

Stanisław PŁACZEK\*

## ZASTOSOWANIE METOD DEKOMPOZYCJI I KOORDYNACJI W ANALIZIE SYSTEMÓW ELEKTRYCZNYCH

Złożone systemy najlepiej analizować dokonując wydzielenia mniejszych podsystemów, podsieci łączących się z sąsiednimi podsieciami powiązaniemi wejścia i wyjścia. Każdą podsieć możemy analizować poprzez zastosowanie odpowiednich algorytmów i procedur wynikających z potrzeb globalnego zadania. W artykule proponuje się zastosowanie metod dekompozycji i koordynacji w analizie złożonych zadań. Na pierwszym poziomie występują podsieci lokalne, połączone pomiędzy sobą oraz z siecią nadrzędną interfejsami. Rozwiązania cząstkowe zależą nie tylko od wewnętrznych parametrów podsieci lecz również od wartości interfejsów. Otrzymane rezultaty muszą być skoordynowane w taki sposób, aby otrzymać rozwiązanie globalnego zadania.

SŁOWA KLUCZOWE: złożoność systemu, hierarchia, dekompozycja, koordynacja, analiza systemu, zbieżność algorytmu

### 1. ZŁOŻONOŚĆ SYSTEMU

#### 1.1. Wprowadzenie

Współczesne systemy elektryczne, energetyczne jak elektroniczne zaliczamy do systemów dużych ze względu na ich złożoność strukturalną jak i parametry sygnałów. Przykładów można szukać w systemach zasilania współczesnych kopalń węgla i miedzi, dużych systemach sieci i zasilania jak i w skomplikowanych schematach urządzeń elektronicznych mniejszej mocy. W zależności od wchodzących w skład systemu elementów zaliczamy je do liniowych lub nieliniowych, analizujemy stany stacjonarne jak i procesy dynamiczne. We wszystkich przypadkach tworzone są układy równań zawierające kilkaset lub kilka tysięcy równań. Rozwiązywanie tych równań jest, nawet dla współczesnych komputerów czasochłonne, a zrozumienie powiązań pomiędzy modułami jak i elementami systemu jest bardzo utrudnione. W artykule wszystkie tego typu systemy i inne będą nazywane systemami elektrycznymi lub obwodami elektrycznymi (sieciami). Spojrzenie całościowe, do czego zmusza system, polega

---

\* Akademia Finansów i Biznesu Vistula.

na skupieniu uwagi na tych składnikach i związkach, które są istotne dla realizacji celu systemu. Formalnie przez system  $S$  oznaczony zostanie zbiór elementów lub obiektów, które są powiązane w całość relacjami.

$$S = \langle U, \{R\}, Y \rangle \quad (1)$$

gdzie:  $U$  – zbiór wyróżnionych elementów wejścia,  $Y$  – zbiór wyróżnionych elementów wyjścia,  $R$  – relacje określone na zbiorach  $U$  i  $Y$ , z których każda reprezentuje pewien rodzaj związków i zależności między elementami.

Według [1] relacje pomiędzy elementami  $U$  i  $Y$  systemu można przedstawić na dwa sposoby:

- Opisy przez wejście – wyjście. Przez system  $S$  rozumie się odwzorowanie przyporządkowujące każdemu elementowi zbioru  $u \in U$  element zbioru  $y \in Y$ .

$$S : U \rightarrow Y \quad (2)$$

W praktyce zależności pomiędzy elementami wejścia i wyjścia wyrażone są układami równań różniczkowych lub algebraicznych.

- Opisu teleologicznego. Relacja jest opisana w sposób niejawni jako procedura rozwiązania zadania. System  $S$  nazywa się rozwiązującym zadanie (systemem podjęcia decyzji), jeżeli istnieje zbiór zadań  $D$  i zbiór rozwiązań  $Y$ . Dla dowolnego elementu  $u \in U$  oraz  $y \in Y$ , para  $(u, y)$  należy do systemu  $S$ , czyli

$$(u, y) \in S \quad (3)$$

Wtedy i tylko wtedy, kiedy  $y$  jest rozwiązaniem zadania  $D(U)$ .

Tak zdefiniowany system elektryczny lub złożony obwód elektryczny nie można opisać w sposób prosty i jednoznaczny. Rozpatrzono system z punktu widzenia zależności złożonych, hierarchicznych, a mianowicie:

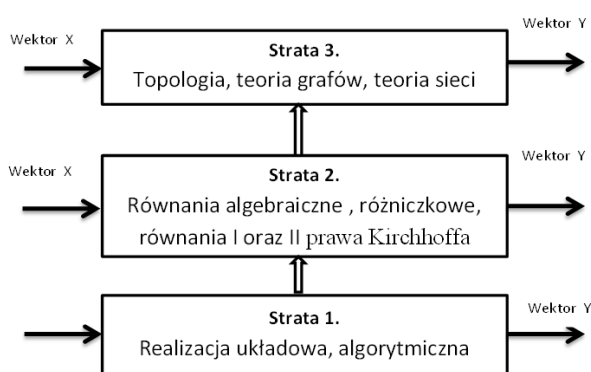
- dokładności lub różnorodności opisu,
- złożoności obliczeniowej lub złożoności podjęcia decyzji.

W artykule przedstawia się zastosowane metody dekompozycji jak i koordynacji w rozwiązywaniu liniowych jak i nieliniowych obwodów. Nacisk kładzie się na metody koordynacji, mające strategiczny wpływ na szybkość rozwiązania zadań cząstkowych i osiągnięcia rozwiązania globalnego.

## 1.2. Stratyfikacja. Złożoność opisu

Zgodnie z [1, 4] złożone systemy techniczne jak i przyrodnicze niemożliwe jest opisać dokładnie i precyzyjnie używając pojęć i terminologii tylko z jednej dziedziny. Problemem jest konflikt pomiędzy prostotą opisu a dokładnością. W przypadku złożonych sieci elektrycznych, dokonuje się słownego opisu struktury sieci. Również sieć opisuje się poprzez stosowanie równań algebraicznych lub różniczkowych, a także opisuje się różne rozwiązania praktyczne w formie układów lub algorytmu. Dlatego też do opisu przyjmuje się zbiór modeli z róż-

nych dziedzin nauki i techniki. Każdy model używa swoich zmiennych i terminologii o różnym poziomie abstrakcji. Do pełnego opisu i zrozumienia budowy oraz funkcjonowania sieci stosuje się więc pewien hierarchiczny zbiór abstrakcji (rys. 1). Dla odróżnienia tego typu koncepcji od innych, a szczególnie od warstwy, przyjmuje się założenie, że strukturę dowolnej sieci można opisać poprzez stratyfikowanie modeli i pojęć na różnych poziomach. Poziomy abstrakcji opisu sieci nazwano stratami



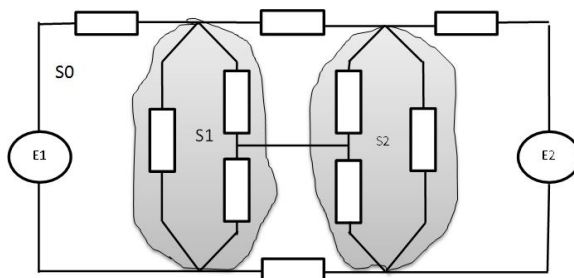
Rys. 1. Stratyfikacja opisu układu elektrycznego

### 1.3. Słoję. Złożoność organizacyjna

Złożoność topologiczna rozpatrywanego systemu (układu elektrycznego) może być bardzo duża. Układ może zawierać setki węzłów (wierzchołków) oraz krawędzie. Całościowe rozpatrywanie układu elektrycznego w celu dokonania jego analizy może być utrudnione. Dąży się więc do wydzielenia z całościowej struktury układu elektrycznego, układów mniejszych, które nazywa się podukładami lub podsieciami. Najczęściej udaje się wydzielić pewien szkielet zewnętrzny lub nadrzędny, spełniający funkcję konstrukcji bazowej oraz kilka podsieci lokalnych będących w określonej relacji topologicznej z siecią nadrzędną. Proces ten można kontynuować w stosunku do każdej lokalnej podsieci, otrzymując jeszcze mniejsze struktury zwane podsieciami II poziomu. Proces ten nazywany jest strukturalną dekompozycją (rys. 2).

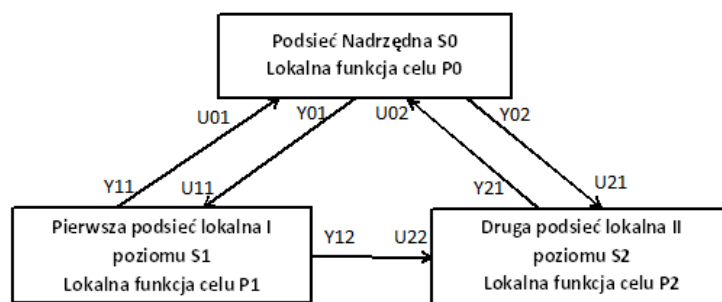
Na rys. 2 wydzielono trzy podsieci:

- podsieć nadrzędna  $S_0$ , zawiera podstawową strukturę układu, zawierającą dwa źródła zasilające oraz zewnętrzny zbiór oporników (odbiorników energii).
- podsieci lokalne  $S_1, S_2$  składają się tylko z elementów pasywnych. Podsieci te połączone są z siecią nadrzędną  $S_0$  oraz między sobą połączeniem lokalnym pomiędzy  $S_1-S_2$ .



Rys. 2. Schemat układu elektrycznego z wydzielonymi podsieciami

Do opisu dekompozycji całościowej struktury układu na podsieci, wprowadzono pojęcie słoja. Na pierwszym poziomie znajdują się autonomiczne podsieci z lokalnymi funkcjami celu oraz lokalnymi ograniczeniami. Celem każdej podsieci jest realizacja własnej funkcji celu, definiowanej najczęściej jako minimum mocy w układzie. Na drugim poziomie znajduje się sieć nadrzędna (szkieletowa), która realizuje wzajemne połączenia. Również sieć nadrzędna realizuje własną funkcję celu. Wszystkie podsieci połączone są powiązaniem międzysieciowymi, zwane interfejsami. Interfejsy łączą wyjście danej podsieci z określonym, wejściem podsieci sąsiedniej I lub II poziomu. Każda podsieć, w celu wymiany informacji z pozostałymi podsieciami musi posiadać jeden interfejs wejściowy i jeden wyjściowy. Schemat hierarchicznej struktury podsieci dla układu z rys. 2, pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Hierarchiczna struktura systemu (pierwotnego układu elektrycznego)

Elementy systemu (całościowego układu elektrycznego) reprezentowane są blokami o pewnych wejściach  $U_{ij}$  oraz wyjściach  $Y_{ij}$ , gdzie index „ $i$ ” -oznacza numer podsieci, natomiast „ $j$ ” – numer kolejny sygnału. Stan wewnątrz danej podsieci zależy nie tylko od wewnętrznej struktury (grafu połączeń) i wartości elementów aktywnych i pasywnych, lecz również od wartości sygnałów wejściowych  $U$ . Lokalna funkcja celu, czyli moc w układzie można zapisać jako:

$$P_i = \Phi(X, U) \quad (4)$$

Wyjście danej podsieci jest również funkcją wewnętrznego stanu jak i sygnałów wejściowych:

$$Y_i = F(X, U) \quad (5)$$

gdzie:  $X$  – wektor stanu, zawierający wartości prądów jak i napięć w danej podsieci,  $U$  – wektor interfejsów wejściowych danej podsieci,  $Y$  – wektor interfejsów wyjściowych danej podsieci.

Z formalnego punktu widzenia obiekty systemu mogą mieć po kilka wejść i wyjść. W dużych strukturach i skomplikowanych konfiguracjach mogą osiągać dziesiątki. Można każde z połączeń przedstawić w postaci równości wektorowej:

$$U_{ij} = Y_{kl} \quad (6)$$

gdzie:  $i, k$  – numery podsieci,  $j, l$  – numer interfejsu związanego z daną podsiecią.

I tak  $U_{12}$  – oznacza, że jest to interfejs nr 2 wchodzący do podsieci nr 1. Wszystkie połączenia opisane (6) można przedstawić w formie macierzy połączeń  $M$ , złożonej z zer i jedynek.

	Y01	Y02	Y11	Y12	Y21
U01			1		
U02					1
U11	1				
U21		1			
U22				1	

Rys. 4. Macierz połączeń dla struktury hierarchicznego systemu

Dotychczas wprowadzone pojęcia straty oraz słoja realizują pionową dekompozycję pojęć i zależności połączeń pomiędzy podsieciami. Nie pokazują w sposób przejrzysty konkretnej struktury lub koncepcji algorytmu obliczenia rozplywu prądów w podsieciach, a tym samym w całej sieci. W tym też celu wprowadzono pojęcie eszelonu, jako opisu hierarchicznej struktury algorytmu uczenia.

#### 1.4. Eszelon. Organizacja obliczeń rozplywu prądów

Przyjęto, że rozpatrywane są procesy statyczne. Istotne są rozplywy prądów i napięć w obwodzie elektrycznym w stanie ustalonym. Rozplywy prądów w dowolnym liniowym lub nieliniowym obwodzie, poszukiwane będą poprzez poszukiwanie minimum funkcji celu zadanej jako równanie bilansu mocy wraz z ograniczeniami I oraz II prawa Kirchhoffa. Tak sformułowane zadanie ma trzy bardzo istotne właściwości:

- zadanie analizy obwodu sprowadza się do zadania poszukiwania minimum funkcji celu,
- funkcja celu jest addytywna, tak więc moc całkowita w obwodzie jest równa sumie mocy w poszczególnych podsięciach,
- podsieci połączone są interfejsami, co pozwala na przepływ energii pomiędzy podsięciami, a tym samym uzyskanie minimum globalnej funkcji celu.

Dla układu przedstawionego na rys. 2 oraz rys. 3, globalna funkcja celu może być zdefiniowana wzorem:

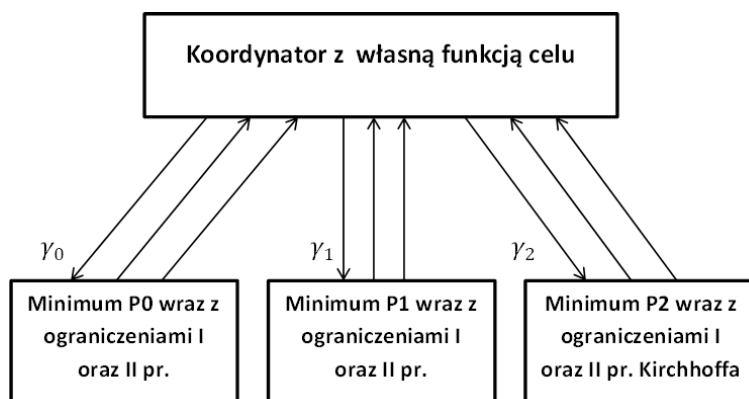
$$P = P_0 + P_1 + P_2 \quad (7)$$

wraz z ograniczeniami globalnymi na wartości interfejsów:

$$U = M * Y \quad (8)$$

gdzie:  $P_0, P_1, P_2$  – funkcje celu dla podsieci  $S_0, S_1, S_2$ ,  $U$  – wektor interfejsów wejściowych zadanych macierzą z rys.4,  $Y$  – wektor interfejsów wyjściowych zadanych macierzą  $M$ .

W oparciu o [2, 3], proces poszukiwania minimum globalnej funkcji celu, można realizować poprzez dwuetapową minimalizację polegającą na tym, że na I poziomie minimalizuje się lokalne funkcje celu względem części zmiennych (poszukiwanych wartości prądów), a pozostałe zmienne koordynujące mają wartości zadane przez II poziom. Wynik minimalizacji na I poziomie zależy od wartości zmiennych koordynujących jako parametrów. Na II poziomie poszukuje się optymalne wartości zmiennych koordynujących. Strukturę pełnego algorytmu przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat algorytmu obliczeń rozpyływu prądów w obwodzie elektrycznym

Tak więc, poprzez jawną dekompozycję systemu na lokalne podsystemy, można zaproponować nową efektywną strukturę algorytmu obliczeń rozpyływu prądów opartą na koordynacji podsystemów, czyli koordynacji podzadania pierwszego poziomu.

## 2. KOORDYNACJA

Zadanie koordynacji nie jest prostym zadaniem. Powyższe wynika z kilku przesłanek, a mianowicie:

- Obwód elektryczny oraz algorytmy optymalizacji w swojej podstawowej strukturze są zadaniami nieliniowymi, które rozwiązuje się metodami iteracyjnymi gradientowymi lub bezgradientowymi.
- Są to zdania wielowymiarowe, gdzie wymiary wektorów wejściowych, ukrytych jak i wyjściowych mogą być naprawdę duże.
- Dekomponując podstawową strukturę obwodu w sposób jawny na słoje i przypisując lokalnym podsystemom swoje funkcje celu, wprowadza się podwójną sytuację konfliktową: pomiędzy podzadaniami pierwszego poziomu oraz konflikt pomiędzy poziomami – pierwszego poziomu i koordynatorem.

W pierwszym przypadku jest mowa o konflikcie wewnętrznym poziomu pierwszego, natomiast drugi to konflikt między poziomami w wewnętrznej strukturze.

Głównym zadaniem koordynatora jest więc niedopuszczenie do powstania konfliktów, a w przypadku ich zaistnienia, koordynator musi podjąć decyzje (rozwiązania) usuwające przyczynę konfliktu. W celu znalezienia przyczyn konfliktu, definiuje się:

- Globalną funkcję celu obwodu – moc  $P$  wraz z ograniczeniami, która jest zależna od całej struktury sieci (grafu obwodu) wyrażonej zbiorem dwóch wektorów – węzłów  $V$  i krawędzi  $E$ .
- Funkcją celu koordynatora  $\psi$ , która zależy od sygnałów sprzężenia zwrotnego  $Y$  oraz  $U$ , jak również od wypracowanych przez koordynator sygnałów koordynujących  $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ , czyli  $\psi(\gamma, Y, U)$ . Sygnały sprzężenia zwrotnego wypracowane są w każdej iteracji przez podsystemy pierwszego poziomu i przesyłane do koordynatora (rys. 5).
- Zbiór funkcji celu podsystemów pierwszego poziomu. Każda funkcji  $P_i(\gamma_i)$  dla  $i = 1, 2, \dots, n$ , zależy od swojego wektora wejściowego  $U$  i wyjściowego  $Y$ , topologii grafu podsystemu wraz z parametrami aktywnych i pasywnych elementów obwodu oraz koordynującego parametru  $\gamma_i$ , (rys. 5). Koordynator, w każdej iteracji, na podstawie swojej własnej funkcji celu  $\psi$  oraz sygnałów sprzężenia zwrotnego  $U, Y$ , oblicza nowe wartości sygnału koordynującego  $\gamma$ .

Otwarte pozostaje pytanie, jaką strategię powinien zastosować koordynator, wypracowując w iteracyjnym procesie wymiany informacji pomiędzy podsystemami pierwszego poziomu a koordynatorem, nowe wartości wektora koordynującego  $\gamma = (n+1)$ . W teorii systemów hierarchicznych [1], zaaprobowano trzy zasady koordynacji oraz zdefiniowano warunki, jakie muszą spełniać wszystkie podsystemy w celu rozwiązania konfliktów.

## 2.1. Zasady koordynacji

Dla wielowarstwowych, hierarchicznych systemów, definiuje się trzy prawa koordynacji:

- Predykcja (prognoza) wektorów powiązań (interfejsów) pomiędzy podsystemami. Tak więc, podstawowym zadaniem koordynatora jest takie określenie wartości wektorów koordynacji  $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ , aby rzeczywiste wartości sygnałów międzywarstwach  $Y$  były równe wartościom prognozowanym  $U$ . Koordynator, prognozując wartości powiązań (interfejsów), oddziałuje na podzadania pierwszego poziomu w małej skali.
- Rozwiązywanie (uwolnienie) wektorów powiązań pomiędzy warstwami. Przyjmuje się, że podzadania pierwszego poziomu są maksymalnie niezależne poprzez pełne uwolnienie interfejsów. Podzadania pierwszego poziomu muszą optymalizować swoje funkcje celu poprzez dobór nie tylko współczynników macierzy lecz również wartości interfejsów. W tym miejscu warto podkreślić, że koordynator może oddziaływać na podzadania pierwszego poziomu tylko poprzez wartości lokalnych funkcji celu. Ten sposób koordynacji nazywany jest również koordynacją w dużej skali.
- Estymacja powiązań wartości wektorów powiązań pomiędzy warstwami. To prawo koordynacji jest rozszerzeniem prawa pierwszego, w którym koordynator zadaje dokładne wartości prognozowanych powiązań. Tym razem koordynator zwiększa swobodę wyboru wartości interfejsów, poprzez określenie przedziałów, w których podzadania pierwszego poziomu wybierają wartości powiązań.

W artykule podejmuje się próbę zaimplementowania drugiej zasady koordynacji – uwolnienie wartości interfejsów we wszystkich podsięciach I poziomu. Wektory te stają się zmiennymi niezależnymi i podlegają obliczeniom w zadanych poszukiwaniu minimum mocy. Koordynacja następuje poprzez zmodyfikowanie wartości lokalnych funkcji celu – koordynacja w dużej skali.

## 2.2. Koordynacja w dużej skali

Oparcie rozwiązania zadania globalnego na zasadzie minimum mocy, pozwala zastosować addytywną postać funkcji celu (7). Drugim problemem jest takie zapisanie ograniczeń I oraz II prawa Kirchhoffa, we wszystkich podzadaniach, aby dało się sformułować „n” niezależnych podzadań I poziomu. Zbiór ograniczeń dla każdego podzadania oznaczono przez

$$\phi_i(K_i^1, K_i^2) = 0 \quad (9)$$



gdzie:  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  – ilość podzadań I poziomu,  $K_i^1$  – zbiór ograniczeń zapisanych w formie I prawa Kirchhoffa,  $K_i^2$  – zbiór ograniczeń zapisanych w formie II prawa Kirchhoffa.

Istnieje również jedno ograniczenie globalne, zadane równaniem (8). Tak sformułowane zadanie rozwiązać można metodą Lagrange'a:

$$L = \sum_{i=0}^n (P_i(X_i, U_i, Y_i)) + \sum_{j=0}^{m_i} \Lambda_j * \Phi_j(K_j^1, K_j^2) + \Gamma * (M * Y - U) \quad (10)$$

gdzie:  $n$  – ilość podsieci,  $m_i$  – ilość ograniczeń dla  $i$ -tej podsieci,  $\Lambda_j$  – wektor mnożników Lagrange'a dla  $i$ -podsieci,  $\Gamma$  – wektor mnożników dla ograniczeń globalnych.

Funkcja (10) ma postać addytywną, ponieważ równanie struktury (8) jest liniowe. Rozwiązania poszukiwane będą poprzez dwuetapową optymalizację (10):

$$\max_{\Lambda} \min_{X, Y, U} L(X, Y, U, \Lambda) \quad (11)$$

Wydzielić można „ $n$ ” podzadań pierwszego poziomu:

$$\min_{X_i, U_i, Y_i} P_i + \sum_{j=0}^{m_i} \lambda_{ij} * \Phi_j(K_j^1, K_j^2) + \sum_{j=0}^{m_i} [M]_{ji} * Y_i - \lambda_i * U_i \quad (12)$$

gdzie:  $X_i, U_i, Y_i$  – parametry interfejsów oraz dane techniczne podsieci,  $i = 0, 1, \dots, n$ .

Koordynacja zadań lokalnych polega na doborze na II poziomie mnożników Lagrange'a, a mianowicie na niezgodności wektorów  $U$  oraz  $Y$  w równaniu (8).

$$\Gamma_{\downarrow} i(n+1) = \Gamma_{\downarrow} i(n) - \beta * (M * Y_{\downarrow} i - U_{\downarrow} i) \quad (13)$$

### 3. PRZYKŁAD NUMERYCZNY

Rozpatrzono bardzo prosty układ z jednym źródłem zasilania i czterema opornikami. Na rys. 6. pokazano dekompozycję układu na dwie podsieci S1, S2 wraz z interfejsami wejścia i wyjścia. Dla pierwszej podsieci można napisać następujący układ równań:

$$P_1 = e_1 \cdot r_1 - r_1 \cdot i_1^2 - r_2 \cdot i_2^2 + \gamma_2 \cdot u_{11} - \gamma_1 \cdot y_{11} \quad (14)$$

$$e_1 - i_1 \cdot r_1 - i_1 \cdot r_2 = 0 \quad (15)$$

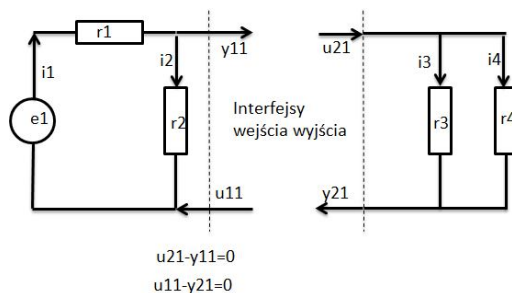
$$i_1 - i_2 - y_{11} = 0 \quad (16)$$

$$i_1 - i_2 - u_{11} = 0 \quad (17)$$

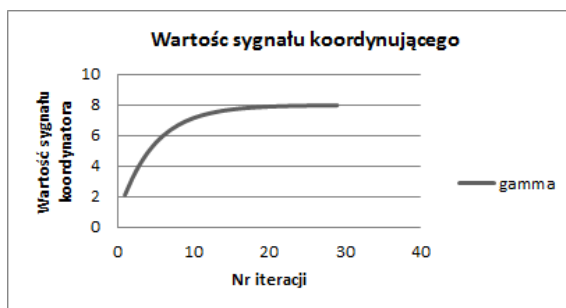
Podobnie postępując, zapisano układ równań dla II podsieci.

Algorytm rozpoczyna obliczenia poprzez zadanie dowolnych wartości sygnałów koordynujących  $\gamma_1, \gamma_2$ , które są przesłane do podsieci S1 i S2. Każda z podsieci znajduje optymalne wartości swoich prądów i wartości interfejsów. Podsieć S1 musi obliczyć  $i_1, i_2, u_{11}, y_{11}$ . Podobnie podsieć S2. Obliczone wartości interfejs-

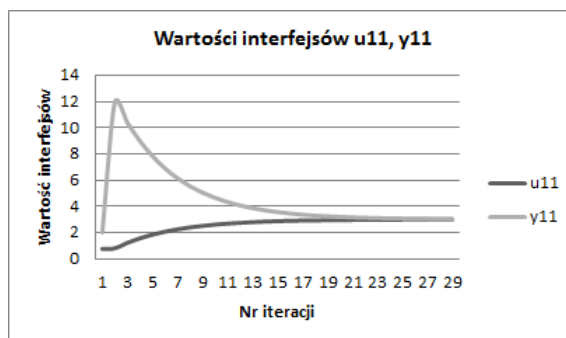
sów są przesyłane do koordynatora, który w oparciu o wzór (13) oblicza nowe wartości sygnałów koordynujących. Na rys. 7 przedstawiono wartość różnicy  $\gamma_1 - \gamma_2$  w funkcji numeru iteracji.



Rys. 6. Podsieci obwodu elektrycznego S1, S2 wraz z interfejsami

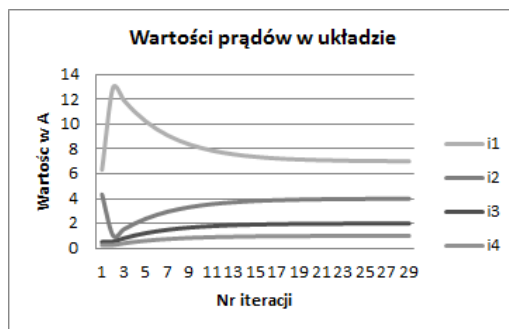


Rys. 7. Rezultat pracy koordynatora



Rys. 8. Wartości interfejsu wejścia wyjścia dla podsieci S1

Interfejsy odgrywają strategiczną rolę w zagadnieniu koordynacji. Na rys. 8 pokazano, że wartość interfejsu wyjściowego ulegała stosunkowo radykalnym zmianom w pierwszej części procesu obliczeniowego.



Rys. 9. Wartości wszystkich prądów w funkcji numeru iteracji

Również prądy podstawowe  $i_1$  – dla podsieci S1, oraz  $i_2$  – dla podsieci S2, posiadają podobne charakterystyki - rys. 9.

#### 4. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

W artykule opisano tylko jedną zasadę koordynacji: pełnego uwolnienia interfejsów. Koordynacja musi odbywać się poprzez modyfikację funkcji celu parametrami koordynatora oraz wartościami interfejsów. Struktura koordynatora jest bardzo prosta, co wynika z liniowych zależności pomiędzy interfejsami wejścia i wyjścia. Dla dużych zadań proces stabilizacji rozwiązań będzie stosunkowo długi. Wszystko zależy od zmian wektora koordynującego. Metoda znajduje doskonałe zastosowanie w obliczaniu różnych wariantów stanu układu w funkcji zmian parametrów obwodu w jednej lub tylko kilku podsieciach. Proces zbieżności można traktować jako stan nieustalony sieci i jest stosunkowo szybko zbieżny.

#### LITERATURA

- [1] M.D. Mesarovic, D. Macko, Y. Takahara, *Theory of hierarchical, multilevel systems.*, Academic Press, New York and London 1970.
- [2] W. Findeisen, *Wielopoziomowe układy sterowania*, PWN, Warszawa 1974.
- [3] W. Findeisen, J. Szymanowski, A. Wierzbicki, *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji*, PWN, Warszawa 1977.
- [4] R. Kulikowski, *Sterowanie w wielkich systemach*, PWN, Warszawa 1974.
- [5] M. Fajter, *Analiza stabilności układu elektrycznego w czasie rzeczywistym.*, Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering 81/2015.
- [6] P. Miller, M. Wancerz, *Komputerowo wspomagane obliczenia zwarciowe w środkowej części rozdzielni.* Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering 82/2015.

### **IMPLEMENTATION DECOMPOSITION AND COORDINATION METHODS IN ELECTRIC SYATEM ANALYSIS**

The best way to analyze the complex system is to divide primary system into smaller set of subsystems or subnetworks which are connected with others using input and output signals. These connection one could be known as interfaces. Every subnetwork (local structure) could be analyze implementing appropriate procedure or algorithm according global task needs. In the article the decomposition and coordination methods are implemented to analyze complex task. On the first layer local subnetworks or subtasks are connected one with others and upper level subnetwork by interfaces. Partial solutions depend not only of the internal subnetwork's parameters but also of the interfaces value. Receiving results have to be coordinated in the way to achieve global task solution.

*(Received: 7. 02. 2016, revised: 4. 03. 2016)*