



Sławomir SAMEK¹, Jan STRZAŁKA²

ENERGOPROJEKT-KRAKÓW S.A. (1), Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroenergetyki (2)

Nowe rozwiązania techniczne i propozycje prowadzenia eksploatacji obiektów elektroenergetycznych wysokiego napięcia

Streszczenie. Współczesne rozwiązania techniczne obiektów elektroenergetycznych muszą uwzględniać realia gospodarki rynkowej i coraz mocniej słyszalny głos środowiska naturalnego i jego obrońców. W artykule przedstawiono wybrane przykłady sposobów realizacji stacji i linii elektroenergetycznych, które powstały jako odpowiedź na potrzebę ograniczania kosztów i miały zahamować degradację środowiska naturalnego.

Abstract. (New technical solutions and proposals of exploitation for high voltage electrical power objects). Modern technical solutions of electrical power objects must respect the realities of the market economy and the better and better-heard voice of the natural environment and its defenders. In the paper some examples of the way of realization of substations and HV lines, which arised as a replay for the need of restrictions of the costs and were supposed the deterioration of the natural environment, has been presented.

Słowa kluczowe: stacja elektroenergetyczna, linia wysokiego napięcia, ograniczanie kosztów, ochrona środowiska naturalnego.

Key words: substation, high voltage line, costs reduction, protection of environment.

Wstęp

Dzień dzisiejszy energetyki to w dalszym ciągu, jak dzieje się to już od wielu lat, dostosowywanie obszaru przesyłu i rozdziału energii elektrycznej do wymagań gospodarki rynkowej, w której jedną z najistotniejszych ról odgrywają koszty. A właśnie poprzez umiejętne zarządzanie obiektami energetycznymi w całym okresie ich funkcjonowania, wprowadzanie nowych rozwiązań technologicznych i tworzenie właściwych relacji ze środowiskiem naturalnym, można w sposób znaczący ograniczać koszty z tytułu przesyłu i rozdziału energii elektrycznej.

Wśród licznych podobieństw do działań z lat ubiegłych, należy jednak zwrócić uwagę na jedno, na pierwszy rzut oka mało widoczne, odstępstwo. Chodzi mianowicie o cały obszar zagadnień, który można określić wspólnym mianownikiem, energetyka a środowisko. Dotychczas pod tym hasłem kryły się wszelkiego rodzaju rozwiązania mające na celu ograniczanie negatywnego wpływu energetyki na środowisko naturalne. Obecnie wprowadza się pojęcie „Środowisko”, rozumiane jako wszelkiego rodzaju relacje pomiędzy energetyką, a środowiskiem. Poprzez takie działanie czynione są starania, aby podkreślić, że nie tylko energetyka wpływa na środowisko, ale istnieją także oddziaływania zwrócone w przeciwną stronę. Środowisko naturalne poprzez swoje konkretne właściwości może wymuszać stosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych. Przykładem niech tutaj będzie potrzeba odpowiedniego doboru izolacji zewnętrznej dla obiektów pracujących w klimacie nadmorskim o dużej wilgotności i charakteryzującym się obecnością znacznej ilości soli w powietrzu. Ale to jeszcze nie wszystko. Po okresie bezkrytycznego poddawania się presji środowisk uważających się za obrońców natury, energetyka zauważyła, że każde działanie proekologiczne ma także swój wymiar ekonomiczny. Zaczęto więc mówić o potrzebie wprowadzenia rozsądnej równowagi pomiędzy rzeczywistymi potrzebami ochrony środowiska naturalnego, w ramach działalności gospodarczej, jaką jest rozdział i przesył energii elektrycznej, a wielkością ponoszonych z tego tytułu kosztów.

Prezentowany artykuł ma na celu przybliżenie przykładów obrazujących nowości organizacyjne i techniczne, jak również te z zakresu relacji pomiędzy energetyką

a środowiskiem. W ten sposób autorzy chcą przyczynić się do szerzenia obiektywnej wiedzy o energetyce, jako elemencie działalności gospodarczej człowieka.

Zarządzanie obiektami elektroenergetycznymi i optymalizacja zabiegów eksploatacyjnych

W kosztach działalności przedsiębiorstw energetycznych jako znacząca pozycja pojawiają się nakłady na prace eksploatacyjne. Są one na tyle istotne, że w chwili obecnej nie można już powiedzieć, iż realizacja stacji energetycznej obciąża budżet inwestora tylko kosztem jej budowy i instalowania wyposażenia. Jeżeli zatem poważnie myślimy o ograniczeniu kosztów działalności w obszarze przesyłu i rozdziału energii elektrycznej, to z całą pewnością musimy rezerw poszukiwać także w oszczędnych metodach prowadzenia zabiegów eksploatacyjnych. Jakiegokolwiek działania związane z wszelkiego rodzaju optymalizacją muszą być jednak poprzedzone rozpoznaniem obszaru, w którym będą prowadzone.

Takiemu właśnie rozpoznaniu tematu służy ankietyzacja występowania w systemach energetycznych różnych krajów tak zwanych stacji współużytkowanych [1]. Chodzi tutaj o stacje pracujące na potrzeby więcej niż jednego użytkownika, którymi mogą być różni operatorzy systemu energetycznego, operator systemu i spółka dystrybucyjna, bądź dostawca energii elektrycznej i jej duży odbiorca. Dla zidentyfikowania skali zjawiska została przygotowana odpowiednia ankieta i przesłana do różnych krajów. Odpowiedzi, poprzez wypełnienie ankiety udzieliło 15 krajów. Nadesłane ankiety potwierdziły, że w każdym z krajów, który zechciał udzielić odpowiedzi, pracują stacje współużytkowane. Podziały pomiędzy użytkowników przebiegają bardzo różnie i wynikają z różnych powodów, a doświadczenia w prowadzeniu eksploatacji tego typu obiektów sięgają nawet 20 lat. Istotne jest także to, że współużytkowanie dotyczy nie tylko stacji już istniejących, ale także jest już określone dla obiektów, które mają dopiero powstawać. Ankietowane kraje zauważyły, że proces współużytkowania może się już rozpocząć na etapie wspólnego projektowania obiektu, a potem trwać podczas budowy i eksploatacji. Stwierdzenie, że zagadnienie dotyczy tak wielu przypadków zachęca do dalszych prac nad tematem, wynikiem których może być opracowanie

wytucznych do jak najbardziej efektywnego zarządzania stacjami współużytkowanymi, z którego będą wynikały korzyści dla wszystkich użytkowników.

Do istotnego ograniczania kosztów związanych z prowadzeniem eksploatacji obiektów energetycznych prowadzi zmniejszanie ilości interwencji i wyłączeń związanych z usuwaniem skutków wszelkiego rodzaju awarii. W przypadku rozdzielni z izolacją gazową SF₆ powodem przestojów mogą być prace związane z usuwaniem nieszczelności prowadzących do wycieku gazu izolacyjnego. Najczęstszym miejscem powstawania nieszczelności w rozdzielniach z izolacją gazową SF₆ są wszelkiego rodzaju skręcane połączenia kołnierzowe i obszary wprowadzania do przedziałów gazowych, czujników rejestrujących parametry gazu. Nowatorską metodę doszczelniania wspomnianych miejsc powstawania nieszczelności opracowano we Francji [2]. Polega ona na nakładaniu na wrażliwe miejsca dodatkowej osłony z żywicy. Praca jest wykonywana bez konieczności wyłączenia z ruchu rozdzielni i została z powodzeniem zastosowana dla obiektów eksploatowanych przez koncern EDF. Dla sprawdzenia skuteczności metody w procesie wieloletniej eksploatacji przeprowadzono odpowiednie badania starzeniowe, które pozwoliły stwierdzić, że właściwości żywicy nie uległy pogorszeniu nawet po upływie wielu lat. Dodatkowa osłona może być także, jeżeli zajdzie taka konieczność, w stosunkowo prosty sposób usunięta, a potem może być zastąpiona nową osłoną. Pierwsze doświadczenia eksploatacyjne są na tyle obiecujące, iż skłoniły koncerny EDF i RTE do przyjęcia rozwiązania, jako skutecznej metody pozwalającej myśleć o całkowitej rezygnacji z dotychczas stosowanych sposobów mających na celu usuwanie nieszczelności występujących w rozdzielniach z izolacją gazową SF₆. Nie bez znaczenia jest także uzyskiwany w ramach stosowania rozwiązania efekt ograniczenia ilości gazu SF₆, jaka może przedostać się do atmosfery w przypadku jego awaryjnego wycieku. W ten sposób, nowa metoda może się także przyczynić do ograniczania efektu cieplarnianego, co wynika ze zobowiązań przejętych w ramach protokołu z Kioto.

Optymalizacja metod prowadzenia eksploatacji stacji elektroenergetycznych może być dokonywana zarówno na poziomie pojedynczych obiektów, jak i na poziomie całego systemu energetycznego. Decyzje o wykonaniu zabiegów konserwacyjno-remontowych można także podejmować w oparciu o informacje wynikające z przeprowadzanej analizy ryzyka [3]. Metoda polega na porównywaniu kosztów wynikających z tytułu ewentualnego niedostarczenia energii z kosztami niezbędnymi do utrzymania zainstalowanej aparatury i urządzeń na odpowiednim poziomie niezawodności, gwarantującym bezprzerwowe zasilanie, bądź jak długo można utrzymywać stan pracy określany jako *n-1*. Uzyskane z odpowiedniej analizy matematycznej dane pozwalają na wyciąganie bardzo różnych wniosków, w tym na przykład określenie czasu, w jakim można dopuścić wstrzymanie dostawy energii elektrycznej bez niekorzystnych skutków finansowych dla przedsiębiorstwa energetycznego.

Szerzej rozwinięta metoda oceny ryzyka pozwala na poszukiwanie rozwiązań umożliwiających redukcję kosztów dostawy energii elektrycznej do odbiorcy. Wynikiem odpowiednich analiz może być propozycja strategii dla prowadzenia prac o charakterze eksploatacyjnym, a także wnioski dla przyszłościowych kierunków inwestowania w tworzenie właściwego poziomu infrastruktury niezbędnej dla dostarczania energii elektrycznej [4].

Do grona rozwiązań pozwalających na ograniczanie kosztów eksploatacji systemu energetycznego można zaliczyć przenoszenie urządzeń wysokiego napięcia w inne miejsca [5]. Celem przedsięwzięcia jest dalsze wykorzystywanie aparatury, która przestała być potrzebna w dotychczasowym miejscu zainstalowania, a ze względu na aktualny stopień zużycia nadaje się jeszcze do dalszego wieloletniego użytkowania. I jeżeli tylko znajdzie się miejsce, w którym może z powodzeniem pracować, to warto ją przenieść, bo można w ten sposób uzyskać znaczące oszczędności. Przykładem takich działań jest przeniesienie w nowe miejsce transformatora 500/275 kV o mocy 1000 MVA i wyłącznika dla systemu 500 kV. W celu optymalnego dostosowania do nowych warunków, przenoszonych w nowe miejsce urządzeń, dokonano także pewnych zabiegów poprawiających ich parametry. W transformatorze obniżono poziom hałasu z 65 dB do 55 dB i poprawiono izolację wewnętrzną. Zaś w przypadku wyłącznika podniesiono zdolność łączeniową z 50 kA do 63 kA i dostosowano go do bezpośredniego przyłączenia do rozdzielni z izolacją gazową SF₆. Opisanie zabiegów zostały dokonane w Japonii i znacząco poprawiły parametry przenoszonych urządzeń i dodatkowo zapewniły istotne wydłużenie okresu przewidywanej ich eksploatacji. Najistotniejszy jest jednak osiągnięty efekt kosztowy. Całkowite koszty związane z przeniesieniem i wprowadzonymi modyfikacjami były znacznie niższe niż nakłady wymagane na zakup nowych urządzeń o niezbędnych parametrach. Koszty uniknięte to w tym przypadku także koszt ewentualnej utylizacji urządzeń, które w dotychczasowym miejscu stały się zbędne.

Istotne ograniczenie kosztów ponoszonych na prowadzenie zabiegów eksploatacyjnych może zostać osiągnięte w przypadku, gdy stosowne zabiegi, o charakterze konserwacji, będą przeprowadzane w momencie, kiedy będzie ich wymagało użytkowane urządzenie. Aby jednak taką informację uzyskać konieczne jest wyposażenie aparatu w cały szereg czujników i przetwarzanie uzyskanych w ten sposób informacji na sygnał oznaczający konieczność ingerencji i dokonania właściwych napraw [6]. Istnieją już gotowe propozycje wyposażenia rozdzielni z izolacją gazową SF₆ i transformatora mocy w zestaw urządzeń pomiarowych, przy pomocy których śledzone są wybrane parametry i stany kontrolowanych elementów. W przypadku rozdzielni z izolacją gazową SF₆ kontroluje się:

- poziom wyładowań niezupełnych,
- prąd cewki wyłączającej i złączającej,
- zużycie styków wyłączników,
- napięcia pomocnicze,
- prędkość ruchu styków głównych wyłącznika,
- łączniki pomocnicze,
- gęstość gazu SF₆,
- pobór mocy przez silniki napędów,
- ciśnienie oleju w mechanizmach hydraulicznych.

W transformatorze mocy kontroli podlegają:

- gazy rozpuszczone w oleju,
- temperatura oleju,
- temperatura uzwojenia,
- przełącznik zaczepek,
- pompy układu chłodzenia.

W ten sposób realizowany jest ciągły monitoring stanu kontrolowanego urządzenia, a zebrane informacje przetworzone do postaci sygnału o potrzebie interwencji docierają do centrum dyspozytorskiego. W przypadku zaawansowanego monitoringu można wyeliminować kosztowne przeglądy okresowe i bazować jedynie na zabiegach postulowanych przez system diagnostyczny.

Dalsze korzyści wynikające ze stosowania monitoringu pojawiają się, gdy kontrolą obejmie się większą ilość urządzeń, zlokalizowanych w różnych stacjach elektroenergetycznych, a analizę uzyskiwanych danych będzie wspomagało specjalistyczne oprogramowanie [7]. Na podstawie wprowadzonych danych pochodzących z kontroli parametrów urządzeń można poprzez zastosowanie odpowiedniego oprogramowania uzyskać informację, w jakich miejscach następuje pogorszenie stanu urządzeń i na tej podstawie planować na szeroką skalę prowadzenie działań o charakterze ruchowym i eksploatacyjno-remontowym.

Nakłady ponoszone na prowadzenie eksploatacji stacji elektroenergetycznych mogą być uzależnione od filozofii, jaką się przyjmuje podejmując decyzję o modernizacji [8]. Zasadniczo można wyróżnić dwa podejścia. Modernizację sukcesywną, rozłożoną w czasie, na okres nawet kilku lat. Jest to korzystne z punktu widzenia ciągłości utrzymania ruchu, jednakże w wyniku takich zabiegów zainstalowane wyposażenie, w sposób ciągły będzie się charakteryzować różnym okresem eksploatacji. Druga opcja, to pełna modernizacja połączona z całkowitą wymianą wyposażenia, przeprowadzana jako jednorazowy zabieg. Stacja poddana modernizacji według pierwszej receptury będzie w okresie eksploatacji wymagała niemal ciągłej obecności ekip pracujących nad utrzymaniem, bowiem kolejne urządzenia będą dochodziły do stanu, w którym konieczna jest interwencja. Można zatem powiedzieć, że podejście jednorazowe jest zdecydowanie korzystniejsze. Nie sposób jednak pominąć zagadnień związanych z koniecznymi, na czas prowadzenia robót, wyłączeniami. Aby te wyłączenia ograniczyć można się posłużyć najnowszymi rozwiązaniami technicznymi. Takim rozwiązaniem jest wyłącznik z przerwą o pełnej wytrzymałości izolacyjnej, a więc posiadający funkcję odłącznikową. Wyłącznikiem tym można z powodzeniem zastępować klasyczny zestaw złożony z wyłącznika i odłącznika. Zintegrowanie dwóch funkcji w jednym aparacie znacznie ogranicza, zajmowany przez pole rozdzielcze, teren. Idąc dalej, przez właściwe wykorzystanie nowego urządzenia, można się pokusić o realizowanie modernizacji polegającej na całkowitej wymianie aparatury, bez konieczności stosowania długotrwałych wyłączeń i bez zajmowania dodatkowego terenu, z jednoczesnym zachowaniem układu schematowego stacji, a nawet pozostawieniem w dotychczasowym miejscu słupów krańcowych linii odejściowych. Wydzielenie nowego wyłącznika, z obwodu dla potrzeb prowadzenia czynności eksploatacyjnych, można realizować poprzez rozbieralne fragmenty torów prądowych. Pozostaje jedynie nabranie przekonania, że przerwa realizowana przez wyłącznik-ołącznik, jakkolwiek niewidoczna, jest przerwą bezpieczną.

Funkcjonowanie energetyki w ramach gospodarki rynkowej to także potrzeba ciągłej analizy kosztów, w tym także kosztów prowadzenia eksploatacji. Trzeba jednak zwracać uwagę na to, że ze względu na różnorodną strukturę sieci elektroenergetycznej i różne konsekwencje niedostarczenia energii elektrycznej każdy przypadek musi być analizowany indywidualnie [9]. Podejście do problemu eksploatacji musi się charakteryzować odpowiednią elastycznością w zależności od miejsca zlokalizowania obiektu, który ma być poddany odpowiednim zabiegom. Skuteczność działań eksploatacyjnych musi się charakteryzować nie tylko dobrym efektem od strony technicznej, ale także optymalizacją ponoszonych nakładów. To samo urządzenie, w zależności od miejsca, w którym jest eksploatowane, może wymagać odnowienia, szerszej naprawy, bądź całkowitej wymiany. W podjęciu właściwej decyzji będą pomagały odpowiednie metody oceny stanu

technicznego urządzeń i umiejętność przewidywania skutków podejmowanych działań.

Cały szereg eksploatowanych obecnie stacji elektroenergetycznych posiadających oszynowanie linkowe pochodzi z okresu, kiedy nie były znane metody wyznaczania sił dynamicznych działających na przewody i konstrukcje wsporcze, powstających w wyniku przepływu prądu zwarcioowego [10]. Z punktu widzenia prowadzenia czynności eksploatacyjnych ze wszech miar pożądana jest wiedza o prawdopodobnym zachowaniu oszynowania w przypadku zaistnienia zwarcia o prądzie wynikającym z aktualnych parametrów systemu. W oparciu o dostępne narzędzia możliwe jest obecnie modelowanie konkretnych układów konstrukcyjnych i analizowanie w ten sposób przewidywanych zachowań, odpowiadających modelom, układów rzeczywistych. Na podstawie wyników analiz można stwierdzić, czy eksploatowany układ konstrukcyjny stacji jest w stanie funkcjonować po wyłączeniu zwarcia, czy też mogą zaistnieć skutki nieodwracalne i konieczne będzie wprowadzenie odpowiednich wzmocnień, na przykład przez zagęszczenie podpór. Znajomość omawianych zagadnień ma niewątpliwie wpływ na dobór przewidywanych zabiegów prowadzonych w ramach czynności eksploatacyjnych i bezpośrednio przekłada się na koszty eksploatacji.

Nakłady ponoszone na eksploatację stacji elektroenergetycznych dotyczą zarówno urządzeń wysokiego napięcia, jak i systemów zabezpieczeń [11]. Znacznym obciążeniem finansowym jest przedłużająca się eksploatacja zabezpieczeń opartych o przekładniki elektromechaniczne. Potrzebą chwili staje się więc szybka ich wymiana na zabezpieczenia cyfrowe. Poza dużą niezawodnością nowych rozwiązań, istotnego znaczenia nabierają także możliwości komunikacyjne związane ze stosowaniem nowej technologii. Jeżeli do tego dodamy jeszcze unifikację protokołów komunikacji, zgodnie z normą IEC 61850, to stają przed nami wprost nieograniczone korzyści. Dlatego bardzo racjonalne wydaje się przygotowanie przez wszystkich, którzy jeszcze eksploatują zabezpieczenia elektromechaniczne, programu ich niezwłocznej wymiany.

Nowe technologie i ich zastosowanie

Technika mikroprocesorowa daje wprost nieograniczone możliwości do zastosowań w systemach zabezpieczeń realizowanych na potrzeby stacji elektroenergetycznych [12]. Nowoczesne zabezpieczenia cyfrowe z powodzeniem wypierają dawne rozwiązania oparte na układach elektromechanicznych i jest już tylko kwestią czasu, kiedy te ostatnie znikną całkowicie. Wyższość zabezpieczeń cyfrowych polega także na tym, iż ciągle odkrywamy ich nowe możliwości. Duże nadzieje pokładane są w zdolności wysyłania i przyjmowania informacji. Opanowanie przy tej okazji pełnej integracji, w oparciu o protokół komunikacyjny zgodny z normą IEC 61850 praktycznie przesądza o nieuchronnym końcu systemów elektromechanicznych.

Duże nadzieje wiąże się obecnie z szerokim zastosowaniem w miejsce dotychczasowych, konwencjonalnych przekładników, sensorów prądu i napięcia [13]. Szczególne znaczenie ma tutaj pojawiająca się możliwość istotnego zmniejszenia gabarytów rozdzielni. Ale to nie wszystko. Mniejsze przekładniki to także ograniczenia w wielkości potrzebnych do ich wytwarzania linii technologicznych, oszczędności w transporcie, a także zredukowane parametry konstrukcji wsporczych. Niekonwencjonalne przekładniki, przy ich powszechnym stosowaniu przyczynią się do dalszego ograniczania wielkości rozdzielni z izolacją gazową SF₆, a to w konsekwencji będzie skutkowało mniejszą ilością gazu

zawartego w rozdzielniach. A zatem ograniczane będą koszty i skorzysta także środowisko.

Energetyka japońska przoduje w świecie w zakresie ilości eksploatowanych pól rozdzielczych z izolacją gazową SF₆. Jeżeli weźmie się pod uwagę, istniejące w tym kraju ograniczenia terenowe, to sytuacja ta wydaje się całkowicie zasadna. Według danych z roku 2001, w Japonii pracuje ponad 12 tysięcy pól wysokiego napięcia z izolacją gazową. Z wymienionej ilości około 60 % stanowią instalacje napowietrzne. Stosowanie rozdzielni z izolacją gazową SF₆ jest w Japonii także uzasadniane przez mniejsze nakłady eksploatacyjne oraz zwiększenie bezpieczeństwa ludzi zajmujących się prowadzeniem eksploatacji. Użytkowanie rozdzielni z izolacją gazową SF₆ nie jest jednak wolne od problemów, szczególnie w rozwiązaniach napowietrznych [14]. Szczególną uwagę zwraca się na przypadki wycieku gazu SF₆ do atmosfery na skutek występujących rozszczelnień. Rozszczelnienia te powstają głównie w miejscach połączeń kołnierzowych i są skutkiem korozji postępującej w wyniku wnikania wody, a także na skutek nacisku na obudowy gromadzącego się na nich śniegu. Istotne ograniczenie występowania rozszczelnień udało się uzyskać poprzez wprowadzenie w szczelinę połączenia kołnierzowego substancji ulegającej wulkanizacji w temperaturze pokojowej. Dodatkowe zabezpieczenie to wszelkiego rodzaju daszki, nad miejscami, w które może wnikać woda.

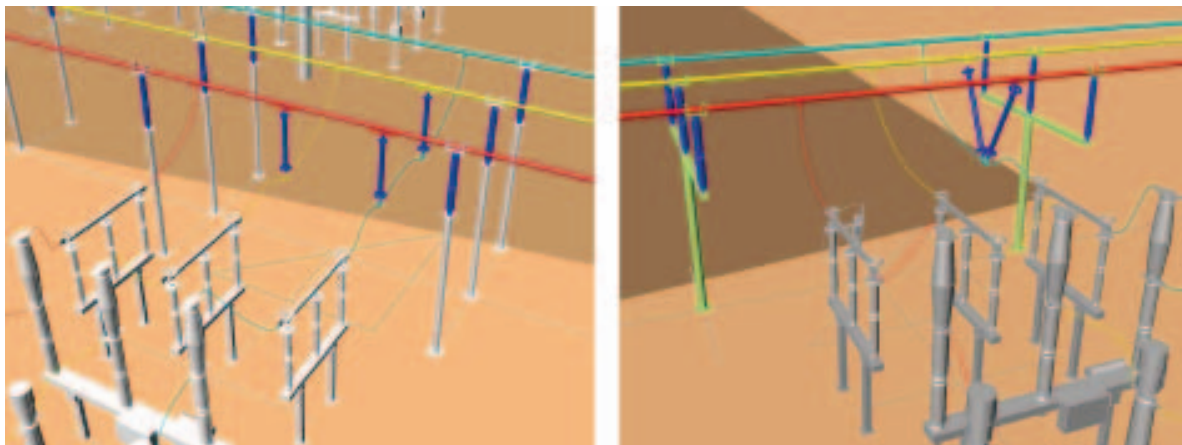
Duże znaczenie dla ograniczania kosztów eksploatacji mogą mieć systemy zbierania, gromadzenia i przetwarzania danych o stanie urządzeń pracujących na stacjach elektroenergetycznych [15]. Po raz kolejny znajdujemy odwołanie do konieczności ograniczania kosztów w ramach funkcjonowania w świecie gospodarki rynkowej. Oszczędności trzeba także szukać w świecie eksploatacji i stąd propozycja odchodzenia od zabiegów utrzymaniowych wynikających z wpływu zalecanych przez producentów okresów czasowych, na rzecz czynności opartych o dane o bieżącym stanie urządzenia. Aby jednak móc całkowicie polegać na eksploatacji zorientowanej na kondycję aparatu, konieczne jest zbieranie danych przez systemy monitoringu, a także tworzenie odpowiedniej bazy danych umożliwiającej porównywanie uzyskiwanych informacji i wyciąganie właściwych wniosków. Stosowane rozwiązania techniczne można ograniczyć do lokalnych stanowisk monitoringu bez konieczności przesyłania danych, a decyzję o konieczności podjęcia odpowiednich czynności eksploatacyjnych podejmować na miejscu w oparciu o dane odczytane przy pomocy przenośnego terminala i porównane z posiadaną bazą.

Pojawiają się także nowe propozycje rozwiązań, zarówno dla stacji nowych, jak i modernizowanych, oparte na stosowaniu izolatorów międzyfazowych [16]. Idea metody polega na podwieszaniu lekkich izolatorów kompozytowych bezpośrednio do szyn zbiorczych i mocowaniu do nich, przewodów odcieczki do pól. W ten sposób eliminuje się potrzebę stosowania, jak to miało miejsce w rozwiązaniach konwencjonalnych, fundamentów i konstrukcji wsporczych dla izolatorów podpierających przewody łączące pola rozdzielcze z szynami zbiorczymi. Usztywnienie połączeń przy pomocy izolatorów podwieszonych do szyn zbiorczych pozwala ponadto na zmniejszenie odstępów międzyfazowych, a tym samym ogranicza wielkość stacji. Jakkolwiek ograniczenia terenowe nie są imponującej wielkości, to w połączeniu z rezygnacją z tradycyjnego podpierania izolatorów dają już wymierny efekt kosztowy.

Optymalne wykorzystanie zaproponowanej metody, w przypadku stacji modernizowanych, staje się możliwe przez stosowanie na etapie projektowania trójwymiarowej wizualizacji komputerowej. Można wtedy zamodelować wymagane odległości napięciowe i izolatory międzyfazowe lokalizować w sposób umożliwiający utrzymanie tych odległości w każdych warunkach związanych z wychyleniem się przewodów. Sposób podwieszania izolatorów do szyn zbiorczych przedstawia rysunek 1.

Każde, nawet teoretycznie uznane za najlepsze, rozwiązanie techniczne pokazuje swą prawdziwą wartość po efektach wynikających z wdrożenia. Pamiętać jednak należy, że od pomysłu do realizacji prowadzi często bardzo trudna droga [17]. Pierwszą przeszkodą we wdrożeniu mogą być ludzie, mocno przyzwyczajeni do obowiązujących od szeregu lat standardów. Aby ich przekonać należy do zastosowań kierować rozwiązania głęboko przemyślane, ale jednocześnie nie ustawać w ich doskonaleniu i okazywaniu coraz to nowych możliwości. Szczególnej wagi nabierają wszelkiego rodzaju szkolenia, dzięki którym można się zapoznać z ideą każdej nowości i dobrze zrozumieć możliwe korzyści, jakie wystąpią na etapie stosowania. Dobrze przemyślane i łatwe w użyciu powinny być także narzędzia, przy pomocy których nowość będzie wprowadzana. Należy również pamiętać o dobrej komunikacji pomiędzy wytwórcą a użytkownikiem.

Stosowanie komputerów w systemach sterowania i nadzoru stacji elektroenergetycznych ma już ponad dziesięcioletnią tradycję [18]. Dzisiejszy stan wiedzy nie zamyka jednak potencjalnych możliwości wynikających z rozwoju techniki komputerowej.



Rys. 1. Podwieszanie izolatorów do szyn zbiorczych

Interesującą propozycją dla prowadzenia eksploatacji linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia jest system informacji przestrzennej GIS [19]. W ramach tego systemu gromadzone są dane geograficzne obiektów elektroenergetycznych, głównie linii. Dane te mogą być wykorzystywane do różnorodnych analiz, na przykład kontroli zbliżeń obiektów do linii wysokiego napięcia.

Bardzo szerokie możliwości kontrolowania stanu linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia można uzyskać przez wykorzystanie bezzałogowego helikoptera [20]. Urządzenie takie ze względu na małe gabaryty może zbliżyć się do obserwowanego obiektu na odległość znacznie mniejszą niż wykorzystywany do oblotów helikopter załogowy. Przy mniejszej odległości uzyskiwane zdjęcia są znacznie wyraźniejsze i pozwalają na wystawienie bardziej trafnej diagnozy.



Rys. 2. Bezzałogowy helikopter kontrolujący stan linii

Relacje pomiędzy energetyką a środowiskiem

Realizując tezę, że zarówno stacje elektroenergetyczne wpływają na środowisko naturalne, jak i środowisko potrafi oddziaływać na stacje, można posłużyć się przykładem doboru izolacji zewnętrznej dla strefy nadmorskiej [21].

Przy obecności znacznej ilości zanieczyszczeń powietrza typowo związanych ze strefą nadmorską najodpowiedniejszym rozwiązaniem dla izolacji zewnętrznej wydają się być izolatory kompozytowe. Jednakże w przypadku istniejących już stacji koszt całkowitej wymiany izolacji staje się już niebagatelny i należało poszukiwać rozwiązań wymagających mniejszych nakładów finansowych. Ostatecznie wybór może zatem paść na zastosowanie na istniejących izolatorach porcelanowych powłoki z gumy silikonowej o zdolności do wulkanizacji w temperaturze pokojowej. Po okresie dziewięciu lat prowadzenia obserwacji i badań stwierdza się, że rozwiązanie sprawdza się i może być szerzej stosowane. Stan izolacji, mierzony wielkością prądu upływu, jest dobry. Aby jednak mieć całkowitą pewność, że stosowanie powłok na izolatory porcelanowe jest najwłaściwszym rozwiązaniem, badania należy kontynuować.

Przykładem realizowania w praktyce zasady ograniczania negatywnego wpływu obiektów energetyki na środowisko naturalne człowieka jest dokonująca się na przestrzeni już przeszło 40 lat modyfikacja rozwiązań rozdzielni z izolacją gazową SF₆ [22]. Szkodliwość dla środowiska tego typu rozdzielni polega na możliwości uwalniania do atmosfery gazu SF₆, który uczestniczy w procesie powstawania efektu cieplarnianego. Jedną

z metod ograniczania negatywnego działania gazu SF₆ jest systematyczne ograniczanie jego ilości. I tak się też dzieje. Jeżeli porównamy rozwiązania konstrukcyjne rozdzielni z początku lat 70-tych, z tymi z końca lat 90-tych ubiegłego wieku to okaże się, iż współczesna rozdzielnia o tym samym układzie schematowym potrzebuje mniej niż 20 % gazu, jaki był wymagany do uzyskania właściwej izolacji w rozdzielni sprzed prawie 40-tu lat.

Ochrona środowiska to także wprowadzanie w miejsce silnie eksponowanych linii napowietrznych, połączeń realizowanych przy pomocy kabli wysokiego napięcia. Przykładem takiego rozwiązania może być linia kablowa 400 kV zrealizowana w Wiedniu [23]. Linia ta umożliwia przesył około 600 MW, ale przy zastosowaniu wodnego systemu chłodzenia można tę przepustowość zwiększyć do ponad 1000 MW. A wszystko to dzieje się pod powierzchnią terenu bez jakiegokolwiek oddziaływania na krajobraz.



Rys. 3. Linia kablowa 400 kV na terenie Wiednia

Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule rozwiązania i metody pracy pozwalają w sposób istotny ograniczać nakłady na przesył i rozdział energii elektrycznej. Ich wykorzystanie powinno cechować każdą gospodarkę rynkową i dlatego należy oczekiwać szybkiego wprowadzania nowych propozycji do polskiej energetyki.

LITERATURA

- [1] De Godoy A. V., Landau H., Brito E. A. M., De Oliveira Melo R., A survey of shared substations, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [2] Elleau C., Kolodziejek M., Prieur P., Floch P., Boulet D'Auria S., SF₆ leaks sealing solution for GIS, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [3] Balzer G., Bakic K., Haubrich H. J., Neumann C., Schorn C., Selection of an optimal maintenance and replacement strategy of HV equipment by a risk assessment process, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [4] Schwan M., Wellßow W. H., Schnettler A., Zickler U., Roth M., Schneider J., Risk-based asset management for substations in distribution networks considering component reliability, Sesja CIGRE, Paryż 2006

- [5] Yonezawa H., Kobayashi T., Ichikawa Y., Reuse technology of EHV substation equipment for optimised use of substation assets, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [6] Lee Y. H., Shin Y. S., Kim Y. G., Kang W. J., Shin Y. J., Experience in the monitoring & diagnosis of LSIS for substation, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [7] Moldoveanu C., Radu C., Diaconu Ci., Expert systems for condition and maintenance assessment of HV equipment from Transelectrica's substations, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [8] Franzén B., Olovsson H. E., Bergström E., Renewal of Swedish transmission substations – implementing state of the art technologies, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [9] Finn J. S., Wright E., Nixon J., A flexible approach to life management of substations, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [10] Jesson T., Lawrence T., Maden G., Simonelli G., Assessment of the dynamic performance of flexible busbar systems under varying fault conditions, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [11] Myrda P. T., Tates D., Udren E. A., Novosel D., Optimal strategies for system – wide protection and control replacement programs, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [12] Hao Y., Schiming X., Hardware design of substation intelligent electronic devices with UML, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [13] Chartefou D., Ponchon P., Duplan D., Osbourne M., Pilot application with non conventional instrument transformers and digital protections using IEC protocol for communication, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [14] Yokotsu K., Kawakita K., Yonezawa H., Sakai T., Yamagiwa T., Uehara K., Improvement of GIS installed outdoors based upon service experience in Japan, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [15] Nakahito K., Takayama D., Hasegawa Y., Advanced substation maintenance using knowledge database, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [16] Renton A., Substation design phase to phase insulation, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [17] Figuera J., Sánchez J. C., Samitier C., New technologies in substation new ways of working, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [18] Norberg P., Fogelberg A., Johnsson A., Field experiences from using PC software for protection of AC substations, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [19] Develey M., Buffiere G., The Geographical Information System used at RTE for Asset Management Mapping Case of Vegetation Management System, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [20] Shimo Y., Development of Power Transmission Line inspection system by unmanned helicopter, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [21] Siderakis K., Agoris D., Tsanakas D., Thalassinakis E., Vietellas I., Stefanakis J., Performance of 150 kV RTV SIR coated substation insulators under extreme marine pollution conditions, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [22] Pohlink K., Mikes E., Treier L., Huet I., Gignoux T., Bessède J-L., Evolution of High Voltage Gas Insulated Substations considering ECO design aspects, Sesja CIGRE, Paryż 2006
- [23] Vavra J., Wanda M., 400 kV Vienna. The Vienna 400 kV North Input, Sesja CIGRE, Paryż 2006

Autorzy: mgr inż. Sławomir SAMEK, Biuro Studiów i Projektów Energetycznych ENERGOPROJEKT-KRAKÓW SA, Dział Projektowania Stacji, ul. Mazowiecka 21, 30-019 Kraków, e-mail: S.Samek@energoprojekt.krakow.pl; dr inż. Jan STRZAŁKA, Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Elektroenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: janstrz@uci.agh.edu.pl