

Poprawa warunków pracy sieci elektroenergetycznych najwyższych napięć poprzez instalację baterii kondensatorów

Magdalena Miłow, Marek Iwanicki

Awaria napięciowa, jaka wystąpiła w polskim systemie elektroenergetycznym na początku lata 2006 roku, miała swoje podłoże m.in. w braku możliwości sprostania rosnącemu zapotrzebowaniu na moc bierną. W konsekwencji nastąpiła utrata zdolności systemu elektroenergetycznego do utrzymania napięcia na poziomie uznawanym za dopuszczalny. Zaistniała sytuacja spowodowała pilną potrzebę rozważenia wprowadzenia do systemu elektroenergetycznego nowych źródeł mocy biernej, charakteryzujących się możliwością szybkiej realizacji i lokalizacją w miejscach, gdzie moc ta jest najbardziej niezbędna.

Po przeprowadzeniu szeregu analiz, jako optymalne rozwiązanie, wybrano przyłączenie baterii kondensatorów o mocy rzędu kilkudziesięciu Mvar do uzwojeń wyrównawczych transformatorów mocy 400/110 kV i 220/110 kV. Ostatecznie jako lokalizację przyłączenia baterii kondensatorów wybrano siedem węzłów rozdzielczych sieci przesyłowej: 220/110 kV Elk, 400/110 kV Gdańsk Błonia, 400/220/110 kV Grudziądz Węgrowo, 220/110 kV Jasinec, 400/220/110 kV Miłosna, 220/110 kV Mory oraz 400/220/110 kV Olsztyn Mątki.

Po uruchomieniu baterii kondensatorów w wymienionych stacjach okazało się, że osiągnięte efekty są tak zadowalające, iż prace w tym kierunku należy kontynuować – tym razem poprzez instalację baterii kondensatorów przyłączonych bezpośrednio do sieci 220 kV i 110 kV. PSE Operator SA podjął decyzję o budowie kolejnych baterii kondensatorów przyłączonych bezpośrednio do szyn rozdzielni 110 kV i 220 kV, o następujących mocach:

SE Plewiska – 2 baterie o mocy po 50 Mvar, przyłączone do szyn 220 kV,
SE Mory – 2 baterie o mocy po 50 Mvar, przyłączone do szyn 110 kV,
SE Narew – 1 bateria o mocy 50 Mvar, przyłączona do szyn 110 kV,
SE Toruń Elana – 1 bateria o mocy 50 Mvar, przyłączona do szyn 110 kV,
SE Włocławek Azoty – 1 bateria o mocy 50 Mvar, przyłączona do szyn 110 kV.

Prezentowany artykuł ma na celu omówienie rozwiązań technicznych związanych z zabudową baterii kondensatorów przyłączonych do szyn rozdzielni 110 kV w stacji Mory i szyn rozdzielni 220 kV stacji Plewiska na podstawie inwestycji zrealizowanych przez Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe OLMEX SA. W poprzednich latach prezentowaliśmy Państwu sposoby podłączenia baterii kondensatorów do uzwojeń wyrównawczych transformatorów mocy.

Znaczenie mocy biernej w systemie elektroenergetycznym i sposoby jej wytwarzania

Moc bierna w systemie elektroenergetycznym jest niezbędna do wytworzenia pola elektromagnetycznego w silnikach elektrycznych i transformatorach. Dzięki obecności pola elektromagnetycznego możliwa jest mechaniczna praca silników i transformacja prądu na inne wartości napięcia w transformatorach. Źródłami mocy biernej są: generatory synchroniczne, kompensatory synchroniczne, silniki synchroniczne, baterie kondensatorów oraz linie elektroenergetyczne (poprzez własną pojemność).

Generatory synchroniczne pracujące w elektrowniach są jak gdyby naturalnym źródłem mocy biernej. Niestety, koncentracja wytwarzania w węzłach skupiających wiele jednostek generatorowych o dużej mocy pociąga za sobą konieczność przesyłania mocy biernej na znaczne odległości. Jest to zjawisko bardzo niekorzystne, bowiem powoduje występowanie strat mocy czynnej, spadki napięć, a przede wszystkim zmniejsza zdolności przesyłowe linii elektroenergetycznych. Z tego też względu bardzo ważne staje się przybliżanie źródeł mocy biernej do jej głównych odbiorców. Najkorzystniejsze efekty, w tym także ekonomiczne, można uzyskać poprzez budowę baterii kondensatorów i ich przyłączanie do sieci w miejscach, gdzie pobór mocy biernej jest największy.

Z punktu widzenia operatora systemu przesyłowego miejsca najbliższe odbiorcom mocy biernej to stacje transformatorowo-rozdzielcze, do których przyłączona jest sieć odbiorcza operatorów systemu dystrybucyjnego. Mając to na uwadze, PSE Operator SA zdecydował, że znaczącą poprawę sytuacji w zakresie gospodarki mocą bierną będzie można uzyskać, przyłączając do uzwojeń wyrównawczych transformatorów mocy 400/110 kV i 220/110 kV oraz bezpośrednio do szyn zbiorczych rozdzielni 220 kV i 110 kV baterie kondensatorów o mocach dostosowanych do występujących na danym obszarze potrzeb i możliwości obciążania transformatorów.

Istotne znaczenie przy wyborze rozwiązań miał także termin realizacji, aby oczekiwane efekty dało się zaobserwować w jak najkrótszym czasie. Podjęte działania miały na celu utrzymanie bezpieczeństwa energetycznego na poziomie wyższym aniżeli miało to miejsce w czasie letnich miesięcy 2006 roku.

Zadanie 1 – baterie kondensatorów przyłączone do uzwojeń wyrównawczych transformatorów mocy

Prace przygotowawcze i projektowe

Jak wspomniano na wstępie, decyzję o budowie układów kompensacji mocy biernej poprzedziła awaria systemowa z 2006 roku. Realizacji projektu, ze względu na istotne znaczenie dla bezpiecznej pracy KSE, nadano wysoki priorytet. Wspomaganie operatywne przy realizacji procesu inwestycyjnego PSE Operator SA powierzył spółce EPC SA.

W ramach zawartej umowy wykonane zostały niezbędne analizy w zakresie propozycji lokalizacji układów baterii kondensatorów statycznych (BKS) oraz przygotowano specyfikację istotnych warunków zamówienia na dostawę, montaż i uruchomienie układów BKS. Pracownicy EPC SA uczestniczyli w postępowaniu przetargowym, udzielając wsparcia merytorycznego w procesie oceny ofert złożonych przez wykonawców, jak również brali udział w nadzorze nad realizacją prac, odbiorach i w pracach wdrożeniowych.

Ze strony wykonawcy pierwsze czynności związane z realizacją (będącego dużym wyzwaniem) przedsięwzięcia polegały na utworzeniu kompetentnego zespołu, zdolnego podjąć trud wykonania nowatorskiego zadania. Mając to na uwadze, OLMEX SA – przy udziale czołowych firm branży elektroenergetycznej na polskim rynku – stworzył grupę projektowo-realizacyjną o niekwestionowanym doświadczeniu i dużym potencjale, dającą gwarancję powodzenia całego projektu.

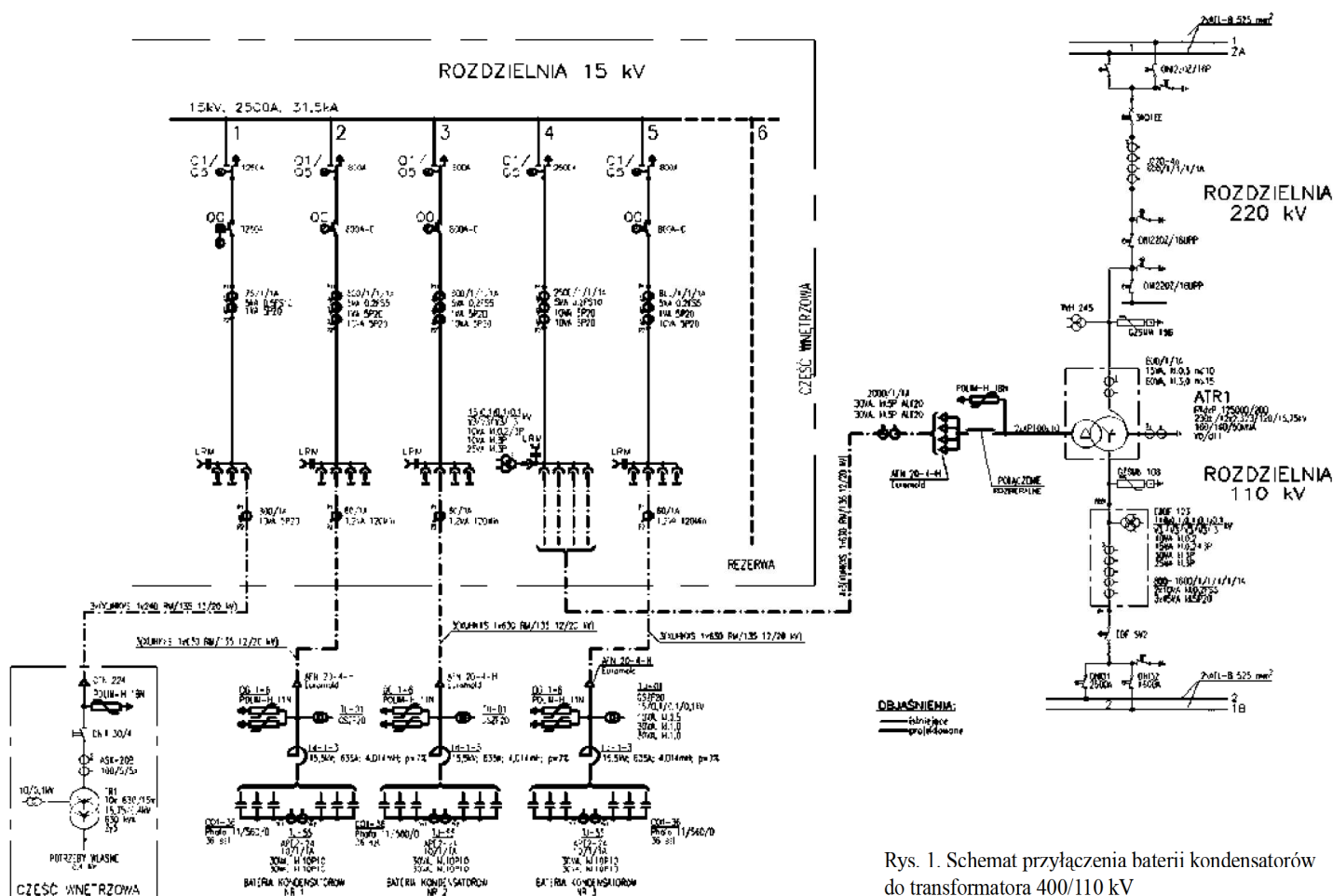
Bezpośrednią realizację zadania poprzedziły pomiary parametrów sieci, głównie zawartości harmoniczných w napięciu i prądzie, mające na celu dobór odpowiednich filtrów chroniących baterie kondensatorów przed szkodliwym wpływem harmoniczných i efektem rezonansu. Następnie przyszedł czas na opracowanie projektów. Całość prac projektowych dla potrzeb zabudowania baterii kondensatorów zrealizował Energoprojekt-Kraków SA. Należy zauważyć, że inwestycja nie ogranicza się tylko do ustawienia samej baterii. Aby móc przyłączyć ją do transformatora, potrzebna jest rozdzielnia SN o odpowiednich parametrach, pozwalających na łączenie dużych pojemności.

Nie można także zapomnieć o specyfice zabezpieczeń baterii i ich współpracy z pozostałymi elementami systemu elektroenergetycznego. W przypadkach, gdzie wcześniej uzwojenia wyrównawcze transformatorów nie były wykorzystywane, pojawiła się potrzeba wymiany zabezpieczeń różnicowych transformatorów, tak aby ochroną objęte były także uzwojenia wyrównawcze.

Odrębne zagadnienie stanowił dobór kabli łączących transformator z rozdzielnią SN i rozdzielnią ze stanowiskiem baterii. Możliwości przesyłowe kabli musiały uwzględniać dopuszczalne normą przeciążenia baterii, a przewidywane trasy musiały zapewniać właściwe odprowadzenie ciepła wydzielającego się w kablach podczas przepływu prądu. Stąd też w niektórych przypadkach konieczne było zaprojektowanie kanałów kablowych z wymuszoną wentylacją.

Instalowanie baterii kondensatorów w takim rozwiązaniu, jak to miało miejsce w opisywanych przypadkach, wiąże się nieuchronnie z potrzebą koordynacji dostaw dużej liczby urządzeń i materiałów, często o bardzo indywidualnym charakterze i specyficznych właściwościach. Trzeba znaleźć spełniających wysokie wymagania dostawców, a następnie zapewnić realizację zamówienia w oczekiwanym czasie. To dość skomplikowane zagadnienie logistyczne udało się zrealizować dzięki coraz bogatszej ofercie rynkowej i znaczącym wysiłkom projektantów, polegającym na proponowaniu, wszędzie tam, gdzie było to możliwe, kilku równoważnych kierunków dostaw.

Proces przygotowawczy inwestycji w każdym przypadku kończył się zatwierdzeniem dokumentacji projektowej przez PSE Operator SA.



Działo się to przy znaczącym udziale przedstawicieli PSE-Północ SA i PSE-Centrum SA – na co dzień prowadzących eksploatację obiektów, które wyposażano w baterie kondensatorów. Cenne uwagi i sugestie służb eksploatacyjnych z całą pewnością przyczyniły się do podniesienia poziomu proponowanych rozwiązań i pewności ich pracy w zakładanym reżimie.

Zastosowane urządzenia i ich parametry techniczne

• **Rozdzielnice SN.** W większości przypadków, ze względu na poziom napięcia uzwojeń wyrównawczych transformatorów, zastosowano rozdzielnice 15 kV z izolacją gazową SF₆. Wyłącznik zastosowany w polach, do których przyłączone są baterie kondensatorów, ma specjalną budowę polegającą na szeregowym połączeniu dwóch komór. W ten sposób uzyskuje się gwarancję poprawnego działania podczas łączenia dużych pojemności. Przykładowy schemat układu baterii przyłączonej do trzeciego uzwojenia transformatora za pośrednictwem rozdzielni 15 kV przedstawiono na rysunku 1.

• **Kondensatory.** W bateriach zastosowano kondensatory jednofazowe, dwuizolatorowe, w wykonaniu napowietrznym, typu Phafo, firmy VISHAY z Niemiec. Kondensatory są wyposażone w wewnętrzne urządzenia rozładowcze obniżające napięcie na zaciskach po wyłączeniu do poziomu 75 V w czasie 10 minut oraz wewnętrzne bezpieczniki zwijek. W poszczególnych stacjach elektroenergetycznych zabudowano baterie o mocach przedstawionych w tabeli.

• **Dławiki ochronne.** W bateriach 15 kV zastosowano bezrdzeniowe dławiki ochronne firmy Trench, o stopniu tłumienia 7% (częstotliwość rezonansowa $f_r = 189$ Hz), w wykonaniu napowietrznym.

Rozwiązania konstrukcyjne

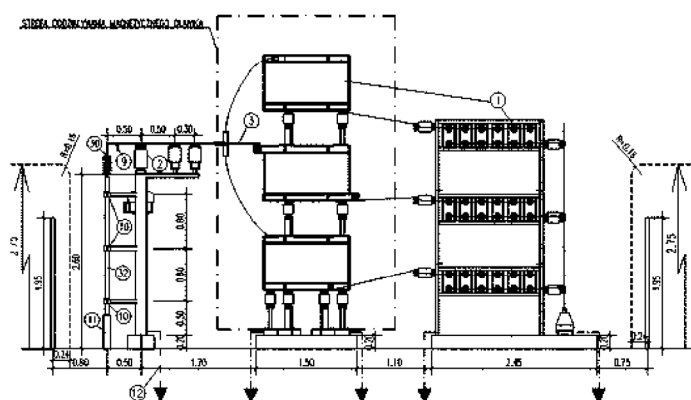
Stanowiska baterii kondensatorów i dławików przeciwrzonansowych zrealizowano jako stanowiska napowietrzne. Zainstalowane urządzenia posadowiono na stalowych konstrukcjach wsporczych w ustawieniu niskim, a zajęty przez nie obszar wydzielono ogrodzeniem. Każda bateria kondensatorów tworzy układ podwójnej gwiazdy, z wbudowanym przekładnikiem prądowym na połączeniu gwiazd.

Rys. 2. Widok stanowiska baterii kondensatorów



Kondensatory przynależne do jednej fazy są rozmieszczone na tym samym poziomie, a poszczególne fazy, usytuowane jedna nad drugą, tworzą układ pionowy, pozwalający na znaczne ograniczenie zajmowanego terenu. Również dławiki ochronne dla poszczególnych faz ustawione są jeden nad drugim, aby nie zajmować niepotrzebnie miejsca, którego w żadnym z realizowanych obiektów nie było zbyt dużo. Wzajemne połączenia poszczególnych kondensatorów tworzących baterię zostały poprowadzone z wykorzystaniem izolatorów wsporczych przymocowanych do konstrukcji wsporczej baterii.

Stacja	Typ baterii	Liczba baterii [kpl.]	Moc całkowita baterii [Mvar]
Elk	BKS-15/15	3	45
Gdańsk Błonia	BKS-30/25	2	50
Grudziądz Węgrowo	BKS-15/15	4	60
Bydgoszcz Jasinieć	BKS-15/15	3	45
Miłosna	BKS-15/15	3	45
Mory	BKS-15/15	2	30
Olsztyn Mątki	BKS-15/15	4	60



Rys. 3. Stanowisko baterii kondensatorów

Przykładowy układ konstrukcyjny stanowiska baterii kondensatorów pokazano na rysunku 3. Dla rozdzielni 15 kV przewidziano zabudowanie nowych budynków kontenerowych. Są to kontenery żelbetowe, prefabrykowane. Kontenery były dostarczane na poszczególne obiekty w formie kilku modułów przeznaczonych do montażu na miejscu i wyposażenia w niezbędne instalacje. Każdy z kontenerów ma piwnicę pełniącą rolę kablowni, umożliwiającą wprowadzenie kabli do pól rozdzielczych i zabudowanie przekładników ziemnozwarciowych. Rozmiar kontenera dla konkretnego obiektu był uzależniony od liczby pól, jakie musiała mieć rozdzielnia 15 kV.

Kable SN łączące transformatory mocy z rozdzielni SN i rozdzielnie ze stanowiskami baterii kondensatorów poprowadzono – w zależności od indywidualnych możliwości terenowych każdego z obiektów i przewidywanych obciążeń – w ziemi (w kanałach kablowych bądź w przepustach).

Proces realizacji

Praktyczna realizacja zadania polegającego na zabudowaniu baterii kondensatorów w wybranych stacjach elektroenergetycznych też nie należała do zadań łatwych. Przede wszystkim prace należało prowadzić na czynnych obiektach, które ze względu na swoje znaczenie w systemie elektroenergetycznym nie mogły w żadnym razie ograniczać pełnionej przez siebie funkcji. Ponadto niemal każda z wyposażanych w baterie kondensatorów stacji była poddawana niemal w tym samym czasie innym procesom modernizacyjnym, jak chociażby instalacja i rozbudowa systemów sterowania i nadzoru, czy unowocześnianie układów chłodzenia transformatorów mocy. Kluczowe dla powodzenia zadania stało się więc odpowiednie skoordynowanie wszystkich prac realizowanych na poszczególnych obiektach.

Wobec takiej sytuacji bardzo ważną rolę odegrały, organizowane przez PSE Operator SA w trakcie całego okresu realizacji, narady koordynacyjne, na których analizowano postęp prac, pojawiające się zagrożenia i ustalano zakres niezbędnych wyłączeń. W tym miejscu trzeba także zauważyć, że ze względu na zapewnienie poprawnej pracy systemu elektroenergetycznego, transformatory, do których miały zostać przyłączone baterie kondensatorów, mogły być wyłączane jedynie w nocy bądź podczas weekendów i – oczywiście – nie wszystkie jednocześnie. Był to czynnik, który z pewnością nie ułatwiał realizacji zadania, ale trudno sobie wyobrazić, że istniejąca sytuacja mogła zapewnić większy komfort wykonywania prac.

Aby uniknąć przestojów związanych z brakiem możliwości wyłączenia transformatorów, prace należało tak prowadzić, żeby czynności związane np. z wymianą zabezpieczeń transformatorów czy też próbami funkcjonalnymi urządzeń, trafiały dokładnie w czas weekendu. Wymagało to odpowiedniej koordynacji prac na danym obiekcie, ale także pomiędzy realizowanymi obiektami.

Uzyskane efekty

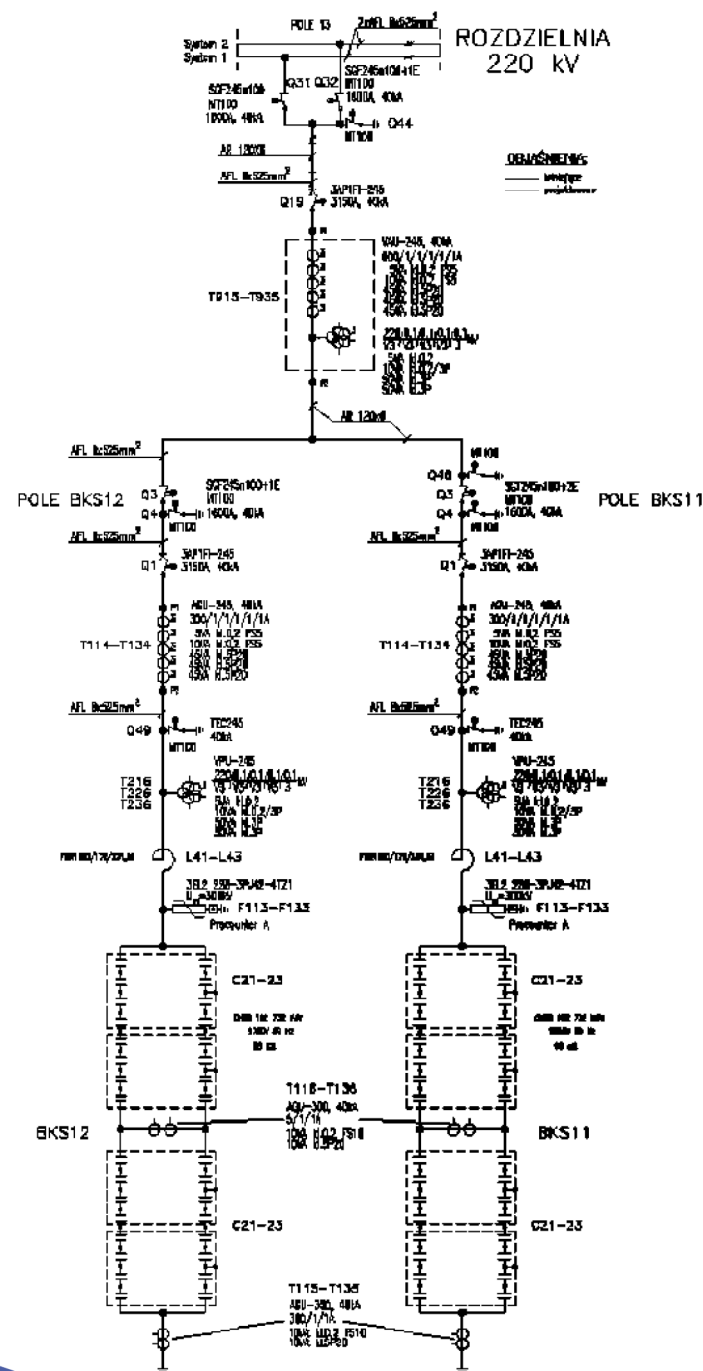
Przeprowadzone pomiary przebiegów prądów i napięć – zarówno chwilowych, jak i w stanach ustalonych, a następnie okres eksploatacji – potwierdziły wyniki wcześniejszych analiz teoretycznych, że baterie kondensatorów będą mogły z powodzeniem wypełnić rolę, jaką im przypisano i jaka jest oczekiwana.

Podsumowując wykonane prace można zauważyć, że każdy z uczestników procesu realizacji tego niestandardowego zadania wyniósł nowe doświadczenia, które z pewnością będzie mógł wykorzystać w swej dalszej działalności. Ponadto z całą odpowiedzialnością można stwierdzić, że mamy w Polsce potencjał projektowy i wykonawczy zdolny podejmować nawet bardzo trudne zadania i z powodzeniem je realizować. Wobec takiej sytuacji należy z optymizmem patrzeć w przyszłość i czekając nas zadania związane z dostosowywaniem naszego systemu elektroenergetycznego do obecnych i przyszłych potrzeb cywilizacyjnych.

Zadanie 2 – baterie kondensatorów przyłączone do szyn rozdzielni 220 kV i 110 kV

Prace przygotowawcze i projektowe

Decyzja o rozpoczęciu zadania inwestycyjnego zapadła w 2008 roku. PSE Operator SA ponownie powierzył przygotowanie specyfikacji istotnych warunków zamówienia spółce EPC SA. Ponadto EPC była zobowiązana do wykonania projektów budowlanych i uzyskania pozwolenia na budowę dla pięciu lokalizacji BKS. Nie było to zadanie proste, ponieważ takie rozwiązania zastosowano w polskiej sieci przesyłowej po raz pierwszy. Przy przygotowaniu dokumentacji projektowej i przetargowej w zakresie opisu przedmiotu zamówienia posłużyli się doświadczeniami firm zagranicznych, w tym producentów aparatury.



Rys. 4. Schemat zasadniczy rozdzielni 220 kV i stanowisk BKS

Dodatkowy problem stanowiły procedury formalno-prawne przy uzyskiwaniu decyzji o pozwoleniu na budowę. Organy administracji właściwe do wydania decyzji, nie mając podobnych doświadczeń, zwracały się o dodatkowe wyjaśnienia specyfiki inwestycji, w szczególności dotyczące spraw związanych z ochroną środowiska.

Bateria kondensatorów w stacji 400/220/110 kV Plewiska

Stacja elektroenergetyczna 400/220/110 kV Plewiska jest stacją systemową i pełni rolę ważnego węzła w krajowym systemie elektroenergetycznym. Stacja jest powiązana z krajowym systemem elektroenergetycznym liniami 400, 220 i 110 kV. Stacja składa się z:

- rozdzielni 400 kV – napowietrzna 12-polowa,
- rozdzielni 220 kV – napowietrzna 12-polowa,
- rozdzielni 110 kV – napowietrzna 18-polowa,
- stanowisk (auto)transformatorów 400/220 kV, 400/110 kV, 220/110 kV, (AT1, AT2, TR3, AT4),
- stanowiska dławika kompensacyjnego 15 kV,
- rozdzielni wewnętrznej 15 kV,
- rozdzielni potrzeb własnych prądu stałego i przemiennego.

Zakres inwestycji

Zakres instalacji baterii kondensatorów 220 kV o mocy 2×50 Mvar w stacji Plewiska obejmował:

- budowę pola zasilającego rozdzielni 220 kV w zakresie fundamentów, konstrukcji oraz zainstalowania aparatury wysokiego napięcia,
- budowę pól 220 kV BKS nr 1 i 2 w zakresie fundamentów, konstrukcji oraz zainstalowania aparatury wysokiego napięcia,
- budowę dwóch stanowisk baterii kondensatorów (2×50 Mvar),
- budowę dróg wewnętrznych dla stanowisk BKS,
- budowę kanału kablowego obwodów wtórnych,
- zainstalowanie dwóch zwodów pionowych ($h=7,50$ m) na istniejącej bramce szyny obejściowej rozdzielni 220 kV,
- przełożenie instalacji wody oraz kanalizacji sanitarnej w rejonie lokalizacji stanowisk baterii kondensatorów,
- wykonanie obwodów wtórnych dla przedmiotowego zakresu,
- rozbudowę systemu sterowania i nadzoru dla nowych pól,
- rozbudowę systemu rejestracji zakłóceń,
- rozbudowę istniejącego koncentratora zabezpieczeń,
- budowę kontrolnego układu pomiaru energii dla układu BKS.

Rozwiązania konstrukcyjne stanowisk BKS 220 kV

Zabudowano napowietrzne baterie kondensatorów typu BKS-220/50/H – 2 kpl. produkcji PBW OLMEX SA, na napięcie 220 kV. Baterie podłączono do pól zasilających BKS-11 i BKS-12, które są zasilane z pola w rozdzielni 220 kV. W bateriach zastosowano kondensatory jednofazowe dwuizolatorowce, z ekologicznym syciwcem (nie zawierającym PBC) z wewnętrznymi bezpiecznikami zwijek oraz z wewnętrznymi oporami rozładowczymi oraz dławiki ochronne przeciwwrezonansowe ze stopniem tłumienia $p = 7\%$.

Baterie zostały wykonane jako jednoczłonowe, z możliwością pracy każdej baterii indywidualnie lub obu jednocześnie. Baterie i dławiki zabudowano w układzie płaskim, a całe stanowisko zostało ogrodzone. Dławiki przeciwwrezonansowe jednofazowe zainstalowano na izolatorach wsporczych posadowionych na fundamencie. Kondensatory każdej z faz zainstalowano na izolatorach wsporczych, poziomo, w czterech pakietach, jeden nad drugim. Na konstrukcji mocującej poszczególne jednostki zamontowano również izolatory do wykonania połączeń wewnętrznych baterii. Na odrębnych stalowych konstrukcjach posadowionych na fundamentach zainstalowano przekładniki prądowe, napięciowe oraz ograniczniki przepięć stanowiące wyposażenie baterii kondensatorów.

Parametry techniczne baterii kondensatorów BKS

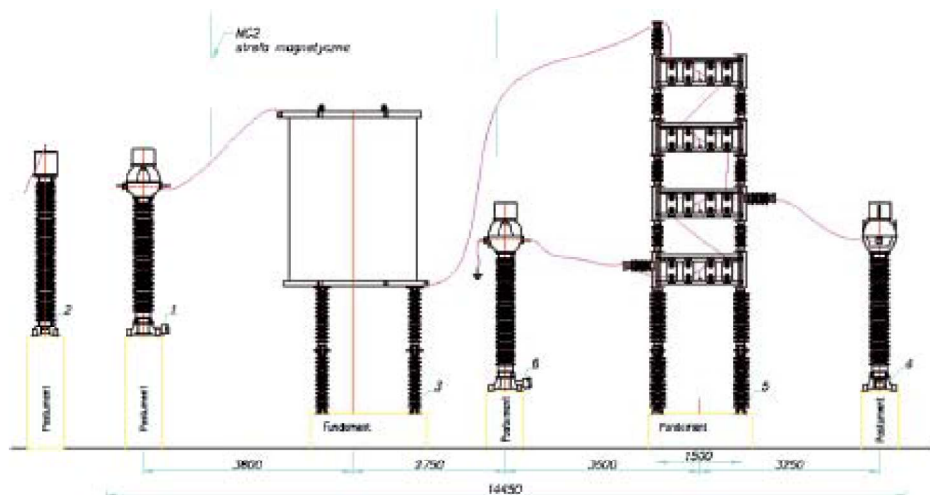
Typ baterii	BKS-220/50/H
Moc znamionowa	50 Mvar
Układ połączeń	Y – O – „H”
– połączenia szeregowo kondensatorów w baterii	16 S
– połączenia równoległe kondensatorów w grupach	1
– liczba kondensatorów w baterii	96
Napięcie znamionowe systemu U_n	220 kV
Temperatura pracy	-40/D
Stopień tłumienia	$p = 7\%$
Prąd zwarciov	40 kA
Moc całkowita baterii	2×50 Mvar

Sterowanie łącznikami WN

Dla sterowania programowego wyłącznikami w polu zasilającym i polach baterii kondensatorów zastosowano urządzenia do synchronizowanego załączania i wyłączania wyłączników typu PSD02. Urządzenie jest przystosowane do współpracy z wyłącznikami 3AP1-F1 i umożliwia załączenie każdej fazy przy przejściu napięcia przez zero oraz wyłączenie przy przejściu prądu przez zero. Impulsy wyłączające od zabezpieczeń kierowane są bezpośrednio na cewki wyłączające wyłączników.

Zastosowano następujące poziomy sterowania łączników WN:

- poziom podstawowy – sterowanie z SSiN,
- poziom rezerwowy – przyciskami na panelach sterowania rezerwowego w szafach SSiN lub przyciskami w szafkach kablowych,
- poziom awaryjny – przyciskami w szafach napędów łączników WN.



Poziom podstawowy obejmuje sterowanie z zachowania blokad elektrycznych i blokad logicznych realizowanych w SSiN. Poziom rezerwowy umożliwia wykorzystanie blokad logicznych i elektrycznych lub tylko elektrycznych. Sterowanie przyciskami w szafkach kablowych jest możliwe tylko z blokadami elektrycznymi.

Zabezpieczenia baterii kondensatorów

Bateria kondensatorów jest wyposażona w zespół zabezpieczeń typu REF 545 realizujący następujące funkcje:

- zabezpieczenie baterii kondensatorów od przeciążeń spowodowanych zawartością wyższych harmonicznych w prądzie lub wzroście napięcia,
- zabezpieczenie od prądu nie zrównoważenia baterii dla baterii połączonych w układzie H,
- zabezpieczenie różnicowo-prądowe,
- zabezpieczenie nadprądowe trójstopniowe,
- zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe,
- zabezpieczenie od asymetrii prądu,
- zabezpieczenie nadnapięciowe,
- zabezpieczenie podnapięciowe,
- rejestratora zakłóceń i zdarzeń,
- samokontroli zewnętrznej,
- komunikacji światłowodowej w protokołach SPA i IEC 60870-5-103.

Zabezpieczenia działają na otwarcie wyłączników pola własnego oraz pobudzenie układu LRW pól baterii kondensatorów.

Proces realizacji

Podczas fazy realizacji inwestycji rolę inżyniera kontraktu pełniła spółka EPC SA. W imieniu inwestora prowadziła ona prace związane z kontrolą i nadzorem nad realizacją inwestycji. Zakres zadań obejmował m.in.:

- ocenę techniczną projektu wykonawczego i kontrolę jego zgodności z wymaganiami SIWZ oraz warunkami umowy zawartej między inwestorem i wykonawcą,

- wykonywanie obowiązków inspektora nadzoru inwestorskiego, w tym:

- sprawowanie kontroli zgodności budowy z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej,
- sprawdzanie jakości wykonywanych robót i wbudowanych wyrobów budowlanych,
- uczestnictwo w próbach, badaniach i odbiorach technicznych urządzeń i instalacji,
- monitorowanie i kontrolę czasu,
- ewidencjonowanie kosztów realizowanych prac,
- sprawdzanie pod względem merytorycznym i formalno-prawnym wystawianych przez wykonawcę faktur i załączonych do nich dokumentów,
- przygotowanie dokumentacji finansowo-księgowej, celem włączenia do majątku inwestora poszczególnych środków trwałych.

Godny podkreślenia jest fakt harmonijnej współpracy wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Każdy miał bowiem świadomość pionierskiego charakteru realizowanego przedsięwzięcia.

Uzyskane efekty

Opisane rozwiązania dotyczące zabudowy baterii kondensatorów bezpośrednio na szynach rozdzielni 220 kV są pierwszymi w Polsce. Z uwagi na dużą moc baterii kondensatorów oraz poziom napięcia roboczego, zostały zastosowane nowe rozwiązania w zakresie układu połączeń baterii kondensatorów – układ H, jak również w sposobie łączenia baterii do sieci (układ synchronizacji wyłączników). Doświadczenie zdobyte podczas realizacji tego projektu pozwoli nam na realizację podobnych tematów w energetyce zawodowej na najwyższych poziomach napięć.

Należy również zwrócić uwagę na fakt coraz większego zapotrzebowania na energię (również bierną) w KSE. Spodziewać się należy, że w niedługim okresie zapotrzebowanie na tego typu inwestycje w znacznym stopniu wzrośnie.

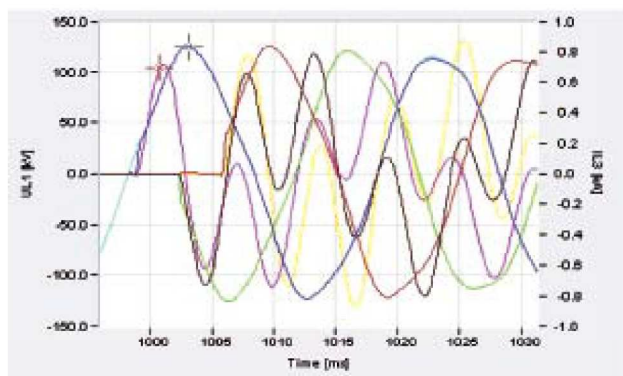
Rys. 7. Układ połączeń kondensatorów na stanowiskach 110 kV w SE Mory



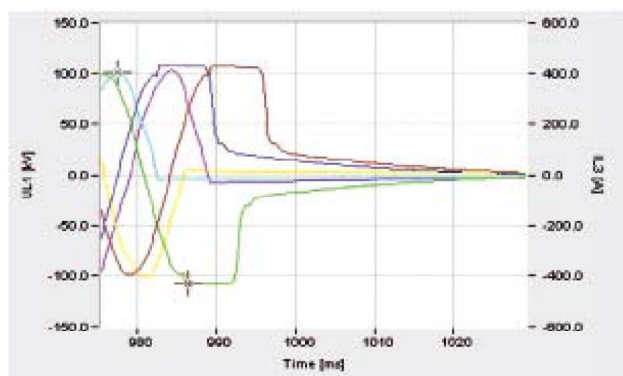
◀ Rys. 5. Rozwiązanie konstrukcyjne baterii kondensatorów 220 kV



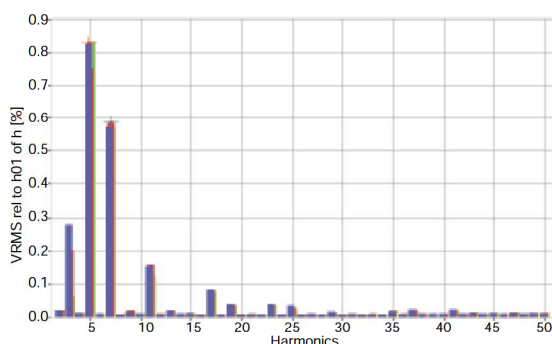
▲ Rys. 6. Układ połączeń kondensatorów na stanowiskach 220 kV



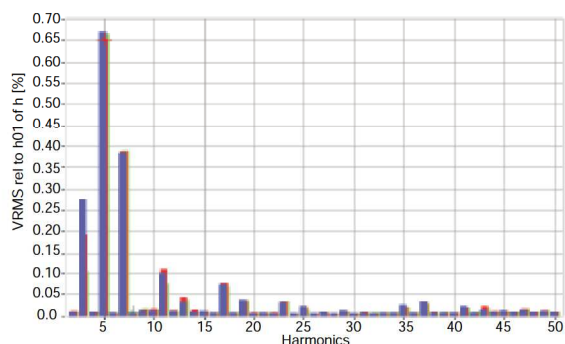
Rys. 8. Proces załączenia baterii kondensatorów 50 Mvar/110 kV



Rys. 9. Proces wyłączenia baterii kondensatorów 50 Mvar/110 kV



Rys. 10. Poziom wyższych harmonicznych w napięciu 110 kV, przy wyłączonych bateriach



Rys. 11. Poziom wyższych harmonicznych w napięciu 110 kV, przy załączonych 100 Mvar

Przebiegi łączeniowe baterii kondensatorów

Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono przebiegi łączeniowe baterii kondensatorów o mocy 50 Mvar, na napięciu 110 kV. Podczas łączenia baterii maksymalny wzrost napięcia wynosił $1,04 U_{ust}$, z czasem trwania przebiegów przejściowych ok. 70 ms, natomiast maksymalny wzrost prądu przy załączaniu baterii wynosił $2,2 I_{ust}$, z czasem trwania przebiegów przejściowych ok. 300 ms.

Podczas procesu wyłączania baterii kondensatorów maksymalny wzrost napięcia wynosił $1,1 U_{ust}$, z bardzo krótkim czasem trwania przebiegów przejściowych, wynoszącym ok. 8 ms. W trakcie wyłączenia nie wystąpiło przetężenie prądowe oraz nie stwierdzono zapłonów wtórnych. Należy również zwrócić uwagę na bardzo krótki czas rozładowania baterii kondensatorów do poziomu 30 V w okresie 6 s, poprzez zastosowane przekładniki napięciowe w każdej fazie układu.

Podczas pomiarów dokonano również analizy widmowej wyższych harmonicznych. Średni współczynnik odkształcenia napięcia – THD_U (w procentach harmonicznnej podstawowej) wynosił:

- 0,85% przy wyłączonych bateriach,
- 0,86% przy załączonej jednej baterii,
- 0,87% przy załączonych dwóch bateriach.

Średni współczynnik odkształcenia prądu – THD_I (w procentach harmonicznnej podstawowej) wynosił 3,8% w prądzie baterii – wartość bezpieczna dla eksploatowanych jednostek kondensatorowych (nie występuje przeciążenie prądowe).

Z analizy powyższych wartości wynika, że dołączenie do szyn rozdzielni 110 kV baterii o mocy 100 Mvar nie spowodowało pogorszenia parametrów sieci elektroenergetycznej w zakresie odkształceń THD_U .

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych pomiarów i pierwszych doświadczeń eksploatacyjnych można uznać, że przedsięwzięcie instalowania nowych źródeł mocy biernej w systemie elektroenergetycznym kończy się sukcesem. Poprawie uległy warunki napięciowe panujące w sieci najwyższych napięć i efektywność pracy całego systemu elektroenergetycznego.

Wprowadzenie mocy 100 Mvar bezpośrednio na szyny rozdzielni 110 (220) kV odciażyło w znacznym stopniu linie przesyłowe 220 i 400 kV, jak również pracujące na stacjach autotransformatory. Taka sytuacja pozwoli na zwiększenie przepustowości mocy czynnej w tych punktach systemu, a co za tym idzie – na zwiększenie niezawodności zasilania.

Zrealizowane zadania w pełni potwierdziły, jak słuszne były decyzje o instalowaniu baterii kondensatorów, a także udowodniły, że zarządzanie systemem elektroenergetycznym znajduje się w dobrych rękach.



Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe
OLMEX SA
Wójtowo, ul. Modrzewiowa 58, 11-010 Barczewo