

# Modernizacja transformatorów blokowych w ESP Porąbka – Żar. Pierwszy projekt „pod klucz” Zakładu Transformatorów EthosEnergy Poland S.A.

**Streszczenie.** Projekt „Modernizacja transformatorów blokowych w ESP Porąbka – Żar” jest pierwszym w historii Zakładu Transformatorów EthosEnergy Poland S.A. kompleksowym zadaniem obejmującym nie tylko prace związane ściśle z wyprodukowaniem transformatorów, ale również szereg prac modernizacyjnych układów pomocniczych. W ramach projektu konieczne było zaprojektowanie, produkcja, transport oraz instalacja nowych transformatorów oraz szeregu urządzeń wspomagających, takich jak układ chłodzenia czy system przeciwwybuchowy SERGI.

**Abstract.** The project “Modernization of GSU transformers in Porąbka – Żar pumped-storage power station” is the first comprehensive project of the Transformer Product Line which comprises not only manufacturing of transformers but also assembly and many ancillary works. To succeed there was necessary to design, manufacture, transport and commission the transformers as well as many auxiliary components e.g. water cooling system or SERGI anti-explosion system. **Modernization of GSU transformers in Porąbka – Żar pumped-storage power station. First turnkey project of the Transformer Product Line of EthosEnergy Poland S.A.**

**Słowa kluczowe:** transformator blokowy, projekt “pod klucz”, modernizacja, elektrownia pompowo - szczytowa

**Keywords:** GSU transformer, turnkey project, modernization, pumped-storage power station

## Wstęp

Elektrownia pompowo – szczytowa Porąbka – Żar jest drugą co do wielkości tego typu elektrownią w Polsce i jedyną zlokalizowaną wewnątrz masywu górskiego. Strategiczne znaczenie obiektu wymusza utrzymanie jego infrastruktury w nienagannym stanie technicznym, co wiązało się z koniecznością przeprowadzenia przez operatora elektrowni, PGE Energia Odnawialna S.A., szeregu prac remontowo – organizacyjnych, w tym dokonania wymiany czterech zainstalowanych transformatorów blokowych. Przy okazji tej operacji podjęto decyzję o zmodernizowaniu układu potrzeb własnych, wymianie wodnego układu chłodzenia transformatorów, zainstalowaniu systemu przeciwwybuchowego SERGI oraz modyfikacji Układu Nadzoru i Sterowania (UNiS).

EthosEnergy Poland S.A. wzięła udział w przetargu na wyżej opisaną modernizację i jako jedyny oferent będący w stanie sprostać wymogom stawianym w specyfikacji, przystąpiła do realizacji tego wymagającego pod względem technicznym i organizacyjnym projektu.

## Stan istniejący i założenia wstępne projektu

Przed modernizacją, w ESP Porąbka – Żar pracowały cztery transformatory blokowe 150MVA 242/13,8kV wyprodukowane przez zakłady ELTA Łódź na przełomie lat 70. i 80. Transformatory te cechowały się stosunkowo wysokimi stratami jałowymi – około 170kW oraz wysokim poziomem hałasu. Ponadto wodny układ chłodzenia posiadał bardzo mocno ograniczone możliwości regulacji.

Pierwotnym założeniem modernizacji było zastąpienie dwóch z czterech dwuuzwojeniowych transformatorów blokowych 242/13,8kV jednostkami trójuzwojeniowymi z regulacją 242/13,8/6,3±10%(±8st.)kV. Miało to na celu zapewnienie realizacji potrzeb własnych elektrowni z transformatorów blokowych zamiast, jak to odbywało się do tej pory, z zewnętrznej linii 30kV. Transformator o takich parametrach cechowałby się dużymi wymiarami i pokaźną masą, co wręcz uniemożliwiłoby transport takich jednostek w trudnym, górzystym terenie. EthosEnergy Poland S.A. zaproponował nowatorskie rozwiązanie polegające na zastąpieniu niekorzystnego układu z transformatorem trójuzwojeniowym zespołem transformatorów, składającym się z transformatora blokowego oraz transformatora potrzeb własnych, korzystających ze wspólnego układu chłodzenia.

Wszystkie przyłącza transformatorów wykonano jako w pełni izolowane za pomocą ekranowanych szynoprzewodów i przyłączy typu Connex. Modyfikacja ta znacząco poprawiła bezpieczeństwo pracy w obrębie komór transformatorów.

## Projekt transformatorów

Wszystkie transformatory zostały zaprojektowane w dziale konstrukcyjno – technologicznym Zakładu Transformatorów EthosEnergy Poland S.A. Tabele 1 i 2 przedstawiają podstawowe parametry techniczne transformatorów 156MVA i 6MVA

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne transformatora 156MVA

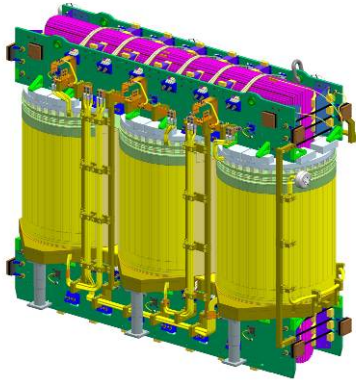
Parametr	Wartość	Jednostka
Moc pozorna	156	MVA
Przeładnia	242/13,8	kV
Straty jałowe	54,7	kW
Straty obciążeniowe	474	kW
Napięcie zwarcia	12,27	%
Grupa połączeń	YNd11	
Chłodzenie	ODWF	
Masa transportowa	95	t
Masa całkowita	129	t

Tabela 2. Podstawowe parametry techniczne transformatora 6MVA

Parametr	Wartość	Jednostka
Moc pozorna	6	MVA
Przeładnia	13,8/6,3±10%(8st.)	kV
Straty jałowe	5,4	kW
Straty obciążeniowe	38,2	kW
Napięcie zwarcia	10,53	%
Grupa połączeń	Dd0	
Chłodzenie	OF	
Masa transportowa	12,5	t
Masa całkowita	17	t

Rdzenie transformatorów wykonano z nisko stratnej blachy laserowanej o obniżonej magnetostrykcji, poszczególne cykle zaplatano w systemie step-lap. Opracowany i wdrożony do produkcji w EthosEnergy Poland S.A. system prasowania rdzeni pozwolił na znaczące zredukowanie hałasu wytwarzanego przez transformator. Wysoką jakość wyprodukowanego każdego rdzenia potwierdzono podczas próby jego nagrzewania.

Uzwojenia dolnego napięcia transformatora wyprodukowano z przewodu o ciągłej transpozycji żył, natomiast uzwojenia górnego napięcia z przewodów wielokrotnych z przepleceniami wysokonapięciowymi. Podczas procesu projektowania użyto najnowszego oprogramowania do obliczeń rozkładu przepięć w uzwojeniu, zarówno do obliczeń przepięć piorunowych, jak i przepięć przenoszonych. Uzyskane wyniki zweryfikowano doświadczalnie. Przykładowy widok części aktywnej transformatora 156 MVA przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Część aktywna transformatora blokowego 156MVA

Jednym z elementów zabezpieczeń i opomiarowania transformatora, wymaganym zapisami specyfikacji technicznej, były wielordzeniowe przekładniki prądowe. W uzgodnieniu z klientem zdecydowano o zastosowaniu zewnętrznych przekładników prądowych na liniowych wyprowadzeniach 242kV i na wyprowadzeniu punktu zerowego, co stanowi novum w polskiej energetyce mając na uwadze, że wspomniane wyprowadzenia realizowane są za pomocą kabli i głowic typu Connex.

Na szczególną uwagę zasługuje drastyczne obniżenie, w stosunku do dotychczas zainstalowanych transformatorów blokowych, strat stanu jałowego. Jak już wcześniej wspomniano stare jednostki cechowały się stratami jałowymi na poziomie 170kW. Wartość strat jałowych zmierzona podczas prób transformatora, wynosi 55kW. Biorąc pod uwagę, że podczas normalnej pracy elektrowni wszystkie jednostki jednocześnie generują straty biegu jałowego, znacząco obniżone zostały koszty eksploatacji urządzeń.

Poprawność założeń i obliczeń projektu obliczeniowego oraz działanie układów pomocniczych zostało pozytywnie zweryfikowane podczas prób fabrycznych, którym poddane zostały dwa transformatory blokowe oraz jeden transformator potrzeb własnych.

#### Układ chłodzenia

Projekt modernizacji transformatorów obejmował również zaprojektowanie i wykonanie kompletnego wodnego układu chłodzenia transformatorów wraz z chłodnicami, kolektorami wodnymi i olejowymi oraz automatycznym układem sterowania pracującym w oparciu o sterownik PLC firmy Siemens.

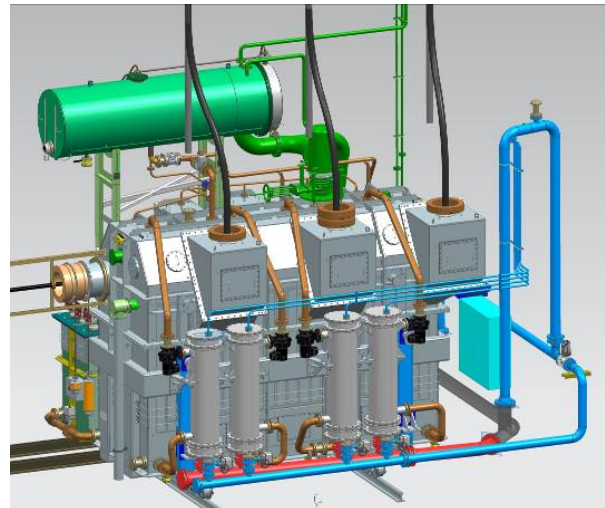
Charakterystycznym rozwiązaniem technicznym, zastosowanym w zespole transformatorów 156MVA i 6 MVA, jest wspólny obieg oleju chłodzącego. Taki system pozwolił na znaczne uproszczenie układu chłodzenia transformatorów, przy zachowaniu pełnej sterowalności systemu oraz wszystkich wymaganych norm bezpieczeństwa.

Projekt układu chłodzenia transformatorów przewiduje zastosowanie czterech wymienników woda- olej oraz

systemu orurowania wykonanego z bezszwowych rur nierdzewnych. Rozwiązanie takie zapewni długą i niezakłóconą eksploatację układu.

Nowym rozwiązaniem, w stosunku do dotychczas pracującego w elektrowni, jest system płynnej regulacji strumienia wody chłodzącej transformatory. System ten pozwala na znaczącą redukcję ilości wody dostarczanej do komór transformatorów, a co za tym idzie na oszczędność energii elektrycznej niezbędnej do napędzania pomp zasilających.

Widok układu chłodzenia transformatorów 156MVA i 6MVA przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Widok układu chłodzenia transformatora 156MVA

#### Układ przeciwwybuchowy

Jednym z wymogów klienta było wyposażenie jednostek transformatorowych w układ przeciwwybuchowy produkcji francuskiej firmy SERGI. System ten zabezpiecza transformatory przed eksplozją i pożarem, co w omawianym przypadku jest niezwykle ważne ze względu na unikatowe miejsce zainstalowania jednostek.

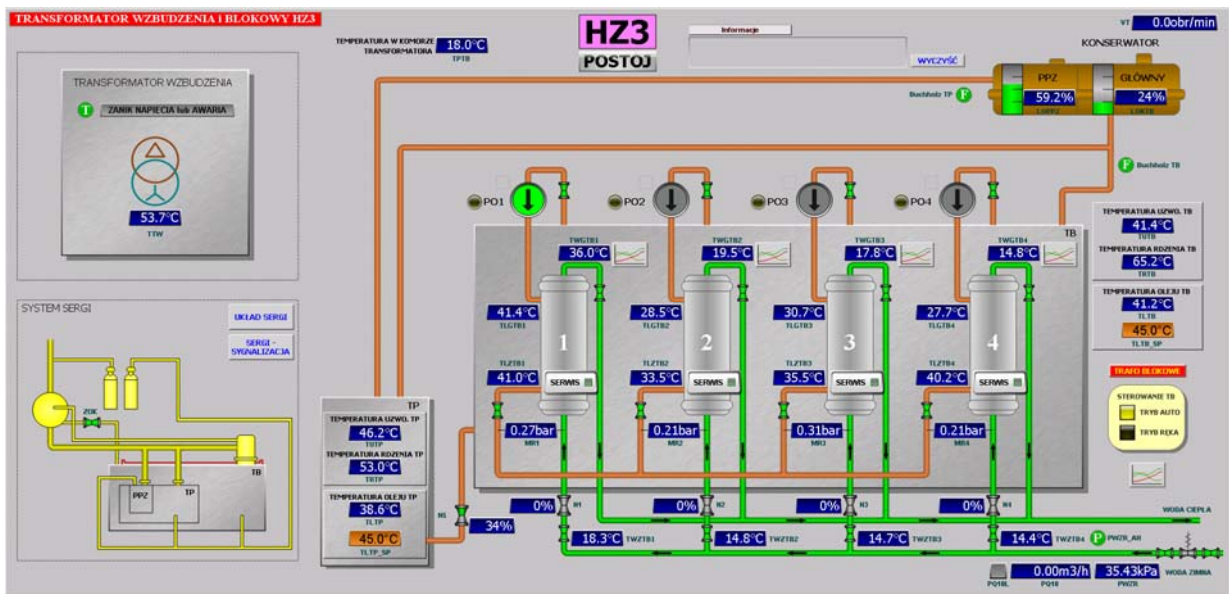
Podczas prac koncepcyjnych i projektowych specjaliści firmy Sergi oraz EthosEnergy Poland S.A. szczególnie dużo uwagi poświęcili właściwemu zabezpieczeniu zespołu transformatorów 156 MVA i 6 MVA ze względu na nietypowy układ olejowy.

Wspólna praca dwóch wyżej wymienionych firm zaowocowała powstaniem dedykowanego systemu, który przeszedł pomyślnie proces certyfikacji producenta i został oddany do eksploatacji bez zastrzeżeń.

Należy tu nadmienić, że jest to pierwszy i dotychczas jedyny system ochrony przeciwwybuchowej transformatorów zainstalowany i uruchomiony na terenie Polski.

#### Powiązanie z Układem Nadzoru i Sterowania elektrowni

Nowe transformatory wraz z układami pomocniczymi wyposażone zostały, w porównaniu do starych jednostek, w znacznie bardziej rozbudowany system monitoringu i sterowania. Wszystkie istotne sygnały z transformatorów oraz z układów pomocniczych znalazły odzwierciedlenie w nowo zaprojektowanych maskach pulpitu UNiS. Dotyczy to zarówno czujników zainstalowanych na transformatorach, jak również sygnałów diagnostycznych układu Sergi oraz sygnałów układów regulacji napięcia układu potrzeb własnych elektrowni. Przykładową maskę pulpitu, opracowaną w ramach omawianego projektu, przedstawiono na rysunku 3.



Rys.3. Przykładowa maska transformatora w UNiS

### Przygotowanie drogi transportowej i transport

ESP Porąbka – Żar zlokalizowana jest w górzystym terenie Beskidu Małego. Ze względu na ukształtowanie terenu oraz brak bezpośredniego połączenia kolejowego z elektrownią transport transformatorów stanowił bardzo trudne przedsięwzięcie logistyczne, które obejmowało, między innymi remont bocznicy kolejowej oraz generalny remont stupećdziesięciometrowego mostu drogowego na rzece Soła. Widok mostu przed remontem przedstawiono na rysunku 4.



Rys.4. Most na rzece Soła

Transport transformatorów blokowych z fabryki w Lublińcu do miejsca zainstalowania był złożonym przedsięwzięciem. Odcinek z Lublińca do najbliższej elektrowni stacji kolejowej, zlokalizowanej w miejscowości Łodygowice, zrealizowano przy użyciu zagłębionego wagonu kolejowego. Następnie transformatory przeładowywano na specjalistyczną naczepę do transportu drogowego, na której przewożono je po drogach lokalnych do elektrowni (patrz rysunek 5). Ostatnim etapem było umieszczenie transformatorów w podziemnej hali maszyn elektrowni, gdzie następował montaż osprzętu. Operacja ta połączona była z wyciągnięciem na powierzchnię starych, częściowo zdemontowanych transformatorów z hali głównej. Transport transformatorów blokowych został znacząco ułatwiony poprzez zredukowanie masy transportowej o 20 ton w stosunku do starych jednostek. Było to możliwe dzięki wysoko zoptymalizowanej konstrukcji transformatorów oraz zastosowaniu najwyższej jakości materiałów.

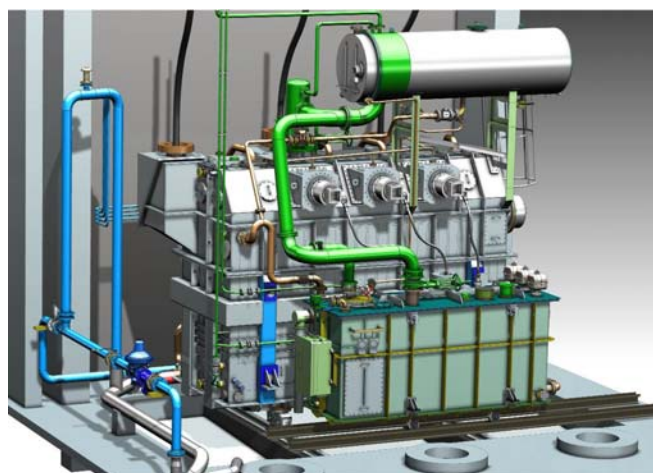
### Montaż i uruchomienie bloków numer 3 i 4

Ostatnim etapem realizacji zamówienia był montaż wyprodukowanych transformatorów wraz z zainstalowaniem

lub modernizacją wspomnianych wyżej układów pomocniczych. Wszystkie prace, zarówno wykonywane przez pracowników EthosEnergy Poland S.A. jak i realizowane przez kooperantów, odbywały się w ścisłej współpracy ze służbami elektrowni i wykonawcami pozostałych prac.



Rys.5. Transport drogowy transformatora 156MVA



Rys.6. Widok zespołu transformatorów w komorze

Stosunkowo krótki czas przeznaczony na montaż, w połączeniu z szerokim zakresem prac montażowych i budowlanych, wymagał najwyższej mobilizacji ze strony wszystkich zaangażowanych firm. O właściwym zaplanowaniu i dobrej organizacji prac świadczyć może terminowe uruchomienie bloku nr 3, które odbyło się 19 maja bieżącego roku oraz wcześniejsze niż planowano, uruchomienie bloku nr 4. Obecnie bloki te pracują bez zakłóceń.

Widok zespołu transformatorów pracujących na bloku nr 3 przedstawiono na rysunku 6.

#### **Podsumowanie**

Pierwsza część zadania, obejmująca zaprojektowanie, wytworzenie, transport i zamontowanie dwóch

transformatorów blokowych oraz jednego transformatora potrzeb własnych zakończyła się sukcesem. Jakość i terminowość wykonanych prac świadczą o gotowości Zakładu Transformatorów do realizacji projektów obejmujących swym zakresem nie tylko produkcję transformatorów, ale także prace związane z szeroko pojętymi układami pomocniczymi.

---

**Autor:** dr inż. Maciej Wilk, szef projektu modernizacji transformatorów blokowych w ESP Porąbka-Żar, kierownik działu konstrukcyjno – technologicznego, Zakład Transformatorów, EthosEnergy Poland S.A., ul. Powstańców Śl. 85, 42-700 Lubliniec, email: [maciej@wilk@turbocare.pl](mailto:maciej@wilk@turbocare.pl)