

KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE ZA PUNJENJE AKUMULATORA DRONA ZA TRETIRANJE BILJAKA**USING SOLAR ENERGY TO CHARGE DRONE BATTERIES FOR PLANT TREATMENT**

Akoš Toth, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ČISTE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

Kratak sadržaj – U radu se istražuje mogućnost i isplativost korišćenja solarne energije za dopunjavanje baterije drona, namenjenog za tretiranje biljaka u poljoprivredi. Umesto korišćenja dizel agregata za dopunjavanje baterije drona predviđa se korišćenje samostalnog fotonaponskog sistema. Prikazani su različiti tipovi dronova i njihove oblasti primene, kao i detaljan opis komponenti i principa rada. Za izvođenje sezonskog prskanja pomoću drona proračunata je potrebna energija za dopunjavanje baterija i putem PVGIS softvera određena je potrebna snaga fotonaponskih panela. Proračunat je potreban kapacitet akumulatora za samostalni fotonaponski sistem. Nakon odabranih komponenti sistema pomoću softvera PVSystem je definisan potreban kapacitet pojedinih komponenti. Na kraju ovog rada urađena je tehnokonomski analiza.

Ključne reči: Dron, poljoprivreda, solarna energija

Abstract – The study explores the feasibility and cost-effectiveness of using solar energy to recharge the batteries of drones designed for plant protection in agriculture. Instead of using diesel generators for recharging drone batteries, the use of a standalone photovoltaic system is proposed. Different types of drones and their areas of application are presented, along with a detailed description of the components and principles of drone operation. The energy required for seasonal spraying with drones was calculated, and the necessary power of the photovoltaic panels was determined using PVGIS software. The required capacity of batteries for the standalone photovoltaic system was calculated. After selecting the system components, the necessary capacity of each component was defined using PVSystem software. At the end of this study, a techno-economic analysis was conducted.

Keywords: Drone, agriculture, solar energy.

1. UVOD

U poljoprivredi, dronovi se koriste za različite svrhe, uključujući praćenje zdravlja biljaka, nadzor terena, setvu, tretiranje biljaka i opštu podršku u preciznoj poljoprivredi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoltan Čorba, vanr. prof.

Oni omogućavaju farmerima da efikasnije upravljaju svojim resursima, poboljšavajući prinos i smanjujući troškove.

Postoji nekoliko tipova dronova kao što su sa više rotora, sa fiksnim krilima, helikopterski modeli sa jednim rotorom. Proizvode se i hibridni modeli koji kombinuju karakteristike dronova sa fiksnim krilima i onih sa više rotora. Svaki tip ima svoje specifične prednosti i primene u zavisnosti od potreba u poljoprivredi.

Dronovi se napajaju baterijama. S obzirom da se javlja potreba za čestim dopunjavanjem baterija na terenu, za njihovo dopunjavanje se koriste dizel agregati. Međutim, s obzirom na ekološke i ekonomske izazove, umesto dizel agregata se sve češće razmatra korišćenje obnovljivih izvora energije.

Korišćenje sunčeve energije za punjenje baterije drona uključuje upotrebu fotonaponskih panela koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju. Fotonaponski paneli se mogu instalirati na pokretne i stacionarne lokacije, kao što su baze za punjenje, u zavisnosti od njihove veličine i kapaciteta. Ovaj proces omogućava ekološki održivo i ekonomično rešenje za napajanje dronova, smanjujući zavisnost od fosilnih goriva i povećavajući operativnu efikasnost u poljoprivredi.

2. NAPAJANJE DRONA ZA ZAŠTITU BILJAKA AGRAS T30

Agras T30 je napredni poljoprivredni dron proizveden od strane kompanije DJI, koji predstavlja vrhunac inovacija u poljoprivrednoj avijaciji. Na slici 1. prikazan je dron DJI Agras T30 tokom rada.



Slika 1. DJI Agras T30 tokom rada [1]

Sa impresivnim kapacitetom rezervoara od 30 litara, Agras T30 omogućava efikasno pokrivanje velikih

površina bez potrebe za čestim dopunjavanjem. Sistem za raspršivanje na Agras T30 je visoko sofisticiran. Pruža preciznost i efikasnost u distribuciji tečnosti poput pesticida ili đubriva. Napredne sposobnosti autonomnog leta, kao što su navigacija, prilagođavanje terenu, automatskog planiranja rute i praćenja napretka tretiranja osiguravaju da svaki deo polja bude tretiran s neophodnom pažnjom i preciznošću [2].

2.1. Energetski zahtevi baterije drona za solarno punjenje

Baterije DJI T30 drona su oznake BAX501-29.000 mAh-51,8 V, mase oko 10,1 kg, što omogućava dugotrajnu upotrebu drona. Ova baterija je nominalnog napona od 51,8 V i kapaciteta 29 Ah, što čini energiju na raspolaganju od 1,5 kWh.

Baterije Agras T30 se dopunjavaju originalnim punjačem baterija, koji se napaja dizel agregatom na onim mestima gde nema dostupnog priključka za napajanje električnom energijom. Punjač baterija se povezuje na standardnu utičnicu. T30 Smart Charging Manager je napredni uređaj za upravljanje punjenjem baterija sa ulaznim naponom od 100-264 VAC. Izlazni jednosmerni napon je u opsegu od 40 V do 60 V sa nazivnom snagom od 7,2 kW. Maksimalna struja punjenja je 120 A. Vreme punjenja baterije iznosi oko 15 minuta.

Dok se vrši punjenje baterije, postavlja se rezervna baterija u dron i rezervoar drona se puni sredstvom za tretiranje biljaka. Sa jednom baterijom dron može tretirati približno 1,7 ha zemljišta, što traje oko 15 minuta. Tretiranje biljaka se obavlja kasno popodne ili uveče, jer se prskanje ne preporučuje pri visokim temperaturama. Stoga, početak prskanja pada između 18:00 i 19:00 sati. Ovo znači da se tretiranje biljaka može vršiti oko 5 sati dnevno, pri čemu se obradi oko 34 ha. Na osnovu navedenog, u proseku se izvrši oko 20 punjenja baterija. S obzirom da je za dopunjavanje jedne baterije potrebno 1,5 kWh, da bi se obavilo dnevno tretiranje biljaka na raspolaganju za dopunjavanje baterije treba da se ima energija od minimalno 30 kWh. Stoga na mesečnom nivou je potrebno obezbediti energiju od oko 900 kWh [3]. Energija se obezbeđuje iz samostalnog fotonaponskog sistema.

2.2. Fotonaponski sistem za punjenje baterije drona

Rad se fokusira na dizajniranje samostalnog solarnog sistema sa solarnim panelima orijentisanim pod uglom od 30 stepeni prema jugu, što je optimalno za iskorišćenje sunčeve svetlosti u umerenim klimatskim zonama.

Za proračun kapaciteta akumulatora samostalnog FN sistema C u amper-satima, koristi se sledeća formula:

$$C (Ah) = \frac{\text{Energetska potreba} \cdot d}{U \cdot Dp \cdot \eta A} \quad (1)$$

d - broj dana samostalnog rada,

U – napon akumulatora,

Dp - dubina pražnjenja,

ηA - efikasnost akumulatora.

U konkretnom primeru dnevne energetske potrebe za dopunjavanje baterija su 30 kWh, sa akumulatorom nominalnog napona 48 V, dubinom pražnjenja od 60 % i

efikasnošću akumulatora od 90 %, potreban kapacitet akumulatora na osnovu (1) iznosi 1.157 Ah.

Ako se pretpostavi da tretiranje useva traje u period od maja do oktobra sa dnevnim potrebama za energijom od 30 kWh, korišćenjem programa PVGIS [4], dolazi se do zaključka da bi fotonaponski sistem snage FN panela oko 10 kWp bio dovoljan da zadovolji potrebu za energijom u periodu korišćenja drona za tretiranje biljaka.

Za precizan proračun elemenata sistema i procenu proizvodnje koristi se PVsyst program. Konačni rezultati u programu pokazuju da je potrebna snaga FN panela 11,1 kWp. Za skladištenje energije, izabrane su baterije kapaciteta 200 Ah, napona 12 V. Za dostizanje potrebnog napona i kapaciteta potrebno je koristiti ukupno 24 akumulatora. Snaga FN panela od 11,1 kWp se ostvaruje sa 5 FN nizova pri čemu svaki niz ima 4 redno vezana FN panela. Za regulaciju punjenja baterija koristi se regulator punjenja, koji osigurava efikasno i sigurno punjenje, sprečava prekomerno punjenje i duboko pražnjenje akumulatora, čime se produžava njihov vek trajanja i optimizuju performanse sistema. Za ovu snagu FN panela potrebna su dva regulatora punjenja pojedinačne snage 6 kW.

U tabeli 1 prikazani su ulazni parametri softvera PVSyst za samostalni FN sistem (1-6), kao i izlazni parametri (7-13).

Tabela 1. Ulazni i izlazni podaci u PVsyst programu

#	Parametar	Vrednost
1	Dnevne potrebe za energijom [kWh/dan]	30
2	Broj dana autonomije sistema	1
3	Sistemski napon [V]	48
4	Nedostupnost FN sistema [%]	5
5	Predložena snaga FN sistema od strane PVsyst [Wp]	11.733
6	Predloženi kapacitet od strane PVsyst [Ah]	1.162
7	Pojedinačna snaga FN panela [Wp]	555
8	Pojedinačni akumulator [Ah/V]	200/12
9	Ukupna snaga FN sistema [Wp]	11.100
10	Ukupan kapacitet akumulatora [Ah]	1.200
11	Na raspolaganju energije iz FN sistema [MWh]	13,6
12	Koristi se energije iz FN sistema [MWh]	10,6
13	Neiskorišćeno energije iz FN sistema [MWh]	3,0
14	Iskorišćenje FN sistema [%]	97

2.3. Elementi analiziranog sistema

Samostalni fotonaponski sistem za dopunjavanje akumulatora drona sastoji se iz četiri ključne komponente; fotonaponskih panela, regulatora punjenja, baterije i invertora.

Fotonaponski paneli pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju. U ovom projektu je izabran fotonaponski panel proizvođača Longi Solar iz serije Hi-MO5, nominalne snage 555 Wp. Fotonaponski panel karakteriše half-cut tehnologija čija je efikasnost 20,58 %. Maksimalna snaga (P_{max}) je 555 Wp pod standardnim radnim uslovima ćelija (STC). Napon pri maksimalnoj snazi (V_{mpp}) je 42,10 V, dok je struja pri maksimalnoj snazi (I_{mpp}) je 13,19 A. Napon otvorenog kola (V_{oc}) je 49,95 V. Struja kratkog spoja (I_{sc}) je 14,04 A [5].

Akumulatori skladište energiju, omogućavajući njen kontinuirani pristup čak i kada nema sunčeve energije. Landport LP12-200 akumulator koji je izabran u ovom projektu je VRLA AGM tehnologije, što ga čini bez potrebe za održavanjem i otpornom na curenje. Baterija je napona 12 V, kapaciteta 200 Ah sa dimenzijama (520×240×220) mm i masom 58 kg. Na slici 2. prikazan je izabran akumulator [6].



Slika 2. Landport LP12-200, 12V 200Ah [6]

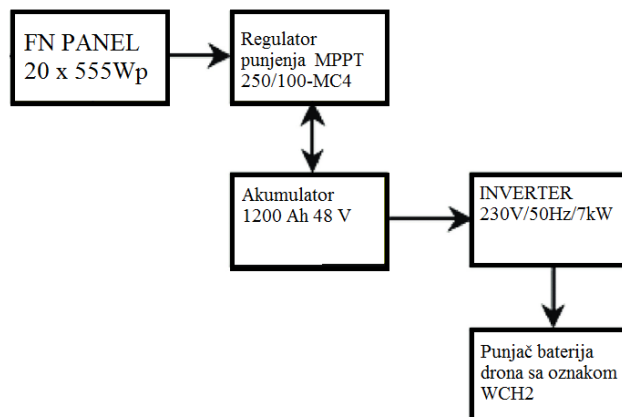
Regulator punjenja, upravlja raspodelom energije između panela i akumulatora i štiti ih od prekomernog punjenja ili pražnjenja. Izabran je regulator punjenja proizvođača Victron, tip SmartSolar MPPT 250/100-MC4. Regulator punjenja koristi MPPT tehnologiju za maksimalno iskorišćenje energije iz fotonaponskih panela. Podržava automatski izbor napona baterije 12/24/48 V (36 V uz softverski alat), sa maksimalnom strujom punjenja do 100 A. Na slici 3. prikazan je regulator punjenja tip SmartSolar MPPT 250/100-MC4 [7].



Slika 3. Regulator SmartSolar MPPT 250/100-MC4 [7]

Inverter pretvara jednosmerni napon iz baterija u naizmenični napon, što je neophodno kod primene električnih uređaja koji se napajaju naizmeničnim naponom. U ovom projektu izabran je monofazni inverter od 7 kW. Talasni oblik na izlazu invertora je pravi sinusni napon, što obezbeđuje napajanje visokog kvaliteta [8].

Izabrane komponente zajedno čine koherentan sistem koji omogućava korišćenje solarne energije za napajanje dronova za potrebe u poljoprivredi na terenu. Na slici 4. prikazana je blok šema samostalnog fotonaponskog sistema za dopunjavanje baterije drona.



Slika 4. Blok šema samostalnog fotonaponskog sistema

2.4. Tehnoekonomska analiza

U tehnokonomskoj analizi sistema za dopunjavanje baterije drona, upoređen je tradicionalni metod dopunjavanja baterije pomoću dizel agregata i upotreba proračunatim samostalnim FN sistemom. Poređenje troškova pokazuje da je inicijalna investicija u dizel agregat niža, ali godišnji troškovi goriva čine ovu opciju skupom na duže staze. Sa druge strane, samostalni FN sistem, iako zahteva veću početnu investiciju, pruža značajne uštede kroz manje operativne troškove i duži vek trajanja.

Pored cene agregata od približno 3.000 evra, postoji i značajan godišnji trošak goriva. Agregat koji troši oko 5 litara goriva na sat godišnje potrošiti oko 4500 litara dizela, uzimajući u obzir da radi 5 sati dnevno tokom sezone od maja do oktobra. Uz trenutnu cenu goriva od 180 dinara po litru, operativni troškovi mogu lako dostići 7.000 evra godišnje, što čini ukupnu investiciju od 10.000 evra.

Početne investicije u samostalni FN sistem uključuju nabavku i instalaciju fotonaponskih panela, čiji troškovi iznose 5.583 evra. Dodatne komponente sistema, poput akumulatora, zahtevaju ulaganje od 12.000 evra. Cena invertora je 500 evra, dok regulator punjenja košta 1.730 evra. Ukupno za realizaciju sistema potrebno je izdvojiti 19.813 evra.

Ako pogledamo dizel agregatni sistem, početna investicija iznosi 10.000 evra. Od toga, 3.000 evra pokriva sam dizel agregat, dok godišnji troškovi potrošnje goriva iznose 7.000 evra. U ovom slučaju, svake godine investirani iznos će se povećavati za 7.000 evra zbog troškova snabdevanja gorivom. S druge strane, ako razmotrimo samostalni FN sistem, početna investicija iznosi 20.000 evra, što je fiksni iznos, s obzirom na to da su troškovi održavanja zanemarljivi. Stoga se investicija u fotonaponski sistem isplati za 2,5 godine, uzimajući u obzir da će troškovi dizel agregatnog sistema tokom tog perioda porasti na 20.500 evra, dok će troškovi solarnog sistema ostati 20.000 evra.

Kada razmatramo ukupan životni vek sistema, moramo uzeti u obzir da je vek trajanja baterija oko 8 godina. Ako gledamo period od 20 godina, što je približno životni vek fotonaponskih panela, tokom tog perioda biće potrebno dva puta zameniti baterije. U tom slučaju, uloženi iznos se povećava na 24.000 evra. Fotonaponski sistem postaje profitabilan nakon 6 godina, uzimajući u obzir da će se troškovi dizel agregatnog sistema u tom periodu povećati na 45.000 evra, dok će troškovi solarnog sistema narasti na 44.000 evra.

Upotreba fotonaponskih sistema donosi i ekološke prednosti, smanjujući emisiju štetnih gasova. Tokom jedne godine, dizel agregat emituje oko 11,43 tona CO₂. Ako se posmatra period od 20 godina, dizel agregatni sistem emituje ukupno 228,6 tona CO₂.

3. ZAKLJUČAK

Projekat samostalnog solarnog sistema snage 11,1 kWp sa ukupnom investicijom od oko 20.000 evra, predstavlja ekonomski isplativu i ekološki održivu opciju za poljoprivredu. Sistem je dizajniran da proizvodi najmanje 30 kWh električne energije dnevno, sa ciljanom mesečnom proizvodnjom od 900 kWh, koristeći 20 FN panela snage 555 Wp i 24 baterija sa kapacitetom od 200 Ah. Sa očekivanim vekom trajanja solarnih panela od preko 20 godina i akumulatorima koji mogu izdržati do 3.000 ciklusa punjenja, sistem obećava značajne uštede u dugoročnom periodu. Finansijski povraćaj investicije se procenjuje na oko 2,5 godine u poređenju sa godišnjim troškovima goriva od 7.000 evra.

Kada se razmatra ukupan životni vek solarnog sistema, treba uzeti u obzir da baterije traju oko 8 godina i da će zahtevati dve zamene u toku 20 godina, što je približan životni vek solarnih panela. U tom slučaju, uloženi iznos se povećava na 24.000 evra. Sistem postaje profitabilan nakon 6 godina, a u preostalim 14 godina ostvaruje se ušteda.

Na osnovu detaljnih istraživanja i analiza koje su prezentovane u radu, postaje evidentno da primena solarne energije za punjenje baterija dronova predstavlja revolucionarni korak u domenu ekološke održivosti i ekonomske efikasnosti. Ovaj pristup ne samo da značajno doprinosi smanjenju negativnih ekoloških uticaja, već otvara vrata ka dugoročnim ekonomskim prednostima. Jedna od ključnih prednosti je smanjenje troškova goriva, što je posebno značajno u kontekstu rastućih cena energenata i potrebe za ekonomičnijim rešenjima. Primena solarne energije u tehnologiji dronova predstavlja korak ka održivijoj budućnosti. Korišćenjem obnovljivih izvora energije, smanjuje se zavisnost od fosilnih goriva i doprinosi se borbi protiv klimatskih promena. Ovo ne samo da ima pozitivan uticaj na okolinu, već i podstiče razvoj zelenih tehnologija i industrija.

4. LITERATURA

- [1] <https://www.instagram.com/dronteh/> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [2] <https://ts2.space/en/dji-agras-t30-a-comprehensive-review-of-the-drone-2/#gsc.tab=0> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [3] <https://www.dji.com/global/t30/specs?fbclid=IwAR3oUGeRnSmuBkYuRypkccvzega4eoZFr0CHdXaDQC3zy5Gn9PEMXbe6TMY> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [4] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP (pristupljeno u decembru 2023.)
- [5] Katalog FN panela
https://static.longi.com/L_Gi_LE_T_TMD_059_107_LR_5_72_HPH_535_555_M_35_35_and_15_V14_895e6db05e.pdf
- [6] Katalog akumulatora
https://www.landportbv.com/media/pdfs/LP12-200_-_LP_SERIES_-_VRLA_AGM_Battery_-_multi-purpose_series.4b23d6.pdf
- [7] Katalog regulatora punjenja
<https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-250-60-and-250-70-EN.pdf>
- [8] <https://ba.inverterone.com/low-frequency-inverter/inverter-off-grid-24v.html> (pristupljeno u decembru 2023.)

Kratka biografija:



Akoš Toth rođen je u Subotici 13.03.1998 godine. Završio je srednju školu „Svetozar Marković“ u Subotici i osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Čiste energetske tehnologije.