

69/2011

Raport Badawczy
Research Report

RB/77/2011

**Ogólny projekt systemów
bilansowania energii
w ośrodku
badawczo-szkoleniowym**

Z. Nahorski, W. Radziszewska

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 3810100

fax: (+48) (22) 3810105

Kierownik Zakładu zgłaszający pracę:
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Nahorski

Warszawa 2011

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Zbigniew Nahorski, Weronika Radziszewska

Ogólny projekt systemów bilansowania energii
w ośrodku badawczo-szkoleniowym

Warszawa 2011

Projekt badawczy własny Nr N N519 580238
Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Komputerowe zarządzanie energią w ośrodku badawczo-szkoleniowym z rozproszonymi źródłami energii i zmiennym zapotrzebowaniem energetycznym na eksperymenty badawcze

Kierownik projektu:

prof. dr hab. inż. Zbigniew Nahorski

Zadanie:

Opracowanie algorytmów wieloagentowych do bilansowania na bieżąco energii generowanej i pobieranej w ośrodku badawczo-szkoleniowym

Spis treści

1	Wstęp	5
1.1	Informacja o projekcie	5
1.2	Cele projektu	8
2	Warstwy i podział projektu	9
2.1	Warstwa fizyczna	11
2.1.1	Model sieci ciepłej	11
2.1.2	Model sieci elektrycznej	12
2.2	Warstwa logiczna	12
3	Wyróżnione systemy	17
3.1	System zbierania zdarzeń	17
3.2	Model sieci elektrycznej i ciepłej	18
3.3	System bieżącego bilansowania energii	19
3.4	Monitor i Zarządca	20
3.5	System planowania (Planista)	21
3.5.1	System prognoz	21
3.5.2	System szeregowania	21
3.6	System handlu z operatorem sieci zewnętrznej	22
4	Wyróżnione zbiory danych	23
4.1	Parametry pracy urządzeń	23
4.2	Dane o zadaniach i uszeregowaniu zadań	24
4.3	Dane o niezbilansowaniu	25
4.4	Prognozy	26
5	Komunikacja między systemami	27

Rozdział 1

Wstęp

1.1 Informacja o projekcie

Opracowanie prezentuje ogólny projekt systemów, które zostaną stworzone w ramach projektu badawczego własnego Nr N N519 580238 Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Komputerowe zarządzanie energią w ośrodku badawczo-szkoleniowym z rozproszonymi źródłami energii i zmiennym zapotrzebowaniem energetycznym na eksperymenty badawcze”.

Projekt bada możliwości dynamicznego bilansowania energii w małej sieci w celu zoptymalizowania kosztów działania takiej sieci oraz zwiększenia wykorzystania ekologicznych źródeł energii. Bilansowanie energii to zapewnienie równowagi pomiędzy ilością prądu pobieranego i dostarczanego w taki sposób, aby zapewnić dobre parametry jakościowe prądu. Wyznacznikami jakościowymi są częstotliwość, wartość, wahania i skoki napięcia, pojawienie się przerw w zasilaniu, napięcia przejściowe, asymetria napięcia zasilającego i itp.. Określenie obowiązujących parametrów jakościowych energii elektrycznej dostarczanej odbiorcom można znaleźć w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 20 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, ruchu i eksploatacji tych sieci (Dz. U. z 2005 r. Nr 2, poz. 6).

Obecnie dużo się mówi o problemach rosnących kosztów życia, wzrostu cen energii elektrycznej i ograniczeniach w produkcji energii związanymi z nakładanymi na kraje Europy limitami na emisję gazów cieplarnianych. Odnawialne źródła energii wydają się dobrym rozwiązaniem tych problemów, gdyż emitują zdecydowanie mniej zanieczyszczeń oraz są tanie w eksploata-

cji. Rosnąca popularność zielonych technologii powoduje powolny spadek ceny zakupu i instalacji odnawialnych źródeł energii elektrycznej na tyle, że niedługo będą one w zasięgu portfela osób średniozamożnych. Wysoka cena energii elektrycznej jest wynikiem polityki cenowej wielkich dostawców energii oraz kosztami związanymi z przesyłaniem prądu na duże odległości. Optymalizacja kosztów oznacza takie zarządzanie dostępną energią, aby wykorzystać własne zasoby zielonej energii i zminimalizować konieczność kupowania energii od operatora sieci zewnętrznej. Dużo korzystniejsze cenowo jest zawieranie umów z wyprzedzeniem niż kupowanie energii w momencie wystąpienia deficytu. Taka możliwość niestety nie jest to dostępna dla odbiorców detalicznych. Obecnie w Polsce mali producenci energii mają bardzo słabą pozycję na rynku i nie mogą wynegocjować dobrych cen. Popularyzacja odnawialnych mikroźródeł energii wymusi zmianę polityki na rynkach energii. Obecnie, ze względu na poziom cen zarówno kupowanie energii jest mało opłacalne (jest ona bardzo droga), jak i sprzedawanie energii wyprodukowanej w niewielkich generatorach jest dużo mniej opłacalne niż jej zużycie na własne potrzeby.

Projekt dotyczy zarządzania energią w ośrodku badawczo-szkoleniowym złożonym z kilku budynków, w których zakłada się, że znajdują się pomieszczenia takie jak: sale konferencyjne, laboratoryjne, seminaryjne, pracownice, pomieszczenia socjalne, rekreacyjne, pokoje biurowe, administracyjne, restauracja z zapleczem, aneks kawiarniany oraz hotel. Ośrodek będzie służył jako centrum badawcze odnawialnych źródeł energii, gdzie będą odbywać się szkolenia, badania, konferencje o tej tematyce oraz zakłada się organizowanie w nim eksperymentów badawczych dotyczących energii.

Zakładana w projekcie sieć jest mała, a niewielka liczba urządzeń powoduje, że łatwo dochodzi do niebilansowania energetycznego. Także z tego względu, że zapotrzebowanie na energię ośrodka zmienia się bardzo dynamicznie. Niektórych poborów energii nie da się przewidzieć, na przykład częstotliwości włączania czajników lub używania kuchenek mikrofalowych co w tak małej sieci może już być wykrywane jako istotne niebilansowanie. Jednakże wiedząc, że duża część personelu po przyjeździe do pracy parzy kawę, można z pewnym przybliżeniem przewidzieć wzrost poboru energii w godzinach porannych. Część hotelowa ośrodka w pewnych okresach może być wypełniona, co powoduje zwiększone zapotrzebowanie na energię nie tylko w części hotelowej, ale też w kuchni i zużyciu ciepłej wody. Laboratoria prowadzą badania dotyczące technologii i technik generacji energii ze źródeł odnawialnych, więc należy uwzględnić sytuację, gdy zapotrzebowanie ener-

getyczne ośrodka znacznie wzrosnąć ze względu na przeprowadzane eksperymenty. W projekcie nie zakłada się narzucania pracownikom i gościom, ile energii lub kiedy może być zużyte. Jednakże jest możliwe, z pewnym przybliżeniem, określenie rutynowego zużycia energii na podstawie statystycznych danych (na przykład w lecie część energii zostanie zużyta na klimatyzowanie pomieszczeń, a w zimie dłużej włączone jest oświetlenie). Niektóre zdarzenia można zaplanować, na przykład zajęcia szkoleniowe, konferencje, czy eksperymenty badawcze. Dostępne też będą informacje na temat liczby pracowników, urlopów i liczby gości hotelowych. Jednym z elementów projektu jest stworzenie systemu do wprowadzania zdarzeń oraz ich szeregowania. Polega to na ustaleniu planu wykonania zadań z uwzględnieniem ich specyficznych ograniczeń oraz wymagań, tak aby jak najbardziej równomiernie rozłożyć obciążenia lub wykorzystać momenty występowania nadprodukcji energii. System może zasugerować użytkownikom lepszy moment na wykonanie zadania, co poprawi rozłożenie zadań w czasie. Dzięki temu być może da się uniknąć chwilowych nadmiernych obciążeń sieci, a na pewno system uzyska informację o możliwości wystąpienia takiej sytuacji.

Ośrodek specjalizuje się w badaniach nad zielonymi technologiami generacji energii i w konsekwencji na terenie ośrodka są rozmieszczone małe generatory energii. Są to zarówno generatory energii odnawialnej, np. panele fotowoltaiczne, turbozespoły wiatrowe i mała elektrownia wodna, jak i generatory bardziej tradycyjne typu mikroturbina gazowa lub silnikowy zespół prądotwórczy. Ośrodek ma pewne możliwości magazynowania energii: jest wyposażony w baterie akumulatorowe oraz w baterię kół zamachowych, które niwelują skoki napięcia i dają czas na przestawienie punktu pracy innych generatorów. Wydajność baterii jest oczywiście mocno ograniczona ze względów technologicznych. Ośrodek jest także podłączony do sieci zewnętrznej średniego napięcia i może w sytuacji niedoboru energii kupować od niej energię lub sprzedawać nadprodukcję.

Zakłada się, że ośrodek jest energopozytywny, czyli przy odpowiednich warunkach środowiska może występować nadprodukcja energii. Taka sytuacja nie będzie miała miejsca w momencie wykonania eksperymentów lub przy maksymalnym obciążeniu części hotelowej. W każdym momencie jest możliwość przełączenia układu w tryb pracy wyspowej, czyli odłączenie wymiany energii z siecią zewnętrzną. Projekt uwzględnia finansowe kwestie pobierania i oddawania energii z/do sieci niskich napięć. Idealną sytuacją byłaby możliwość pracy bez konieczności czerpania energii z zewnątrz, ale jak już wspomniano taka sytuacja nie jest dopuszczalna. Pobór energii z

sieci zewnętrznej wiąże się z zakupem energii, z kolei oddawanie energii do sieci będzie mogło odbywać się po niskiej cenie, ze względu na niewielką ilość energii wymienianej między ośrodkiem a siecią. Projektowane systemy mają na celu zoptymalizowanie działania ośrodka, aby wydatki na energię były jak najmniejsze.

1.2 Cele projektu

Celem jest stworzenie projektu systemów, służących do komputerowego zarządzania energią w ośrodku badawczo-szkoleniowym z rozproszonymi źródłami energii i zmiennym zapotrzebowaniem energetycznym na eksperymenty badawcze do zoptymalizowania pracy źródeł i odbiorników. Stan optymalny to stan najniższego kosztu działania ośrodka, w idealnych warunkach koszt bieżącej pracy powinien być bliski zeru (bez uwzględnienia amortyzacji urządzeń i kosztu ich instalacji). Celem systemów będzie zapewnienie ciągłości zasilania przy jak najkorzystniejszym zagospodarowaniu energii, jaką produkują generatory, z uwzględnieniem ograniczeń poszczególnych zasobników energii. Istotne będą także ekologiczne aspekty generacji energii, czyli minimalizacja uciążliwości dla środowiska w procesie jej tworzenia. W tym przypadku zakłada się, że źródła zielonej energia mają niższy koszt pracy.

Jak widać projekt jest złożony i w celu łatwiejszego zrozumienia wyznaczono kilka zadań realizowanych przez poszczególne systemy. Pierwszym zadaniem systemu jest zbieranie danych na temat zużycia i produkcji energii. Będzie to realizowane przez system zbierający zadania od użytkowników, oraz systemy predykcji pracy urządzeń (zarówno producentów jak i odbiorców energii) biorące pod uwagę charakterystyki poszczególnych modułów i ich zastosowania. Drugie zadanie skupia obliczeniowo trudny problem szeregowania zadań i ustalania planu pracy urządzeń. Kolejnym elementem jest uwzględnienie odchyłek od stworzonych planów, czyli radzenie sobie z nieprzewidywalnymi czynnościami użytkowników lub zdarzeniami losowymi – za to będzie odpowiadał system krótkoterminowego bilansowania energii elektrycznej. Ostatnie zadanie to negocjacja cen energii z operatorem sieci zewnętrznej, za które będzie odpowiadał oddzielny moduł. Dodatkowo są wyznaczone elementy raportujące i monitorujące pracę całego systemu.

W kolejnych rozdziałach bardziej szczegółowo zostanie scharakteryzowana architektura systemu oraz jego elementów.

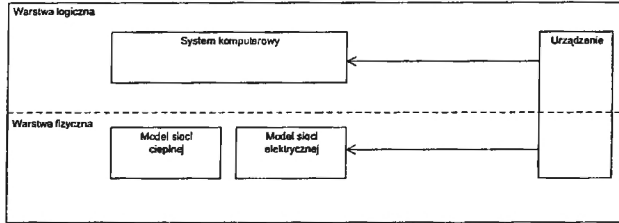
Rozdział 2

Warstwy i podział projektu

Cele i zadania założone w projekcie są różnorodne, należą do odmiennych kategorii i są określane w innych ramach czasowych (np. planowanie tygodniowe lub bilansowanie w zakresie kilku minut). Dlatego też projekt jest podzielony na szereg modułów, co ułatwi projektowanie i implementację oraz umożliwi w przyszłości skalowanie projektu i jego dalszy rozwój.

Projekt zakłada kompleksowe podejście do sieci energetycznej i ciepłej: od ustalenia rodzaju poszczególnych elementów sieci i sposobu ich podłączenia do negocjacji cen za wyprodukowaną energię. Cały projekt jest podzielony na dwie warstwy: warstwę fizyczną i warstwę logiczną. Schemat podziału jest przedstawiony na rysunku 2.1. Warstwa fizyczna to modele sieci ciepłej i elektrycznej oraz wszystkich urządzeń (np. kotła gazowego, klimatyzacji, kuchni, grupy gniazdek elektrycznych, itp.). Warstwa ta opisuje parametry pracy oraz ograniczenia fizyczne (np. profil zużycia prądu, maksymalne zużycie prądu, warunki pracy, itp.). Na podstawie tych modeli zostaną stworzone symulatory do testowania działania systemu. W tej warstwie znajduje się też automatyczna regulacja elementów sieci elektrycznej i ciepłej, reagującej na spadki napięcia i nagłe zmiany w parametrach prądu.

Zadaniem warstwy logicznej jest sterowanie parametrami pracy zamodelowanych urządzeń. Warstwa ta nie zastępuje automatyki, tylko dopełnia ją poprzez wprowadzenie bardziej skomplikowanych reguł przełączania i preferencji pewnych źródeł i odbiorników. Do tej warstwy należą systemy komputerowe, które będą odbierać i analizować sygnały od urządzeń fizycznych i wpływać na ich ustawienia oraz uzyskiwać informację od użytkowników na temat ich planowanych działań. Pozwoli to na bardziej precyzyjne przewi-



Rysunek 2.1: Ogólny zarys warstw.

dywanie zużycia. W tej warstwie znajdują się też negocjacje cen i wycena ekonomiczna wydajności działania ośrodka.

W następnej sekcji zostaną omówione dokładniej elementy w obydwu warstwach.

Projekt dotyczy zarządzania energią elektryczną, ale także energią ciepłą w założonym wirtualnym modelu ośrodka badawczo-szkoleniowego. Energia ciepła jest wolnozmienna, ma dużą tolerancję, jeżeli chodzi o minimalną i maksymalną temperaturę w pomieszczeniach, a także jest ściśle zależna od warunków atmosferycznych. Używając czujników i posiadając informacje o kubaturze pomieszczeń można dobrze zarządzać energią ciepłą w ramach dostępnych generatorów ciepła. Ośrodek nie będzie podłączony do ciepła systemowego, więc koszt ogrzewania jest zdominowany przez koszty paliwa do kotłów kondensacyjnych na gaz lub biogaz.

Energia elektryczna charakteryzuje się rozproszeniem odbiorów, dużą prędkością zmian poziomu produkowanej i odbieranej energii oraz dużymi kosztami związanym z niedoborem energii nawet przez krótki czas.

Nie jest konieczne tworzenia inteligentnych systemów zarządzających energią ciepłą za względu na jej wolnozmienny charakter, jednakże pewne elementy tego systemu, jak na przykład klimatyzacja, są zasilane z sieci energetycznej. W założonej koncepcji takie urządzenia będą traktowane jak odbiorniki prądu.

2.1 Warstwa fizyczna

2.1.1 Model sieci cieplnej

Koncepcja sieci cieplnej nie zakłada podłączenia ośrodka badawczo-szkoleniowego do źródła ciepła systemowego. Każdy budynek ma oddzielną instalację centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej oraz klimatyzacji.

Źródłem ogrzewania jest biogaz i gaz ziemny, a urządzeniem grzewczym jest kocioł kondensacyjny. W ośrodku zainstalowana jest ponadto pompa ciepła, jest możliwe odzyskiwanie ciepła ze spalin zespołu prądowłórczego oraz wykorzystania ciepła z kolektorów słonecznych. W budynku znajdują się termostaty i czujniki temperatury pozwalające dostosowywać temperaturę w pomieszczeniach do warunków atmosferycznych.

Ponieważ ciepło jest wolnozmiennie, systemy zainstalowane w urządzeniach grzewczych są wystarczające do wydajnego zarządzania temperaturą w ośrodku. Dlatego też nie przewiduje się tworzenia specjalizowanych systemów zarządzających bilansem ciepła. Jednakże urządzenia grzewcze i klimatyzacyjne muszą być uwzględnione przy tworzeniu systemów zarządzania energią elektryczną. W raporcie [5] wyznaczono 16 podstawowych typów odbiorów energii elektrycznej. Cztery z nich (numery 1 - klimatyzacja pomieszczeń, 9 - zasilanie kotłów, 10 - zasilanie pomp obiegowych i 15 - zasilanie pompy ciepła) dotyczą odbiorów prądu związanych z bilansem cieplnym budynku. Z tego względu, pomimo, że nie będzie systemu informatycznego dynamicznie regulującego poziom wytwarzania ciepła, część urządzeń grzewczych będzie uwzględniona przy systemach wspomagających zarządzanie energią elektryczną jako odbiorniki prądu.

Moduł prognozowania będzie realizował prognozy dla ogrzewania i klimatyzacji, jednakże nie przewiduje się krótkoterminowego sterowania systemem grzewczym. Prognozy bazują na statystycznej, średniej temperaturze w określonych dniach roku, uwzględniają także stopień docieplenia budynków oraz wydajność zainstalowanych urządzeń grzewczych.

Modele elementów sieci cieplnej są przedstawione w [5]. Opisano w nim modele matematyczne kotłów kondensacyjnych, pompy ciepła, kolektorów słonecznych, zasobników ciepła oraz sieci (instalacji) cieplnych. Wyszczególniono również 2 typowe profile odbiorów końcowych: ogrzewanie pomieszczeń oraz ciepła woda użytkowa. Raport zawiera także opis aplikacji komputerowej pozwalającej na modelowanie poszczególnych elementów sieci cieplnej oraz połączeń między nimi.

2.1.2 Model sieci elektrycznej

Modele fizyczne sieci elektrycznej zostały już częściowo wykonane i ich szczegółowy opis można znaleźć w raportach i opracowaniach zaprezentowanych w kolejnym akapicie.

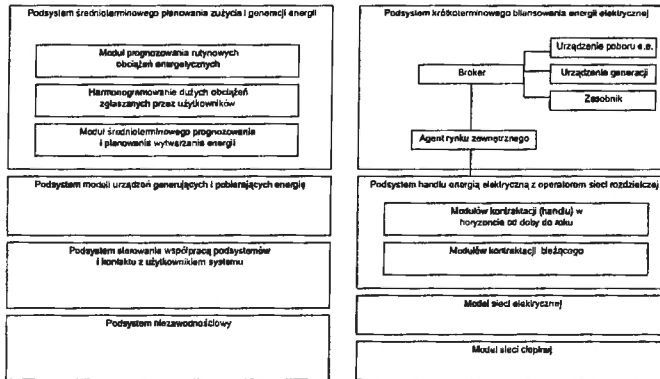
W raporcie badawczym [8] opracowano koncepcję sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia ośrodka badawczo-szkoleniowego oraz wewnętrznych instalacji elektrycznych w poszczególnych budynkach ośrodka. W raporcie [1] znajduje się projekt stacji elektroenergetycznej 15/0,4 kV, sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia ośrodka badawczo-szkoleniowego oraz wewnętrznych instalacji elektrycznych w poszczególnych budynkach ośrodka, łącznie z określeniem odbiorów energii elektrycznej oraz doбором rozproszonych źródeł i zasobników energii elektrycznej. W raporcie badawczym [5] został szczegółowo opisany model matematyczny wewnętrznej sieci elektroenergetycznej oraz instalacji elektrycznych w poszczególnych obiektach ośrodka, łącznie z modelami rozproszonych źródeł, zasobników oraz odbiorów energii elektrycznej oraz fizyczne i ekonomiczne modele komputerowe wewnętrznej sieci elektroenergetycznej, instalacji elektrycznych w budynkach, odbiorów energii elektrycznej, rozproszonych źródeł energii elektrycznej oraz zasobników energii elektrycznej w ośrodku badawczo-szkoleniowym.

2.2 Warstwa logiczna

System zarządzający energią ośrodka musi na podstawie dostępnych danych zużycia energii, prognozy pogody, danych o zdarzeniach (eksperymentach, konferencjach) i danych o stanie urządzeń (niski poziom wody w zbiorniku ogranicza zdolności produkcyjne elektrowni wodnej) oszacować zużycie energii na pewien okres, rozlokować energię stosownie do planu oraz zbilansować wszelkie odchylenia.

W warstwie logicznej system zarządzania energią składa się z kilku współpracujących z sobą podsystemów (schematycznie zarysowane na rysunku 2.2). W projekcie wyróżniono następujące podsystemy:

1. Podsystem modeli urządzeń generujących i pobierających energię (zbiera moduły modelujące stan wszystkich urządzeń, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości generacyjnych zarówno natychmiastowych, jak i przyszłych, z horyzontem czasowym właściwym dla rodzaju urzą-



Rysunek 2.2: Ogólny zarys elementów projektu.

dzenia i związanym z jego stałymi czasowymi lub odpowiednio możliwościami poboru energii).

2. Podsystem średnioterminowego planowania zużycia i generacji energii (Planista) – składa się z modułów:

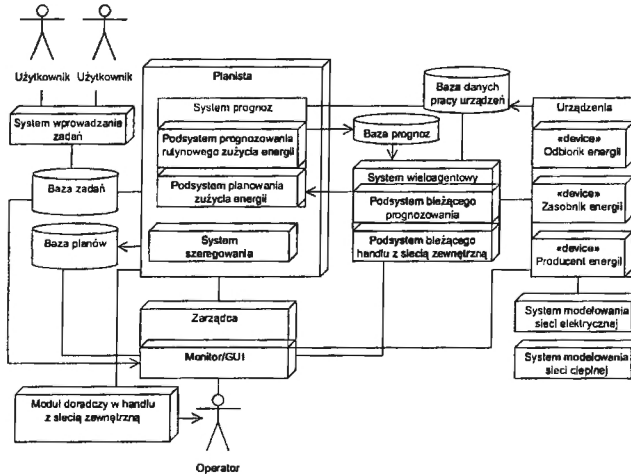
- Moduł prognozowania rutynowych obciążeń energetycznych (uwzględniających typową charakterystykę zużycia/produkcji energii rocznej, tygodniowej, dziennej).
- Szeregowanie dużych obciążeń zgłaszanych przez użytkowników (szereguje obciążenia zgłaszane przez użytkowników, takie jak eksperymenty badawcze wymagające zwiększonego zużycia energii, spotkania naukowe, obciążenia części hotelowej ośrodka; obciążenia mogą charakteryzować się np. zależnościami kolejnościowymi, pożądanymi przedziałami czasowymi realizacji, itp.).
- Moduł średnioterminowego prognozowania i planowania wytwarzania energii (odpowiada za prognozy pogody oraz prognozowanie sezonowej dostępności takich mediów, jak woda, wiatr, nasłonecznienie lub biomasa).

3. Podsystem krótkoterminowego bilansowania energii elektrycznej (ma na celu wyrównywanie krótkoterminowych odchyleń od przewidywanej generacji i poboru energii).
4. Podsystem sterowania współpracą podsystemów i kontaktu z użytkownikiem systemu (koordynuje współpracę podsystemów oraz pełni funkcje interfejsu z osobą obsługującą system, obejmując takie funkcjonalności jak prezentacje stanu systemu, sprawozdania z historii działania, możliwości ustalania parametrów i modyfikacji algorytmów działania).
5. Podsystem handlu energią elektryczną z operatorem sieci rozdzielczej (informuje o opłacalności poboru energii elektrycznej z sieci zewnętrznej i docelowo negocjuje lepsze warunki jej zakupu i sprzedaży).
6. Podsystem niezawodnościowy (prognozuje wskaźniki niezawodnościowe, podczas działania systemu wspomaga planowanie szczególnie ważnych eksperymentów, których przerwanie w trakcie wykonywania wiązałoby się z dużymi stratami).

Każdy z tych podsystemów jest złożoną platformą mającą inne cele, ale także inną architekturę. Nie jest wymagane, aby wszystkie wyżej wymienione elementy były stworzone w takiej samej technologii.

Połączenie wymienionych systemów jest przedstawione na rysunku 2.3. Jak widać, modele sieci cieplnej i elektrycznej są podstawą do stworzenia symulacji pracy całego systemu. Udostępniają one dane do modelowania urządzeń, które z kolei komunikują się z systemem bieżącego bilansowania energii. System ten reaguje na zmiany, które zajądą w systemie i kompensuje je z uwzględnieniem 15-minutowej prognozy działania urządzenia. Zadaniem planisty jest zbieranie danych o prawdopodobnym poziomie zapotrzebowania na energię i wielkości produkcji, a następnie stworzenie harmonogramu i planów długoterminowych. Planista oraz system bilansowania krótkoterminowego nie powinny ingerować w swoje kompetencje, więc tylko system bieżącego bilansowania może zlecić urządzeniom zmianę punktu pracy, oczywiście jeżeli urządzenie udostępnia taką możliwość.

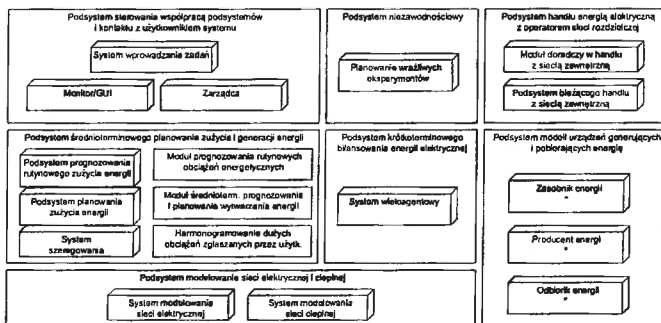
Systemy wprowadzania zadań, monitor oraz zarządca, widoczne na rysunku 2.3, są elementami pomocniczymi dla głównych systemów. Zarządca będzie regulował parametrami systemu i umożliwił zarządzanie systemami jako takimi, np. pozwoli na ponowne uruchomienie podsystemu, który uległ awarii.



Rysunek 2.3: Podsystemy wyodrębnione w dotychczasowej analizie i prezentacja zależności między nimi.

Bardzo istotnym elementem będzie moduł doradcy w handlu z siecią zewnętrzną, który na podstawie danych od innych systemów będzie sugerował zawarcie ofert długoterminowych z operatorem zewnętrznej sieci energetycznej w celu obniżenia kosztów energii, której zakup będzie niezbędny w przypadku dużego obciążenia sieci ośrodka. W przyszłości system ten będzie automatycznie zawierał umowy z siecią zewnętrzną poprzez komputerowy system podłączony do giełdy energii elektrycznej lub innego podmiotu mającego uprawnienia do handlu tym towarem.

Zależność wyróżnionych elementów systemu od podsystemów projektu jest przedstawiona na rysunku 2.4. Bardziej szczegółowy opis systemów znajduje się w rozdziale 3.



Rysunek 2.4: Zestawienie elementów projektu z elementami systemu.

Rozdział 6

Podsumowanie

Dokument ten zarysowuje architekturę systemów do projektu komputerowego zarządzania energią w ośrodku badawczo-szkoleniowym z rozproszonymi źródłami energii i zmiennym zapotrzebowaniem energetycznym na eksperymenty badawcze. Celem całego projektu jest sprawdzenie, na ile wiedza na temat zużycia i produkcji energii może pomóc w redukcji kosztów działania wirtualnego ośrodka badawczo-szkoleniowego. Największym wyzwaniem projektu jest zaprojektowanie systemów w sposób możliwie jak najbardziej skalowalny, aby możliwe było rozszerzenie jego funkcjonalności w przyszłości.

Projekt jest podzielony na wiele systemów ze względu na różnorodność tematów badawczych i podejścia do ich rozwiązania. Tematyka projektu jest szeroka i dotyczy kilku problemów, m.in. szeregowania zadań, wydajnej komunikacji w systemie wieloagentowym, modelowania sieci i urządzeń fizycznych. Każdy z tych elementów wymaga innego zasobu wiedzy i innego podejścia metodologicznego. Problemy szeregowania są problemami NP-zupełnymi, więc wymagają rozwiązań wykorzystujących metaheurystyki i przybliżenia w celu otrzymania wystarczająco dobrego rozwiązania w rozsądnym czasie. Problem bilansowania energii elektrycznej wymaga podejścia dynamicznego i wydajnej metody negocjacji warunków zakupu lub sprzedaży, co jak pokazano w [4] jest dobrze realizowalne przy pomocy agentów programowych.

Najistotniejszym elementem pracy będzie połączenie tych systemów w jeden działający organizm i umożliwienie wymiany wyników obliczeń w sposób szybki i wydajny, tak aby wszystkie założone cele mogły być zrealizowane. Integracja będzie realizowana głównie na poziomie danych i komunikacji. Wymiana danych będzie realizowana przez wymianę plików, działanie na wspólnej bazie danych oraz przez bardziej zaawansowane interfejsy i usługi

sieciowe. Dokładny zakres danych i projekty baz będą przedstawione w kolejnych opracowaniach wraz z rozwojem projektu.

Na obecnym etapie nie definiuje się interfejsu użytkownika, gdyż jest to element nie wpływający na realizację symulacji, a istotniejsze jest uzyskanie danych na temat działania systemu w formie przystępnej do dalszych analiz. Zakłada się, że rolę tego interfejsu będzie spełniał Monitor, który będzie zbierał dane od wszystkich systemów i publikował raporty z działania urządzeń.

Moduł handlu z siecią zewnętrzną jest silnie zależny od rynku energii, ograniczeń i wymogów prawnych, dlatego też przy jego realizacji zakładamy, że istnieją podstawy prawne i ekonomiczne do przeprowadzenia handlu energią na tak niewielką skalę jak będzie to wymagane w ośrodku (wolumen od kilkudziesięciu kilowatów).

Obecnie pomija się problem podłączenia systemu do fizycznych urządzeń – ich rolę pełnią modele matematyczne. Jednakże w przypadku, gdy projekt przedstawi obiecujące wyniki, rozważa się możliwość podłączenia do systemu rzeczywistych, fizycznych urządzeń i sprawdzenie wyników symulacji.

Jeżeli w projekcie zostanie pokazane, że przy użyciu opisanego systemu można zwiększyć wydajność i zmniejszyć koszty zapewnienia energii ośrodkowi, projekt przyczyni się do rozwoju mikroźródeł oraz systemów typu smart grid (więcej o tym temacie w [2]). Ośrodek składający się z kilku budynków wymaga dużo mniej energii elektrycznej i w przypadku wyposażenia go we własne źródła, może być energopozytywny (ma charakter prosumencki). Warto podkreślić, że założone w projekcie źródła energii są dostępne na rynku.

Idea samowystarczalnych obiektów jest szczególnie atrakcyjna dla zachowania bezpieczeństwa energetycznego. Jest to szczególnie ważne w momencie wprowadzania limitów na emisję gazów cieplarnianych i prognozowanego wzrostu cen energii elektrycznej.

Bibliografia

- [1] D. Baczyński, P. Piotrowski, and J. Wasilewski. Opracowanie projektu sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia oraz fragmentów instalacji elektrycznych w poszczególnych obiektach ośrodka badawczo-szkoleniowego, łącznie z określeniem odbiorów energii elektrycznej oraz doбором rozproszonych źródeł energii elektrycznej (turbin wiatrowych, baterii fotowoltaicznych, turbin wodnych, silników tłokowych), a także zasobników energii elektrycznej (np. baterii akumulatorów) – Etap II. Technical report, Instytut Badań Systemowych PAN, 2011.
- [2] K. P. Birman, Li Ganesh, and R. van Renesse. Running smart grid control software on cloud computing architectures. In *Proceedings of the Computational Needs for the Next Generation Electric Grid*, pages 1–35, Washington, DC, USA, 2011.
- [3] D. Booth, H. Haas, F. McCabe, E. Newcomer, M. Champion, C. Ferris, and D. Orchard. *Web Services Architecture*. Number 11 in W3C Working Group Note. February 2004.
- [4] R. K. Dash, N. R. Jennings, and D. C. Parkes. Computational-mechanism design: A call to arms. *IEEE Intelligent Systems*, pages 40–47, November 2003. Special Issue on Agents and Markets.
- [5] D. Kowalska, M. Parol, J. Wasilewski, and T. Wójtowicz. Zadanie pt. Opracowanie modeli matematycznych sieci elektroenergetycznych, instalacji elektrycznych oraz instalacji (sieci) ciepłych, a także komputerowych modeli fizycznych i ekonomicznych: odbiorów energii elektrycznej, odbiorów ciepła, rozproszonych źródeł energii elektrycznej i ciepła, zasobników energii elektrycznej i ciepła w ośrodku badawczo-szkoleniowym. Technical report, Instytut Badań Systemowych PAN, 2011.

- [6] Z. Nahorski, P. Pałka, W. Radziszewska, and J. Stańczak. Założenia dla systemu wieloagentowego do bieżącego bilansowania energii generowanej i pobieranej. Technical Report RB/61/2011, Instytut Badań Systemowych PAN, 2011.
- [7] Z. Nahorski and W. Radziszewska. Inteligentne systemy bilansowania mocy w mikrosieciach elektroenergetycznych. Technical Report RB/72/2011, Instytut Badań Systemowych PAN, 2011.
- [8] M. Parol, J. Wasilewski, and T. Wójtowicz. Zadanie pt. Opracowanie projektu sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia oraz fragmentów instalacji elektrycznych w poszczególnych obiektach ośrodka badawczo-szkoleniowego, łącznie z określeniem odbiorów energii elektrycznej oraz doбором rozproszonych źródeł energii elektrycznej (turbin wiatrowych, baterii fotowoltaicznych, turbin wodnych, silników tłokowych), a także zasobników energii elektrycznej (np. baterii akumulatorów) – Etap I. Technical report, Instytut Badań Systemowych PAN, 2010.
- [9] M.I Woolridge. *Introduction to multiagent systems*. John Wiley & Sons, 2001.

