



Politechnika  
Śląska

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji  
i Techniki Odpylania

ROZPRAWA DOKTORSKA  
mgr inż. Paweł Dyrzcz

**SPRAWNOŚĆ EKSPLOATACYJNA UKŁADÓW  
SOLARNYCH MAŁEJ MOCY**

Promotor pracy: dr hab. inż. Henryk Foit, prof. nzw. PŚ

Gliwice 2019

## Streszczenie

Istnieje znaczna liczba instalacji solarnych małej mocy wykorzystujących cieczowe kolektory płaskie, które służą do przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach jednorodzinnych. Brak jest jednak pełnej wiedzy dotyczącej ich funkcjonowania i uzyskiwanych efektów w warunkach rzeczywistych w stosunku do zakładanych na etapie projektowania instalacji.

Instalacje solarne małej mocy służące do przygotowania ciepłej wody użytkowej składają się najczęściej z 2-6 kolektorów słonecznych, zbiornika w którym podgrzewana jest cwu. ciepłem pozyskiwanym z kolektorów słonecznych. Zbiorniki do podgrzewania cwu. o pojemności od 300 do 500 dm<sup>3</sup> wykonane są jako biwalentne, czyli umożliwiające podłączenie również źródła konwencjonalnego służącego do przygotowania cwu.

Celem pracy była diagnostyka efektów pracy w rzeczywistych warunkach eksploatacji małych instalacji solarnych. włączonych do układów przygotowania cwu.

W ramach przedstawianej pracy przeprowadzono monitorowanie pracy grupy małych instalacji solarnych. Monitorowane instalacje wybrano spośród ponad 3000 czynnych eksploatowanych instalacji. Obserwacją objęto parametry pracy 40 instalacji solarnych małej mocy włączonych do różnych układów przygotowania c.w.u. w budynkach jednorodzinnych w warunkach ich realnej eksploatacji. Zakres obserwacji obejmował następujące parametry: strumienie masy i temperatury w obrębie układu solarnego, układu konwencjonalnego zasilania w ciepło oraz układu magazynowania i przekazywania cwu użytkownikowi. Ponadto rejestrowano temperatury: na wyjściu z kolektorów słonecznych, w punktach charakterystycznych zasobnika, cwu, a także w pomieszczeniu lokalizacji zasobnika. W obrębie każdej z instalacji solarnej małej mocy zamontowano ciepłomierze umożliwiające pomiar energii dostarczonej przez układ solarny, źródło konwencjonalne ciepła przygotowania cwu oraz energii przekazywanej użytkownikowi instalacji wraz z cwu.

Obserwacje prowadzono w okresie jednego roku kalendarzowego. Dane pomiarowe z instalacji zbierane były przez zestaw telemetryczny i przekazywane za pośrednictwem sieci GPRS na serwer główny, gdzie były gromadzone i przetwarzane. Stworzony układ pobierania, przesyłu i gromadzenia wielkości pomiarowych zaopatrzone w system diagnostyczny, informujący o kłopotach w przesyłaniu danych. Zbudowany system funkcjonuje w dalszym ciągu i gromadzi informacje dotyczące parametrów pracy instalacji solarnych celem określenia trwałości i efektów inwestycji.

Pomiary parametrów pracy zmierzały do określenia rzeczywistej sprawności energetycznej instalacji solarnych małej mocy włączonej do układu przygotowania cwu.

Badania pracy instalacji solarnych dotyczyły również obserwacji i ustalania różnic efektywności w zależności od lokalnych warunków meteorologicznych rejestrowanych przez włączone do układu monitorowania stacje meteorologiczne, które mierzyły min. strumień promieniowania całkowitego, temperaturę powietrza, prędkość wiatru.

Na podstawie systematyzacji i opracowania wyników pomiarów w dysertacji:

- przedstawiono główne ustalenia wynikające z obserwacji rzeczywistych warunków meteorologicznych, parametrów pracy instalacji solarnych małej mocy mających wpływ na efektywność energetyczną instalacji solarnych małej mocy oraz porównano efekty z danymi wynikającymi z programu symulacyjnego GetSolar Professional - 11.3.0,
- określono sumy roczne średnich miesięcznych strumieni promieniowania całkowitego

- padających na płaszczyznę pochyloną, w obrębie trzech stacji meteorologicznych, w tym minimalne i maksymalne wartości średniogodzinnych strumieni promieniowania całkowitego padającego na powierzchnię pochyloną w ciągu roku,
- ustalono średniomiesięczne wartości temperatury glikolu dopływającego z kolektorów słonecznych do wymiennika oraz średniomiesięczne wartości temperatury czynnika roboczego na wypływie z wymiennika,
  - określono najwyższe średniomiesięczne temperatury czynnika roboczego i ich zależność od wielkości instalacji.
  - na podstawie obserwacji parametrów pracy źródła konwencjonalnego ustalono średniomiesięczne temperatury czynnika roboczego na dopływie i wypływie z wymiennika - ustalono średniomiesięczne temperatury pomieszczenia lokalizacji zasobników cwu.
  - wyznaczono największe i najmniejsze wartości średniomiesięcznej temperatury wody napływającej do układu przygotowania c.w.u.
  - ustalono największe średniomiesięczne temperatury wody wypływającej z zasobnika i powiązano ich wartości z wielkością instalacji solarnych,
  - określono średnioroczną temperaturę w górnej i dolnej części zasobnika biwalentnego w zależności od wielkości instalacji solarnej,
  - ustalono najmniejsze i największe średniomiesięczne temperatury w górnej i dolnej części zbiornika oraz najmniejsze i największe różnice temperatury pomiędzy górną, a dolną częścią zasobnika,
  - określono temperatury czynnika roboczego w układzie solarnym jak i temperatury czynnika grzewczego w układzie konwencjonalnym służącym do przygotowania ciepłej wody i odniesiono je do okresów wzrostu temperatury w poszczególnych częściach zasobnika jak i średniomiesięcznych strumieni promieniowania całkowitego padającego na płaszczyznę pochyloną,
  - ustalono normalny czas pracy instalacji w poszczególnych porach roku jak i swoisty czas pracy instalacji solarnej w okresie nocy.

Podane charakterystyki tworzą elementy opisu warunków realnej pracy instalacji solarnej, układu konwencjonalnego dostarczającego ciepło do podgrzewania cwu i układu przygotowania cwu.

Etapem końcowym opracowania wyników pomiarów było określenie sprawności energetycznej układu przygotowania cwu z instalacją solarną i układem konwencjonalnym zasilania w ciepło.

W dysertacji podjęto również próbę porównania średniorocznej pozyskanej i przekazanej przez instalację solarną do układu przygotowania c.w.u. ilości energii wskazanej przez ciepłomierze i wynikającej z symulacji komputerowej. Porównaniem objęto także określoną na drodze symulacji ilość energii pozyskanej przez układ solarny z ilością energii zmierzoną przy użyciu miernika sterownika solarnego.

Na podstawie analizy realnej pracy instalacji solarnych włączonych do układów przygotowania cwu określono niedoskonałości programu symulacyjnego wynikające z braku uwzględnienia rzeczywistej warunków pracy układów solarnych małej mocy.

Analizą zawartą w dysertacji objęto stopień pokrycia przez układ solarny zapotrzebowania na cwu. w poszczególnych porach roku i ustalono okresy występowania wartości maksymalnych w górnej i dolnej części zasobnika.

Średnią miesięczną rzeczywistą ilość ciepła przekazanego z jego źródeł do systemu przygotowania c.w.u. współpracującego z instalacją solarną porównano z ilością energii przekazywanej użytkownikowi z ciepłą wodą użytkową.

Wyniki obliczeń średniomiesięcznych sprawności kolektorów słonecznych wygenerowane przez program GetSolar Professional - 11.3.0 porównano do wartości sprawności uzyskanej w oparciu stworzony system monitoringu.