

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, wzroście 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 3

Wyróżnione systemy

3.1 System zbierania zdarzeń

System zbierania zdarzeń będzie odpowiadał za dostarczenie systemowi planowania jak najpełniejszych danych o tym, co dzieje się lub zdarzy się w ośrodku w zakresie zużycia energii. Elementy, takie jak zaplanowane eksperymenty, szkolenia, konferencje, zebrania i in., będą wprowadzane przez użytkowników do systemu. Zdarzenia dotyczące urządzeń, na przykład wymagane prewencyjne rozładowanie baterii, obniżenie się poziomu wody w zbiorniku, konieczność przeglądu technicznego urządzenia, będą automatycznie przesyłane przez urządzenia, a w pewnych sytuacjach przez operatorów. Zdarzenia będą opisywane przy pomocy zestawu parametrów i warunków – czas zajścia zdarzenia będzie wyrażony poprzez zdefiniowanie szeregu ograniczeń: może być określony czas trwania zdarzenia „od” i „do” lub w sposób elastyczny poprzez określenie warunków: „nie później niż”, „nie wcześniej niż” i przez podanie szacowanego czasu trwania zdarzenia. Dla Planisty istotne jest, z jakiego obwodu będzie pobierana energia do zasilenia zadania, system wprowadzania zadań agreguje odpowiednie części sieci i tłumaczy je na nazwę miejsca lub stanowiska, na którym zadanie będzie realizowane. O ile w przypadku eksperymentów wykonywanych na specjalizowanych stanowiskach jest to zadanie proste, o tyle określenie zasobów, z których będą korzystać uczestnicy konferencji, jest zadaniem o wiele trudniejszym. System wprowadzania zadań na podstawie wprowadzonych danych będzie określał, jakich zasobów wymaga zadanie, i będzie wskazywał, jakie elementy sieci elektrycznej mogą zostać obciążone. Użytkownik nie powinien się zastanawiać do których ele-

mentów sieci elektrycznej jest podłączona np. sala wykładowa. To system rozdzieli pojęcie „sala wykładowa” na prawdopodobne zwiększenie obciążenia układu oświetlenia, gniazdek sieciowych, klimatyzacji i komputerów obsługujących urządzenia w tym pomieszczeniu.

System umożliwiający użytkownikom wprowadzenie informacji o zadaniu powinien być dostępny dla jak największej liczby osób zainteresowanych, najlepiej poprzez interfejs sieciowy dostępny przez intranet ośrodka. Powinien umożliwiać wprowadzenie parametrów zadania, dzięki którym system może oszacować zapotrzebowanie energetyczne. Wyróżniono następujące parametry:

- nazwa zadania,
- użytkownik wprowadzający zadanie,
- rodzaj zadania (spotkanie, eksperyment),
- określenie ram czasowych lub warunków wykonania zadania,
- określenie umiejscowienia zadania (sale, pokoje, pracownie).

Zadanie, po wprowadzeniu, zostanie zapisane w bazie danych zadań, które Planista szereguje i informuje, na kiedy zostało zaplanowane wykonanie zadania i jaki będzie prawdopodobny koszt jego zasilenia.

Dodatkową funkcją tego systemu jest kontrola zajętości sal i zasobów – niektóre zasoby nie mogą być zajęte w tym samym czasie przez dwie osoby.

3.2 Model sieci elektrycznej i ciepłej

Tutaj znajduje się oprogramowanie modelujące sieć elektryczną i ciepłą, pozwalające na rozplanowanie ich elementów i wprowadzenie odpowiednich parametrów. Większa część tej funkcjonalności znajduje się w warstwie fizycznej projektu, opisanej w sekcji 2.1. Jednakże urządzenia będą również odwzorowane w warstwie logicznej jako symulatory zachowania urządzeń w sieci. Urządzenia są scharakteryzowane parametrami i ograniczeniami fizycznymi, a ich sposób działania bazuje na danych o sprawności i poziomach pracy opisanych w [5].

Model komputerowy dotyczący części elektrycznej obejmuje: wewnętrzną sieć rozdzielczą SN (średnich napięć) i NN (niskiego napięcia), instalacje elektryczne w poszczególnych budynkach ośrodka, jak również źródła wytwórcze,

zasobniki i odbiorniki energii elektrycznej. Model ten został opracowany w oparciu o rozwiązania projektowe przedstawione w [8] oraz opis modeli matematycznych zawartych w [1]. Model komputerowy części cieplnej obejmuje: sieci (instalacje) ciepłe, źródła ciepła, zasobniki i odbiorniki ciepła w poszczególnych budynkach ośrodka. Model ten został opracowany bazując na opisie modeli matematycznych zawartych w [1].

Model sieci elektrycznej i cieplnej będzie informował o nadmiernym obciążeniu sieci oraz o ewentualnych anomaliach jej pracy. Ma to na celu przeprowadzanie symulacji w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, uwzględniających wszystkie ograniczenia fizyczne.

3.3 System bieżącego bilansowania energii

System bilansowania bieżącego będzie reagował na odchylenia w zużyciu lub produkcji energii od planu stworzonego przez system planowania. System ten nie będzie miał możliwości ingerowania w odbiorniki energii, ale może wpływać na punkt pracy źródeł sterowalnych (np. mikroturbiny gazowej). Jeżeli system nie będzie w stanie zbilansować energii wewnątrz sieci z powodu zbyt-nych braków lub nadmiarów energii, będzie możliwe kupno/sprzedaż energii z/do sieci zewnętrznej. System ten będzie pracował wyłącznie w horyzoncie kilku- lub kilkunasto-minutowym, wszystkie dłuższe prognozy lub plany będą obsługiwane przez Planistę.

System bieżącego bilansowania energii to system wieloagentowy (założenia dotyczące systemów wieloagentowych są szczegółowo opisane w [9]), gdzie każde urządzenie w sieci jest reprezentowane przez swojego wirtualnego agenta fizycznego, który komunikuje się z urządzeniem i na bieżąco pobiera od urządzenia informacje o jego możliwościach zmiany punktu pracy i stanie. Agent fizyczny musi działać w sposób zbliżony do systemu czasu rzeczywistego. Aby uchronić agenta przed nadmiernym obciążeniem zadaniami, jego zadania zostały rozdzielone na kilku podagentów, które mogą działać w sposób równoległy. Więcej o podziale agentów znajduje się w raporcie [6]. Zakładamy, że system bieżącego bilansowania będzie systemem rozproszonym, to znaczy brak będzie wyróżnionego repozytorium, będącego źródłem wszystkich danych dotyczących systemu. Dane te będą rozproszone pomiędzy agentami tworzącymi system. Agenty komunikują się ze sobą zawierając kontrakty na zagospodarowanie energii. Agent reprezentujący źródło energii stara się znaleźć agenta, który potrzebuje energii dla swojego urządzenia

i zawrzeć z nim umowę na określoną ilość wyprodukowanej energii. Jeżeli energii w systemie będzie zbyt mało, agent źródła energii może zgłosić urządzeniu podniesienie swojego punktu pracy i zwiększyć ilość energii w całej sieci. Agent fizyczny urządzenia może komunikować się z modulem prognoz urządzenia, który dla horyzontu kilkuminutowego określi z przybliżeniem, ile energii będzie potrzebował lub produkował dane urządzenie. Predykcja będzie brała pod uwagę charakterystykę urządzenia, prognozę pogody i plan (uszeregowanie zadań) w systemie. System ten może też na bieżąco handlować z siecią zewnętrzną – będzie to realizowane przez specjalnego agenta znającego ceny energii w sieci zewnętrznej i zliczającego niedomiar energii w sieci ośrodka.

Założenia dla systemu wieloagentowego do bieżącego bilansowania energii zostały opisane w raporcie badawczym [6]. Opis zagadnień związanych z inteligentnymi systemami bilansowania mocy w sieciach elektrycznych znajduje się w raporcie [7].

3.4 Monitor i Zarządca

Założeniem projektu jest sprawdzenie zastosowanych metod bilansowania i optymalizacji w symulacji rzeczywistego systemu. Kluczowym elementem badań będzie zebranie wyników i ich dalsza analiza. Punktem zbierającym dane ze wszystkich systemów będzie Monitor, który monitoruje stan całego systemu, odbiera dane od planisty, systemu bieżącego bilansowania energii i in. Ma też dostęp do wszystkich baz danych. Będzie stanowić główne źródło informacji o systemie i wynikach symulacji.

Zarządca to moduł, który będzie umożliwiał sterowanie parametrami systemów w celu dostrojenia istniejących rozwiązań i sprawdzenie zaimplementowanych algorytmów.

Nie przewiduje się tworzenia skomplikowanego graficznego interfejsu użytkownika na tym etapie badań. Dużo istotniejsze jest opracowanie lepszych formatów reprezentacji wyników systemu i wszelkich wykrytych strat energii lub niezbilansowań.

3.5 System planowania (Planista)

System planowania będzie tworzył i przechowywał prognozę statystycznego zużycia prądu w ośrodku w danym okresie, a następnie nakładał na to warunki pogodowe, stan generatorów energii (np. ilość wody w zbiorniku elektrowni wodnej) oraz zdarzenia zebrane przez system zbierania zdarzeń. Na podstawie tych informacji powstanie harmonogram zdarzeń planowanych i działania sterowalnych elektrowni oraz plan zużycia energii. Jeżeli system planowania stwierdzi wystąpienie dużej nadprodukcji energii w ośrodku, może zlecić zawarcie kontraktów na sprzedaż energii do sieci zewnętrznej, lub zakup w przypadku niedoborów energii.

Planista będzie składał się z dwóch podsystemów: systemu prognoz oraz systemu szeregowania. Ich opis jest przedstawiony w kolejnych podsekcjach.

3.5.1 System prognoz

System prognoz będzie tworzył szereg prognoz dla innych systemów. Prognozy dotyczą zużycia oraz produkcji energii przez wszystkie urządzenia ośrodka oraz produkcje ciepła. Ponieważ systemy potrzebują informacji o prognozach w różnych horyzontach czasowych, system ten będzie publikował prognozy roczne, sezonowe, długoterminowe (trzydniowe i tygodniowe), krótkoterminowe (dobowe) i ultrakrótkie (5-15 minut). Będzie korzystał danych o rutynowym zapotrzebowaniu na energię, czyli pewnych statystykach dotyczących zużycia w danej porze roku, tygodniu, dniu i porze dnia. Dane te będą korygowane o bieżące pomiary. System będzie korzystał z charakterystyk urządzeń, informacji o zaplanowanych zadaniach (wprowadzonych przez użytkowników) oraz prognozy pogody.

3.5.2 System szeregowania

Każdy planowany do przeprowadzenia w ośrodku eksperyment badawczy i każde organizowane spotkanie jest określane jako zadanie do wykonania. Każde z nich jest określone pewnymi parametrami, na przykład takimi jak czas trwania, mogą one mieć one charakter rozmyty. Każde miejsce wykonywania zadania będzie określane jako procesor. Do każdego zadania jest potrzebny przynajmniej jeden procesor, który nie może być w tym samym czasie przypisany do wielu zadań. System będzie szeregował zadania z uwzględnieniem ilości prawdopodobnie dostępnej energii oraz obciążenia systemu

tak, aby zapewnić minimalne przekraczanie własnych mocy produkcyjnych ośrodka.

Algorytmy szeregowania obciążeń będą działały w warunkach niepewności i zmienności zarówno otoczenia, jak i samego systemu zasilania. Wynika to z faktu, że słabo przewidywalny jest nie tylko poziom generowanej energii (np. uzyskiwanej ze źródeł zależnych od warunków atmosferycznych, jak siła wiatru, czy intensywność nasłonecznienia), lecz także zgłaszane obciążenia energetyczne. Deklarowane w planach wartości ich parametrów (np. czas trwania) mogą być zmienne lub nieprecyzyjnie określone.

Wymaga to opracowania modeli problemów szeregowania obciążeń energetycznych w warunkach niepewności przy zmiennych wartościach parametrów. W tym celu skonstruowane zostaną algorytmy heurystyczne oraz metaheurystyczne. Obliczenia będą musiały być prowadzone cyklicznie w celu uwzględniania nowych zgłoszeń.

3.6 System handlu z operatorem sieci zewnętrznej

Podsystem handlu energią elektryczną z operatorem sieci rozdzielczej ma pomagać w negocjacji korzystniejszych kontraktów na energię elektryczną. Na podstawie planów długoterminowych może określić, kiedy będzie występować deficyt energii i oszacować jego wielkość. Zostanie wtedy przedstawiona użytkownikom propozycja zawarcia kontraktu z odpowiednim wyprzedzeniem dla osiągnięcia najkorzystniejszej ceny.

Docelowo system ma mieć możliwość autonomicznego kontraktowania energii z operatorem sieci zewnętrznej. Obecnie nie ma możliwości podłączenia systemu tak małego ośrodka do systemu kontraktującego. Taką usługę dostarczają w tej chwili pośrednicy na rynku energii elektrycznej, dotyczy to jednak ilości energii liczonej w megawatach, a ośrodek nie ma fizycznych możliwości przetwarzania takiego prądu. Tego typu handel docelowo będzie realizowany na platformie wieloagentowej w ramach systemu krótkoterminowego bilansowania energii elektrycznej poprzez specjalnego agenta, który będzie regulował ilość pobranego prądu.

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 dotyka 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.

