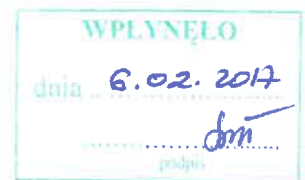


Prof. dr hab. inż. Tadeusz Glinka
Politechnika Śląska
Instytut Elektrotechniki i Informatyki
Gliwice, ul. Akademicka 10

Gliwice, dnia: 01.02.2017 r.



O C E N A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Greli pt. „Analiza wpływu systemów automatyzacji na efektywność energetyczną instalacji i obiektów budowlanych”

Promotor przewodu: prof. dr hab. inż. Marian Noga

Promotor pomocniczy: dr inż. Andrzej Ożadowicz

Recenzję opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH pismo: L.Dz. WEAIIB-b/510-23-2/13 z dnia 16.12.2016 r.

Tematyka, cel i tez rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Greli koncentruje się na organizacji systemów automatyki budynkowej i funkcji sterowania, implementowanych do zarządzania energią w budynkach i w lokalnych mikroinstalacjach prosumenckich. Efektywne gospodarowanie energią w budynkach jest problemem ważnym, gdyż szacuje się, że około 40% wytwarzanej energii zużywana jest w budynkach. Aktywne zarządzanie popytem na energię, z wykorzystaniem urządzeń monitorujących i sterujących systemów automatyki budynkowej, może o kilka procent zmniejszyć zapotrzebowanie na energię. Zapotrzebowanie na energię w budynkach zależy od wielu czynników, głównie klimatycznych, ale także aktywności i zachowań osób przebywających w pomieszczeniach.

Teza pracy brzmi: „Dobór i integracja funkcjonalności systemów automatyzacji, ma wpływ na poprawę efektywności energetycznej instalacji i obiektów budowlanych. W oparciu o analizę przypadku implementacji systemów automatyki w różnych wariantach sterowania, istnieje możliwość weryfikacji zakresu tego wpływu oraz ustalenie poziomu integracji funkcji operatorskich i zarządzania, istotnych dla osiągnięcia zadanego celu.”

Czy treści zawartej w drugim zdaniu nie można wyrazić w prostszy sposób?

Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska liczy 209 stron i jest podzielona na 7 rozdziałów. Spis literatury obejmuje 86 pozycji, w tym 18 norm i 2 pozycje współautorskie Doktoranta. Streszczenie jest w j. polskim i j. angielskim.

W rozdziale pierwszym omówiono technologie i systemy automatyzacji w budynkach BACS (Building Automation and Control System), instalacje elektryczne, rodzaje systemów inteligentnych budynków, standardy automatyki budynkowej, główne obszary zastosowań zintegrowanych systemów automatyzacji i sterowania budynków oraz tezy i cele rozprawy.

W rozdziale drugim przeprowadzono identyfikację obszarów i elementów infrastruktury budynkowej, charakteryzujących się znaczącym potencjałem w zakresie poprawy efektywności energetycznej. Zdefiniowano efektywność energetyczną i dokonano przeglądu dyrektyw i norm branżowych. Następnie omówiono instalacje wpływające na efektywność energetyczną, to jest: oświetlenie, ogrzewanie i chłodzenie oraz wentylację i klimatyzację.

Przedstawiono elementy infrastruktury sterującej i monitorującej budynku, determinujące efektywność energetyczną.

Rozdział trzeci zawiera analizę wariantów i rozwiązań służących poprawie efektywności energetycznej budynków i ich instalacji, z wykorzystaniem rozproszonych systemów automatyzacji. Omówiono funkcje automatyzacji i serowania budynku dla poszczególnych podsystemów infrastruktury budynków: ogrzewania i wentylacji, ciepłej wody użytkowej, wentylacji i klimatyzacji, oświetlenia, żaluzji oraz zarządzania domem i budynkiem. Przeprowadzono analizę obszarów integracji w systemach automatyki, ukierunkowanych na poprawę efektywności energetycznej infrastruktury budynkowej i instalacji technologicznych. Oceniono znaczenie określonych zbiorów funkcjonalności rozproszonych systemów automatyzacji w procesie poprawy efektywności energetycznej budynków i instalacji oraz przedstawiono koncepcję strategii i wariantów sterowania.

Rozdział czwarty poświęcono badaniom eksperymentalnym. Przedstawiono infrastrukturę laboratoryjną i możliwości realizacji wariantów sterowania systemu automatyzacji dla trzech pomieszczeń, o różnym profilu użytkowania. Podano wyniki badań i pomiarów oraz analizę efektywności energetycznej w tych pomieszczeniach dla czterech wariantów sterowania, odpowiadających klasom D, C, B, A, wynikających z odpowiednich, omówionych wcześniej norm. Zweryfikowano zakres oddziaływania zintegrowanych funkcjonalnie systemów automatyzacji na efektywność energetyczną podsystemów, urządzeń i instalacji w budynkach.

W rozdziale piątym przedstawiono organizację systemu automatyzacji instalacji oświetlenia przestrzeni publicznych, zorientowanego na poprawę efektywności energetycznej. Zamieszczono wyniki pomiarów zużycia energii dla pilotażowej instalacji oświetlenia i sformułowano wnioski dotyczące organizacji systemu sterowania instalacji typu Street Lighting, z uwzględnieniem różnych wariantów sterowania odpowiadających wspomnianym klasom.

Rozdział szósty przedstawia lokalne systemy zarządzania energią. Wytyczne organizacji systemów zarządzania energią oraz organizację systemu zarządzania energią w laboratorium AutBudNet.

Podsumowanie monografii to rozdział siódmy, w którym zawarto wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

Zrealizowane zadania badawcze

W rozprawie Doktorant zdefiniował, w oparciu o literaturę (normy, ustawy, rozporządzenia i dyrektywy UE), pojęcie efektywności energetycznej budynku. Przeprowadził analizę obszarów integracji systemów automatyzacji mających wpływ na efektywność energetyczną budynku. Badania eksperymentalne opisał w rozdziale czwartym. Obiektem badań było laboratorium AutBudNet istniejące w AGH. Badana była efektywność energetyczna: biura i sali lekcyjnej. Doktorant badał cztery warianty sterowania odpowiadające klasom sprawności energetycznej BACS:

- klasa D wszystkie urządzenia obsługiwane są ręcznie,
- klasa C sterowanie standardowe zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 15232/2012, to jest oświetlenie, żaluzje i okna obsługiwane są ręcznie, ogrzewanie jest sterowane automatycznie,
- klasa B zaawansowany system automatyki i sterowania obejmuje wszystkie urządzenia,
- klasa A łączy system automatyki i sterowania z funkcjami technicznego zarządzania budynkiem.

Doktorant opracował modele funkcjonalne systemów automatyzacji i sterowania komfortem oraz zużyciem energii w budynkach o różnym przeznaczeniu, w tym zidentyfikował założenia funkcjonowania pomieszczeń. Badania zużycia energii wykonywał w cyklach miesięcznych i kwartalnych. Wyniki badań przedstawił w formie wykresów (słupków), obejmujących miesięczne zużycie energii [kWh] i w przeliczeniu na 1m^2 na rok oraz w formie koła procentowego za pół roku, z podziałem na: klimatyzację chłodzenie, klimatyzację ogrzewanie, ogrzewanie, oświetlenie i pozostałe odbiory. Wyniki badań, zużycia energii [$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{rok}$] w pomieszczeniach 1 i 2 oraz 3, przez poszczególne grupy odbiorów, w klasach sterowania A i D, klasach B i C oraz łącznie w klasach A, B, C i D, zostały przedstawione w formie wykresów indywidualnych i porównawczych oraz zostały zbilansowane w tabelach 4.6 i 4.7. Wysoko oceniam organizację badań i przedstawiony w pracy proces ich przeprowadzenia. Zakres badań był obszerny, badania były czasochłonne i żmudne pod względem utrzymania założonego standardu komfortu w pomieszczeniach. Przy tym należy uwzględnić, że obiekty badań są rozmiarowo duże, a w czasie badań działają różnego rodzaju zakłócenia, związane ze zmiennymi warunkami oddawania ciepła (chłodzenia) i emisją ciepła (słońce, wiatr, obecność ludzi). Prezentacja wyników badań w formie wykresów słupkowych i kołowych jest przejrzysta. Wyniki analizy z przeprowadzonych badań posłużyły Doktorantowi do opracowania wytycznych dla systemu automatyzacji sterowania, według kryterium mniejszego zużycia energii w pomieszczeniach budynków. Doktorant ponadto przeprowadził pomiary zużycia energii testowej instalacji oświetlenia ulicznego w AGH w klasach D, C, B, A, czasie jednego roku i wykazał, że w tym obszarze (przestrzeń publiczna) także istnieje możliwość zmniejszenia zużycia energii, poprzez optymalny algorytm i jego realizację.

Uwagi dyskusyjne

1. Osoby przebywające w pomieszczeniach emitują ciepło. Brak jest informacji czy w czasie badania bilansów energetycznych uwzględniano osoby w pomieszczeniach?
2. Oddawanie ciepła przez budynek, szczególnie w miesiącach grzewczych, zależy nie tylko od temperatury na zewnątrz, lecz także od słońca i prędkości wiatru.
3. Jak korespondują wykresy na rys. 4.15 i 4.16 z klasami D, C, B i A?
4. Porównując wykresy „c” na rysunkach od 4.17 do 4.24 widać, że zużycie energii na klimatyzację chłodzenie na wszystkich wykresach jest większe od zużycia energii na klimatyzację ogrzewanie puls ogrzewanie. Czym to wytłumaczyć? Wydaje się, że w naszej strefie klimatycznej nie potrzebujemy tak dużego schładzania pomieszczeń. Termiczna stała czasowa pomieszczeń jest długa, a średnia dobową temperaturą w najbardziej upalne dni nie przekracza 25°C .
5. Duże zużycie energii przypisane jest „pozostałym odbiorom”, które nie zostały zidentyfikowane. Czy one nie emitują ciepła do pomieszczeń? Na przykład silniki elektryczne napędzające wentylatory.

Uwagi powyższe nie obniżają wartości naukowo – badawczej pracy, którą oceniam bardzo dobrze.

Konkluzja

Praca doktorska mgr inż. Jakuba Greli pt.: „Analiza wpływu systemów automatyzacji na efektywność energetyczną instalacji i obiektów budowlanych”, wykonana pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Mariana Nogi, obejmuje pełny cykl badawczy:

- ✓ opracowanie modeli efektywności energetycznej pomieszczeń biurowych, lekcyjnych i hotelowych,
- ✓ projekt, organizację i budowę stanowisk badawczych na obiekcie w skali rzeczywistej,
- ✓ przeprowadzenie badań eksperymentalnych,

- ✓ opracowanie wyników badań i ich analiza.

Według mojej oceny Doktorant zrealizował zadanie badawcze przedstawione w opisie celu pracy i zdefiniowane w tezie w tym:

- ✓ wykazał się dobrą umiejętnością w planowaniu i przeprowadzaniu badań eksperymentalnych na obiektach rzeczywistych,
- ✓ opracował modele klas D, C, B, A systemów automatyzacji i sterowania mocą energetyczną, zapewniając określony komfort osobom w pomieszczeniach: biurowym, lekcyjnym i hotelowym
- ✓ przeprowadził badania efektywności energetycznej pomieszczeń dla czterech klas systemów automatyzacji i wykazał, że efektywność energetyczna zależy od tych klas, tym samym udowodnił tezę rozprawy,
- ✓ wykazał dużą wiedzę w tematyce automatyki i sterowania komfortem i efektywnością energetyczną pomieszczeń, budynków i oświetlenia przestrzeni publicznej i ma bardzo dobre rozeznanie literatury w tej tematyce.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska ma jasno sprecyzowany cel, a postawione zadanie zostało zrealizowane poprzez badania symulacyjne i eksperymentalne. Uważam, że recenzowana praca doktorska spełnia wymagania obowiązującej *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. 2014 poz. 1852) i wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do jej publicznej obrony.



Wniosek o wyróżnienie pracy

Nie wątpię, że publiczna obrona pracy doktorskiej zakończy się wynikiem pozytywnym. Praca jest zrealizowana na wysokim poziomie naukowym. Wysoko oceniam organizację badań i przedstawiony w pracy proces ich przeprowadzenia. Badania były prowadzone na obiekcie rzeczywistym, rozmiarowo dużym, o parametrach rozłożonych w przestrzeni i zmiennych w czasie. Zakres badań był obszerny, badania były czasochłonne i żmudne pod względem utrzymania założonego standardu komfortu w pomieszczeniach. Doktorant doskonale rozwiązał te trudności. Prezentacja wyników badań w formie wykresów słupkowych i kołowych jest czytelna. Doktorant rozszerzył tematykę badań zużycia energii przez oświetlenie uliczne w AGH i wykazał, że w tym obszarze także istnieje możliwość zmniejszenia zużycia energii, poprzez optymalny algorytm i jego realizację.

W mojej ocenie praca w pełni zasługuje na wyróżnienie i taki wniosek stawiam Wysokiej Radzie Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH.

