

TERMOWIZYJNE BADANIA PŁASKICH KOLEKTORÓW CIECZOWYCH

CZEŚĆ 1. STANOWISKO BADAWCZE

P. Obstawski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Produkcji

STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano stanowisko badawcze umożliwiające wykonywanie badań termowizyjnych płaskich kolektorów cieczowych. Znajomość rozkładu temperatury na powierzchni absorbera oraz węzownicy umożliwia dokonywanie modeli matematycznych opisujących proces wymiany ciepła pomiędzy elementami składowymi płaskiego kolektora cieczowego. Do sterowania pracą instalacji słonecznej zastosowano sterownik PLC. Zastosowanie swobodnie programowalnego sterownika PLC do sterowania pracą instalacji słonecznej oraz pompy cyrkulacyjnej z możliwością płynnej zmiany wydatku umożliwia testowanie nowatorskich algorytmów sterowania pracą instalacji słonecznej.

WSTĘP

Główną wadą hybrydowych systemów zasilania opartych na odnawialnych źródłach energii (OZE) zasilających obiekty w ciepło jest niska sprawność przemian energetycznych poszczególnych jego segmentów a w rezultacie niska sprawność całego systemu (Chochowski A., Czekalski D., Obstawski P., 2010). Zwiększenie sprawności przemian energetycznych hybrydowych systemów energetycznych można osiągnąć poprzez optymalny rozkład strumieni energii w systemie oraz efektywne magazynowanie zakumulowanej energii. Realizacja wymienionych celów cząstkowych możliwa jest poprzez zapewnienie odpowiedniej współpracy pomiędzy poszczególnymi segmentami systemu hybrydowego (Chochowski A., Czekalski D., Obstawski P., 2009). W warunkach eksploatacyjnych realizacja i zapewnienie efektywnej współpracy pomiędzy poszczególnymi segmentami systemu jest trudne, gdyż odnawialne źródła energii w większości charakteryzują się niestabilnym potencjałem energetycznym w ciągu całego roku oraz niską gęstością energii. Poza tym w warunkach eksploatacyjnych na poszczególne segmenty systemu oddziałują zakłócenia o charakterze stochastycznym co w rezultacie powoduje, że poszczególne segmenty systemu znajdują się w stanie niestabilnym. To sprawia, że już na etapie projektowania pojawiają się problemy związane z doбором rozmiarów poszczególnych segmentów systemu hybrydowego. Przewymiarowanie lub niedoszacowanie wielkości poszczególnych segmentów systemu podczas eksploatacji może skutkować między innymi niską sprawnością przemian energetycznych (Czekalski D., Obstawski P., 2008). Wydaje się, że w warunkach

eksploatacyjnych zapewnienie optymalnej współpracy pomiędzy poszczególnymi segmentami systemu hybrydowego może zostać zrealizowane poprzez zastosowanie nowoczesnych algorytmów sterowania pracą systemu hybrydowego implementowanych np.: w sterownikach PLC.

Argumentem silnie przemawiającym za stosowaniem sterowników PLC do sterowania pracą systemów hybrydowych jest fakt, że hybrydowe systemy zasilania wykorzystujące (OZE) projektowane są w zależności od potrzeb odbiorcy (Czekalski D., Obstawski P., 2008) a więc algorytm sterowania pracą powinien być opracowany indywidualnie dla każdego systemu, co wyklucza możliwość stosowania seryjnie produkowanych regulatorów ze standardowym algorytmem sterowania. W celu opracowania algorytmu sterowania pracą systemu zapewniającego optymalny rozkład strumieni energii w systemie a tym samym maksymalną sprawność przemian energetycznych niezbędne jest określenie dynamiki poszczególnych segmentów systemu w sensie obiektów automatyki. Stochastyczne zakłócenia oddziałujące na poszczególne segmenty w warunkach eksploatacyjnych w powiązaniu z niestabilnym potencjałem energetycznym wpływają na zmianę punktu pracy a tym samym w przypadku nieliniowej charakterystyki statycznej na zmianę właściwości dynamicznych obiektu. Z tego też względu algorytm sterowania pracą systemu powinien być adekwatny do panujących warunków pracy, co możliwe jest przy zastosowaniu sterowania adaptacyjnego.

Bardzo często w warunkach Polski podstawowym segmentem systemu hybrydowego jest segment słoneczny oparty o baterię kolektorów płaskich lub rurowych próżniowych. Zakłada się, że segment słoneczny przejmuje priorytetową funkcję zasilania systemu w miesiącach marzec – wrzesień. W przypadku segmentu słonecznego punkt pracy określany jest między innymi przez takie parametry fizyczne jak: natężenie promieniowania słonecznego, poziom temperatury wejściowej i wyjściowej czynnika, rozbiór ciepłej wody użytkowej oraz temperatura otoczenia czy prędkość i kierunek wiatru.

Generalnie jednak sprawność segmentu słonecznego zależy od ilości energii promieniowania słonecznego zakumulowanej przez absorber, ilości energii cieplnej przekazanej do zasobnika ciepłej wody użytkowej oraz prędkości przepływu czynnika (Eisenmann W., Vajen K., Ackermann H., 2004). Duży wpływ na sprawność segmentu słonecznego mają również właściwości dynamiczne kolektora, które zależą min. od parametrów konstrukcyjnych kolektora

(Henning H., Sasse M., 1995). Zmiana parametrów konstrukcyjnych kolektora słonecznego na etapie eksploatacji z obiektywnych przyczyn nie jest możliwa. Zatem poprawę sprawności segmentu słonecznego można uzyskać jedynie poprzez regulację prędkości przepływu czynnika przez instalację słoneczną. Koniecznym staje się zatem zastosowanie pompy cyrkulacyjnej z możliwością regulacji wydatku najlepiej za pomocą zewnętrznego sygnału sterującego. Wówczas możliwe jest stosowanie różnych algorytmów sterowania pracą segmentu słonecznego nin.: standardowej regulacji różnicowej czy regulacji PID (Obstawski P., Czekalski D., Korupczyński R., 2004).

Przy zastosowaniu typowego algorytmu sterowania pracą segmentu słonecznego, opartego na regulatorze dwupołożeniowym stała prędkość czynnika w instalacji hydraulicznej można precyzyjnie ustawić poprzez zastosowanie pompy o płynnej regulacji wydatku sterowanej zewnętrznym sygnałem generowanym za pomocą wyjścia analogowego. Generalnie zakłada się, że im większy przepływ czynnika tym sprawność segmentu słonecznego jest wyższa, jednakże prędkość czynnika powyżej prędkości laminarnej powoduje wzrost oporów hydraulicznych (Eisenmann W., Vajen K., Ackermann H., 2004). Należy pamiętać, że na sprawność przemian energetycznych ma również wpływ zmiana punktu pracy powodowana zmianą parametrów pracy np.: na skutek zmiany warunków atmosferycznych. Zatem koniecznym jest określenie w jaki sposób zmiana parametrów pracy określających punktu pracy kolektora w warunkach eksploatacyjnych przy stałym wydatku pompy będzie wpływała na rozkład temperatur na powierzchni absorbera a tym samym na ilość zakumulowanej energii, ilość energii unoszonej przez czynnik, a tym samym sprawność segmentu słonecznego.

STANOWISKO POMIAROWE

Badania przeprowadzone zostały na stanowisku wolnostojącym, wykonanym z profili aluminiowych (rys. 1). Segment słoneczny złożony z dwóch płaskich kolektorów cieczowych firmy Thermosolar, zasilał ciepłem zasobnik o objętości 100dm³. Ze względu na fakt, że medium roboczym w instalacji słonecznej jest glikol, wymiana ciepła pomiędzy glikolem jako czynnikiem roboczym kolektora a wodą w zasobniku ciepła jest realizowana za pomocą wymiennika węzowniczowego umieszczonego wewnątrz zasobnika. Konstrukcja hydrauliczna instalacji poprzez umieszczenie zaworów umożliwia realizowanie szeregowego lub równoległego połączenia kolektorów. Sterowanie pracą instalacji słonecznej realizowane jest za pomocą sterownika PLC S7_1200 firmy Siemens. Zastosowanie swobodnie programowalnego sterownika to sterowania pracą segmentu słonecznego umożliwia implementowanie nowatorskich algorytmów sterowania oraz poprzez zastosowanie programu typu SCADA wizualizację procesu oraz rejestrację i archiwizację danych pomiarowych. Do pomiaru temperatury wejściowej i wyjściowej czynnika

każdego kolektora zastosowane zostały termorezystancyjne czujniki PT1000 zrealizowane w układzie czteroprzewodowym. Czujniki umieszczone zostały w specjalnie przygotowanych gniazdach w taki sposób iż przepływająca przez instalację hydrauliczną ciecz obmywa organ pomiarowy czujnika nie tłumiąc jego przepływu.



Rys. 1. Stanowisko badawcze

Przepływ czynnika realizowany jest za pomocą pompy cyrkulacyjnej Grundfos Magna rozbudowaną o zewnętrzny moduł Geni umożliwiający płynną zmianę wydatku pompy za pomocą zewnętrznego napięciowego sygnału sterującego w zakresie 0-10V generowanego poprzez wyjście analogowe sterownika. Do rejestracji przepływu czynnika w instalacji słonecznej zastosowano przepływomierz z impulsatorem o rozdzielczości 1 impuls/1 liter. Rozbiór ciepłej wody użytkowej rejestrowany jest za pomocą wodomierza z impulsatorem o rozdzielczości 2.5 impulsów/ 1 liter.

BADANIA TERMOGRAFIKICZNE

Badania termograficzne rozkładu temperatur na płaszczyźnie absorbera i medium roboczego przeprowadzono za pomocą kamery termowizyjnej Vigocam V50 zamontowanej na statywie fotograficznym (rys. 2). Zastosowano szerokokątny obiektyw kamery, co umożliwia dokonywanie pomiarów termowizyjnych z odległości 10 cm od badanego detalu.

W dnie kolektora zgodnie z osiami symetrii wycięto otwór o wymiarach 230 x 230 mm. Otwór wycięto tak aby w osi poziomej otworu znajdowała się węzownica. W celu ujednoczenia emisyjności badanych powierzchni absorber i węzownicę pokryto równomiernie farbą, której emisyjności wynosiła 0,98. W celu ograniczenia strat ciepła w kierunku otworu, otwór okryto osłoną wykonaną ze styropianu

o grubości 50 mm. W styropianowej osłonie wycięto otwór o średnicy 53 mm, w którym umieszczono obiektyw kamery termowizyjnej umieszczonej na statywie fotograficznym (rys. 3).



Rys.2. Termowizyjny pomiar temperatury elementów składowych kolektora

Termogramy badanego fragmentu absorbera i wężownicy wykonywane były z okresem 5 sekund, podczas pracy segmentu słonecznego sterowanego za pomocą regulatora różnicowego zaimplementowanego w sterowniku PLC. W celu archiwizacji dużej ilości termogramów kamerę termowizyjną połączono z komputerem za pośrednictwem protokołu Ethernet.



Rys. 3. Badana powierzchnia absorbera

PODSUMOWANIE

Zbudowane stanowisko w ten sposób stanowisko umożliwia prowadzenie badań termowizyjnych poziomu i rozkładu temperatury na powierzchni absorbera oraz wężownicy. Dysponując danymi pomiarowymi temperatury absorbera i wężownicy możliwa staje się dokładna weryfikacja modeli matematycznych opartych na równaniach różniczkowych wyprowadzonych z bilansu energetycznego, których rozwiązaniem jest wyznaczona temperatura poszczególnych elementów składowych płaskiego kolektora słonecznego. Zastosowanie sterownika PLC oraz pompy cyrkulacyjnej z możliwością płynnej regulacji wydatku umożliwia testowanie nowatorskich algorytmów sterowania pracą systemu słonecznego przed wdrożeniem ich na obiektach rzeczywistych.

LITERATURA CYTOWANA

- Chochowski A., Czekalski D., Obstawski P., *Monitorowanie funkcjonowania hybrydowego systemu odnawialnych źródeł energii*. Przegląd elektrotechniczny nr 8/2009
- Chochowski A., Obstawski P., Czekalski D., *Właściwości dynamiczne płaskich kolektorów słonecznych*. Przegląd Elektrotechniczny nr 6/2010
- Czekalski D., Obstawski P., *Wydajność słonecznych systemów grzewczych w domach jednorodzinnych w świetle badań eksploatacyjnych*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja nr 1/2008
- Czekalski D., Obstawski P., *Wydajność słonecznych systemów grzewczych wielkoskalowych w świetle badań eksploatacyjnych*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja nr 3/2008
- Eisenmann W., Vajen K., Ackermann H., *On the correlations between efficiency factor and material content of parallel flow flat-plate solar collectors*. Solar energy, Vol. 76, 2004
- Henning H., Sasse M., *A collector hardware simulator: theoretical analysis and experimental result*. Solar Energy, Vol. 55, 1995.
- Obstawski P., Czekalski D., Korupczyński R., *Analiza jakości regulacji pracą segmentu słonecznego z wykorzystaniem regulatora PID*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Zeszyt 57/2010