

## System pozycjonowania baterii fotowoltaicznych

*W artykule przedstawiono koncepcję automatycznego układu nadążnego umożliwiającego pozycjonowanie baterii fotowoltaicznych względem słońca. Położenie ziemi wobec słońca jest zmienne i zależy od pory roku oraz dnia. W celu absorpcji jak największej części energii emitowanej przez słońce, konieczne jest zastosowanie aktywnego systemu śledzenia. Przedstawione w artykule rozwiązanie ma na celu podniesienie wydajności baterii fotowoltaicznych lub kolektorów słonecznych. W pracy wskazano przykłady i możliwości zastosowania baterii słonecznych w pojazdach szynowych.*

### Wstęp

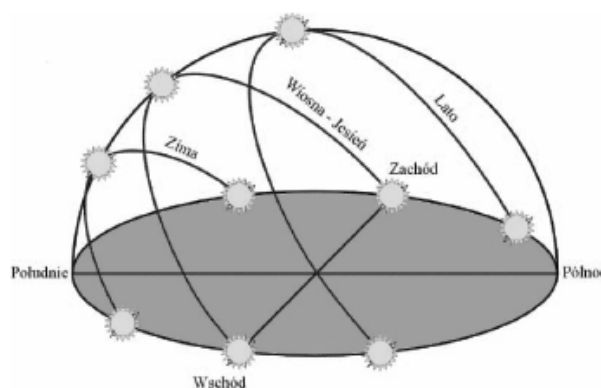
Prognozy dostępności klasycznych nośników energii wskazują, że zasoby węgla kamiennego wyczerpią się za około 40 lat, węgla brunatnego za 200 lat, ropy naftowej za 25 lat, a gazu ziemnego za 30 lat [1].

Wykorzystanie wymienionych źródeł energii generuje ponadto ogromne zanieczyszczenia do atmosfery, co w związku z podpisanym przez Polskę pakietem klimatycznym zakładającym redukcję gazów do roku 2020 o 30% staje się ogromnym problemem finansowym.

Niezbędne staje się, więc rozwijanie metod pozyskiwania nowych źródeł energii takich jak: elektrownie wodne, wiatrowe, energia słoneczna. Aktualnie bardzo rozpowszechnione jest pozyskiwanie energii słonecznej za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Jest to szczególnie uzasadnione w krajach bardzo i średnio nasłonecznionych, a nieposiadających klasycznych nośników energii.

Energię słoneczną cechuje ekologiczność, bezpieczeństwo, a jej złoża są „niewyczerpane”. Przewiduje się, że „śmierć słońca” nastąpi za około 5 miliardów lat. Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego wymaga zastosowania stosunkowo niedrogich układów fotowoltaicznych przekształcających energię słoneczną na prąd elektryczny. Dzięki zastosowaniu kolektorów słonecznych możliwe jest magazynowanie energii elektrycznej i wykorzystanie jej np. w nocy. Położenie ziemi względem słońca podlega zmianom dobowym i rocznym, dlatego niezbędne jest stosowanie układów nadążnych umożliwiających automatyczną zmianę położenia paneli fotowoltaicznych względem słońca (rys. 1).

Baterie fotowoltaiczne znalazły zastosowanie do zasilania w energię elektryczną obiektów w których niemożliwe jest skorzystanie z sieci przewodowych np. w domkach letniskowych, na jachtach, w przyczepach kempingowych, przy oświetlaniu: reklam,



Rys. 1. Położenie słońca na niebie w zależności od pory roku [2]

przejeżdżać dla pieszych, bezprzewodowych kamer przemysłowych jak i monitorujących migrację zwierząt. Aktualnie trwają prace teoretyczne i eksperymentalne dotyczące zastosowania baterii słonecznych do napędu środków transportu. Znane są projekty i wdrożenia zawierające zastosowanie tego źródła energii do napędu hulajnogi [3], pociągów [4, 5], samochodów osobowych [6], autobusów [7], samolotów [8].

W celu jak największej absorpcji energii słonecznej niezbędne jest opracowanie tanich i niezawodnych systemów pozycjonowania baterii względem słońca. W tym artykule przedstawiona zostanie idea systemu automatycznego ustawiania baterii słonecznych zamontowanych na odbiornikach energii słonecznych.

### 2. Propozycja systemu sterowania ogniwami fotowoltaicznymi

Podstawowym zadaniem projektu jest realizacja układu nadążnego pozycjonowanie baterii fotowoltaicznych względem słońca. Zadanie polegało na opracowaniu koncepcji wykrywania położenia słońca

oraz odpowiedniego wysterowania silników krokowych w taki sposób, aby płaszczyzna na której znajdują się baterie wraz z czujnikiem różnicowym była ustawiana w kierunku prostopadłym do promieni słonecznych.

Baterie słoneczne najczęściej mają napięcie znamionowe 12V. Większe wartości napięcia można uzyskać stosując panele generujące moc powyżej 100W. Kierując się kryterium minimalizacji strat energii najbardziej optymalne jest zastosowanie odbiorników o napięciu 12V. W celu uzyskania zasilania 230V niezbędne jest rozbudowanie systemu fotowoltaicznego o przetwornicę prądu 12DC/230AC. Wartość oświetlenia energetycznego zależy głównie od wielkości oświetlanej powierzchni, a wielkość oświetlanej powierzchni zależy od kąta padania promieni słonecznych. Gdy kąt ten wynosi 90°, wiązka promieni pada na najmniejszą powierzchnię. Uzyskują się wtedy największą koncentrację energii [9].

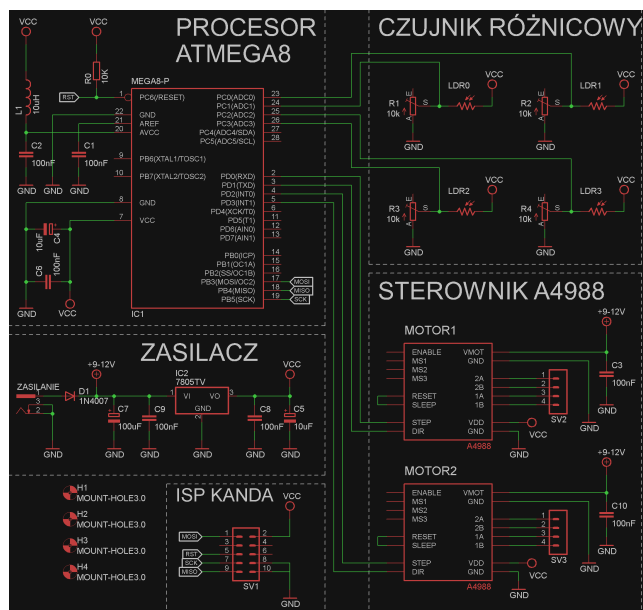
Zadaniem układu sterowania jest zapewnienie właściwego obrotu powierzchni kolektora w płaszczyźnie poziomej w odpowiednim dla danego terenu zakresie. Dla Polski jest to 270°. System nadążny powinien także umożliwiać swobodę ruchu kolektora w zakresie od 0 do 90° w płaszczyźnie pionowej; dla Polski zakres 65° jest wystarczający ze względu na położenie słońca w dniu 23 czerwca.

Wyróżnia się następujące układy pozycjonowania:

- wertykalny,
- horyzontalny,
- horyzontalno-wertykalny.

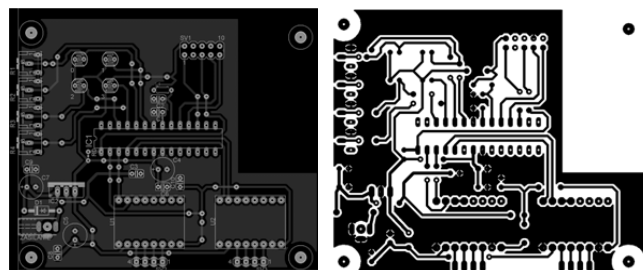
W tej pracy założono zbudowanie układu pozycjonowania horyzontalno-wertykalnego, czyli obracającego się w dwóch osiach: poziomej i pionowej.

Schemat układu sterowania wykonano w programie Eagle (rys. 2). Program jest dostępny w tzw. wersji edukacyjnej. Zaletą programu jest bogata biblioteka układów scalonych i elementów elektronicznych. Budowę układu sterowania silnikami krokowymi oparto na mikrokontrolerze A4988 Pololu. Do realizacji zadań z zakresu sterowania analogowo-cyfrowego wykorzystano układy z mikrokontrolerem Atmega8 firmy Atmel z rodziny AVR. Zadania przewidziane do wykonania przez układ sterowania zaprogramowano w języku C, który podłączono zgodnie z wytycznymi producenta. Układ pomiarowy został zbudowany z zestawów fotorzystorów wraz z potencjometrami dopasowującymi. Obsługa optycznego czujnika różnicy natężenia światła odbywa się na 4 wejściach analogowych mikrokontrolera. Dodatkowo wykonano niezależny moduł zasilający odpowiednio filtrowany przez kondensatory z dwoma wyjściami o różnych napięciach 9-12 V dla zasilania silników krokowych, mikrokontrolera Atmega i układów A4988.



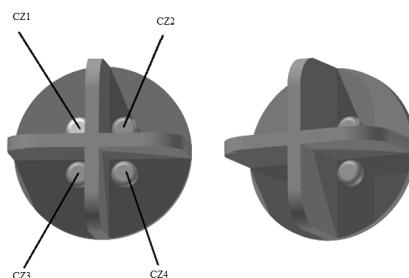
Rys. 2. Schemat połączeń elektrycznych układu sterującego

Program Eagle jest bardzo użyteczny także do projektowania ścieżek drukowanych. Rysunek 3a przedstawia widok ścieżek wraz z rozmieszczonymi elementami układu sterowania, a rysunek 3b przygotowany do wydruku widok połączeń.



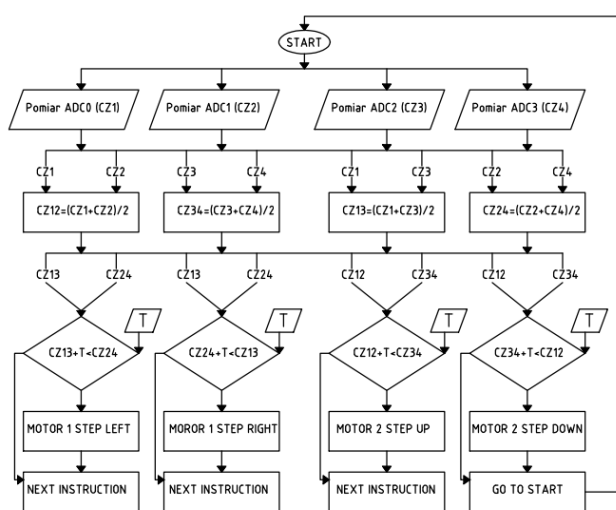
Rys. 3. Schemat połączeń elektrycznych układu sterującego: a) widok połączeń w docelowym rozmieszczeniu elementów, b) widok połączeń przygotowanych do wydruku i naniesienia na laminat

Na rysunku (rys. 4) przedstawiono model trójwymiarowego różnicowego czujnika natężenia oświetlenia. Zawarto tam cztery fotelementy przesłonięte nieprzeźroczystą przegrodą. Dzięki tak usytuowanym elementom, można określić pozycję płaszczyzny, na której zamontowane są czujniki w stosunku do źródła światła. Jeżeli źródło światła nie znajduje się w pozycji prostopadłej do płaszczyzny z czujnikami to wtedy przesłony rzucają cień na niektóre czujniki, przez co zmienia się napięcie wyjściowe.



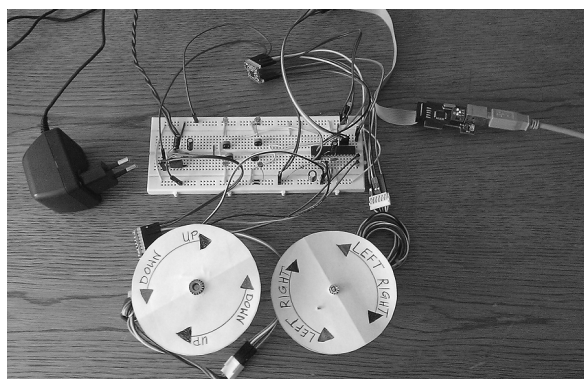
Rys. 4. Model 3D różnicowego czujnika natężenia światła

Na rysunku 5 przedstawiono zaprojektowany algorytm sterujący. Układ szczytuje wyniki na wejściach analogowych, do których podłączone są foto-rezystory, odpowiednio je grupuje i wyznacza średnie arytmetyczne z poszczególnych par fotoelementów. Zadaniem układu sterowania położeniem kolektorów jest zrównoważenie wartości na odpowiednich parach czujników. Przykładowo, jeżeli wynik średnich z dwóch czujników po lewej stronie (CZ13) plus określona tolerancja  $T$  jest mniejszy od średnich z czujników po prawej stronie, silnik krokowy MOTOR 1 odpowiedzialny za ruch w tej płaszczyźnie wykona jeden krok w lewą stronę. Analogicznie wygląda proces dla pozostałych instrukcji warunkowych. Jeżeli średnie są sobie równe silniki zachowują swoją pozycję.

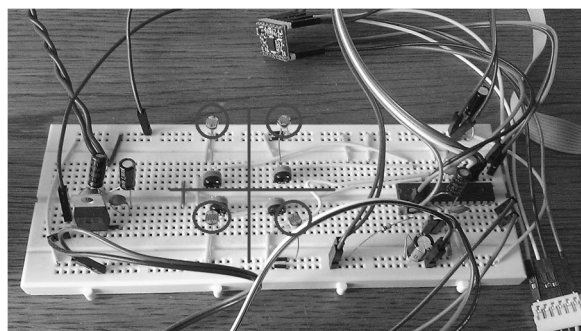


Rys. 5. Algorytm sterujący

Rysunki 6 i 7 przedstawiają prototyp urządzenia wykonanego na płytce stykowej. Rozwiązanie to umożliwiło przetestowanie działania układu bez konieczności lutowania jego poszczególnych elementów. Krzyżyk na rysunku 7 wskazuje miejsce, w którym powinna znaleźć się przysłona, natomiast okręgi symbolizują fotorezystory.



Rys. 6. Prototyp urządzenia wykonany na płytce stykowej



Rys. 7. Widok elementów na płytce stykowej

### 3. Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu urządzeń mechatronicznych wykorzystanie energii słonecznej do napędu środków transportu staje się coraz powszechniejsze. Na szczególną uwagę, zasługują rozwiązania dedykowane napędom dużych pojazdów jakimi są lokomotywy i pociągi. Kierując się kryterium ekonomicznym bardzo ważne jest jak największe absorbowanie energii słonecznej i jej magazynowanie. Zaprojektowany i wykonany prototyp urządzenia może z powodzeniem zostać zastosowany do automatycznego dopasowania położenia baterii fotogalwanicznych względem słońca. Przedstawione rozwiązanie cechuje się prostotą budowy, niezawodnością oraz niskimi kosztami wykonania.

### Literatura

- [1] [www.fundusze-strukturalne.gov.pl/informator/npr2/prognozy/zaopatrzenie.pdf](http://www.fundusze-strukturalne.gov.pl/informator/npr2/prognozy/zaopatrzenie.pdf)
- [2] [www.ep.com.pl/files/1844.pdf](http://www.ep.com.pl/files/1844.pdf)
- [3] [www.spidersweb.pl/2013/05/hulajnoga-zasilana-energia-elektryczna-czyli-jak-nie-wydac-ani-grosza-na-paliwo.html](http://www.spidersweb.pl/2013/05/hulajnoga-zasilana-energia-elektryczna-czyli-jak-nie-wydac-ani-grosza-na-paliwo.html)
- [4] [www.budapesttimes.hu/2013/09/11/first-solar-train-makes-way-while-sun-shines](http://www.budapesttimes.hu/2013/09/11/first-solar-train-makes-way-while-sun-shines)
- [5] [www.elektroonline.pl/news/4060,Pociag-napedzany-energia-sloneczna](http://www.elektroonline.pl/news/4060,Pociag-napedzany-energia-sloneczna)
- [6] [www.ekologiczni.pl/2,146,Samochod-na-energie-sloneczna](http://www.ekologiczni.pl/2,146,Samochod-na-energie-sloneczna)
- [7] [www.tech.wp.pl/kat,1009779,title,Pierwszy-autobus-zasilany-energia-sloneczna](http://www.tech.wp.pl/kat,1009779,title,Pierwszy-autobus-zasilany-energia-sloneczna)
- [8] [www.eko.v10.pl/Samolot,z.napedem,slonecznym,Solar,Impulse,eksperymentalny,lot,44687.html](http://www.eko.v10.pl/Samolot,z.napedem,slonecznym,Solar,Impulse,eksperymentalny,lot,44687.html)
- [9] Jajor P. Urbański S. Waluś K. J., *Mechatroniczny system pozycjonowania kolektora słonecznego, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Maszyny Robocze i Transport*, 2006, nr 60, s. 67-73.