

PRZETWARZANIE TERMICZNEJ ENERGII SŁONECZNEJ NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ

J. Fieducik

Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki, Wydział Nauk Technicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska

STRESZCZENIE

Do przetwarzania energii słonecznej na energię elektryczną, poza technologiami fotowoltaicznymi, istotne znaczenie ostatnio mają procesy oparte o bezpośrednie przetwarzanie termicznej energii słonecznej na energię elektryczną. W ramach tego artykułu zostaną pokrótce omówione nowe zjawiska wykorzystywane do wytwarzania energii elektrycznej z cieplnego promieniowania słonecznego takie jak termodynamiczne przetwarzanie ciepłej energii słonecznej, zjawisko termoelektryczne oraz zjawisko termoemisji elektronów.

WPROWADZENIE

Konwersja energii słonecznej na energię elektryczną jest przedmiotem ciągłego zainteresowania w ramach odnawialnych źródeł energii. Szczególnie popularna i powszechnie znana jest metoda przetwarzania energii słonecznej na energię elektryczną w oparciu o zjawisko fotowoltaiczne. W zjawisku fotowoltaicznym wykorzystywana jest kwantowa natura światła, ponieważ energia pojedynczego fotonu w widmie promieniowania słonecznego odgrywa istotną rolę w procesie generacji napięcia elektrycznego oraz dla uzyskiwanej wartości wydajności energetycznej przetwarzania energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Zjawisko fotoelektryczne w półprzewodnikach, odpowiedzialne za przetwarzanie kwantów energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, oparte jest na zjawisku fotoelektrycznym wewnętrznym w półprzewodnikach.

Kwantowa natura promieniowania słonecznego może być także wykorzystana do wytwarzania napięcia elektrycznego w zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym. W zjawisku fotoelektrycznym zewnętrznym elektrony są wybijane poprzez kwanty promieniowania na zewnątrz różnych materiałów. Wydajność energetyczna zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego jest zwykle niewielka i na razie, nie ma to zjawisko znaczenia praktycznego w przetwarzaniu energii słonecznej na energię elektryczną.

Promieniowanie słoneczne niesie także znaczną energię cieplną. Oznacza to, że padające promieniowanie jest absorbowane i powoduje wzrost temperatury obiektów na które pada. Fakt wzrostu temperatury poprzez padające promieniowanie słoneczne może powodować, w wyniku różnych

procesów wytwarzanie użytecznej energii elektrycznej. Zwykle, dokonywane jest to poprzez:

- termodynamiczne procesy cieplne z użyciem silników i generatorów energii elektrycznej,
- zjawisko termoelektryczne (zjawisko Seebecka),
- zjawisko termoemisji elektronów,
- zjawiska mieszane (systemy hybrydowe).

W zjawiskach wykorzystujących wysoką temperaturę do wytwarzania energii elektrycznej z promieniowania słonecznego konieczna jest koncentracja promieniowania słonecznego oraz system podążania układu ze zwierciadłem lub soczewką, za Słońcem. Dokonywane jest to poprzez różnego typu soczewki i zwierciadła. Wybrane zagadnienia związane z koncentracją promieniowania słonecznego zostały omówione w (Fieducik J., Godlewski J., 2015). Zagadnienia związane z wytwarzaniem energii elektrycznej z promieniowania słonecznego na bazie wewnętrznego zjawiska fotoelektrycznego (zjawisko fotowoltaiczne) były szeroko omawiane w szeregu artykułach i w tym artykule nie będziemy wracać do tych zagadnień.

Celem tego artykułu będzie omówienie podstaw wytwarzania energii elektrycznej z promieniowania słonecznego w oparciu o metody termicznego przetwarzania energii słonecznej na energię elektryczną. Zagadnienie to zaczyna być ważnym obszarem techniki i technologii w zakresie przetwarzania energii cieplnej, a słonecznej w szczególności, na energię elektryczną.

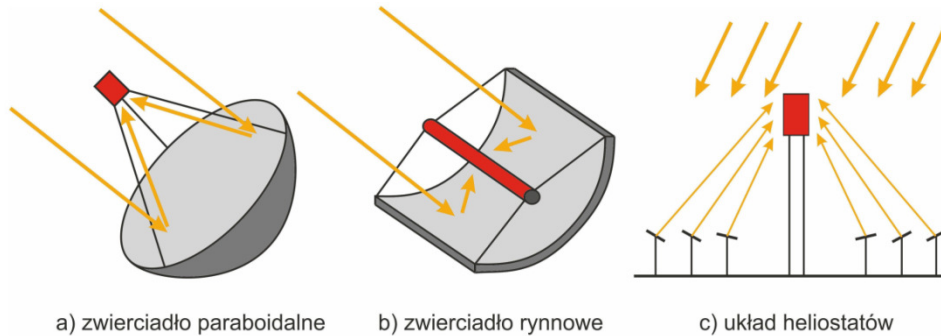
METODY WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z CIEPLNEJ ENERGII SŁONECZNEJ

W tym artykule zasadnicza uwaga będzie poświęcona konwersji słonecznej energii cieplnej na energię elektryczną w układach przetwarzających ciepłą energię słoneczną na energię elektryczną. Jak to było już wspomniane, istnieją trzy zasadnicze mechanizmy pozwalające na wytwarzanie z energii cieplnej energii elektrycznej.

Jednym z podstawowych jest mechanizm wykorzystujący ogrzanie w promieniowaniu słonecznym czynnika roboczego, zwykle w postaci cieczy, a następnie przetworzenie posiadanej przez ten czynnik energii cieplnej na energię elektryczną. Promieniowanie słoneczne używane do ogrzania cieczy

roboczej jest najczęściej skoncentrowane, po to aby uzyskać możliwie wysoką temperaturę czynnika roboczego. Tak więc, w wyniku skupienia promieniowania słonecznego uzyskujemy możliwie wysoką temperaturę cieczy, co daje możliwość zamiany energii cieplnej na pracę, którą można wykorzystać do napędu klasycznego generatora wytwarzającego energię elektryczną. Ogólnie, urządzenia tego typu są określane jako źródła energii

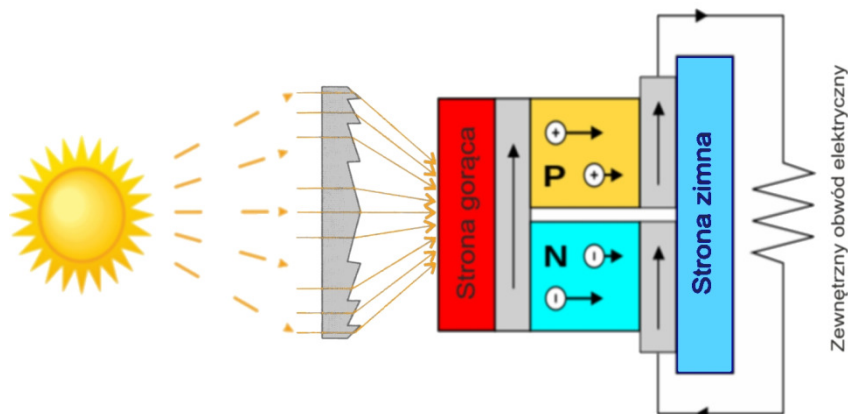
elektrycznej oparte o skoncentrowane promieniowanie słoneczne (CSP - Concentrated Solar Power). Typowe urządzenia tego typu do wytwarzania energii elektrycznej poprzez użycie, ogrzanej przez Słońce cieczy roboczej, to paraboliczne zwierciadła skupiające, zwierciadła liniowe oraz systemy wieżowe. Schematycznie, powyższe urządzenia są pokazane na rys. 1.



Rys. 1. Schemat procesów prowadzących do ogrzania substancji roboczej przez promieniowanie słoneczne; a) zwierciadło paraboliczne, b) liniowe zwierciadło paraboliczne, c) systemy heliostatów koncentrujących promieniowanie słoneczne na wieży

Ostatnio, wdrażane są także do praktycznego użycia inne metody wytwarzania energii elektrycznej z cieplnej energii słonecznej oparte o zjawisko termoelektryczne (zjawisko Seebecka, odkryte w 1821 roku) oraz o zjawisko termoeemisji elektronów. Możliwość wykorzystania tych zjawisk do komercyjnego wytwarzania energii elektrycznej wynika z rozwoju technologii wytwarzania urządzeń opartych o wspomniane zjawiska. W obydwu wspomnianych metodach wytwarzania prądu elektrycznego z ciepła, nie ma potrzeby stosowania żadnych urządzeń mechanicznych, co zapewnia niezawodne i długotrwałe działanie tych urządzeń.

Zjawisko termoelektryczne polega na tym, że w przypadku złącza dwóch materiałów w wyniku podgrzania jednego złączy względem drugiego, otrzymujemy napięcie elektryczne. Najprostszym złączem tego typu jest złącze dwóch metali zwane termoparą, które jest wykorzystywane w układach do pomiaru temperatury. Dla celów wytwarzania energii elektrycznej w systemach komercyjnych wykorzystuje się wydajniejsze złącza półprzewodnikowe. Schemat takiego układu do wytwarzania energii elektrycznej jest pokazany na rys. 2.



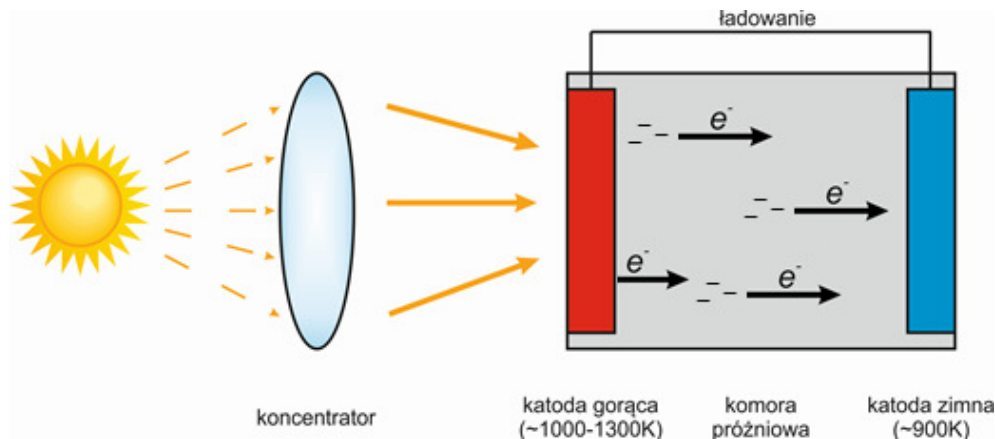
Rys. 2. Schemat układu do wytwarzania energii elektrycznej z energii słonecznej z użyciem generatora termoelektrycznego

Wytwarzanie prądu w generatorze termoelektrycznym jest możliwe wówczas, gdy jedna strona złącza jest ogrzewana, a druga chłodzona. Uzyskiwane napięcie zależy od rodzaju użytych materiałów tworzących złącze oraz od różnicy

temperatur złącza ciepłego i zimnego. Szczegóły tych zależności oraz odpowiednie wzory określające teoretyczną wydajność termoelementu zostaną tutaj pominięte. Typowa wydajność energetyczna generatorów termoelektrycznych stosowanych

w praktyce wynosi od 5 do 8%. Materiały termoelektryczne o dużej wydajności powinny charakteryzować się wysoką przewodnością elektryczną właściwą, dużym współczynnikiem Seebecka i niską przewodnością cieplną. Teoretyczna wydajność takich układów jest znacznie większa i szacuje się, że w realnych warunkach może wynieść nawet 40%, natomiast idealny układ może się charakteryzować wydajnością aż do 80%. [Segev G. i inni, 2015] Obecnie, są w sprzedaży generatory termoelektryczne o mocy dochodzącej nawet do 5 kW, ale nie wszystkie służą do przetwarzania termicznej energii słonecznej. Produkcja i sprzedaż generatorów termoelektrycznych jest ciągle wzrastająca i oczekuje się dużego wzrostu ich zastosowań w najbliższym czasie.

Także bezpośrednio można uzyskać energię elektryczną z promieniowania słonecznego w wyniku przetwarzania energii cieplnej na energię elektryczną w generatorze termoemisyjnym. Generator termoemisyjny jest zbudowany z dwóch metalowych płytek z odprowadzeniami przewodów elektrycznych. Pomiędzy płytkami jest próżnia. Istota działania takiego układu polega na tym, że w wyniku ogrzania jednej z płytek metalu, która stanowi elektrodę emisyjną, następuje emisja elektronów, które docierają do przeciwnej płytki, będącej elektrodą zbiorczą. Prowadzi to do wytworzenia prądu w obwodzie. Schemat układu do wytwarzania energii elektrycznej z energii słonecznej na bazie zjawiska termoemisji jest pokazany na rys. 3 (Segev G. i inni, 2015).



Rys. 3. Schemat działania solarnego generatora termoemisyjnego

Istota działania solarnego generatora termoemisyjnego polega na tym, że skupione promieniowanie słoneczne ogrzewa elektrodę emisyjną, która w wyniku wysokiej temperatury wyrzuca samoistnie elektrony. Elektrony te są przechwytywane przez przeciwną elektrodę. W wyniku ogrzewania elektrody emisyjnej powstaje prąd w obwodzie, stanowiący podstawę mocy elektrycznej. Wydajność generatorów termoemisyjnych, stosowanych w praktyce wynosi około 25%, natomiast szacowana wydajność teoretyczna w realnych warunkach wynosi około 70%, natomiast w idealnych nawet 90% (Segev G. i inni, 2015).

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie skoncentrowanego promieniowania słonecznego do wytwarzania energii elektrycznej, na bazie różnych zjawisk, jest ważnym zadaniem na przyszłość. Obecnie, wiele działań dotyczy wykorzystania do tego celu zjawiska fotowoltaicznego.

Nie jest to jedyna możliwość i należy oczekiwać, że zjawiska termiczne generowane przez promieniowanie słoneczne mogą stanowić istotną konkurencję dla

bezpośredniego przetwarzania energii słonecznej w energię elektryczną.

Przy kompleksowym wykorzystaniu zjawisk fotonowych i termicznych, wydajność końcowego procesu przetwarzania energii słonecznej można w sposób istotny zwiększyć, nawet do 85% w realnych warunkach, stosując systemy hybrydowe, poprzez włączenie różnych mechanizmów jednocześnie, jak to ma miejsce w systemach termo fotowoltaicznych [Baxter i inni]. Należy także zauważyć, że ze względu na aktualność problemów przetwarzania energii termicznej Słońca na energię elektryczną oraz poszczególne warunki przetwarzania, dane odnośnie wydajności energetycznych opisywanych systemów jak i przewidywane teoretyczne wydajności nie są jednolite w poszczególnych publikacjach i należy oczekiwać pewnego uporządkowania tych informacji w przyszłości.

PODZIĘKOWANIE

Pragnę wyrazić serdeczne podziękowania Panu Profesorowi Janowi Godlewskiemu za cenne uwagi i naukowe dyskusje, które przyczyniły się do powstania niniejszej publikacji.

LITERATURA

- Baxter J. i inni, 2009, *Nanoscale design to enable the resolution in renewable energy*, Energy Environ. Sci. 559, 559-588
- Fieducik J., Godlewski J., 2015, - Economic and environmental aspects of concentrated photovoltaics, Przegląd elektrotechniczny Vol No 9 (24-26)
- Sundarraaj P. i inni, 2014, *Recent advances in thermoelectric materials and solar thermoelectric generators – critical review*, RCS Advances, 4, 46860-46874,
- Segev G. i inni, 2015, *Limit of efficiency for photon-enhanced thermionic emission vs. Photovoltaic and thermal conversion*, Solar Energy Materials and Solar Cells, 140, 464-476