

METODA DOBORU GENERATORA FOTOWOLTAICZNEGO DO ZASILANIA OGRODZENIA ELEKTRYCZNEGO

Streszczenie

W pracy przedstawiono problem doboru poszczególnych elementów systemu zasilania ogrodzenia elektrycznego wyposażonego w generator fotowoltaiczny. Dokonano porównania dwóch przykładowych systemów zasilania dla konkretnej lokalizacji za pomocą metody wykorzystującej wskaźniki efektywności.

Słowa kluczowe: generator fotowoltaiczny, ogrodzenie elektryczne, wskaźniki efektywności

Wprowadzenie

Jedną z głównych przyczyn niskiej wydajności pastwisk jest nieprawidłowe ich użytkowanie. W wielu gospodarstwach ze względu na wysoki koszt ogrodzeń tradycyjnych stosowany jest wolny wypas, co pociąga za sobą duże straty. Specjaliści od łąkarstwa wykazują, że kwaterowy system wypasu pozwala na uzyskanie znacznie lepszych wyników. Polega on na kolejnym wypasaniu poszczególnych kwater pastwiska, co zapewnia zwierzętom stale świeżą, nie wydeptaną i nie zniszczoną trawę oraz umożliwia przeprowadzenie koniecznych zabiegów pielęgnacyjnych na nie użytkowanych aktualnie wycinkach pastwisk. Prowadzenie takiego systemu wypasu ułatwiają ogrodzenia elektryczne, które mogą także służyć do grodzenia okólników dla zwierząt, dróg przepędowych bydła, do ochrony upraw polowych i leśnych przed zwierzyną dziką, jak również do ochrony sadów i ogrodów. Zaletą ogrodzeń elektrycznych jest niski koszt instalacji, łatwość przenoszenia i prosta obsługa.

Miejsca instalacji ogrodzeń elektrycznych są często pozbawione dostępu do sieci elektrycznej co wymusza stosowanie elektryzatorów akumulatorowych. Również wszelkiego rodzaju przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej mogą powodować przerwy w funkcjonowaniu ogrodzeń elektrycznych, a co za tym idzie niebezpieczeństwo wydostania się zwierząt z obszaru dozorowanego. Z powyższych powodów coraz częściej spotyka się rozwiązania zasilające ogrodzenia elektryczne z autonomicznych generatorów fotowoltaicznych [5, 6]. Ze względu na niewielkie zapotrzebowanie na energię ogrodzeń elektrycznych aspekt ekonomiczny ma tu drugoplanowe znaczenie, ważniejsze jest zapewnienie ciągłości zasilania i bardzo dobra korelacja, trwającego w Polsce okresu 170-190 dni [2] wypasania pastwisk z długością dnia i intensywnością promieniowania słonecznego.

Budowa typowego ogrodzenia elektrycznego

Zasada funkcjonowania ogrodzenia elektrycznego polega na wywołaniu u zwierząt krótkotrwałego uczucia bólu w wyniku przepływu przez ich ciało prądu elektrycznego w momencie zetknięcia się z przewodami ogrodzenia. Moc energii impulsu na ogrodzeniu powinna być dobrana do przeznaczenia ogrodzenia, czyli do tego, przed jakimi zwierzętami pastuch ma ochraniać. Po kilku zetknięciach z ogrodzeniem elektrycznym zwierzęta unikają dalszych kontaktów z przewodami

ogrodzenia. Impulsy prądu, pomimo wysokiego napięcia, nie stanowią zagrożenia dla zdrowia i życia pod warunkiem przestrzegania zasad bezpiecznej eksploatacji.

Ogrodzenie elektryczne, niezależnie od długości, zbudowane jest z następujących elementów:

- elektryzatora, generującego impulsy energii na ogrodzeniu,
- jednego lub więcej przewodów ogrodzenia w postaci linki, plecionki lub taśmy,
- słupków z izolatorami, odseparowującymi przewody ogrodzeniowe od gruntu,
- uziemienia, wprowadzonego minimum na 1 m głębokości w wilgotną glebę,
- wyposażenia dodatkowego: zabezpieczenie odgromowe przewodów ogrodzenia, elementy napinające przewody ogrodzenia, elementy do tworzenia przejść bramowych, tablice ostrzegawcze, wyłączniki i inne.

Elektryzator to najważniejszy element każdego ogrodzenia elektrycznego. Generuje on impulsy elektryczne, których minimalne napięcie szczytowe musi mieć wartość 2500÷4000 V, w zależności od tego, dla jakich zwierząt ma być przeznaczony. Najczęściej szczytowe napięcia wyjściowe elektryzatorów są rzędu 10000 V lub nawet więcej. Napięcie podawane przez producenta to wartość tzw. jałowa, mierzona za zaciskach elektryzatora bez obciążenia. Realne znaczenie ma napięcie robocze w określonym punkcie ogrodzenia i to ono musi spełniać minimalne wymogi w tym zakresie, aby ogrodzenie elektryczne spełniało swoje zadanie.

Samo napięcie elektryczne nie jest odczuwalne dla zwierząt. Oznacza to, że wydajność wstrząsu zależna jest od liczby impulsów energii mierzonych w J i to decyduje o sile uderzenia, które zwierzę odczuwa w momencie kontaktu z przewodem ogrodzenia. Im trudniej zwierzę ustępuje, tym większa moc jest potrzebna, aby utrzymać je wewnątrz ogrodzonego terenu. Potrzeba zwiększenia impulsów energii zwiększa się wraz z długością ogrodzenia i ewentualnymi stratami (np. związanymi z wegetacją wysokiej roślinności). Im więcej mocy dostarcza elektryzator, tym większe jest zużycie jego energii. Wybór elektryzatora powinien być dostosowany do potrzebnej energii impulsu, zwłaszcza jeśli bierze się pod uwagę elektryzator zasilany akumulatorem.

Obecnie produkowane elektryzatory muszą spełniać dość rygorystyczną ogólną normę bezpieczeństwa EN 60335, która ogranicza maksymalną energię impulsu do 15 J. Dodatkowo, elektryzatory o energii impulsu z przedziału 5-15 J muszą być wyposażone w urządzenia alarmowe i automatyczne zmniejszające częstotliwość impulsu w przypadku stwierdzenia

długotrwałego styku zwierząt z przewodem ogrodzenia.

Częstotliwość impulsów przesyłanych do przewodu ogrodzenia elektrycznego nie powinna być większa niż 1 impuls na sekundę z dopuszczalną odchyłką 20%. Najczęściej elektryzatory generują impulsy z częstotliwością ok. 50 Hz, a ich czas trwania to ok. 0,001 s.

Przewody ogrodzenia elektrycznego - najczęściej stosowane są plecionki i taśmy. Są to elementy, w których w strukturę kolorowych włókien z tworzyw sztucznych odpornych na promieniowanie UV, wpleciono 4-12 cienkich przewodów ze stali nierdzewnej o średnicy ok. 0,2 mm. Rzadziej stosuje się tańsze rozwiązania w postaci linki ze stali ocynkowanej o średnicy minimum 1,5 mm. Miarą jakości zastosowanych przewodów ogrodzenia elektrycznego jest opór linii ogrodzenia podawany w omometrach. Dla przewodów ogrodzenia elektrycznego parametr ten nie powinien przekraczać $0,2 \text{ m}^{-1}$. Długości ogrodzenia elektrycznego przyjmowane są w przybliżeniu w ten sposób: na każdy dżul energii elektryzatora 10 km ogrodzenia elektrycznego [1].

Słupki ogrodzeniowe z izolatorami są elementami ogrodzenia elektrycznego, na których zawieszane są przewody, a ich podstawowym zadaniem jest odizolowanie przewodów od uziemienia. Na rynku są dostępne różne rozwiązania konstrukcyjne tych elementów, ale ze względu na miejsce instalacji i pełnią rolę w strukturze ogrodzenia elektrycznego można wyróżnić: uniwersalne, narożne, przelotowe i bramowe.

Uziemienie jednego z biegunów elektryzatora jest to bardzo ważny element ogrodzenia elektrycznego, gdyż umożliwia zamknięcie obwodu dla prądu przepływającego przez ciało zwierzęcia pomiędzy przewodem ogrodzenia elektrycznego a ziemią. Uziemienie powinno być wbite głęboko w glebę minimum na 1 m lub głębiej w zależności od wilgotności podłoża

Z elementów wyposażenia dodatkowego najważniejszą rolę w obwodzie ogrodzenia elektrycznego pełni odgromnik, który zabezpiecza elektryzator przed destrukcyjnymi skutkami wyładowań atmosferycznych.

Stosowanie ogrodzeń elektrycznych ułatwia podział pastwiska na kwatery wypasu. Każda kwatera powinna zapewnić wyżywienie planowanego stada zwierząt w czasie planowanego wypasu. Na podstawie obsady pastwiska oblicza się całkowitą długość ogrodzenia elektrycznego, a następnie uwzględnia się rodzaj i liczbę przewodów w ogrodzeniu.

Wytyczne doboru generatora fotowoltaicznego do zasilania elektryzatora

Elektryzatory stosowane w ogrodzeniach elektrycznych charakteryzuje się następującymi danymi technicznymi [2, 5, 6]:

- napięcie impulsu [V],
- energia impulsu [J],
- częstotliwość impulsu [Hz],
- czas trwania impulsu [s],
- pobór mocy [W],
- maksymalna długość ogrodzenia [km],
- napięcie zasilania [V].

Ze względu na sposób zasilania wyróżnia się elektryzatory zasilane:

- tylko z sieci elektrycznej (dużej mocy),
- z sieci elektrycznej lub z akumulatora,
- tylko z akumulatora,
- z generatora fotowoltaicznego z akumulatorem.

Generatory fotowoltaiczne (zwane dalej w skrócie PV) małej mocy zbudowane są najczęściej z pojedynczych modułów PV. Ze względu na zmienność strumienia

promieniowania słonecznego nie mogą one bezpośrednio zasilać elektryzatora ogrodzenia elektrycznego. Niezbędne jest zastosowanie specjalnego regulatora, który będzie sterował ładowaniem akumulatora i stabilizował napięcie, uzyskiwane z generatora PV.

W systemach PV do zasilania ogrodzenia elektrycznego konieczne jest stosowanie akumulatorów do buforowania ilości energii, dostępnej w systemie. W większości instalacji PV, zasilających całodobowo ogrodzenia elektryczne nie występuje optymalna korelacja pomiędzy zapotrzebowaniem na energię, a jej produkcją w ciągu doby. W takim przypadku moc nominalną instalacji PV dobiera się tak, aby energia produkowana w miesiącu o największym nasłonecznieniu (w naszej strefie klimatycznej będzie to najczęściej miesiąc czerwiec) była nie większa od średniego dziennego zużycia. Dodatkowo instalacja taka powinna być wyposażona w akumulatory, które będą mogły zgromadzić energię równą minimalnemu dziennemu zużyciu. Aby dokonać takiego szacunku najpierw należy odczytać nasłonecznienie dla miesiąca czerwca z danych meteorologicznych dostępnych na stronie Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju [4]. Można tu pobrać w postaci plików tekstowych dane z 61 stacji meteorologicznych z terenu całej Polski. Najlepiej pobrać plik statystyk miesięcznych typowych lat meteorologicznych dla najbliższej stacji. Następnie szuka się wartości nasłonecznienia dla miesiąca czerwca dla odpowiedniego dla instalacji (lub najbliższego) kierunku azymutu i pochylenia (np. I_S_30 - dla powierzchni skierowanej na południe i pochylonej pod kątem 30 względem poziomu).

Następnie określa się średnie dzienne (dobowe) zapotrzebowanie na energię w miesiącu o największym nasłonecznieniu. Na podstawie tych danych sformułowano empiryczny wzór na obliczenie nominalnej mocy (w jednostkach mocy szczytowej W_p) modułu PV [7]:

$$P_{PV} = 3 \cdot 10^4 \frac{Q_d}{I_{nas} \cdot \eta_{inst}} \text{ [kW}_p\text{]}, \quad (1)$$

gdzie:

Q_d - średnie dzienne zapotrzebowanie na energię w miesiącu o największym nasłonecznieniu [kWh/dzień],

I_{nas} - nasłonecznienia dla miesiąca czerwca dla odpowiedniego dla instalacji kierunku azymutu i pochylenia (lub najbliższego), odczytana z pliku statystyk miesięcznych typowych lat meteorologicznych [Wh],

η_{inst} - sprawność instalacji, która zależy głównie od typu zastosowanych akumulatorów - dla akumulatorów litowo-jonowych można przyjąć ok. 80%, a dla żelowych, czy AGM - ok. 65%.

Zadaniem akumulatora w autonomicznym (tzw. *off-grid* - nie dołączonym do sieci) systemie PV jest kompensowanie niedopasowania zapotrzebowania na energię i poziomu dostarczanej chwilowo energii elektrycznej. Związane jest to zarówno z porą dnia, zmiennością natężenia padającego promieniowania w ciągu roku i koniecznością posiadania pewnego zapasu energii. W przypadku doboru systemu PV do zasilania ogrodzenia elektrycznego bierze się pod uwagę tylko miesiące, w których prowadzony jest wypas. W celu uniknięcia głębokiego rozładowania akumulatora, aby przedłużyć jego żywotność warto pokrycie zapotrzebowania na energię planować z 50% zapasem. Pojemność C akumulatora oblicza się wg wzoru [7]:

$$C = \frac{2 \cdot Q_d \cdot F}{U} \text{ [Ah]}, \quad (2)$$

gdzie:

L - długość przewodu [m],

P - moc przesyłana [W],

A łączny przekrój przewodu [mm],

U - napięcie [V],

κ - przewodność właściwa dla miedzi: $\kappa_{Cu} = 56 \text{ [m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}]$.

Ze względu na wysokie wartości napięć impulsów elektrycznych na przewodzie ogrodzenia elektrycznego, wartości spadków są bardzo małe i obliczenia te wykonuje się tylko w wyjątkowych sytuacjach, gdy zachodzi obawa znacznego zmniejszenia energii impulsu. W praktyce używa się mierników energii impulsu do pomiarów rzeczywistych w dowolnym punkcie ogrodzenia elektrycznego.

Obliczenia dla dwóch wybranych elektryzatorów

Dobór generatora fotowoltaicznego do zasilania elektryzatora ogrodzenia elektrycznego zostanie przeprowadzony dla dwóch wariantów urządzeń o różnych mocach, których podstawowe dane techniczne przedstawiono w tab. 1.

Na podstawie wzorów (1) i (2) obliczono nominalną moc modułu fotowoltaicznego i dobrano pojemność akumulatora żelowego przy założeniu napięcia nominalnego 12 V. Do obliczeń przyjęto stały całodobowy pobór mocy przez ogrodzenie elektryczne, podawany przez producenta. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 2.

Tab. 1. Podstawowe dane techniczne elektryzatorów [5]

Table 1. Basic technical data of energizers [5]

Parametr	Elektryzator Master 50	Elektryzator Chapron Silver
Zasilanie DC [V]	9-12	9-12
Pobór mocy [W]	10	5
Napięcie wyjściowe impulsu [V]	10000	8200
Maksymalna energia impulsu [J]	4,5	1
Częstotliwość impulsu [imp./min.]	50	50
Czas trwania impulsu [s]	0,001	0,001
Max. długość linii ogrodzenia [km]	60	22

Tab. 2. Podstawowe dane systemu PV

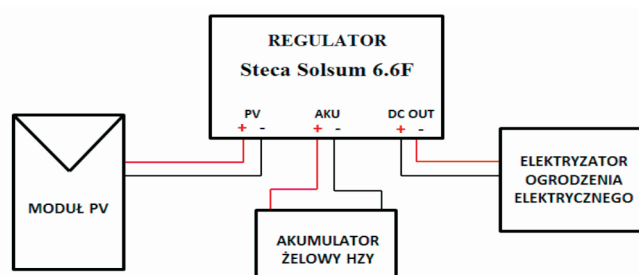
Table 2. Basic data of the PV system

Elementy systemu PV	Elektryzator Master 50	Elektryzator Chapron Silver
Moc generatora PV [W_p]	80	40
Pojemność akumulatora [Ah]	40	20

ródło: opracowanie własne / Source: own work

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń dobrano przykładową konfigurację systemu fotowoltaicznego (rys. 1) do zasilania ogrodzenia elektrycznego dla dwóch wariantów zastosowanego elektryzatora. Do zasilania elektryzatora Master 50 dobrano polikrystaliczny moduł PV - BP 380S, a do zasilania elektryzatora Chapron Silver monokrystaliczny moduł PV - FOTTON FTM 40W. Do proponowanego systemu zasilania dobrano akumulatory żelowe przeznaczone do pracy cyklicznej w systemie buforowym odpowiednio: HAZE HZY 12V- 26Ah oraz HAZE HZY 12V- 44Ah. Pomimo, że oba moduły PV mają nominalną wartość napięcia 12 VDC, to z uwagi na zmienne w ciągu doby natężenie promieniowania słonecznego, niezbędne jest zastosowanie specjalnego regulatora ładowania.

Dla obu zaproponowanych w pracy wariantów ogrodzenia elektrycznego można zastosować regulator Steca Solsum 6.6F. Szczerzowy sposób połączeń w zaproponowanym systemie zasilania ogrodzenia elektrycznego przedstawiono na rys. 1. Podstawowym zadaniem regulatora Steca Solsum 6.6F jest zapewnienie ciągłości zasilania dla elektryzatora ogrodzenia elektrycznego.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 1. Schemat połączeń fotowoltaicznego systemu zasilania elektryzatora ogrodzenia elektrycznego

Fig. 1. Wiring diagram of the photovoltaic power system of electric fence energizer

Zaproponowany system zasilania w energię elektryczną ogrodzenia elektrycznego można zdekomponować na nośniki energii oraz energię, a do oceny efektywności lokalnych systemów energetycznych mogą posłużyć wskaźniki efektywności [8]. Zgodnie z tą metodą zbiór zmiennych systemu przyjmuje postać [8]:

$$S = \{NP_K, NU_K, NP_N, NU_N, EP, EU\}, \quad (4)$$

gdzie:

NP_K - nośnik pierwotny energii konwencjonalnej,

NU_K - nośnik użyteczny energii konwencjonalnej,

NP_N - nośnik pierwotny energii niekonwencjonalnej,

NU_N - nośnik użyteczny energii niekonwencjonalnej,

EP - energia pierwotna,

EU - energia użyteczna.

W ten sposób można dokonać dekompozycji systemu zasilania ogrodzenia elektrycznego z generatora fotowoltaicznego. Ponadto w systemie tym należy uwzględnić akumulator, który będzie spełniał dwie funkcje:

- będzie on dodatkowym źródłem energii w momencie, gdy energia z ogniwa fotowoltaicznego będzie zbyt mała,
- będzie akumulował do późniejszego wykorzystania nadmiar energii wyprodukowanej przez ogniwo fotowoltaiczne.

Dla tak zdekomponowanego systemu ogrodzenia elektrycznego nośnik pierwotny energii niekonwencjonalnej jest trudny do określenia, ale będzie miał w obu przypadkach jednakowe wartości. Nośnikiem użytecznym energii niekonwencjonalnej jest promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni modułu fotowoltaicznego, które w obu przypadkach będzie miało także jednakowe wartości.

Zdefiniowano następujące wskaźniki efektywności dla systemu zasilania ogrodzenia elektrycznego:

$$\frac{EU}{EP} \quad \text{- energia użyteczna do energii pierwotnej,}$$

$$\frac{EU}{NU_N} \quad \text{- energia użyteczna do nośnika użytecznego ze źródła niekonwencjonalnego,}$$

$$\frac{EP}{NU_N} \quad \text{- energii pierwotna do nośnika użytecznego ze źródła niekonwencjonalnego.}$$

Jeszcze większą skalę porównawczą dla dwóch rozpatrywanych wariantów systemu zasilania umożliwi poszerzenie zbioru wskaźników o uwzględniające np. długość ogrodzenia (L), maksymalną energię impulsu (E_I) czy napięcie impulsu (U_I).

Wyniki obliczeń wskaźników efektywności oraz przykładowe wskaźniki uwzględniające pozostałe parametry charakteryzujące elektryzatory zamieszczono w tab. 3.

Tab. 3. Wskaźniki efektywności

Table 3. Efficiency indices

Wskaźnik efektywności	Elektryzator Master 50	Elektryzator Chapron Silver
$\frac{EU}{EP}$	0,125	0,125
$\frac{EU}{NU_N}$	0,052	0,026
$\frac{EP}{NU_N}$	0,416	0,208
$\frac{NU_N}{U_I}$	0,019	0,023
$\frac{EP}{E_I}$	17,77	40
$\frac{EU}{L}$	0,167	0,227

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Podsumowanie

Moduły fotowoltaiczne stosowane do zasilania ogrodzeń, podobnie jak typowe zasilanie akumulatorowe, pozwalają

niezależnie się od stałego źródła zasilania elektrycznego, co niejednokrotnie wymaga rozciągania bardzo długiego przewodu doprowadzającego energię. Podstawową zaletą ogrodzeń elektrycznych wyposażonych w ogniwa fotowoltaiczne w porównaniu do ogrodzeń zasilanych typowymi akumulatorami jest możliwość zastosowania akumulatora mniejszego oraz brak konieczności ich wymiany. Zaproponowane wskaźniki efektywności pozwalają na porównanie wybranych systemów energetycznych wykorzystujących energię niekonwencjonalną. Metoda ta umożliwia większą skalę porównawczą od typowych wskaźników efektywności wykorzystywanych powszechnie w fotowoltaice, które zostały sformułowane głównie dla charakteryzowania systemów dołączonych do sieci elektroenergetycznej.

Bibliografia

- [1] <http://www.bentleypolska.pl/> - Ogrodzenia elektryczne. Bentley Polska sp. z o.o. 2014.
- [2] Elektryzator EBS-872/M - Instrukcja obsługi i instalowania. "POMELAC" Sp. z o.o. Wyszki, 2012.
- [3] <http://www.canagri.pl/> - Instytut Zdrowej Hodowli CanAgri. Dostęp 11.06.2014.
- [4] <http://www.mir.gov.pl> - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków. Strona Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju.
- [5] <http://www.pastuchy.pl/> - Firma FERMO Dział Ogrodzeń Elektrycznych. Wrocław. Dostęp 10.06.2014.
- [6] <http://www.pastuchelektryczny.pl/> - Ogrodzenia Elektryczne Firma Owczarek Karol. Wrocław. Dostęp 12.06.2014.
- [7] Szymański B.: Instalacje fotowoltaiczne. Wydanie III, GlobEnergia, Kraków, 2014.
- [8] Dzierżanowski R.: Ocena efektywności hybrydowych systemów energetycznych w suszarkach daszkowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2013, Vol 59(2).

METHOD OF SELECTION OF THE PV GENERATOR FOR POWER SUPPLY OF ELECTRIC FENCE

Summary

The paper presents the problem of selection of system components to an electric fence power equipped with photovoltaic generator. A comparison of two exemplary power systems for a specific location using the method of performance ratios.

Key words: PV generator, electric fence, performance ratios



A DICTIONARY OF AGRICULTURAL ENGINEERING IN SIX LANGUAGES

Jest pierwszym tego typu słownikiem wydany w Polsce.

Zawiera on ponad 13.350 wiodących angielskich terminów podanych w układzie alfabetycznym z odpowiednikami w języku polskim, niemieckim, francuskim, włoskim i rosyjskim.

Wydawca: PIMR Poznań.