



kompensacja mocy biernej (część 1.)

okiem praktyka

Krzysztof Dąbrowski – Twelve Electric Sp. z o.o.

W czasie ostatnich kilku miesięcy liczba informacji publikowanych nie tylko w prasie fachowej, ale także i codziennej na temat podwyżki cen energii elektrycznej była tak duża, że jeśli nawet potwierdzą się one chociaż w 30%, to stanie się ona faktem i to już od stycznia 2009 roku. Odbiorców przemysłowych niepokoi nie tylko sama podwyżka, ale i jej skala. Wzrost cen energii o około 30% miałby znaczący wpływ na zmniejszenie się konkurencyjności produkcji. Dopiero ostatnie wypowiedzi prezesa Urzędu Regulacji Energetyki informujące, że maksymalna podwyżka cen, jaka zostanie zaakceptowana, to 10%, nieco uspokoiły odbiorców. Jednak sytuacja cały czas jest dynamiczna i tak naprawdę dopiero najbliższa przyszłość pokaże, o ile procent wzrosną ceny energii.

Mysząc o podwyżkach cen energii, większość odbiorców bierze pod uwagę wzrost cen za kWh, czyli wzrost kosztów za energię czynną, a to nie jest do końca prawda. Obowiązujący system rozliczeń sprawia, że wraz ze wzrostem opłat za energię czynną rosną też opłaty za energię bierną. Opłaty za energię bierną indukcyjną rozliczane są jako procent opłat za energię czynną, a wielkość mnożnika zależy od wielkości przekroczenia zadanego w umowie na dostawę energii tangensa φ . Im wartość tangensa rozliczeniowego podana w rachunku za energię (**rys. 1., poz. 2.**) obliczonego za okres miesiąca będzie większa, tym zgodnie z podanym w taryfie rozliczeniowej wzorem, większa będzie wartość współczynnika, którym mnożona jest wartość opłaty za zużycie energii czynnej. To znaczy, że po wzroście ceny kWh wszyscy odbiorcy, którzy mają liczniki energii biernej zainstalowane w układzie pomiarowo-rozliczeniowym, zaczęną płacić większe rachunki za energię bierną. Jest to pewne, gdyż dostawcy energii w dobie optymalizacji kosztów będą radykalnie przestrzegać zapisów zawartych w umowie, które dotyczą utrzymania zadanego w umowie tangensa φ . Istotnym sposobem tej optymalizacji jest redukcja strat przesyłu wynikających z dystrybucji po sieci przesyłowej energii biernej. Dlatego w ostatnim czasie masowo instaluje się u od-

biorców energii liczniki elektroniczne, które bardzo precyzyjnie zliczają pobór energii biernej i to zarówno indukcyjnej, jak i pojemnościowej.

Z moich wieloletnich doświadczeń wynika, że przy dotychczas obowiązujących stawkach rozliczeniowych okres rentowności inwestycji wykonania systemu kompensacji mocy biernej dla większości odbiorców przemysłowych wynosił około 12-16 miesięcy. Zapowiadany wzrost opłat za energię elektryczną sprawi, że okres ten ulegnie znacznemu skróceniu. Inwestycję tę będzie charakteryzował bardzo krótki okres zwrotu, co spowoduje, że większość odbiorców, nawet ci, którzy do tej pory ponosili stosunkowo niewielkie opłaty za energię bierną, podejmie decyzję o wykonaniu lub modernizacji systemu kompensacji mocy biernej.

Dlatego właśnie w serii artykułów udzielimy Czytelnikom kilku praktycznych porad, których uwzględnienie na etapie planowania i projektowania inwestycji znacznie ułatwi wybór dostawcy oraz dobór urządzeń elektroenergetycznych, a po jej realizacji zapewni racjonalność poniesionych nakładów, ponieważ wykonany system będzie niezawodny i skuteczny w swoim działaniu, a opłata za nieskompensowaną energię bierną zostanie wyeliminowana lub znacznie zredukowana. By to osiągnąć, warto już na etapie zakupu wiedzieć, ja-

kie rozwiązanie zapewni nam najlepszy stosunek ceny do jakości przy krótkim okresie spłaty. I w tej dziedzinie sprawdza się stara handlowa zasada, że nie zawsze najtańsze w zakupie rozwiązanie okaże się najtańszym w eksploatacji. Znam przypadki, że źle dobrana bateria, która na dodatek była eksploatowana w warunkach niezgodnych z zaleceniami, pracowała tylko trzy miesiące i potem użytkownik zmuszony był zakupić nową, znacznie droższą. Ta prawidłowo dobrana bateria pracuje bezawaryjnie już kilka lat i dawno „spłaciła” poniesione na jej zakup nakłady, pierwszy zakup był jednak zupełnie chybiony.

Zacznijmy od określenia typowych warunków eksploatacji, które jeszcze kilka lat temu uznawane były za standardowe, a dziś są już rzadko spotykane. Jeśli układ zasilania zasila wyłącznie odbiorniki liniowe o charakterze rezystancyjno-indukcyjnym, o małej dynamice zmian poboru mocy biernej, moce odbiorników rozłożone są symetrycznie na poszczególnych fazach, w pomieszczeniu rozdzielni jest wolne miejsce tak, że bez problemów możemy postawić baterię kondensatorów, a temperatura, jaka w nim panuje, nie przekracza 30°C, to na etapie projektowania lub wyboru baterii możemy skupić się wyłącznie na określeniu jej mocy całkowitej i na podziale tej mocy na poszczególne stopnie, ze szczególnym uwzględnieniem mocy

pierwszego stopnia, która decyduje o poziomie skuteczności procesu kompensacji. Odbiorca energii, który posiada takie warunki, poniesie stosunkowo niskie nakłady na wykonanie systemu kompensacji mocy biernej, gdyż proces regulacji może być u niego prowadzony baterią standardową, której cena zakupu jest najniższa. Taka bateria składa się z kilku członów złożonych z wyjścia regulatora, zabezpieczenia (bezpiecznik mocy), stycznika i kondensatora mocy. Liczba członów zależy od mocy całkowitej baterii i od mocy kondensatora na jej pierwszym stopniu. W zależności od wielkości układu zasilania, od tego, czy jest on już eksploatowany, czy tylko jest to jego projekt, są różne metody obliczania mocy całkowitej i stopniowania baterii. Oczywiście inny będzie schemat postępowania, jeśli układ zasilania jest już eksploatowany i jest możliwość jego „pomierzenia”, fizycznie istnieje też technologia, którą ten układ zasila, a inny, gdy dopiero projektujemy taki system. Dla warunków typowych jest stosunkowo prosto dobrać baterię kondensatorów, zwłaszcza jeśli na dodatek znamy zarówno moce poszczególnych odbiorników, dynamikę ich zmian, liniowość oraz moc zwarciovą układu zasilania. Znacznie gorzej jest, gdy dopiero projektujemy nasze rozwiązanie i musimy opierać się jedynie na dostarczonych przez producenta specyfika-

jach poszczególnych urządzeń technologicznych. W tym przypadku poza uwzględnieniem w projektowaniu specyfiki branży (warto poznać rozwiązania typowe) oraz po wykorzystaniu doświadczeń nabytych przy uruchamianiu systemów kompensacji mocy biernej w istniejących już, podobnych obiektach, w których pracują podobne urządzenia technologiczne, nieodzowne jest wykonanie precyzyjnego bilansu mocy z uwzględnieniem mocy urządzeń, ich cosinusa naturalnego oraz współczynników jednoczesności. Należy też dokładnie rozemnać, czy dany odbiornik jest odbiornikiem liniowym, czy nie. Jeśli nie jest, należy znać jego widmo wyższych harmonicznych. Dodatkowo należy uwzględnić dynamikę zmian poboru mocy biernej oraz to, czy odbiornik jest zasilany z jednej, trzech, a może tylko z dwóch faz. Gdy mamy wszystkie dane, należy wykonać odrębne zestawienia z podziałem na odbiorniki liniowe, nie liniowe, statyczne i dynamiczne i obliczyć stosunki tych mocy. Jeśli obliczone wartości będą wynosić około 10-20% mocy odbiorników liniowych, to w zależności od wartości mocy zwarciowej układu możemy założyć, że projektowany układ spełnia wymienione wcześniej warunki typowe, a projektowany system będzie opierał się na standardowych bateriach kondensatorów. Jeśli będą używane odbiorniki inne niż trójfazowe, należy tak zaprojektować obciążenie poszczególnych faz, by były one symetrycznie obciążone i to zarówno dla mocy czynnej, jak i biernej. W tym miejscu warto uczulić na równomierność obciążeń przy projektowaniu dużych systemów oświetleniowych, gdzie źródłem światła będą albo źródła energooszczędne, albo wysokoprężne źródła sodowe lub metahalogenowe. Każda niesymetria może sprawić, że już w fazie projektu znacznie obniżamy skuteczność systemu kompensacji mocy biernej.

Kolejny szczególny przypadek zachodzi, gdy w bilansie mocy udział odbiorników szybkozmiennych będzie znacznie większy niż 20%. Należy wówczas wydzielić te odbiorniki i zapewnić im odrębne zasilanie. Trzeba pamiętać, że ten rodzaj odbiorników może być kom-

pensowany jedynie bateriami dynamicznymi, w których użyte rozwiązania umożliwiają łączenie kondensatora bez zwłoki czasowej koniecznej na rozładowanie kondensatora, wymaganej normą PN-EN 60831-1:2004 [1]. Ponieważ ceny tych baterii są dosyć wysokie, warto optymalizować ich moc całkowitą przez wydzielenie i zgrupowanie tych odbiorników (im mniejsza moc, tym niższa cena) i zasilanie ich z jednego transformatora. Bateria dynamiczna powinna kompensować tylko odbiorniki szybkozienne. Przy zasilaniu pojedynczych odbiorników o dużych mocach warto kompensować je indywidualnie. Więcej szczegółów na temat kompensacji dynamicznej znajdują Państwo w kolejnych częściach artykułu. Każde odstępstwo od warunków typowych sprawia, że w naszym projekcie powinniśmy uwzględniać wszelkie szczególne przypadki i komplikacje. By zaprojektować optymalne rozwiązanie, należy już w fazie projektu lub doboru elementów wykonać dodatkowe obliczenia i symulacje.

Pomocne tu są programy informatyczne, które pozwalają, po wpisaniu danych technicznych projektowanych lub posiadanych urządzeń technologicznych, ich charakteru obciążenia i dynamiki pracy, dobrać zarówno moc całkowitą, jak i stopniowanie baterii. Jednym z popularnych programów, który nie tylko pozwoli dobrać odpowiednią do projektowanych (posiadanych) obciążeń baterię kondensatorów, ale także poprzez dokonane symulacje dobrać odpowiednie parametry procesu kompensacji, jest program „Demo Twelve”. Jeśli układ zasilania jest już eksploatowany, to dobór odpowiedniej baterii, która zapewni nam wysoką skuteczność procesu kompensacji, jest stosunkowo prosty. Wykonując odpowiednie pomiary poznajemy zarówno wartości poszczególnych mocy, symetrię obciążenia faz, jak i dynamikę zmian poboru mocy czynnej i biernej, znamy też widmo harmonicznych. Oczywiście pomiary należy wykonywać dla każdego transformatora osobno, dokonując wszelkich przełączeń zasilania,

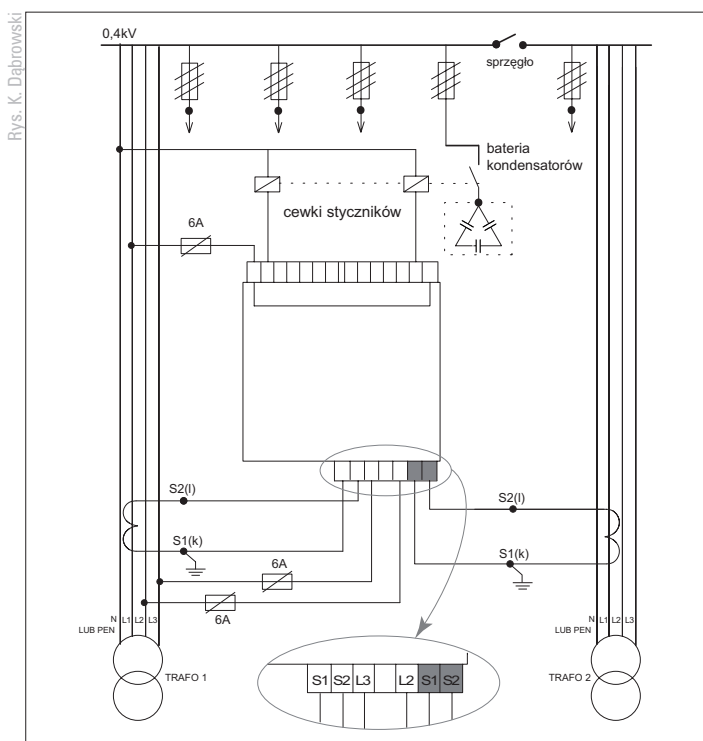
jakie przewiduje dla danego układu zasilania jego instrukcja ruchowa.

Warto wykonać analizę wyższych harmonicznych, mierząc ich rozkład widmowy na zaciskach kondensatora. Warto też sprawdzić, jaki prąd popłynie przez mierzony kondensator i czy jego wartość mieści się w podanej przez producenta tolerancji. Analiza tych wartości pozwoli podjąć decyzję dotyczącą typu baterii w projektowanym układzie kompensacji mocy biernej, co oznacza wybór pomiędzy zastosowaniem baterii standardowych, czy też baterii z dławikami wyższych harmonicznych lub baterii dynamicznych. Na tym etapie warto zasygnalizować, że obowiązujące przepisy są zbyt liberalne w stosunku do wymagań związanych z poprawną eksploatacją baterii kondensatorów. Więcej o rozbieżnościach między wymogami stawianymi przez przepisy techniczno-prawne [2] oraz normy przedmiotowe [3] i wynikających z tego powodu komplikacjach w procesie projektowania systemów kompensacji mocy bier-

Rachunek za energię elektryczną											I Należność								
Energia elektryczna czynna PKWiU 40.10											-----> +		3745.14						
Gr-tar	Nr-liczn	Data-odcz	M	Wskazanie	Mnoz	Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto							
Energia czynna																			
C11		02.05.2007		2173.00															
C11		02.07.2007	R	2686.00	40	kWh	20520.00	0.1496	3069.79	22%	675.35	3745.14							
Opłata dystrybucyjna zmienna											-----> +		4533.73						
Gr-tar											Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto		
C11	Opłata dystrybucyjna zmienna										kWh	20520.00	0.1811	3716.17	22%	817.56	4533.73		
Opłata abonamentowa											-----> +		10.71						
Gr-tar											Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto		
C11											mc	2.00	4.3900	8.78	22%	1.93	10.71		
Opłata sieciowa staża											-----> +		73.40						
Gr-tar											Mies	Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto	
C11	Moc umowna										16.00 *	2	kWh/mc	32.00	1.8800	60.16	22%	13.24	73.40
Moc obrachunkowa											-----> +		155.96						
Gr-tar	Nr-liczn	Data-odcz	M	Wskazanie	Mnoz	Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto							
Moc umowna = 16.00 kWh																			
Moc pobrana maksymalna																			
C11		02.07.2007	R	1.24	40	kWh	50.00												
C11		02.07.2007	R	1.24	40	kWh	34.00	3.7600	127.84	22%	28.12	155.96							
Energia elektryczna bierna pobrana PKWiU 40.10.10											-----> +		534.73						
Gr-tar	Nr-liczn	Data-odcz	M	Wskazanie	Mnoz	Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto							
Energia bierna indukcyjna																			
C11		02.05.2007		1017.00															
C11		02.07.2007	R	1312.00	40	kWh	11800.00												
Opłata za energię bierną indukcyjną											-----> +		96.43						
Zuz-e-bi	Jh	Zuz-e-uz	Jh	Ig-obi	Ig-umo	Ig-prz	Ilość*	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto							
11800.00	kWh	20520.00	kWh	0.58	0.40	0.18	1506.17	0.2910	438.30	22%	96.43	534.73							
Energia elektryczna bierna oddana PKWiU 40.10.10											-----> +		497.03						
Gr-tar	Nr-liczn	Data-odcz	M	Wskazanie	Mnoz	Jh	Ilość	C-netto	M-netto	UAT	M-UAT	M-brutto							
Energia bierna pojemnościowa																			
C11		02.05.2007		316.00															
C11		02.07.2007	R	351.00	40	kWh	1400.00	0.2910	407.40	22%	89.63	497.03							
Ilość kWh:													20520.00						
Średnia cena kWh:													0.4654						
RAZEM:													9550.70						
RAZEM pozycje szczegółowe											Ilość kWh:		20520.00	Średnia cena kWh:		0.4654	9550.70		

Rys. 1. Pozycje rachunku za energię elektryczną pomocne w doborze baterii kondensatorów

Rys. K. Dąbrowski



Rys. 2. Schemat podłączenia regulatora z podwójnym wejściem prądowym (jedną baterią)

nej w kolejnych częściach artykułu. Po wykonaniu pomiarów oraz po dokładnej analizie uzyskanych wyników, należy podjąć decyzję o wyborze właściwego typu baterii kondensatorów.

Istotnym przykładem optymalizacji kosztów inwestycji będzie zaprojektowanie układu kompensacji mocy biernej dla układu zasilania składającego się z co najmniej dwóch transformatorów, w którym zasilane przez nie odbiorniki

w przypadku zaniku napięcia na jednym z transformatorów automatycznie dołączane są SZR-em do transformatora z napięciem, czyli dla systemów z zasilaniem dwustronnym lub rezerwowanym. Dla takich układów racjonalne będzie zaprojektowanie baterii z regulatorem o dwóch wejściach prądowych przeznaczonych do pracy z dwoma przekładnikami prądowymi, które znajdują się w dwóch różnych polach dopływo-

wych. Takie rozwiązanie zapewni znaczne oszczędności finansowe, nie pogarszając skuteczności kompensacji. W zależności od potrzeb, istnieją różne typy regulatorów dwuprądowych. Jedne regulatory przeznaczone są do prowadzenia kompensacji w układzie z rezerwą jawną, tzn. gdy jeden transformator jest głównym źródłem zasilania, natomiast drugi stanowi rezerwę włączaną w przypadku awarii transformatora głównego. W tym przypadku dobrą skuteczność kompensacji uzyskamy instalując tylko jedną baterię kondensatorów. Schemat podłączenia tego regulatora w układzie zasilania i sterowania pokazano na **rysunku 2**. Wartość mocy całkowitej baterii dobrana jest dla całego obciążenia. Sygnał prądowy sterujący do regulatora doprowadzony jest z dwóch przekładników do jego dwóch wejść prądowych. Aktywne jest zawsze to wejście, które podłączone jest do przekładnika, przez który aktualnie płynie prąd. Rozwiązanie to eliminuje montaż drugiej baterii. Drugi typ regulatora przeznaczony jest do prowadzenia kompensacji w układzie z rezerwą ukrytą, tzn. gdy dwa transformatory pracują jednocześnie. W przypadku zaniku napięcia na jednym z transformatorów, układ SZR przełącza obciążenie i drugi transformator przejmuje całkowite zasilanie wszystkich odbiorów. Schemat podłączenia tego regulatora w układzie zasilania i sterowania pokazano na **rysunku 2**.

Rozwiązanie to umożliwia instalowanie baterii dobranych do obciążeń zasilanych przez poszczególne transformatory. Moc pojedynczej baterii nie musi być dobrana do sumy mocy odbiorników zasilanych z dwóch transformatorów. Po powrocie napięcia regulator automatycznie przejmuje sterowanie sygnałem z wejścia nadrzędnego „s1” i „s2” i wraca do „normalnego” procesu regulacji. Rozwiązanie to pozwala zastosować baterie o mocach dobranych do obciążeń poszczególnych sekcji i eliminuje przewymiarowanie stosowane w rozwiązaniu tradycyjnym wymuszone sumą mocy odbiorników zasilanych z obu sekcji.

Najprostszą metodą doboru baterii kondensatorów do istniejącego już układu zasilania jest metoda „kalkulato-

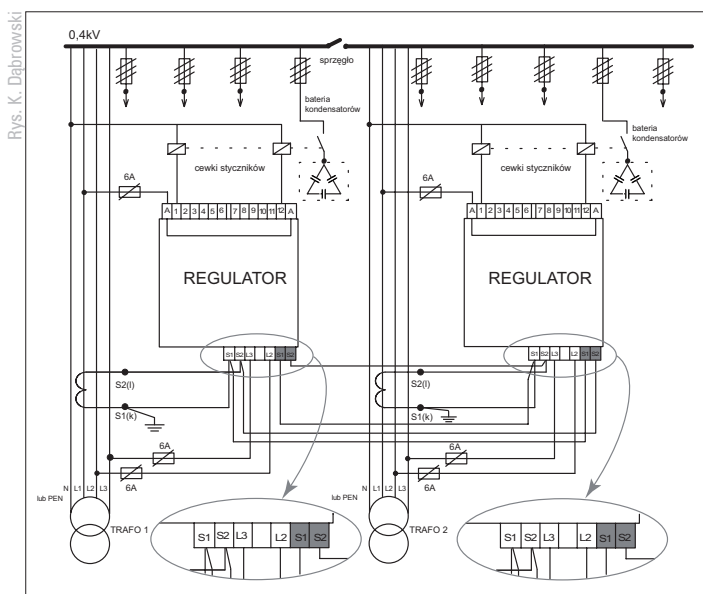
rowa”. Metoda ta ma zastosowanie, gdy w systemie mamy jeden układ pomiarowo-rozliczeniowy i jeden transformator. Analizując dane zawarte na rachunku za energię elektryczną (**rys. 1, poz. 1, 2, 3**), dotyczące wartości mocy przyłączeniowej lub maksymalnej i wartości tgφ uzyskanego i zadanego możemy obliczyć moc całkowitą baterii:

$$Q_{\text{baterii}} = P_{\text{max}} \cdot (\text{tg}\varphi_{\text{uzyskany}} - \text{tg}\varphi_{\text{umowny}} + 0,1)$$

gdzie:

P_{max} – maksymalna moc czynna, np. 15-stominutowa.

Metodę zwaną „kalkulatorową” możemy zastosować nie tylko w przypadku posiadania jednego transformatora. W sytuacjach, gdy system zasilania jest nierozproszony, tzn. użytkownik posiada kilka nieoddalonych od siebie transformatorów (rozdzielni nn), zasilanych jedną linią elektroenergetyczną SN, opłacalne staje się prowadzenie kompensacji całego systemu jedną baterią zainstalowaną w wybranej rozdzielni nn. Rozwiązanie to polega na „podaniu” do regulatora sygnałów pomiarowych ze strony SN, a zasilanie baterii i proces regulacji, czyli załączanie kondensatorów, odbywa się po stronie nn. Zastosowany w baterii regulator musi być w wersji na 100V, czyli przystosowany do pracy z napięciem strony wtórnej przekładnika napięciowego. Ważne jest, aby zarówno sygnał prądowy, jak i napięciowy był z SN (transformator wprowadza własne przesuwanie fazowe), a bateria usytuowana w takim miejscu, aby przepływ energii biernej wewnątrz systemu zasilania użytkownika był zminimalizowany. Trzeba jednak jednoznacznie stwierdzić, że jest to rozwiązanie poprawne ekonomicznie, gdyż znacznie redukuje koszty wykonania systemu kompensacji mocy biernej jednak niezależnie technicznie, gdyż wprowadza dodatkowe przepływy mocy biernej po wewnętrznych liniach elektroenergetycznych układu zasilania. Dlatego projektując takie układy zasilające, mimo że są one znacznie tańsze, zaleca się stosować je po bardzo dokładnym sprawdzeniu obciążalności poszczególnych li-



Rys. 3. Schemat podłączenia regulatora z podwójnym wejściem prądowym (dwie baterie)

nii zasilających i po oszacowaniu możliwości ich obciążenia. Ważne jest też, by rozdzielnia nn, z której będzie zasilana taka bateria, miała odpowiednią wartość mocy dysponowanej.

Projektując baterię kondensatorów dla konkretnego przypadku, zaczynaemy od obliczenia jej mocy całkowitej, a następnie dobieramy moc pierwszego stopnia tej baterii. Wartość tę należy obliczyć mierząc (obserwując wskazania licznika) minimalne przyrosty mocy biernej w układzie zasilania lub analizując zarejestrowane w czasie pomiarów przyrosty mocy. Oczywiście jest, że inną moc będzie miał pierwszy stopień baterii o mocy całkowitej 160kvar, gdy minimalne przyrosty mocy w układzie zasilania będą wynosiły 50kW, a inny, gdy będzie to tylko ok. 10kW. W pierwszym przypadku wystarczy, gdy na pierwszym stopniu zamontujemy kondensator o mocy 20kvar. Jednak ta moc nie zapewni wysokiej skuteczności procesu kompensacji dla drugiego przypadku. Drugi przypadek wymusza montaż kondensatora

o mocy 5kvar. Różna moc kondensatora na pierwszym stopniu przy zadanej mocy całkowitej wpływa na ilość stopni baterii, a to ma z kolei ogromny wpływ na cenę baterii. Z teorii regulacji wiadomo, że by zachować ciągłość procesu regulacji przy skokowej zmianie wartości parametru, którym prowadzimy regulację, wartość kolejnego członu nie może być większa niż dwukrotna wartość znajdująca się na poprzednim kroku. Zasada ta znajduje zastosowanie również w konstrukcji baterii kondensatorów. Ustawiając kondensatory w szereg regulacyjny musimy zapewnić, by moc kolejnego stopnia nie była większa niż dwukrotna wartość mocy poprzedniego. Wprowadza się też jeszcze jeden warunek: szereg mocy zastosowanych w baterii kondensatorów nie może być malejący. Ograniczeniem tej zasady „z góry” jest maksymalna moc dostępnych na rynku kondensatorów oraz możliwości łączeniowe stosowanego sprzętu. Ze względu na zdolność łączeniową styczników przeznaczonych do łączenia prądów pojemnościowych,

moc maksymalna stosowanych kondensatorów dla zakresu temperatury pracy do 70°C to 50kvar, a dla temperatury pracy do 30°C to 75kvar. Uwzględniając powyższe reguły podaną moc baterii 160kvar przy pierwszym stopniu 20kvar możemy uzyskać następującym szeregiem kondensatorów 20, 40, 50, 50. Montując jako pierwszy stopień kondensator o mocy 5kvar uzyskamy szereg: 5, 10, 20, 40, 40, 45. Mimo jednakowej mocy całkowitej bateria czterostopniowa będzie zdecydowanie tańsza od tej sześciostopniowej. Istotne jednak jest to, że czas rentowności po zastosowaniu baterii ze skokiem 5kvar, gdy wartość przyrostów mocy czynnej wynosi 10kW, będzie znacznie krótszy od czasu spłaty baterii o minimalnym skoku regulacji 20kvar. Z przykładu widać, że mimo że koszt zakupu baterii sześciostopniowej będzie większy, to w pewnym konkretnym przypadku okres jej „spłaty” będzie krótszy. Jest to możliwe, gdyż skuteczność procesu kompensacji prowadzonego ze skokiem 5kvar będzie większa, a tym samym opłata

za nieskompensowaną moc bierną zostanie wyzerowana, a przy regulacji ze skokiem 20kvar opłaty będą znaczne. Jest to zwłaszcza istotnie w przypadku zapowiadanej podwyżki cen energii elektrycznej.

W następnym artykule podamy kilka wskazówek, jak dobrać baterie kondensatorów, gdy układ zasilania nie będzie charakteryzował się warunkami typowymi, co uniemożliwi stosowanie rozwiązań standardowych. Omówione zostaną przypadki doboru baterii kondensatorów, gdy zasilane będą odbiorniki nieliniowe, o dynamicznych zmianach poboru mocy biernej oraz o charakterze pojemnościowym. Już teraz zachęcamy do lektury – sprawny system kompensacji mocy biernej nie dość, że zapewnia minimalizację lub redukcję opłat za energię bierną, to w niektórych warunkach zmniejsza (od 1 do 3%) także opłaty za energię czynną.

literatura do artykułu na

elektroinfo.pl

reklama

Kompensacja Mocy Biernej



Osprzęt Elektrotechniczny



Monitoring Parametrów Sieci



Twelve
electrics
www.twelvee.com.pl

Działamy z energią

tel. +48(22) 872 20 20; fax. +48(22) 612 79 49, skype: t12e_1; t12e_2; t12e_3, e-mail: twelvee@twelvee.com.pl