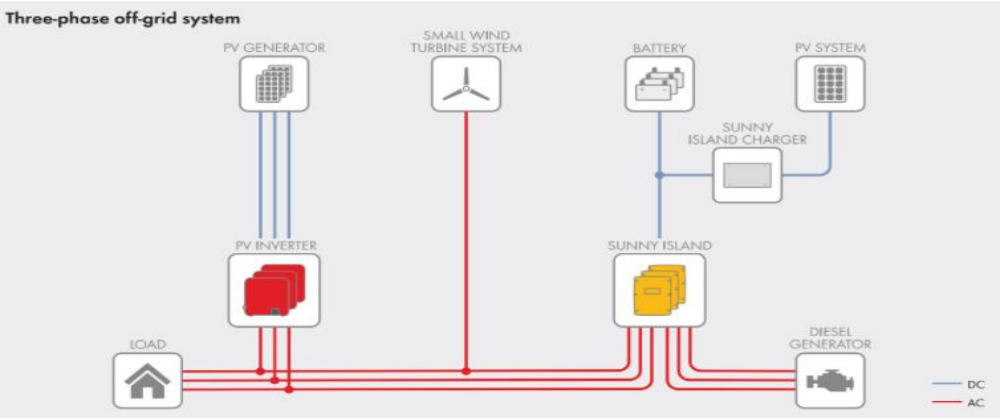
5. Dizel generator iako nije uvijek potreban, njegovim instaliranjem povećava se pouzdanost i redundancija, te sistem nije oslonjen samo na solarnu energiju. Savremeni generatori mogu se konfigurirati za automatsko pokretanje kada fotonaponski paneli i /ili baterija ne pružaju dovoljnu snagu.

6. Potrošač osigurava da je električni krug zatvoren i da struja može proticati.

Kod fotonaponskih off-grid sistema razlikuju se dvije izvedbe:

- Fotonaponske off-grid sisteme koji su preko invertora spojeni na potrošač.
- Fotonaponske off-grid sisteme sa Storage invertorom (punjač baterija), gdje potrošač troši energiju proizvedenu iz mreže, a višak skladišti preko Storage invertora u baterije. U slučaju manje proizvodnje električne energije iz fotonaponskog panela u odnosu na potrošnju, Storage invertori ubacuje u sistem električnu energiju skladištenu u baterijama.

Na Slici 2. je prikazana mogućnost za izvedbu fotonaponskih off-grid sistema. Sa Slike se vidi da se na Sunny island (storage invertor) mogu spojiti dizel generator i potrošač. Dizel generator se koristi kada u sistemu nema proizvodnje iz fotonaponskih sistema, niti skladištene energije. Paralelno potrošaču priključeni su fotonaponski paneli sa PV invertorom. U ovoj izvedbi stavljena je mogućnost da se paralelno potrošaču priključi vjetro agregat. Također se može vidjeti da je na DC strani Storage invertora priključena baterija.

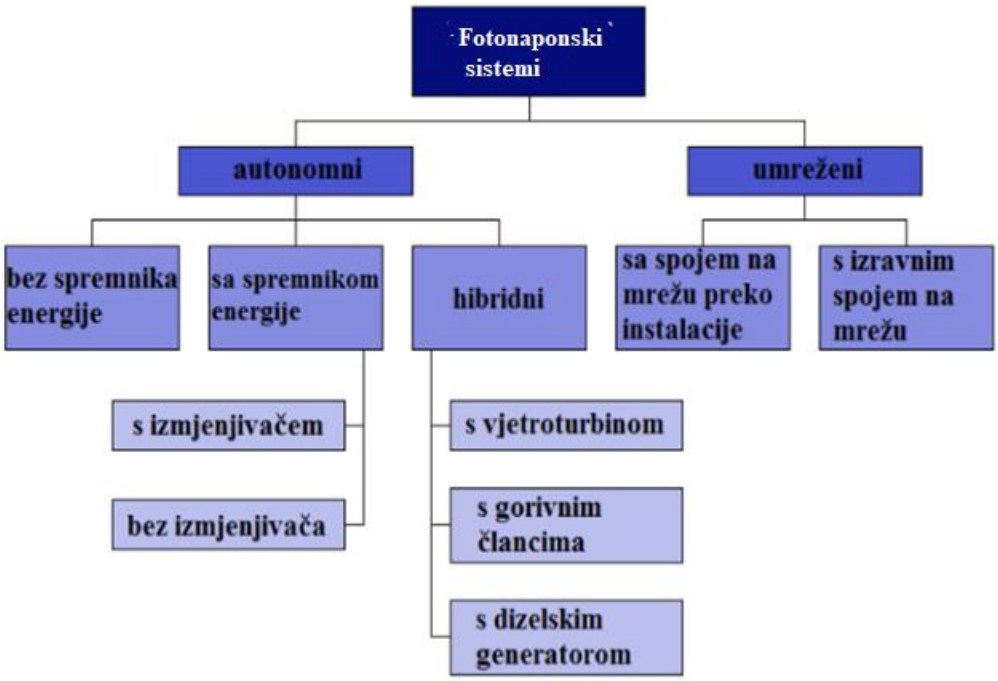


Slika 2. Trofazni off-grid sistem[1]

3 Fotonaponski off-grid hibridni system sa baterijama i dizel generatorom za napajanje graničnog prelaza Užljebić

Granični prijelaz (GP) Užljebić se nalazi na sjevero-zapadnom dijelu Bosne i Hercegovine i nalazi se cca 15km južno od Bihaća na magistralnom putu M203 (M-11). Ovaj granični prijelaz nije posjedovao priključak na javnu elektrodistributivnu mrežu. Najbliža elektrodistributivna mreža se nalazi u mjestu Lohov (10kV SN mreža i TS 10/0,4kV), koja je udaljena od GP Užljebić cca 3,5 km.

Prilikom odabira optimalnog tehničkog rješenja napajanja električnom energijom GP Užljebić analizirana je procjenjena godišnja potrošnja električne energije. Pri tome su razmatrane različite izvedbe fotonaponskih sistema koje su prikazane na Slici 3.



Slika 3. Vrste fotonaponskih sistema

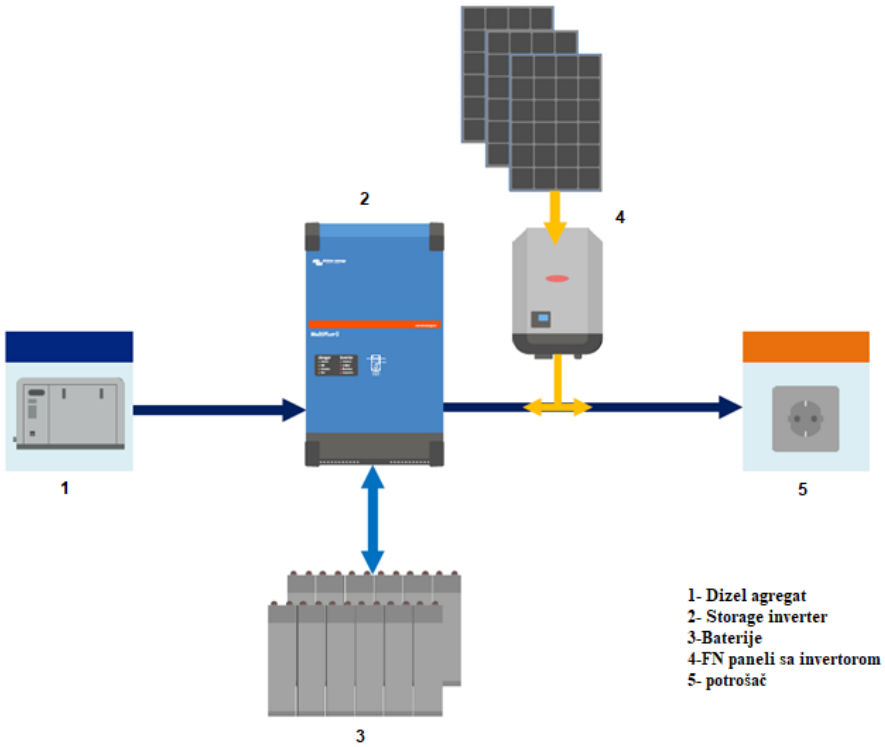
Analiza potrošnje električne energije GP Užljebić je urađena analizom procijenjene godišnje satne krive opterećenja GP. Osnovne karakteristike procijenjene potrošnje električne energije na GP Užljebić su date u nastavku. Ukupna procijenjena potrošnja iznosi 7828 kWh/god, dok je mjesečna potrošnja prikazana na Slici 4. [2].

Slika 4. Procijenjena mjesečna potrošnja GP Užljebić [1]

Procijenjeno maksimalno satno opterećenje buduće potrošnje GP Užljebić je 2.54 kW, a maksimalno očekivano vršno opterećenje koje se može pojaviti je procijenjeno na 4.2 kW [2]. Također, prilikom odabira optimalnog tehničkog rješenja posebna pažnja je bila posvećena sljedećim kriterijima:

a) Pouzdano i sigurno napajanje električnom energijom.
b) Dostupnost korištenih tehnologija na tržištu.
c) Dostupnost javnoj elektrodistibutvnoj mreži.
d) Fleksibilnost tehničkog rješenja eventualnom proširenju ili povezivanju na javnu elektrodistibutvnu mrežu (u slučaju njene izgradnje).
e) Geografske lokacije i mogućnost montaže fotonaponskih panela.

Uvažavajući navedene kriterije izvršena je izgradnja fotonsponskog hibridnog sistema sa spremnikom energije (baterijom) i dizel generatorom, a kao što je prikazano na Slici 5.



Slika 5. Fotonaponski hibridni sistem sa spremnikom energije i dizel generatorom

Prednost ovog sistema jeste direktna potrošnja proizvedene električne energije iz fotonaponskih panela, a pohrana viškova u bateriju. Na ovaj način se smanjuje struja punjenja baterija, a što značajno povećava životni vijek baterije. U slučaju nedovoljne količine električne energije iz fotonaponskih panela sistem energiju preuzima iz baterije, čime se smanjuje struja pražnjenja u dnevnom periodu, a što značajno povećava životni vijek baterije. U slučaju nedovoljne količine električne energije iz fotonaponskih panela i pohranjene energije u bateriji, sistem aktivira dizel generator zatvaranjem svog NO kontakta, koji radi nazivnom snagom i koji energijom obezbjeđuje potrošače, a viškove pohranjuje u bateriju. Optimalni sistem se sastoji iz FN panela sa inverterom (6 kW), Storage inverterom (5000 VA) za punjenje baterija (110 kWh) i održavanja napona napajanja i Dizel agregata koji obezbjeđuje napajanje električnom energijom nezavisno od atmosferskih prilika.
Fotonaponski (FN) dio sistema čine 20 FN panela snage 370kWp (ugrađeni su paneli SM LX-370M/120/PERC Luxor) montiranih na zemlji u blizini poslovnih objekata sa optimalnim uglom od 30° i optimalnom orjentacijom. Fotonaponski moduli su postavljeni na zemlji u blizini poslovnih objekata. Ukupna instalisana snaga FN panela je 7,4kWp i preko odgovarajućih DC kablova i konektora su spojeni na mrežni inverter 6 kW i odvodnike prenapona za FN sisteme. Ugrađeni fotonaponski paneli proizvođača Luxor proizvedeni su u EU i zadovoljavaju relevantne IEC standarde. Fotonaponski stringovi S1 i S2 spojeni su na odvojene DC ulaze fotonaponskog invertora Fronius PRIMO 6.0-1 (spojeni na dva odvojena MPPT ulaza). DC ulazi dimenzionisani su za DC napon od 80 do 1000 V DC i maksimalnu ulaznu struju 12 A po ulazu. Fotonaponski invertor / pretvarač PRIMO 6.0 -1 snage 6 KW ugrađen je na zid unutar kontejnera do Storage invertera i spojen na AC 1 izlaz Storage invertera (paralelno potrošačima).

Slika 6. FN paneli instalisane snage 7.4 kWp spojena u dva stringa

Ključna komponenta otočni sistem (off-grid) napajanja GP Užljebić je Storage inverter ili AC/DC spona (AC coupling). Svojom ulogom mrežnog invertera i regulatora mreže, Storage inverter održava stabilnost izmjenične mreže i osigurava da napon i frekvencija ostanu u dopuštenim granicama. Storage inverter je dvosmjerni pretvarač i često se naziva kombiniranim pretvaračem / punjačem baterija. On vodi računa o spremanju viška energije u bateriji i opskrbljuje mrežu naizmjeničnim naponom i električnom energijom iz baterije. To za korisnika znači da može da koristiti komercijalno dostupne, a samim tim i jeftiniji AC uređaje. S druge strane izgradnje lokalne AC mreže je uobičajeni način uz korištenje standardnih komponenata široke potrošnje, a koji su značajno jeftiniji od onih namijenjenih za rad na istosmjernim mrežama. Za potrebe ovoga projekta isporučen je Storage inverter MultiPlus-II 48/5000 VICTRON, koji je opremljen funkcijom za upravljanjem mrežama i visoko razvijenom funkcijom upravljanja baterijama, koja uključuje nadzor. Stoga se kontinuirano ažurira o tačnoj bateriji i kao voditelj sistema donosi potrebne odluke. Kad su baterije prazne i postoji malo generisanog kapaciteta, ovaj inverter aktivira se stalno dostupan rezervni izvor energije (Dizelski generator) ili čak isključuje određena opterećenja potrošača. Također određuje optimalnu

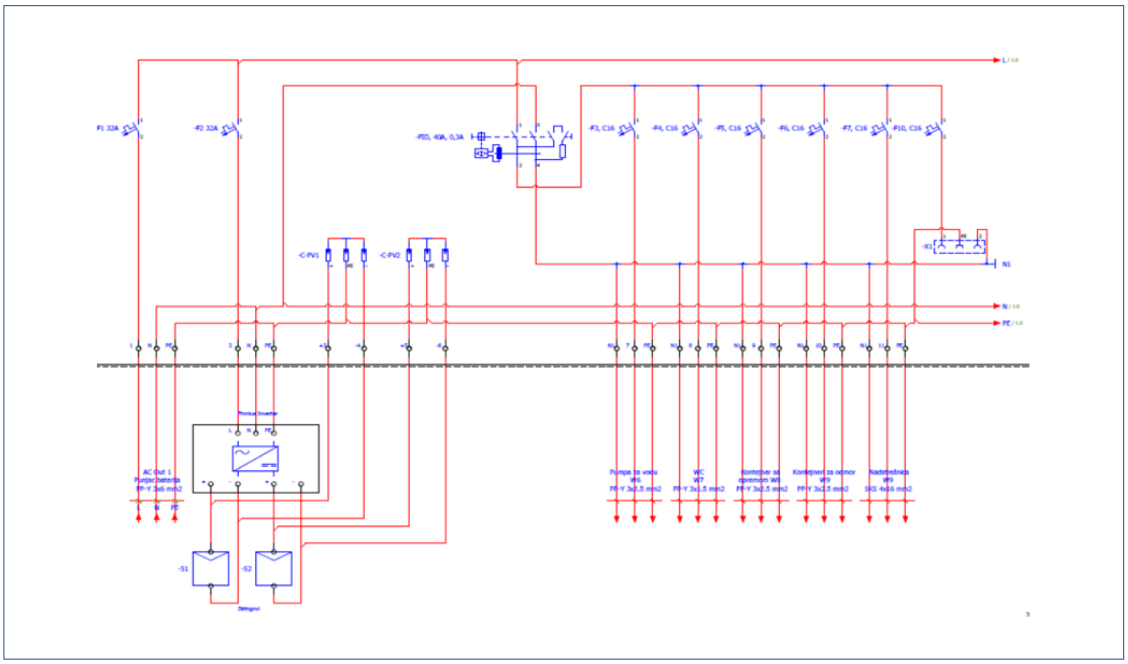
strategiju punjenja baterija i na taj način povećava njihov vijek trajanja. Nadalje, ovaj kompaktni uređaj pruža dodatne funkcije posebno prilagođene potrebama otočnih sistema. Uređaj ima dva AC izlaza: AC OUT 1 - za priključak fotonaponskog invertora i prioritetnih potrošača i AC OUT 2 - za priključak ostalih potrošača. Prikazan je na Slici 7.

Slika 7. Korišteni Storage inverter MultiPlus Victron

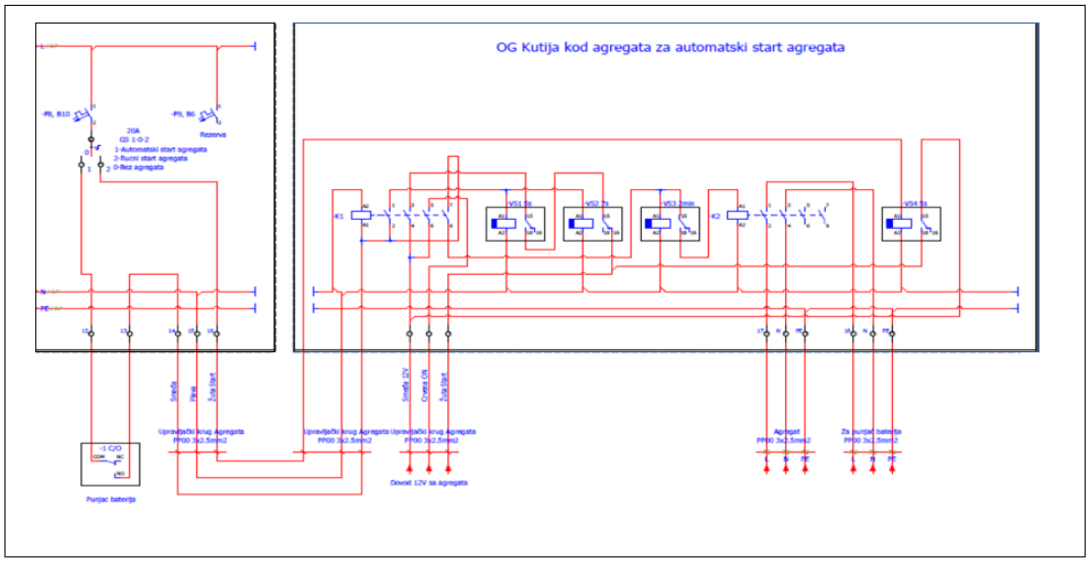
Slika 8. Smještaj opreme u zajedničkom kontejneru

Za potrebe izrade ovoga projekta optimiziran je kapacitet baterija za potrebe autonomije sistema (bez uključenja dizel generatora) od 48h i na način da se 50% kapaciteta baterije koristi za skladištenje (zbog očuvanja životnog vijeka baterije). Optimizirani kapacitet baterije je 110 kWh, odnosno korišteni kapacitet baterije je 55 kWh. Ugrađeni Storage inverter omogućava povezivanje svih vrsta olovnih baterija i velikog dijela Li-Io baterija. Za potrebe kontinuiranog snabdijevanja električnom energijom potrošača na GP Užljebić, ugrađen je Dizel generator nazivne snage 4.5 kW. Dizel generator posjeduje opciju automatskog starata/stopa (realizovano upotrebom vremenskih releja sa kašnjenjem uklopa i sklopnikom), koji će nalog dobivati od Storage invertera tako što Storage inverter zatvori svoj NO kontakt. Preko NO kontakta Storage invertera se proslijeđuje napon 230 V u razvodnu tablu koja se nalazi pored agregata i koja automatski pokreće agregat pomoću ugrađenih vremenskih releja i sklopnika. Svi prethodno navedeni uređaji su spojeni na glavni AC/DC ormar. Sva prethodno navedena oprema je smještena u jedan zajednički kontejner (izuzev agregata koji je smješten u posebnom objektu).

Šema ormara i upravljanje agregatom za automatski start je prikazana na Slikama 9 i 10.



Slika 9. AC/DC Ormar



Slika 10. AC/DC ormar i razvodna table za automatski start dizel agregata

4 Zaključak

U radu je opisana primjena fotonaponskih panela u kombinaciji sa baterijama za skladištenje električne energije i Dizel generator kao dodatna opcija za napajanje električnom energijom. Navedeno rješenje je pogodno zbog same lokacije graničnog prelaza iz razloga što ima potencijal za instaliranje fotonaponskih panela.

5 References

[1] *Brošura*, SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0H / 8.0H, SMA Solar Technology, 2020.

[2] **Bajrić H, Hasanspahić N,** *Idejni projekat SE Užljebić*, SENDO d.o.o., Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2020.