

## Stacja elektroenergetyczna *Słupsk Wierzbęcino* jako element łączący układ przesyłowy prądu stałego Szwecja – Polska

Układ przesyłowy prądu stałego Szwecja – Polska jest jednym z elementów układu przesyłowego, który łączy systemy elektroenergetyczne krajów nadbałtyckich, tworząc tak zwany Pierścień Bałtycki. Powstał on w wyniku szwedzko-polskiego przedsięwzięcia inwestycyjnego, w skład którego weszły następujące elementy [2, 3]:

- rozbudowana o jedno pole rozdzielnia prądu przemiennego 400 kV *Karlshamn*,
- 0,2-kilometrowy odcinek napowietrznej linii prądu przemiennego pomiędzy stacją przekształtnikową *Starnö* i rozdzielnią prądu przemiennego 400 kV *Karlshamn*,
- nowo zbudowana stacja przekształtnikowa *Starnö*,
- linia kablowa prądu stałego o napięciu 450 kV, która składa się z:
  - 2-kilometrowego lądowego odcinka po stronie szwedzkiej,
  - 256-kilometrowego odcinka podmorskiego,
  - 12-kilometrowego lądowego odcinka po stronie polskiej,
- powrotna linia kablowa prądu stałego 24 kV, która składa się z:
  - 2-kilometrowego lądowego odcinka, złożonego z dwóch równolegle połączonych kabli, po stronie szwedzkiej,
  - 256-kilometrowego odcinka podmorskiego, złożonego z dwóch równolegle połączonych kabli,
  - 12-kilometrowego lądowego odcinka, złożonego z jednego kabla, po stronie polskiej,

- nowo zbudowana stacja przekształtnikowa w Wierzbęcino koło Słupska,
- nowo zbudowana stacja prądu przemiennego 400/110 kV w Wierzbęcino koło Słupska,
- rozcięcie napowietrznej linii 400 kV relacji *Dunowo* – *Żarnowiec* i wprowadzenie jej do nowej rozdzielni 400 kV w Wierzbęcino koło Słupska.

Inwestorem obydwu stacji przekształtnikowych i wszystkich linii kablowych jest firma *SwePol Link AB*, utworzona przez *Svenska Kraftnät*, *Vattenfall AB* i *Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA*.

Tematem niniejszego artykułu jest stacja prądu przemiennego 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* oraz przebudowa napowietrznej linii 400 kV *Dunowo* – *Żarnowiec* (wprowadzonej do nowej stacji 400/110 kV), których inwestorem były *Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA*.

Układ przesyłowy prądu stałego Szwecja – Polska to pierwsze elektroenergetyczne połączenie naszego kraju ze Skandynawią. Ma ono na celu rozszerzenie współpracy gospodarczej pomiędzy Polską i Szwecją oraz międzynarodową wymianę energii elektrycznej pomiędzy systemami CENTREL (połączone systemy energetyczne Europy Środkowej) i NORDEL (połączone systemy krajów skandynawskich) [2].

Połączenie to przyczyni się do istotnej poprawy ogólnego bezpieczeństwa pracy krajowego systemu elektroenergetycznego. Zapewni ono dostawy taniej energii regu-



Rys. 1. Widok stacji 400/110 kV  
*Słupsk Wierzbęcino* wg [4]

lacyjnej ze Szwecji. Dzięki połączeniu zwiększy się pewność zasilania północnej, deficytowej w źródła wytwórcze części naszego kraju. Energia dostarczana ze Szwecji pozwoli obniżyć straty przesyłowe – związane z przesyłaniem energii elektrycznej z południa na północ Polski [2, 3].

Zastosowane rozwiązania techniczne gwarantują zdolność przesyłową w obie strony na poziomie 600 MW.

Stacja 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* została wybudowana w rekordowym czasie około 12 miesięcy [4], a głównymi uczestnikami procesu inwestycyjnego były następujące firmy:

- *PSE S.A.* – inwestor rozdzielni i linii 400 kV,
- *ZE Słupsk S.A.* – inwestor rozdzielni 110 kV,
- *PSE Północ Sp. z o.o.* – inwestor zastępczy rozdzielni i linii,
- *ABB ELBUD Kraków SA* – generalny projektant,
- *EGH SA* – generalny wykonawca rozdzielni i linii 400 kV oraz linii 110 kV,
- *ENBUD Sp. z o.o.* – generalny wykonawca rozdzielni 110 kV.

Rozdzielnia 400 kV została zaprojektowana i zbudowana w układzie półtorawyłącznikowym. W jej skład wchodzi następujące pola liniowe: *Koszalin Dunowo*, *Żarnowiec* i pole stacji przekształtnikowej oraz pole autotransformatora 400/110/15 kV o mocy 330 MVA, a także pole sprzęgła, które łączy System 1 z Systemem 2.

Rozdzielnia 110 kV (w części należącej do *PSE SA*) składa się z pola 110 kV autotransformatora oraz z jego szyny obejściowej. Pozostała część wybudowanej rozdzielni 110 kV jest własnością *Zakładu Energetycznego Słupsk SA*.

Usługi eksploatacyjne w stacji przekształtnikowej i w stacji 400/110 kV wykonuje *PSE-PÓŁNOC Sp. z o.o.* z Bydgoszczy.

### Linia przesyłowa do stacji *Słupsk Wierzbęcino*

Stacja 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* została zlokalizowana w pobliżu linii 400 kV relacji *Dunowo – Żarnowiec*. Dzięki takiej lokalizacji wejście tej linii do stacji 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* sprowadzało się do jej rozcięcia i wprowadzenia jej do nowej stacji.

W związku z etapowaniem robót wykonano w pierwszym etapie odczep od linii 400 kV *Dunowo – Żarnowiec* do stacji. W drugim etapie zlikwidowano odczep z linii 400 kV i dokonano wcięcia do stacji 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino*. Dodatkowym utrudnieniem przy wykonaniu wcięcia linii do stacji była konieczność dokonania przeplecenia faz na wcięciu linii od strony stacji *Dunowo*.

W celu wykonania tych prac konieczne było postawienie od strony stacji *Żarnowiec* tzw. leśnego słupa typu ML 6 + 10, po to, aby wykonać odczep do stacji *Słupsk Wierzbęcino* oraz tzw. specjalnego słupa ML od strony stacji *Dunowo* w celu dokonania przeplotu faz.

Parametry wplecenia linii do stacji 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* są takie same jak linii *Dunowo – Żarnowiec*, a mianowicie: przekrój przewodów roboczych wynosi 2x3xAFL 8 – 525 mm<sup>2</sup>, przekrój przewodu odgromowego – 1xAFL 1,7 – 70 mm<sup>2</sup>, przekrój drugiego przewodu odgromowego (skojarzonego ze światłowodem OPGW 1xASLH-DAB) – 1x24E9/125, izolacja na wcięciu linii – LP 85/37W.

W wyniku opisanego wcięcia powstały dwie linie: *Dunowo – Słupsk* o długości 73,076 km oraz *Słupsk – Żarnowiec* o długości 87,444 km.

## Stacja transformatorowo-rozdzielcza 400/110 kV

### Lokalizacja i zagospodarowanie

Stacja elektroenergetyczna 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino*, której schemat przedstawiono na rysunku 1 [1], zlokalizowana jest na gruntach wsi Bruskowo Wielkie, gmina *Słupsk* w województwie pomorskim w odległości około 12 km od morza.

Stacja jest usytuowana na terenie użytkowanym rolniczo oraz częściowo leśnym. Zajmuje powierzchnię około 5 ha i składa się z napowietrznych rozdzielni wysokiego napięcia 400 i 110 kV.

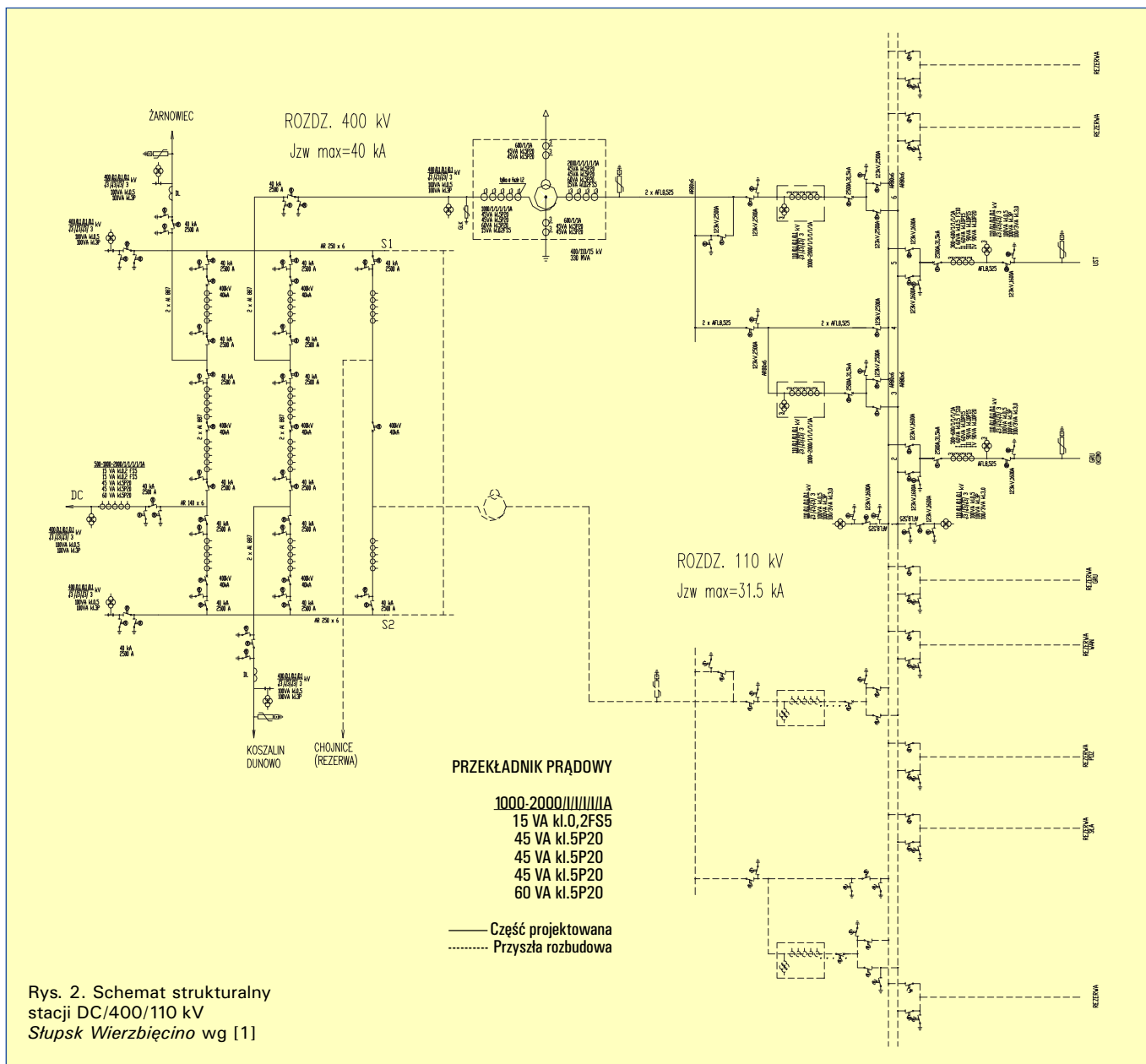
Rozdzielnia 400 kV jest usytuowana w kierunku północno-wschodnim stacji i zajmuje powierzchnię około 4 ha. Rozdzielnia 110 kV jest usytuowana w kierunku południowo-wschodnim i zajmuje powierzchnię około 1 ha. W skład stacji wchodzi również dwie rozdzielnie potrzeb własnych oraz agregat prądowórczy służący do zasilania rezerwowego. Stacja wyposażona została w komplet aparatury zabezpieczeniowej, łączności, komputerowy system sterowania i nadzoru oraz zespół budynków, instalacji i urządzeń do jej bezpiecznej pracy i eksploatacji.

Na terenie ogrodzonym stacji znajduje się sieć wody pitnej i kanalizacja deszczowa, a ścieki sanitarne są odprowadzane do bezodpływowych zbiorników opróżnianych okresowo. Stacja ponadto jest wyposażona w sieć dróg wewnętrznych umożliwiających dojazd eksploatacyjny do aparatury i urządzeń.

### Rozwiązania konstrukcyjne, aparatura wysokiego napięcia

**Rozdzielnia 400 kV** wykonana jest jako napowietrzna w układzie półtorawyłącznikowym, tj. z dwoma gałęziami wyposażonymi w trzy wyłączniki oraz jedną gałęzią wyposażoną w jeden wyłącznik. Szyny zbiorcze rozdzielni są wykonane z rur aluminiowych o średnicy  $\varnothing 200 \times 8$  mm, natomiast oszynowanie górne i połączenia między aparatami zostało wykonane podwójnym przewodem aluminiowym Al 887 mm<sup>2</sup>.

Zastosowano najnowocześniejszą aparaturę wysokiego napięcia, a mianowicie wyłączniki typu FXT 16 produkcji firmy *ALSTOM* (fabryka w Lyon – Francja), odłączniki typu OH 420 produkcji firmy *Schneider Electric*, przekładniki prądowe i napięciowe produkcji firmy *Trench*, ograniczniki przepięć produkcji firmy *Siemens*.



Rys. 2. Schemat strukturalny stacji DC/400/110 kV Słupsk Wierzbięcino wg [1]

Oszynowanie i zastosowana aparatura rozdzielni umożliwiają przepływ prądu 2500 A przez szyny zbiorcze, co odpowiada możliwościom przesyłu mocy 1500 MW. Wytrzymałość zwarciova rozdzielni wynosi 40 kA.

**Autotransformator 400/110/15 kV** o mocy 330 MVA jest ustawiony na szczelnym zbiorniku żelbetonowym zabezpieczającym środowisko przed możliwością skażenia gruntu w przypadku wycieku oleju. Stanowisko jest między innymi wyposażone w separator oleju.

**Rozdzielnia 110 kV** wykonana jest jako napowietrzna, sześciopolewa w układzie dwusystemowym z szyną obejmującą w polu autotransformatora.

Własnością PSE SA jest pole autotransformatora z szyną obejmującą, natomiast reszta rozdzielni 110 kV jest własnością Zakładu Energetycznego Słupsk SA.

Rozdzielnia 110 kV jest jak już wspomniano rozdzielnią z dwusystemowym układem szyn zbiorczych i czterema polami liniowymi. Do rozdzielni wprowadzono dwie linie dwutorowe z przewodami roboczymi segmentowymi o przekroju 240 mm<sup>2</sup> i przewodami odgromowymi skojarzonymi ze światłowodem 36-włóknowym produkcji firmy *Alcatel*. Linie te połączyły stację z istniejącymi wcześniej liniami 110 kV w taki sposób, że powstały ciągi liniowe *Sławno – Słupsk Wierzbięcino – Słupsk Grunwaldzka*.

Na wyposażeniu rozdzielni znajdują się następujące urządzenia pierwotne:

- wyłączniki typu 3AP1FG z gazem SF<sub>6</sub>, *Siemens*,
- odłączniki i uziemniki typu DR123 w ustawieniu równoległym i diagonalnym *Schneider Electric*,
- przekładniki kombinowane (prądowo-napięciowe) typu JUK 110, *ABB Zwar*,
- przekładniki napięciowe typu UO110C, *ABB Zwar*,
- ograniczniki przepięć typu 3EP4 096, *Siemens*.

Rozdzielnia nie jest wyposażona w szynę obejściową dla pól liniowych. Jednak ze względu na istotną rolę (jaką ma powiązanie z siecią rozdzielczą) w celu zagwarantowania prawidłowej pracy całej stacji DC/AC, pole autotransformatora posiada własną szynę obejściową, zintegrowaną ze sprzęgłem łączącym oba systemy szyn rozdzielni. To tzw. sprzęgło poprzeczno-podłużne, oprócz swojej podstawowej funkcji, może w pełni funkcjonalnie zastąpić pole 110 kV autotransformatora.

Nowoczesny cyfrowy system zabezpieczeń i sterowania stacją powstał w całości na bazie urządzeń produkcji firmy *ABB*. Obwody wtórne poszczególnych pól, umieszczone w trzech kioskach przekaźnikowych, wyposażone są w następujące terminale:

- terminal REL 511 – zabezpieczenie odległościowe z funkcją SPZ i kontrolą synchronizmu,
- terminal REF 541 – zabezpieczenie ziemnozwarciowe (rezerwowe) plus terminal sterowniczy, który oprócz funkcji zabezpieczeniowej, realizuje również funkcję telepomiarów, telesygnalizacji i telesterowania oraz rezerwowo – funkcję sterowania lokalnego z kiosku,
- terminal REB 500 BU – zabezpieczenie szyn zbiorczych i lokalna rezerwa wyłącznikowa (jednostka połowa zabezpieczenia w układzie rozproszonym).

Centralnym elementem systemu jest umieszczony w nastawni komputer, połączony z każdym z terminali za pomocą światłowodów. Komputer ten, wyposażony w oprogramowanie MicroSCADA, pełni funkcję lokalnego stanowiska dyspozytorskiego, koncentratora zabezpieczeń oraz sterownika stacyjnego umożliwiającego sterowanie i nadzór stacji z zakładowego systemu dyspozytorskiego.

Rozdzielnia umożliwia przepływ prądu 2500 A przez szyny zbiorcze, co odpowiada możliwościom przesyłu mocy 480 MW. Wytrzymałość zwarciova rozdzielni wynosi 31,5 kA [3].

### Zabezpieczenia i automatyka

Na stacji został zastosowany rozproszony układ zabezpieczeń i automatyki. Każda gałąź rozdzielni 400 kV posiada własny kiosk, w którym jest zlokalizowana aparatura EAZ, układy pomiarowe energii, bateria akumulatorów 220 V oraz rozdzielnica potrzeb własnych prądu stałego i przemiennego. Połączenia między kioskami a nastawnią centralną są wykonane wyłącznie światłowodami. Linie 400 kV są wyposażone w zabezpieczenia odcinkowe różnicowo-prądowe, wykorzystujące łącze światłowodowe oraz zabezpieczenia odległościowe i zerowo-prądowe. Autotransformator 400/110/15 kV o mocy 330 MVA jest wyposażony w dwa zabezpieczenia różnicowe, trójuzwojeniowe, dwa zabezpieczenia odległościowe, zabezpieczenie ziemnozwarciowe, przeciążeniowe i komplet zabezpieczeń firmowych.

Wszystkie zabezpieczenia elektryczne zostały wykonane w technice cyfrowej przez firmę *ABB* i współpracują z komputerowym systemem sterowania i nadzoru. Na stacji został zainstalowany rejestrator zakłóceń typu BEN 5000 firmy *Electronic Instruments International* (Belgia).

Zdalną łączność z zabezpieczeniami oraz z rejestratorem zakłóceń zapewnia koncentrator zabezpieczeń produkcji Politechniki Warszawskiej.

### System sterowania i nadzoru

Stacja wyposażona została w system sterowania i nadzoru firmy *ABB*. System umożliwia wizualizację stanu położenia łączników i uziemników na tle schematów stacji, rejestrację wszystkich alarmów i zdarzeń występujących na stacji, rejestrację pobudzeń i zdarzeń zabezpieczeń, wizualizację pomiarów elektrycznych oraz wykonywanie sterowań łącznikami i automatyką.

System sterowania i nadzoru posiada łączność światłowodową z następującymi ośrodkami nadrzędnymi:

- Krajową Dyspozycją Mocy w Warszawie,
- Obszarową Dyspozycją Mocy w Bydgoszczy.

Z ośrodków nadrzędnych jest realizowany pełny nadzór stacji, a z Bydgoszczy – dodatkowo zdalne sterowanie stacją.

### Telekomunikacja

W stacji 400/110 kV *Słupsk Wierzbęcino* został wybudowany nowoczesny węzeł telekomunikacyjny, stanowiący ważne ogniwo ogólnopolskiego systemu sieci światłowodowej energetyki (STE) oraz sieci energetycznej telefonii nośnej i telekomutacji.

Węzeł ten obsługuje stację wraz z kablem przesyłowym 450 kV prądu stałego do Szwecji [3].

Stacja *Słupsk Wierzbęcino* została wyposażona w środki telekomunikacji niezbędne do:

- zdalnego nadzoru i sterowania z ośrodków dyspozytorskich Polski i Szwecji,
- wymiany danych ze Szwecją,
- przesyłu wyników pomiarów energii elektrycznej do ośrodków rozliczeniowych Polski i Szwecji,
- współpracy układów zabezpieczeń i automatyki stacji *Koszalin Dunowo*, *Słupsk*, *Żarnowiec* i stacji DC po stronie szwedzkiej,
- łączności ruchowej.

W stacji AC/DC 400 kV *Słupsk Wierzbęcino* zainstalowano między innymi system telekomunikacji światłowodowej SDH – STM-4 i STM – 16, multipleksery komunikacyjne FOX, krotnice dostępowe PCM FMX II, urządzenia telezabezpieczeń ESB2000, ETL500 i ESB-500 oraz nowoczesną centralę telefoniczną HICOM-330 firmy *SIEMENS*.

Ze względów niezawodnościowych drogi transmisji wszystkich podstawowych informacji są realizowane różnymi środkami telekomunikacji (światłowody, telefonia nośna, łącza kablowe), a także geograficznie różnymi trasami.

### Pomiary rozliczeniowe na stacji

Na stacji zostały zainstalowane nowoczesne rozliczeniowe układy pomiarowe energii elektrycznej. Rozwiązania

takie gwarantują rzetelne rozliczenia energii elektrycznej pomiędzy partnerami handlowymi, w tym ze stroną szwedzką. Jest to niezwykle istotne przy dynamicznie rozwijających się rynkach energii elektrycznej w Polsce i Europie.

Pomiary energii zrealizowano z wykorzystaniem aparatury pomiarowej firmy *SIEMENS*.

W szafach pomiarowych energii elektrycznej umieszczono liczniki energii elektrycznej wysokiej precyzji typu ZMV, ZMU, koncentratory oraz aparaturę pomocniczą.

Zastosowano szereg oryginalnych rozwiązań takich jak [3]:

- transmisję oryginalnych stanów liczydeł z licznika energii do koncentratora, tzw. funkcję STOM,
- system ciągłego monitorowania błędów pomiarowych pomiędzy rozliczeniowym podstawowym a rozliczeniowym rezerwowym systemem pomiarowym energii elektrycznej z wyprowadzonym alarmem przekroczenia błędów,
- synchronizację czasu zegarem GPS.

Dane pomiarowe energii elektrycznej są transmitowane w cyklu automatycznym do następujących ośrodków rozliczeniowych:

- ◆ *Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA* w Warszawie,
- ◆ *PSE-PÓŁNOC Sp. z o.o.* w Bydgoszczy,
- ◆ *Svenska Kraftnät* w Sztokholmie – Szwecja,
- ◆ Zakładu Energetycznego Słupsk SA.

## Podsumowanie

Połączenie systemów elektroenergetycznych Polski i Szwecji poprzez układ HVDC, poza ich bardziej ekonomiczną pracą, pozwala obniżyć straty przesyłowe i w rezultacie ograniczyć ilość spalonego węgla w krajowych elektrowniach, a także zredukować emisję spalin oraz innych zanieczyszczeń środowiskowych.

## LITERATURA

- [1] Dokumentacja projektowa *ABB Zwar S.A.*, Oddział Stacji i Systemów Elektroenergetycznych
- [2] Łoziński K.: Stacja 400/110 kV Słupsk przekazana do eksploatacji. *Biuletyn Miesięczny PSE*, październik 2000
- [3] Materiały informacyjne *PSE Północ Sp. z o.o.*
- [4] Materiały dokumentacyjne *EGH S.A.* Gdańsk, lipiec 2000

## LANCOM Series II



## ANALIZATOR SPALIN

- polska wersja językowa
- pomiar aż do 9 gazów: O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>niskie</sub>, węglowodory, NO, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>wysokie</sub>
- obliczane parametry: sprawność spalania, straty, nadmiar powietrza
- lekki, odporny na wstrząsy, przenośny

### TYPY SOND

- standardowa do pomiaru stężeń gazów
- z wbudowanym kondycjonerem, nie wymaga zasilania elektrycznego oraz ogrzewanej linii poboru próbek
- do pomiaru przepływu gazu, pomiaru masy przepływu i prędkości gazu
- wysokotemperaturowa do pomiaru temperatury w zakresie 600–1400°C
- do pomiaru zacementowania spalin wg skali BACHARACHA

## przenośne analizatory spalin – rozwiązania przyszłości

LAND Instruments Sp. z o.o.  
ul. Michałowskiego 5/2  
31-126 KRAKÓW  
tel. 12 632 82 62, fax 12 632 24 74  
e-mail: [landcomb@landinst.pl](mailto:landcomb@landinst.pl)  
<http://www.landinst.com/comb/>

**LAND**  
combustion



System jakości ISO 9001 przyznany Land Combustion w dziedzinie Projektowania, Produkcji, Serwisu urządzeń służących do optymalizacji spalania oraz kontroli emisji