



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Dominika WOJEWÓDKI

nt.: Analiza skuteczności konwersji promieniowania słonecznego w przegrodach zewnętrznych budynku w warunkach klimatu lokalnego

Tematyka pracy

Konwersja energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną za pomocą ogniw fotowoltaicznych (PV) (łączonych w moduły/panele) jest szybko rozwijającą się dziedziną. Konstrukcja ogniw fotowoltaicznych i całych paneli jest ciągle udoskonalana, uzyskuje się coraz większą sprawność konwersji przy systematycznym obniżaniu ceny jednostkowej paneli fotowoltaicznych.

W budownictwie energooszczędnym panele PV są często integrowane z obudową budynku. Rozwiązania integrujące panele PV z fasadą budynków są na świecie znane i stosowane. W Polsce integracja modułów PV z przegrodami nie jest popularna i brak jest praktycznych wskazówek dla projektantów tego typu rozwiązań, ponadto stosowane na świecie rozwiązania powinny być dostosowane do lokalnych, polskich warunków klimatycznych, wynikających z zróżnicowanego natężenia promieniowania słonecznego padającego na fasady budynku w różnych porach roku.

Przedmiotem recenzowanej pracy są badania zaprojektowanej i wykonanej hybrydowej przegrody ze zintegrowanymi modułami fotowoltaicznymi. Badania obejmowały kilka wariantów konstrukcyjnych dotyczących wentylacji przestrzeni pomiędzy modułem i przegrodą. Celem podjętych badań było określenie skuteczności pozyskiwania energii elektrycznej przez przegrodę ze zintegrowanym modułem fotowoltaicznym oraz zbadanie właściwości cieplnych takiej przegrody i porównanie jej z przegrodą o budowie tradycyjnej.

Tematykę pracy doktorskiej należy uznać za aktualną i posiadającą istotne praktyczne znaczenie w dziedzinie energooszczędnego budownictwa.

Cel, zakres pracy i sposób jej przedstawienia

Praca jest obszerna, zawiera około 160 stron, podzielona jest na 9 rozdziałów, uzupełniona jest trzema załącznikami. Przedstawiona bibliografia jest powiązana z tematyką pracy i składa się z blisko 180 pozycji, obejmuje również pozycje nowe do roku 2011. Praca napisana jest poprawnym językiem i starannie opracowana edytorsko.

W pierwszej części pracy (rozdział 1 i 2) zamieszczono wprowadzenie i dokonano przeglądu dostępnej literatury. Przedstawiono sposoby pasywnego i aktywnego wykorzystania promieniowania słonecznego w budownictwie, aktywne słoneczne przegrody zewnętrzne oraz przegrody ze zintegrowanymi panelami fotowoltaicznymi.

W rozdziale 3 przedstawiono cele i tezy pracy. Na podstawie przeprowadzonej analizy aktualnego stanu wiedzy, postawiono następujące tezy rozprawy:

1. Konstrukcja fasady hybrydowej zintegrowanej z budynkiem ma wpływ na poziom zysków i strat ciepła.
2. Dla przegrody hybrydowej ze zintegrowanymi modułami fotowoltaicznymi istnieje możliwość wprowadzenia zastępczego oporu cieplnego R_{equiv} na potrzeby obliczeń energetycznych.
3. Zastosowanie rozwiązań rozważanej przegrody hybrydowej w warunkach polskiego klimatu lokalnego jest ekonomicznie uzasadnione.

Przeprowadzone badania przedstawiono w rozdziałach 4-7, badania obejmowały:

- pomiar natężenia promieniowania słonecznego,
- modelowanie promieniowania słonecznego na płaszczyznę nachyloną,
- analizę dostępności promieniowania słonecznego w warunkach klimatu lokalnego,
- wstępne analizy prowadzące do przyjęcia rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegrody hybrydowej,
- ocenę efektywności konwersji promieniowania słonecznego w energię elektryczną w modułach PV zintegrowanych z budynkiem
- analizę termiczną przegrody hybrydowej, w tym analizę teoretycznego modelu węzłowego dla przegrody hybrydowej bez wentylacji i wyznaczenie oporu zastępczego dla części hybrydowej przegrody R_{equiv}

W rozdziale 8 przedstawiono wyniki analizy efektywności ekonomicznej rozważanej przegrody hybrydowej w warunkach klimatu lokalnego.

Ocena uzyskanych wyników

Teza pierwsza pracy, jak autor sam zaznaczył była oczywista i uzyskane wyniki pomiarów ją potwierdziły. Ze względu na oczywistość tej tezy właściwie nie wiadomo dlaczego została ona sformułowana. Potwierdzona została druga teza pracy, wykazano że dla przegrody hybrydowej z zintegrowanymi modułami fotowoltaicznymi istnieje możliwość na potrzeby obliczeń energetycznych wprowadzenia zastępczego oporu cieplnego R_{equiv} . Z uwagi na brak odpowiedniego wsparcia finansowego ze strony państwa, stosowanie rozwiązań przegród hybrydowych zintegrowanych z panelami PV w warunkach polskiego klimatu lokalnego jest ekonomicznie nieuzasadnione, wynika to ze zbyt wysokiego kosztu inwestycyjnego elementów składowych, tym samym trzecia teza pracy nie została potwierdzona.

W przegrodzie hybrydowej ze zintegrowanymi panelami PV w wariancie z tzw. wewnętrzną kurtyną powietrzną, w przypadku braku promieniowania słonecznego i temperatury powietrza zewnętrznego niższej od temperatury pomieszczenia, obserwowano wsteczny obieg cyrkulacyjny, który wpływa negatywnie na efektywność energetyczną układu. Stwierdzono, że dla poprawnego działania hybrydowej przegrody w tym i w dwóch pozostałych przypadkach wentylowanych przestrzeni pomiędzy panelem PV i przegrodą konieczne byłoby zastosowanie automatycznie sterowanych przepustnic powietrza. Autor uznał takie rozwiązanie za zbyt skomplikowane i ostatecznie proponuje, aby przestrzeń pomiędzy panelem PV i przegrodą była zamknięta (nie była wentylowana).

Na potwierdzenie poprawności takiego rozwiązania Autor przedstawia zmierzone przebiegi temperatury modułów PV dla przypadku z wentylacją i bez wentylacji zarejestrowane przez, cytując: „*dwa dni bardzo zbliżone pod względem panujących warunków klimatycznych*”. Niestety w pracy nie przedstawiono przebiegów temperatury powietrza zewnętrznego, prędkości wiatru a zwłaszcza natężenia promieniowania słonecznego, które mogłyby potwierdzić, że rzeczywiście warunki klimatyczne w obu dniach były do siebie zbliżone.

Uwagi dyskusyjne

W trakcie czytania pracy pojawiły się wątpliwości, które z obowiązku recenzenta wymienię:

- w rozdziale 4 zawarte są w większości informacje pochodzące z literatury, w związku z tym należało ten rozdział przedstawić w części studialnej pracy, wyjątek stanowi rozdział 4.2.1. ale wyniki w nim przedstawione potwierdzają jedynie, że do przeliczeń promieniowania słonecznego na dowolną płaszczyznę stosowany jest model Pereza, ale fakt ten nic szczególnego do pracy nie wnosi,
- podobnie jak wyżej, rozdziały 8.1. i 8.2. powinny znaleźć się w części studialnej pracy
- pewien niedosyt informacji podczas lektury pracy pojawia się w związku z tym, że nie przedstawiono w pracy żadnej szacunkowej analizy jaki może być praktyczny udział w bilansie energii budynku energii elektrycznej pozyskiwanej przez baterię paneli PV oraz jaka ilość energii elektrycznej może być przez taką baterię wytworzona w ciągu roku, jakie są możliwości praktycznego wykorzystania tej energii, w pracy nie ma również porównania efektywności pozyskiwania energii w kolektorach słonecznych i panelach PV,
- i ostatnia uwaga, sam tytuł pracy doktorskiej wydaje się być zbyt ogólny, w tytule powinno się zaznaczyć, że badania dotyczą hybrydowych przegród zewnętrznych ze zintegrowanymi panelami PV.

Podsumowanie

Pan mgr inż. Dominik Wojewódka przeprowadził obszerne badania dotyczące hybrydowych przegród zewnętrznych ze zintegrowanymi panelami PV i przeanalizował uzyskane wyniki. Wyniki te są oryginalne i mogą być wykorzystane w praktyce.

Pracę doktorską Pana mgr inż. Dominika Wojewódki oceniam pozytywnie. O jej wartości stanowi właściwe rozwiązanie zadania naukowego oraz właściwa interpretacja zagadnień i zjawisk objętych tematem. Badania zostały przeprowadzone przez Doktoranta ze znajomością techniki pomiarowej. Uważam, że praca w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Dominika Wojewódki do publicznej obrony tej rozprawy.

