

## **WIZUALIZACJA PRACY REGULATORA WSPÓLCZYNNIKA MOCY**

**Stanisław CZAPP<sup>1</sup>, Janusz WIELGUS<sup>2</sup>**

1. Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk  
tel.: (58) 347 13 98 fax: (58) 347 18 02 e-mail: [sczapp@ely.pg.gda.pl](mailto:sczapp@ely.pg.gda.pl)
2. Schrack Energietechnik Polska Sp. Z o.o. ul. Grunwaldzka 613, 80-337 Gdańsk  
tel./fax (58) 559 81 29, 554 18 44

Jednym z najbardziej istotnych problemów w sieciach i instalacjach elektroenergetycznych jest gospodarka mocą bierną. Zwiększony pobór mocy biernej z sieci przyczynia się do zmniejszania przepustowości sieci, a dla odbiorcy wiąże się ze zwiększonymi opłatami za energię elektryczną. W niniejszym artykule zaprezentowano program do wizualizacji pracy regulatora współczynnika mocy, który umożliwia, w sposób obrazowy, zapoznanie z problematyką kompensacji mocy biernej, zasadą działania regulatora współczynnika mocy oraz zjawisk zachodzących w regulatorze przy prawidłowo i nieprawidłowo dokonanych nastawach.

### **1. WSTĘP**

Użytkowanie mocy biernej przez odbiorców energii może mieć niekorzystny wpływ na pracę systemu elektroenergetycznego, jak: wzrost strat mocy czynnej, zwiększone spadki napięć, zmniejszenie przepustowości układu zasilającego, a w szczególnych przypadkach także nieprawidłowa praca urządzeń przyłączonych do danej sieci [1]. Bezpośrednim tego skutkiem są dodatkowe koszty, jakie muszą ponosić spółki dystrybucyjne i wytwórcze, aby przeciwdziałać tym zjawiskom. Z wyżej wymienionych przyczyn ogranicza się ilość mocy biernej przesyłanej w sieciach elektroenergetycznych [2].

Przy odpowiednio wysokiej stawce za ponadnormatywny pobór mocy biernej nie opłaca się jej pobierać z sieci, lecz przebudować tak swój układ odbiorczy, aby skutkowało to zmniejszeniem zapotrzebowania na nią. Ustalenie przez spółki dystrybucyjne współczynnika mocy  $\text{tg}\varphi$  na niskim poziomie przyczynia się do znacznego ograniczenia wielkości mocy biernej przesyłanej z elektrowni do odbiorców, na korzyść wytwarzania w miejscu jej zapotrzebowania. W związku z powyższym odbiorcy energii elektrycznej stosują środki mające na celu ograniczanie poboru mocy biernej z sieci elektroenergetycznej.

Sposoby zmniejszania pobieranej mocy biernej z sieci, można podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich to taka, która skupia metody wykorzystujące naturalne środki poprawy

współczynnika mocy. Są to rozwiązania nie wymagające instalowania źródeł mocy biernej. Druga grupa natomiast zawiera sztuczne środki poprawy współczynnika mocy polegające na montażu urządzeń, których zadaniem jest wyłącznie generowanie mocy biernej. Dla uzyskania optymalnego współczynnika niezbędnym jest zastosowanie regulatorów współczynnika mocy. W kolejnych rozdziałach omówiono zasadę działania regulatora współczynnika mocy oraz przedstawiono wizualizację działania takiego regulatora.

## 2. ZASADA DZIAŁANIA REGULATORA WSPÓLCZYNNIKA MOCY

Najpowszechniej stosowanymi urządzeniami do celów kompensacji mocy biernej są kondensatory energetyczne. Same kondensatory nie pozwalają na regulację wytwarzanej ilości przez nie mocy biernej. Aby było to możliwe potrzebny jest regulator współczynnika mocy. Urządzenie składające się z takiego regulatora i kilku stopni kondensatorowych nazywa się baterią kondensatorów. Liczba stopni oraz moc bierna każdego z nich zależy od szczytowej mocy, jaką należy skompensować w miejscu przyłączenia oraz od pożądanej czułości danego układu. Regulator współczynnika mocy poza regulacją ilości wytwarzanej mocy biernej może także wykonywać wiele innych czynności. Obecnie na rynku znajduje się wiele modeli, które różnią się między sobą sposobem pomiaru współczynnika mocy jak i liczbą różnych funkcji. Do możliwości dodatkowych poszczególnych regulatorów można zaliczyć pomiar prądu obciążenia, wartość napięcia sieci, temperatura w urządzeniu czy sygnalizowanie nieprawidłowej pracy baterii.

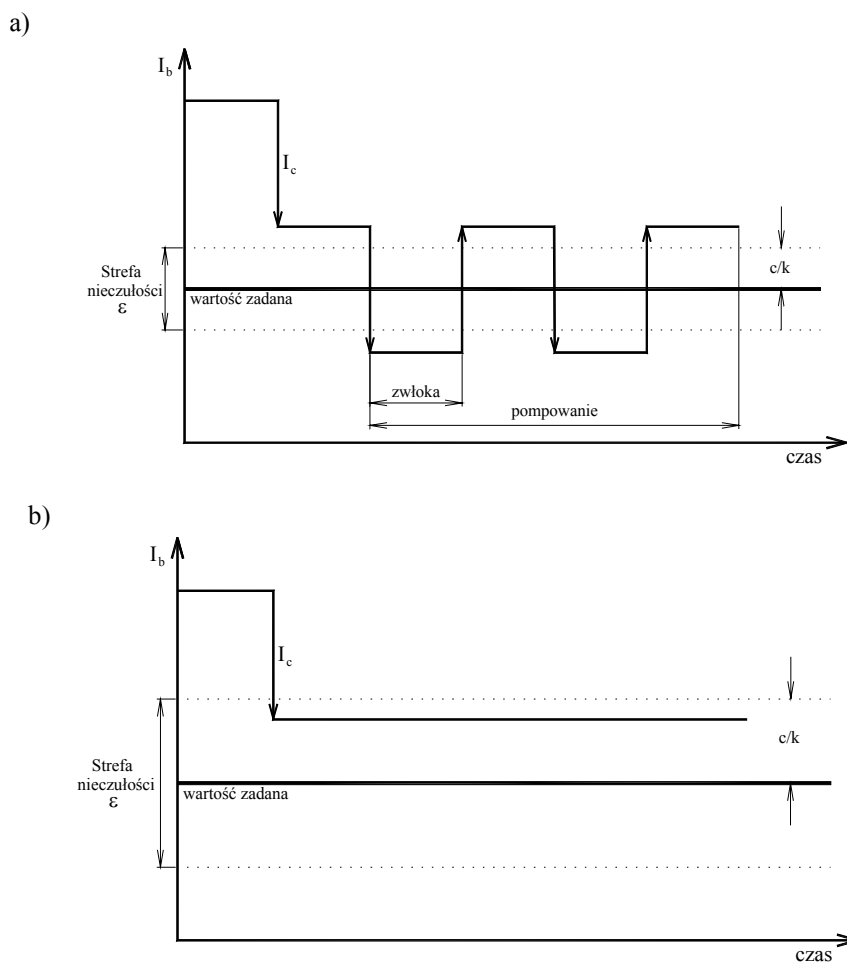
Aby bateria kondensatorów mogła pracować optymalnie należy przed rozpoczęciem jej pracy przyłączyć ją w sposób prawidłowy oraz ustawić odpowiednio regulator. Do podstawowych nastaw należy zadany  $\cos\varphi$  oraz prąd rozruchowy  $c/k$ . Pierwszy z nich to współczynnik mocy, który ma być utrzymywany przez regulator. Natomiast odpowiednie ustawienie prądu rozruchowego wymagane jest ze względu na nieciągłą regulację baterii co wymusza ustawienie dostatecznie dużej strefy nieczułości. Zapobiega to niestannemu załączaniu i wyłączaniu kolejnego stopnia, czyli tzw. pompowaniu. Pracę baterii przy źle nastawionym prądzie rozruchowym przedstawia rysunek 1a), natomiast prawidłową pracę rysunek 1b).

Na rysunku 1 jest widoczne jak będzie się zachowywał regulator współczynnika mocy w zależności od ustawionej wartości  $c/k$ . Gdy wielkość ta jest zbyt mała to praca baterii nie będzie ustabilizowana i następuje w takiej sytuacji ciągłe załączanie i wyłączanie jednego z członów kondensatorowych. Aby nie dochodziło do takiej sytuacji, powinna być spełniona nierówność  $\varepsilon > I_c$ , którą można zapisać w następujący sposób:

$$\frac{c}{k} = (0,6 \div 0,7) \frac{\Delta Q_c}{\sqrt{3} U_n} \frac{1}{k} \quad (1)$$

gdzie:

- $c/k$  – prąd rozruchowy regulatora współczynnika mocy [A]
- $\Delta Q_c$  – moc bierna najmniejszego członu baterii kondensatorowej [kvar]
- $U_n$  – napięcie znamionowe sieci [kV]
- $k$  – przekładnia przekładnika prądowego



Rys. 1. Praca baterii kondensatorów przy: a) przy zbyt małej strefie nieczułości, b) prawidłowo nastawionej strefie nieczułości. Oznaczenia na rysunku:

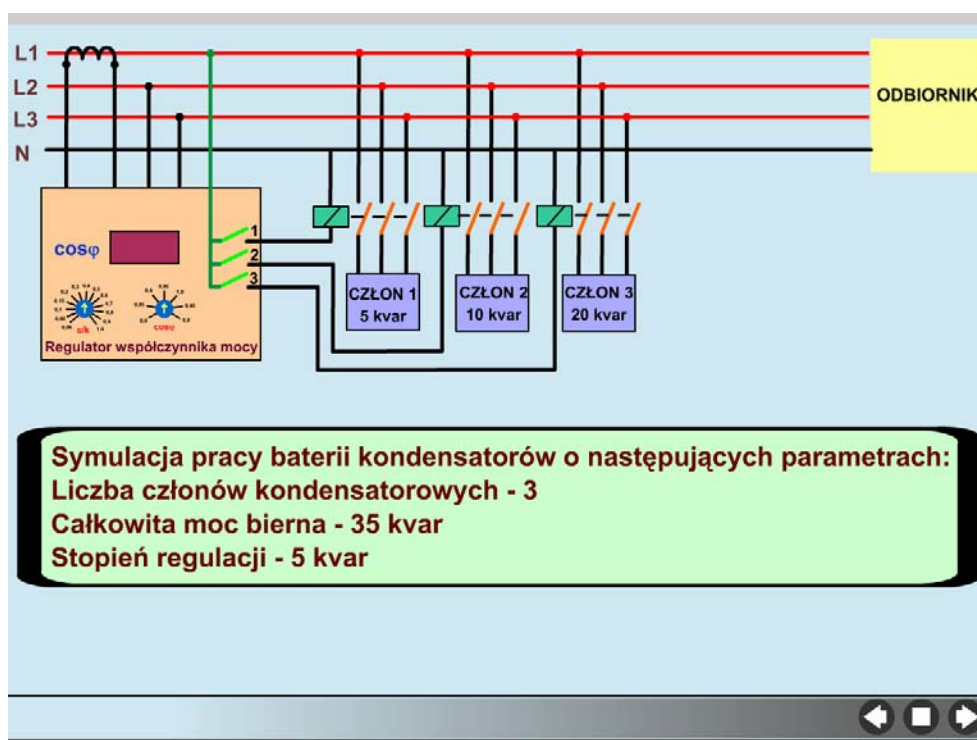
- $I_b$  – prąd bierny doprowadzony do regulatora, tzn. prąd w obwodzie wtórnym przekładnika prądowego o przekładni  $k$  [A]
- $I_c$  – prąd bierny znamionowy najmniejszego członu baterii kondensatorowej przeliczony w stosunku do przekładni  $k$  [A]
- $\varepsilon$  – strefa nieczułości [A]

### 3. PREZENTACJA PROGRAMU DO WIZUALIZACJI DZIAŁANIA REGULATORA WSPÓŁCZYNNIKA MOCY

Wizualizacja działania regulatora współczynnika mocy jest 11 minutową animacją wykonaną przy pomocy programu Flash MX. Omawia ona budowę oraz pracę trójstopniowej baterii kondensatorów sterowanej za pomocą regulatora współczynnika mocy. Jest to bateria o następujących założonych danych [3]:

- stopień regulacji równy 5 kvar,
- całkowita moc bierna 35 kvar.

Aby w prosty sposób pokazać zasadę działania regulatora, przedstawiono schemat baterii kondensatorów z zaznaczeniem istotnych jej elementów. Wszystkie one są połączone w taki sam sposób, jak w rzeczywistym układzie kompensującym. Na rysunku 2 zaprezentowano schemat baterii, której praca będzie symulowana.

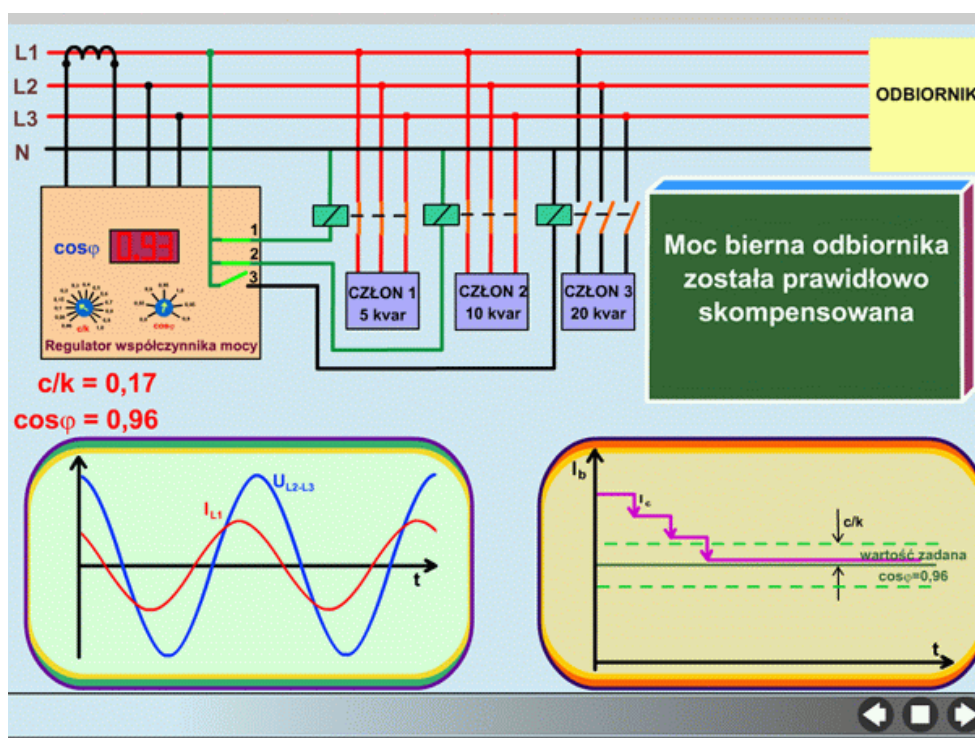


Rys. 2. Ekran przedstawiający budowę baterii kondensatorów

Wizualizacja rozpoczyna się od opisanie poszczególnych części wchodzących w skład baterii kondensatorów oraz elementów samego regulatora. Po wymienieniu oraz określeniu ich zadań, następuje właściwa część animacji, jaką jest symulacja pracy baterii. Przedstawia ona zachowanie układu kompensującego przy różnych nastawach regulatora współczynnika mocy. W tej animacji uwzględniono trzy warianty pracy baterii. Pierwszy, kiedy nastawy regulatora są prawidłowe i cały układ pracuje poprawnie. Drugi, gdy prąd rozruchowy  $c/k$  jest zbyt mały i dochodzi do stałego załączania i wyłączania kondensatorów, czyli tzw. pompowania. Trzeci, to zbyt duża nastawiona wartość  $c/k$ , czego efektem jest zaprzestanie przez regulator kompensowania układu, gdy wartość współczynnika mocy obciążenia różni się znacznie od wartości zadanej.

W trakcie symulacji pracy baterii na ekranie, poza narysowanym układem kompensacyjnym, pojawiają się 3 dodatkowe elementy. Pierwszy z nich to przebiegi sygnałów, które otrzymuje regulator podczas swojej pracy. Drugi, to wykres prądu biernego doprowadzanego do regulatora z zaznaczeniem wartości zadanej i strefy nieczułości. Trzeci z nich to

miejsce, w którym pojawiają się informacje oraz komentarze dotyczące pracy baterii kondensatorów. Ekran taki jest widoczny na rysunku 3, który jednocześnie odpowiada symulacji przy prawidłowo nastawionym regulatorze.



Rys. 3. Ekran przedstawiający symulację pracy baterii kondensatorów przy prawidłowo nastawionym regulatorze

Wizualizacja każdego z wymienionych wariantów pracy baterii zaczyna się od podania wielkości nastaw  $c/k$  oraz  $\cos\varphi$ , a następnie ustawiane są one w regulatorze za pomocą jego potencjometrów. Cały ten proces jest widoczny dla obserwatora i wie on dokładnie, który potencjometr aktualnie jest nastawiany i na jaką wartość. Następnie podawana jest wielkość obciążenia odbiornika, którego moc bierna przez daną baterię będzie kompensowana, po czym regulator zostaje uruchomiony i następuje proces automatycznej kompensacji mocy biernej. Od tego momentu na ekranie widać jak pracuje rzeczywista bateria. Każda zmiana parametrów jest widoczna i opisana konkretnym komentarzem. Przy załączeniu lub wyłączeniu któregoś z członów kondensatorów widać jak przełączane są wewnętrzne styki przekaźnikowe regulatora, które podając napięcie na cewki styczników załączają określone człony kondensatorowe.

Omawiana prezentacja ma za zadanie w przejrzysty sposób pokazać jak zbudowana jest bateria kondensatorów, jak działa i dlaczego ustawione parametry w regulatorze współczynnika mocy są tak istotne, by urządzenie to mogło pracować prawidłowo. Przedstawienie każdego etapu pracy pozwala w łatwy sposób zrozumieć jak ono funkcjonuje. Dodatkowo ukazanie kilku sekwencji przy prawidłowo i błędnie ustawionym regulatorze pomaga

w zrozumieniu, czym jest prąd rozruchowy  $c/k$ , strefa nieczułości, czy nastawiona wartość współczynnika mocy  $\cos\phi$ . Każdy etap pracy jest omawiany, tak więc odbiorca wie w każdej chwili co dzieje się z danym układem i jak zmieniają się poszczególne parametry. Bez użycia rzeczywistego układu kompensacyjnego można poznać jego zasadę działania, oraz reakcję na zmianę parametrów na wirtualnym pulpicie regulatora.

Ponieważ animacja wyposażona jest w przyciski cofnięcia, ponaglenia i zatrzymania, dlatego można dostosować tempo prezentacji do indywidualnych potrzeb każdego użytkownika.

#### **4. WNIOSKI**

Problematyka poboru i ograniczania mocy biernej ma istotne znaczenia praktyczne dla prawidłowego działania sieci elektroenergetycznej. Niniejszy artykuł ma na celu przybliżenie działania regulatora współczynnika mocy przy prawidłowo i nieprawidłowo dokonanych nastawach. Opracowana wizualizacja może być bardzo pomocnym narzędziem dydaktycznym w nauczaniu przedmiotu urządzenia elektroenergetyczne oraz dla służb energetycznych w zakładach przemysłowych.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Strojny J.: Kondensatory w sieci zakładu przemysłowego. WNT, Warszawa, 1976.
- [2] Taryfa dla energii elektrycznej, Gdańska Kompania Energetyczna „EnergA” S.A., Gdańsk 2003.
- [3] Wielgus J.: Ograniczanie poboru i kompensacja mocy biernej u odbiorcy przemysłowego. Praca dyplomowa napisana pod kierunkiem S. Czappa. Politechnika Gdańska. Gdańsk 2004.

#### **VISUALIZATION OF THE POWER FACTOR REGULATOR OPERATION**

One of the most important thing in power systems is the reactive power management. Increasing of the consumption of the reactive power has negative influence in terms of the power system capacity. It also increases the cost of energy for the consumer. This paper presents the computer visualization which shows the principles of the power factor regulator operation. This application explains the problem of the reactive power compensation if the regulator is properly or improperly controled.