



Sławomir SAMEK¹, Jan STRZAŁKA²

Biuro Studiów i Projektów Energetycznych ENERGOPROJEKT-KRAKÓW SA (1), Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (2)

Projektowanie obiektów elektroenergetycznych z uwzględnieniem wymagań gospodarki rynkowej i ochrony środowiska

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. (Designing of power facilities with regard to the market economy requirements and environmental protection). Modern technical solutions of 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

Mechanizmy rynkowe przejmując zadania regulatora w gospodarce nie mogły ominąć energetyki. Aktualnie jest już rzeczą oczywistą, iż obszary wytwarzania, przesyłu i rozdziału energii elektrycznej znajdują się pod presją konieczności ograniczania kosztów działalności tak, aby w przyszłości móc skutecznie konkurować w wolnej przestrzeni gospodarczej. Dostosowanie do nowych potrzeb obejmuje między innymi analizę kosztów związanych z prowadzeniem działalności inwestycyjnej. Zwraca się tu uwagę na potrzebę całościowego spojrzenia na realizowane obiekty, poprzez łączenie kosztów realizacji, eksploatacji i ewentualnej likwidacji i dopiero na tej podstawie formułowania opinii o obciążeniu budżetu przedsiębiorstwa w wyniku podjęcia decyzji o wprowadzeniu do planu wybranego, z grupy możliwych, wariantu rozwiązania.

Ze względu na presję opinii publicznej, na drugi plan zaraz po kosztach działalności, na dzień dzisiejszy, wychodzą zagadnienia ochrony środowiska. Każdy nowobudowany bądź modernizowany obiekt energetyczny musi w swych rozwiązaniach uwzględniać proponowane metody zapobiegania negatywnym skutkom oddziaływania na środowisko.

Prezentowany artykuł przedstawia wiodące elementy rozwiązań stacji i linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia zrealizowane w różnych krajach, dla których wspólną cechą jest redukcja kosztów i minimalizowanie negatywnych wpływów na środowisko naturalne. Na tle energetyki światowej zaprezentowano także rozwiązania zrealizowane w naszym kraju, pozwalające ponad wszelką wątpliwość stwierdzić, że jesteśmy w pełni przygotowani do sprostania zupełnie nowym wymaganiom.

Nowe spojrzenie na koszty

Przez cały szereg lat w przypadku określania nakładów niezbędnych na rozszerzenie infrastruktury energetycznej brano pod uwagę jedynie koszty związane z zakupem urządzeń i materiałów oraz realizacją obiektu. Wszystko, co działo się potem, czyli głównie bieżąca eksploatacja, drobne naprawy i poważniejsze remonty nie było przypisywane poszczególnym stacjom i liniom a jedynie tworzyło ogólny poziom kosztów działalności związanej

z przesyłem i rozdziałem energii elektrycznej. Przy takim sposobie rozliczania kosztów działalności bardzo trudno było znaleźć powody, dla których wybór rozwiązania technicznego byłby dokonywany także na podstawie przewidywanych przyszłych nakładów związanych z jego użytkowaniem. Wiodącą rolę odgrywała technika i jej potrzebom podporządkowywano wszelkie decyzje, jakie następowały w procesie przyjmowania założeń i realizowania kolejnych elementów infrastruktury energetycznej.

Dzień dzisiejszy od niedalekiej przeszłości różni się zasadniczo przede wszystkim ze względu na dominację procesów ekonomicznych nad każdą działalnością gospodarczą, a więc także tą związaną z zaopatrzeniem odbiorców w energię elektryczną. Każda stacja i linia energetyczna doczekała się indywidualnego podejścia związanego z łączeniem w jedną całość kosztów realizacji i eksploatacji a nawet kosztów docelowej likwidacji, kiedy przestanie już być potrzebna [1].

Nowe ujęcie zagadnień kosztowych określane mianem kosztów związanych z cyklem życia obiektu podporządkowało technikę prawom ekonomii. Nie musi to oczywiście oznaczać całkowitej degradacji roli techniki, a wręcz przeciwnie może stanowić dla niej kolejne wyzwanie. Proponowane energetyce obecnie rozwiązania mogą nawet w niektórych przypadkach charakteryzować się zwiększonymi, w stosunku do poprzedniego okresu, nakładami inwestycyjnymi, jeżeli tylko te nakłady mogą zostać zrekomensowane przez oszczędności w sferze eksploatacyjnej. W konsekwencji prawie całkowicie znikają rozwiązania określane kiedyś mianem typowych i w ich miejsce pojawia się indywidualne podejście do każdego planowanego przedsięwzięcia. Czas wielokrotnie już pokazał, że pogłębione analizy w okresie przygotowania inwestycji dały możliwość optymalnego doboru rozwiązania pozwalającego później uzyskiwać niezbędne oszczędności finansowe.

Dodatkowo o należyte traktowanie upomina się środowisko naturalne. To także ma istotny wpływ na ogólny bilans kosztów, bowiem przedsięwzięcia związane z ograniczeniem negatywnych skutków oddziaływania obiektów energetycznych na środowisko mają swoje wymierne koszty. Jednakże przy obecnym poziomie świadomości wydatki na ochronę środowiska są

przyjmowane ze zdecydowaną aprobatą. Są nawet kraje, w których obywatele są gotowi płacić wyższe rachunki za energię elektryczną, jeżeli tylko jest ona wytwarzana przez przyjazne dla środowiska źródła odnawialne.

Z całą pewnością dążąc do uwzględniania i ograniczanie kosztów w sferze eksploatacyjnej firmy energetyczne nie zapominają o kosztach związanych z budową i uruchamianiem nowych obiektów. Tutaj też można zauważyć ciekawe przedsięwzięcia pozwalające uzyskiwać widoczne oszczędności. Przykłady konkretnych rozwiązań technicznych charakterystycznych dla rynkowe-

go podejścia do energetyki oraz świadczących o poszanowaniu środowiska zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

Gospodarka rynkowa wymusza na branży energetycznej zmianę priorytetów w prowadzonej działalności. Nie jest to jednak ostatnie słowo i w przyszłości należy się spodziewać zmian, które pójną jeszcze dalej. Wagę poszczególnych priorytetów w przeszłości, chwili obecnej i w dającej się przewidzieć przyszłości przedstawia zamieszczona poniżej tabela.

Tabela 1. Priorytety charakterystyczne dla energetyki w różnych okresach czasu

Pozycja	Priorytety charakterystyczne dla okresu:		
	poprzedzającego początek lat 90-tych XX wieku	przełomu XX i XXI wieku	niedalekiej przyszłości
1	Technika	Ekonomia	Ekologia
2	Ekologia	Ekologia	Ekonomia
3	Ekonomia	Technika	Technika

Rozwiązania hybrydowe i kompaktowe

W procesie powstawania nowych inwestycji energetycznych istotne ograniczenia wydatków można osiągnąć skracając czas realizacji. Aby jednak korzyści były zauważalne nie można jedynie mówić o dobrej organizacji pracy przy wdrażaniu starych rozwiązań [18]. Konieczne są zupełnie nowe propozycje techniczne, dzięki którym zaoszczędzony w trakcie budowy czas, to zauważalny efekt finansowy. Skracanie czasu realizacji to z jednej strony ograniczanie kosztów budowy, ale także możliwość wcześniejszego uruchomienia obiektu i uzyskania korzyści w postaci wpływów od nowego odbiorcy, który dzięki temu obiektowi mógł zostać przyłączony do sieci.

Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom rozwiązania, to układy hybrydowe, złożone z klasycznych szyn zbiorczych i kompletnego modułu pola, zawierającego wszystkie aparaty wysokiego napięcia w osłonie, wypełnionej gazem SF₆ [7], [11] oraz zestawy kompaktowe integrujące w sobie wszystkie funkcje pola bez konieczności stosowania klasycznych odłączników. Funkcja odłącznikowa jest tutaj najczęściej zastępowana przez ruch obrotowy wyłącznika wraz z połączeniami do sąsiednich aparatów lub przez przemieszczanie wyłącznika w sposób powszechnie znany z dwuczłonowych rozdzielnic średniego napięcia [2], [12], [20].

Zarówno w przypadku układów hybrydowych, jak i dla rozwiązań kompaktowych oszczędności na etapie budowy stacji wynikają z ograniczonej ilości fundamentów i konstrukcji wsporczych, jakie należy przygotować do posadowienia pola rozdzielczego. Pola hybrydowe, to także możliwość kompletnego ich wyposażenia w obwody związane z zabezpieczeniami, sterowaniem i pomiarami wraz z niezbędnym sprawdzeniem poprawności działania, jeszcze w trakcie montażu u producenta. Czynności te nie muszą już być powtarzane na placu budowy i stąd pojawia się kolejna oszczędność czasu. Oczywiście nie ulega wątpliwości, że zwiększony wysiłek producenta w przygotowanie wyrobu dostosowanego do bardzo szybkiego uruchomienia na obiekcie musi oznaczać nieuchronny wzrost jego ceny. Jednakże korzyści odnoszone na etapie realizacji, a potem w eksploatacji, poniesione wydatki bardzo szybko rekompensują. Potwierdzają to coraz liczniejsze zastosowania nowych rozwiązań w sieciach energetycznych wielu krajów [17],

[22]. Trzeba także zauważyć, że wszystko, co kryje się pod określeniem układów zintegrowanych wymaga ograniczonej ilości miejsca, co w chwili obecnej, gdy koszty pozyskania terenu znacząco wzrosły, znów pozwala znaleźć istotne oszczędności [3]. Układy hybrydowe mogą być także wykorzystywane do zwiększania możliwości przesyłowych istniejących stacji energetycznych, w których klasyczna aparatura została umieszczona w budynku, bez konieczności powiększania gabarytów tego budynku. Możliwe jest bowiem, w jednej dotychczasowej podziale polowej umieszczenie modułu zawierającego kilka pól i przystosowanie go do przyłączenia do istniejących szyn zbiorczych [23]. Zasadniczo zwiększa się wtedy liczba pól w rozdzielni i rosną możliwości powiązań z systemem energetycznym, a zajmowany teren jest ciągle ten sam i co ważne nie zmienia się bryła istniejącego budynku stacji.

Izolacja gazowa SF₆ – dobrodziejstwo, czy nowe zagrożenie

W pewnym stopniu układy hybrydowe, ale przede wszystkim klasyczne rozdzielnie gazowe, w których nie tylko pola, ale i szyny zbiorcze znajdują się w osłonie wypełnionej gazem SF₆, w zasadniczy sposób pozwoliły zmienić oblicze dzisiejszej energetyki [10]. Stacje energetyczne, tam gdzie to oczywiście możliwe i zasadne, nie muszą już straszyć przytłaczającym widokiem kratowych konstrukcji wsporczych. W ich miejsce pojawiają się obiekty znakomicie wkomponowane w otoczenie i bardzo trudne do zidentyfikowania jako elementy systemu energetycznego. A wszystko to stało się możliwe dzięki szerokiemu zastosowaniu jako czynnika izolującego, gazu SF₆. Oczywiście w tym miejscu należy uczciwie przyznać, że SF₆ to gaz cieplarniany. Ale nie sposób także nie zaznaczyć, że na tle innych gazów tego typu, SF₆ zajmuje bardzo daleką pozycję, a jego ilości można uznać za śladowe [24]. Przy czym to jeszcze nie wszystko. Energetyka nie jest jedynym użytkownikiem SF₆, a w jej rękach znajdują się ułamkowe ilości w porównaniu z innymi gałęziami przemysłu. Jeżeli do tego dodamy jeszcze fakt, że gaz SF₆ w zastosowaniach energetycznych nie jest uwalniany do atmosfery, a jest wykorzystywany w obiegu zamkniętym, w szczelnych obudowach, to naprawdę nie ma się czego obawiać, a raczej należy podkreślać dobrodziejstwa wynikające ze stosowania gazu SF₆ w energetyce [21].

A korzyści te to przede wszystkim:

- możliwość wprowadzania transformacji i rozdziału energii elektrycznej wysokiego napięcia do ścisłych centrów miast, czyli bardzo blisko odbiorców,
- możliwość wykorzystania na potrzeby stacji elektroenergetycznej każdej lokalizacji, w tym także podziemnej [6],
- dostosowywanie architektury stacji elektroenergetycznej do zurbanizowanego otoczenia,
- znaczne ograniczenie ilości miejsca niezbędnego na potrzeby stacji,
- istotne ograniczenie ilości i zakresu niezbędnych prac eksploatacyjnych,
- wzrost niezawodności układu przesyłowego [4].

W każdym z wymienionych elementów da się oczywiście zauważyć korzystny dla energetyki efekt ekonomiczny. Wprowadzenie wysokiego napięcia w pobliżu dużych odbiorów to znaczące ograniczanie strat przesyłowych. Możliwość wkomponowywania w otoczenie i lokalizacja w niemal dowolnym miejscu przy ograniczeniu niezbędnego terenu, to łatwość pozyskania terenu i zmniejszenie jego kosztów. Jednak nic nie dzieje się za darmo i rozdzielnie o tak licznych walorach muszą zdecydowanie więcej kosztować aniżeli rozwiązania klasyczne. Kiedy jednak dokona się pogłębionej analizy ekonomicznej, uwzględniającej nakłady na pozyskanie terenu i ograniczenie wydatków związanych z bieżącym utrzymaniem, to okazuje się, że wyższe koszty wyposażenia nie tylko nie zniechęcają, ale widziane w całym spektrum wydatków związanych z posiadaniem obiektu, wręcz zachęcają do sięgania po rozwiązania z izolacją gazową SF₆ [5].

Monitoring

Dotychczasowa praktyka eksploatacyjna nakazuje, aby dla każdego aparatu wysokiego napięcia stosować cykliczne przeglądy. Częstotliwość wykonywania takich przeglądów jest regulowana odpowiednimi zapisami w przyjętych do ogólnego stosowania instrukcjach eksploatacji. Kiedy upływa czas międzyprzeglądowy, niezależnie od ilości wykonanych operacji w przypadku aparatury łączeniowej i niezależnie od przenoszonych wcześniej obciążeń, następują wyłączenia i odpowiednio przeszkolone ekipy przystępują do wykonania czynności, zapisanych w postaci reguł. Wielokrotnie przy tego typu operacjach stwierdza się, że w kondycji aparatu nie nastąpiły żadne zmiany i może być dalej eksploatowany bez jakichkolwiek ograniczeń. I chociaż wiedzę taką można uzyskać bez rozbierania i ponownego składania aparatu, to wymagania instrukcji bywają nieubłagane i odpowiednie czynności muszą zostać wykonane. Z takich działań wynikają oczywiście znaczące koszty, których zwrot bardzo trudno określić mianem oczywistego.

Aby tych kosztów uniknąć coraz częściej mówi się o tym, że ingerencja powinna następować tylko wtedy, gdy rzeczywisty stan urządzenia czy aparatu takiej ingerencji wymaga [14]. Otwartą kwestią pozostaje tylko skąd wiedzieć, że właśnie w tym momencie urządzeniu będzie niezbędna ingerencja zewnętrzna i bez jej pomocy nie będzie w stanie dalej poprawnie pracować. Okazuje się jednak, że w tej sytuacji nie jesteśmy całkowicie bezradni. Od kilku już lat pojawiają się na rynku coraz to nowe urządzenia monitorujące, pozwalające w sposób dość precyzyjny określać kondycję kontrolowanego aparatu czy też transformatora [13]. Przy odpowiednim oprogramowaniu urządzenia takie mogą same szczegółowo analizować zbierane przez siebie dane i do użytkownika wysyłać jedynie sygnał o konieczności wykonania prac konserwacyjno - remontowych. W takim przypadku nie musi

przerażać duża ilość kontrolowanych parametrów aparatu, gdyż centra nadzoru wcale nie muszą być zarzucane ogromną ilością danych, a powinny jedynie czekać na jeden sygnał wzywający do przeprowadzenia naprawy.

Obecnie można już mówić o wysoce zaawansowanym monitoringu transformatorów mocy, dającym wyniki zachęcające do jak najszerzego stosowania nowej metody. W dalszej kolejności stoją wyłączniki i tutaj też niebawem możemy się spodziewać propozycji rozwiązań pozwalających na bieżąco śledzić kondycję aparatu. Zagadnienia te nie są oczywiście na tyle proste, aby można było już dzisiaj próbować określać termin powszechnego wprowadzenia monitoringu, niemniej przewidywane korzyści zachęcają do cierpliwego czekania. O tym na ile skomplikowana jest to materia niech świadczy fakt jak wiele i jak różnorodne informacje należy w sposób ciągły zbierać o wyłączniku, aby móc coś wiedzieć o jego aktualnym stanie. Te najbardziej podstawowe pomiary w przypadku wyłącznika z SF₆ to:

- pomiar ciśnienia i temperatury gazu SF₆ oraz wyznaczenie jego gęstości,
- wykrywanie skraplania gazu,
- wykrywanie wycieku gazu,
- rejestrowanie czasu otwierania i zamykania,
- rejestrowanie prędkości ruchu styków,
- wykrywanie pogorszenia stanu elementów mechanicznych (tarcie, korozja, zmęczenie sprężyn, uszkodzenie amortyzatorów),
- rejestrowanie synchronizacji łączników pomocniczych,
- rejestrowanie czasu zbrojenia sprężyn oraz wykrywanie uszkodzeń silników i wyłączników krańcowych – w przypadku napędów sprężynowych,
- rejestrowanie czasu pracy pompy, wykrywanie wewnętrznych i zewnętrznych wycieków, wykrywanie strat azotu, określanie ciśnienia w instalacji hydraulicznej w przypadku napędów hydraulicznych,
- rejestrowanie wartości wyłączanego prądu,
- określanie stopnia zużycia styków,
- rejestrowanie czasu łukowego,
- kontrolowanie ciągłości obwodów cewek załączających i wyłączających oraz elementów podgrzewających,
- sprawdzanie obecności napięć pomocniczych.

Skierowanie pierwszych prób monitorowania stanu właśnie na transformatory i wyłączniki wynika z roli, jaką te elementy pełnią w systemie i jak poważne skutki mogą wynikać z ich niedyspozycji. Potem zapewne przyjdzie kolej na następne aparaty. Chociaż w przypadku przekładników z izolacją gazową SF₆ o monitoringu możemy mówić już teraz, bo takim działaniem niewątpliwie jest ciągły pomiar gęstości gazu i generowanie na jego podstawie odpowiednich sygnałów do obsługi.

Aktualnie można już mówić o wymiernych korzyściach wynikających z prowadzenia ciągłego monitoringu, ale pełny sukces nastąpi wtedy, gdy urządzenia monitorujące będą doglądały każdy aparat zainstalowany na stacji. Wtedy przyjdzie czas na zrewidowanie dotychczasowych instrukcji eksploatacji, a konkretne efekty finansowe nie powinny kazać na siebie zbyt długo czekać, a jako kolejny krok na drodze redukcji kosztów będzie można przyjąć powierzenie prac remontowych i konserwacyjnych firmom zewnętrznym [15].

Przykładem praktycznego wdrożenia zasad monitoringu może być nowa Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów z 2001 r., opracowana przez ZPBE Energopomiar - Elektryka Sp. z o. o. Gliwice. Instrukcja ta wprowadziła dla transformatorów I i II grypy tzw. *Diagnostykę trójstopniową*, polegającą na szerokim

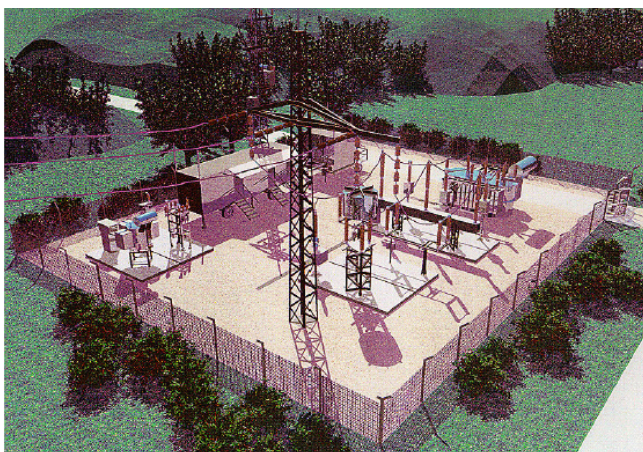
wykorzystaniu metod niewymagających wyłączenia transformatora z ruchu, a umożliwiających wykrycie uszkodzeń wewnętrznych we wczesnych fazach ich rozwoju.

Stacje tymczasowe i przewoźne

Pod pojęciem stacji tymczasowych należy rozumieć stacje energetyczne, które są realizowane na ściśle określony czas, a potem mogą być rozbierane i przenoszone w inne miejsce. Przy tych rozwiązaniach wykorzystywana jest najczęściej technologia fundamentów płytowych, polegająca na stosowaniu fundamentów przeznaczonych do układania bezpośrednio na powierzchni ziemi. W ten sposób prace ziemne na obiekcie ogranicza się do niezbędnej niwelacji [8].

Stacje przewoźne to z kolei gotowe zestawy złożone z rozdzielni i transformatorów oraz niezbędnych elementów potrzeb własnych, umieszczone najczęściej na podwoziu samochodowym, a sporadycznie na platformie kolejowej [9].

Stacje tymczasowe i przewoźne (fot. 1 i 2) są znakomitym rozwiązaniem dla szybkiego dostarczenia energii w okresie, kiedy jeszcze nie została zrealizowana docelowa infrastruktura energetyczna, a nowy klient potrzebuje niemal natychmiast zasilania. Przez cały czas, kiedy zasilanie jest realizowane poprzez stację tymczasową lub przewoźną można spokojnie budować niezbędne połączenia i węzły rozdzielcze, przeznaczone dla docelowego zasilania. W ten sposób odbiorca jest w pełni usatysfakcjonowany, a dostawca energii zapisuje już na swoim koncie przychody z tytułu jej sprzedaży [19].



Fot. 1. Stacja tymczasowa zrealizowana z wykorzystaniem fundamentów płytowych



Fot. 2. Przykład stacji przewoźnej

Ponadto w przypadku stacji przewoźnych bardzo konkretne efekty uzyskuje się przez ich wykorzystanie

w całości lub w części do awaryjnego zasilania w przypadku uszkodzeń w ciągu stanowiącym zasilanie w warunkach normalnych. I w tym przypadku klient ma zapewnioną dostawę energii, a energetyka utrzymanie wpływów, zamiast płacenia kar za nie dostarczoną energię. Coraz częściej stacje przewoźne są także wykorzystywane przy realizacji remontu bądź modernizacji funkcjonujących już od lat stacji. Tutaj zamiast przeprowadzać wielokrotnie skomplikowane operacje umożliwiające przełączanie konkretnych relacji liniowych na nadające się w tym czasie do wykorzystania wolne pola i wydawać duże środki finansowe na realizację tymczasowych stanów przejściowych, można po prostu przyłączyć do szyn pole przewoźne i realizować przy jego pomocy zasilanie przez cały czas, kiedy pole podstawowe lub cały fragment stacji podlega modernizacji.

W chwili obecnej w zakresie rozwiązań stacji przewoźnych zasadniczy nacisk jest kładziony na tworzenie rozwiązań o gabarytach dostosowanych do standardowego transportu kołowego. Ma to na celu doprowadzenie do sytuacji, w której stacja przewoźna może być transportowana w dowolnym czasie i po każdej drodze publicznej lub dowolnym szlaku kolejowym, bez konieczności stwarzania utrudnień dla innych użytkowników tych ciągów komunikacyjnych. Powstają zestawy, w których na przykład na oddzielnej naczepie samochodowej znajduje się rozdzielnia wysokiego napięcia, najczęściej w izolacji gazowej, inna naczepa służy do transportu transformatora mocy, a kolejna ma na sobie rozdzielnię średniego napięcia oraz układy potrzeb własnych i sterowania. Taki zestaw bez problemu może się poruszać po drogach, a w miejscu gdzie ma być eksploatowany jest łączony elektrycznie w całość zdolną zasiląć dowolnego odbiorcę.

Oddziaływanie obiektów energetycznych na środowisko naturalne

Obiekty energetyki, w tym głównie linie i stacje elektroenergetyczne wysokiego napięcia mogą oddziaływać na środowisko przede wszystkim poprzez:

- wytwarzanie pola elektromagnetycznego,
- emisję hałasu,
- uwalnianie szkodliwych substancji,
- pogarszanie walorów krajobrazowych otaczającego terenu.

Nie oznacza to oczywiście, że wobec tych oddziaływań jesteśmy całkowicie bezradni. Każde z tych negatywnych oddziaływań da się, jeżeli nie całkowicie zlikwidować, to przynajmniej znacząco ograniczyć. Jako konkretne przykłady mogą tutaj służyć:

- w zakresie przeciwdziałania skutkom występowania pola elektromagnetycznego:
 - a) konfiguracje połączeń na terenie napowietrznych stacji elektroenergetycznych pozwalające ograniczyć podwyższone wartości pola do obszaru pozostającego wewnątrz ogrodzenia stacji,
 - b) stacje wewnętrzne o rozwiązaniach eliminujących pole na zewnątrz budynku,
 - c) konfiguracja, rozmieszczenie i wysokość zawieszenia przewodów linii wysokiego napięcia pozwalająca uzyskać na powierzchni terenu wartości pola nie przekraczające wielkości dopuszczonych przepisami.
- w zakresie obniżania poziomu emitowanego hałasu:
 - a) stosowanie przewodów wiązkowych i rurowych ograniczających zjawisko ulotu związane z generowaniem hałasu,
 - b) budowa ścian ochronnych wokół stanowisk transformatorów mocy,

- c) stopniowe wycofywanie z eksploatacji urządzeń wymagających sprężonego powietrza i generujących hałas sprężarek.
- w obszarze ochrony przed przedostawaniem się substancji szkodliwych do otoczenia:
 - a) wyposażanie stanowisk transformatorów w zbiorniki zdolne pomieścić 100% oleju zawartego w transformatorze, w przypadku jego awaryjnego wycieku,
 - b) stosowanie urządzeń zdolnych wypompowywać i przechowywać gaz SF₆ w przypadku remontu bądź przeglądu aparatury zawierającej gaz.
- w sferze redukcji oddziaływania na krajobraz:
 - a) budowa stacji podziemnych,
 - b) budowa stacji wewnątrzowych, o architekturze budynków dostosowanej do istniejącej w sąsiedztwie zabudowy,
 - c) niekonwencjonalne, integrujące się z otoczeniem konstrukcje wsporcze linii wysokiego napięcia,
 - d) stosowanie kolorystyki integrującej obiekt z otoczeniem,
 - e) lokalizowanie stacji elektroenergetycznych z dala od skupisk ludzkich i w miejscach osłoniętych kompleksami leśnymi,
 - f) prowadzenie napowietrznych linii elektroenergetycznych przez obszary o niskich walorach krajobrazowych,
 - g) stosowanie w miejsce linii napowietrznych, linii kablowych.

Wszystkie omówione przedsięwzięcia wiążą się oczywiście z nakładami finansowymi, ale odpowiedzialność za kształtowanie środowiska naturalnego człowieka stała się w przypadku energetyki na tyle duża, że ewentualnych oszczędności poszukuje się obecnie w innych obszarach. Poprawne relacje ze środowiskiem naturalnym i jego obrotami są obecnie bardzo ważne, ponieważ wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną i stworzenie warunków zapewniających jej niezawodną dostawę będzie wymagał realizacji kolejnych inwestycji, dla których trzeba będzie uzyskiwać stosowne uzgodnienia i pozwolenia. Można więc powiedzieć, że nakłady ponoszone na ochronę środowiska są wydatkami z szerszą niż dzisiejsza perspektywą i to zarówno z punktu widzenia warunków, w których funkcjonuje człowiek, jak i dla tworzenia wokół energetyki korzystnego klimatu społecznego.



Fot. 3. Stup linii wysokiego napięcia nawiązujący do postaci Myszki Miki

W tym miejscu warto jeszcze zauważyć, że istnienie i charakter obiektów energetycznych mogą być nakierowane na podkreślenie indywidualnych cech środowiska, w którym się znajdują. Przykładem tego mogą być konstrukcje wsporcze linii 132 kV w rejonie Orlando w Stanach Zjednoczonych, których kształty podobne do

głowy Myszki Miki (fot. 3) przypominają o bliskości Disneylandu [16].

Polskie doświadczenia we wdrażaniu nowego podejścia do kosztów i rozwiązań proekologicznych

Wraz z wprowadzeniem w Polsce mechanizmów rynkowych, przedsiębiorstwa energetyczne wprowadziły do swej działalności nowe metody szacowania kosztów. Pojawiło się indywidualne spojrzenie na poszczególne obiekty, a co za tym idzie, zaczęto zwracać uwagę na indywidualne koszty eksploatacji. Początek lat 90-tych to niemal masowe odstępowanie od powszechnych wcześniej rozwiązań typowych i powtarzalnych. Na ich miejsce zaczęto stosować rozwiązania indywidualne zawierające wyposażenie technologiczne pozwalające znacznie zredukować nakłady na utrzymanie i prace remontowe. W pierwszej kolejności były to rozdzielnie z nowoczesną i bardziej niezawodną aparaturą klasyczną, a potem pojawiła się izolacja gazowa SF₆.

Kolejnymi, wdrożonymi w polskiej energetyce rozwiązaniami, były rozdzielnie hybrydowe, które w zakresie ponoszonych kosztów na eksploatację dorównywały rozdzielniom gazowym, ale były od nich wyraźnie tańsze, jeżeli chodzi o koszty zakupu. Przykłady pracujących układów hybrydowych można zobaczyć w stacjach PSE SA (Piotrków, Gdańsk) oraz w stacjach Chorzów i Wełnowiec należących do Górnośląskiego Zakładu Elektroenergetycznego SA i w stacji Jadwiga na terenie Enion SA Oddział Będziński Zakład Elektroenergetyczny.



Fot. 4. Stacja 110/15 kV w okrągłym budynku

Co prawda nie doczekaliśmy się jeszcze w Polsce zastosowania stacji przewoźnej, ale w wielu przypadkach udało się już realizować prace remontowe z wykorzystaniem przenośnego kabla 110 kV. Walorem tego rozwiązania jest możliwość skracania przestojów remontowych, a tym samym generowanie dodatkowych oszczędności.

Upowszechnienie rozdzielni z izolacją gazową uświadomiło, że z ich pomocą można w sposób niemal dowolny kształtować bryłę budynku stacji i dzięki temu realizować obiekty przyjazne środowisku. Tego typu rozwiązania mamy już w naszym kraju kilka, a za jedno z najciekawszych można uznać okrągły budynek stacji 110/15 kV Batory w Warszawie (fot. 4).

Zmieniają się także rozwiązania napowietrznych linii wysokiego napięcia tak, aby maksymalnie harmonizować się z otaczającą infrastrukturą. Przykładem linii kompaktowej 110 kV, zrealizowanej w Krakowie przedstawia fotografia 5.

Aby jeszcze bardziej wyjść naprzeciw środowisku, powstała w Warszawie stacja 110/15 kV zlokalizowana całkowicie pod ziemią. Korzyści wynikające z takiej

lokalizacji sprawiły, że powstały już projekty kolejnych stacji przewidywanych do budowy właśnie pod ziemią.



Fot. 5. Linia 110 kV komponująca się z oświetleniem ulicznym

Podsumowanie

Przedstawione w artykule możliwości rozwiązań, w zdecydowanej większości wykorzystane już w pracujących obiektach, pozwalają zauważyć, że energetyka potrafi rozumieć i bardzo dobrze akceptować mechanizmy rynkowe. Całkowite uwolnienie rynku energii elektrycznej, jeżeli kiedykolwiek nastąpi, nie powinno spowodować gwałtownych reakcji ze strony funkcjonujących dzisiaj przedsiębiorstw energetycznych. Wszystkie one zdają się rozumieć potęgę rynku i co więcej, są dobrze przygotowane do funkcjonowania w świecie konkurencji. Bardzo ważne jest to, że nie mówimy tutaj o przygotowaniu teoretycznym, ale o wdrożonych już procedurach postępowania w konkretnych sytuacjach. Jeżeli bowiem rozumie się potrzebę ograniczania kosztów i ma się w tym zakresie pewne doświadczenia, a nawet konkretne sukcesy, to trudno oczekiwać, że poszerzanie zakresu wolnego rynku będzie stanowiło jakikolwiek problem. Optymizmem napawa też fakt, że raz uruchomione procedury nakierowane na sprostanie wymaganiom rynku mogą już tylko czekać na dalszy rozwój, a nigdy nie zostaną powstrzymane.

Znaczącymi sukcesami może także poszczycić się energetyka w zakresie ochrony środowiska. Podejmowany jest cały szereg przedsięwzięć, które pomimo istotnych kosztów, sprawiają, iż energetyka nie jest już postrzegana tylko jako dziedzina wnosząca swój wkład do degradacji środowiska. Wręcz przeciwnie, istnieją już budynki stacji wewnątrzowych i ciekawe konstrukcje wsporcze linii wysokiego napięcia, które wywołują pozytywne reakcje, a nie są, jak to wcześniej bywało, tylko obiektem powszechnej krytyki za brzydotę i uciążliwość. Działania proekologiczne zyskują dla przedsięwzięć energetyki coraz to większą akceptację społeczną, co niewątpliwie daje nadzieję na dalsze możliwości rozwoju i inwestowania w poprawę niezawodności pracy systemu energetycznego.

LITERATURA

- [1] Solver C. E., Olovsson H. E., Lord W., Norberg P., Lundquist J., Innovative substations with high availability using switching modules and disconnecting circuit breakers, Sesja CIGRE, Paryż 2000
- [2] Doin Y., Leroy J. C., Durand-Laurent M., Triay G., Gens S., Thomasset G., Compact substation: a comprehensive solution, Sesja CIGRE, Paryż 2000
- [3] Pokarier B., Petersen A., Hoegg P., Staiblin J., First new integrated switchgear in service, Sesja CIGRE, Paryż 2000
- [4] Roussel P., Delecoustal J. M., The impact of deregulation on the development of power station high voltage equipment, Sesja CIGRE, Paryż 2000

- [5] Shimato T., Yonezawa H., Ibuki K., Nakajima T., Yamagiwa T., Evaluation of total life cycle cost of GIS substation and development of portable diagnosis device, Sesja CIGRE, Paryż 2000
- [6] Fushimi Y., Shimato T., Kawakami H., Meguro M., Shimomura T., Aoyama T., Solution for environmental features of underground substation by gas insulated equipment, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [7] Carlini E. M., Di Mario C., Colombo E., Colloca E., Lionetto P. F., Ribaldone P., Stevanato F., Needs in the customer connection to the Italian National Grid and equipment for their implementation, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [8] Landau H., Temporary and mobile substations for fast developing regions, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [9] Declercq J., Alfasten J., Sanchez Calvin M., Innovative mobile substations as flexible solutions in changing markets, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [10] Aeschbach H., Mikes E., Ponchon Ph., Gallon F., Influence of electrical arrangement and rated voltages on substation space requirements and total cost for various gas and hybrid insulation solutions, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [11] Leclercq F., Doin Y., Giboulet A., Triay G., Hybrid solutions for high voltage substations, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [12] Mittard P., Bachiller J. A., Salamanca F., Spanish solutions on substations compaction, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [13] Roussel Ph., Hossenlopp L., Gallon F., Technical and economical evaluation of new air insulated substation concepts, Sesja CIGRE, Paryż 2002
- [14] Balzer G., Degen W., Laskowski K., Halfmann M., Hartkopf T., Neumann C., Strategies for optimising the use of substation assets, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [15] Wilson A., Doernemann K., Olid G. E., Lica J., Renaud P., Kinnis I., Corbett J., Outsourcing of maintenance a review of world experience, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [16] Bender J., Kawakita K., Okada A., Sahazizian A. M., Samek S., Schwing U., Improving the visual impact of existing substation on environment, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [17] Alcocer A., Salamanca F., Salazar R., Perez de Andrez J. M., Laskowski K., Pohler S., Westrom T., Mixed technology HV switchgear and substations: Optimised service strategies, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [18] Bosshart P., Finn J., Osborne M., Di Mario C., Wester P., Impact of new functionalities on substation design, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [19] Lopez-Roldan J., Alfastien J., Declercq J., Gijs R., Mossoux P., Van Dyck M., Technical considerations regarding the design and installation of mobile substations, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [20] Martin F., Roussel P., Larger A., The advantages of integrated solutions for turnkey markets, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [21] Fushimi Y., Ichikawa Y., Oue Y., Yokota T., Yamagiwa T., Meguro M., Activities for huge SF₆ emission reduction in Japan, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [22] Salamanca F., Salazar R., Alcocer A., Millour T., Ponchon Ph., Habert J. L., Application of gas-insulated modules (GIM) to EHV substations, Sesja CIGRE, Paryż 2004
- [23] Samek S., Surdyka M., Przykładowe rozwiązania techniczne pozwalające rozszerzyć funkcje elementów systemu energetycznego przy jednoczesnym ograniczeniu nakładów inwestycyjnych, Energetyka, grudzień 2002
- [24] Słowikowska H., Słowikowski J., Emisja sześćofluorku siarki pochodzącego z urządzeń elektroenergetycznych, Energetyka, czerwiec 2005

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 w Krakowie, Katedra Elektroenergetyki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, E-mail: janstrz@uci.agh.edu.pl