

## **Innowacyjne Przekładniki Prądowe WN i ich zastosowanie w systemach detekcji zwarć w liniach mieszanych WN**

**Streszczenie:** *Innowacyjne optyczne przekładniki prądowe wysokich napięć są znakomitą alternatywą dla klasycznych przekładników stosowanych w stacjach. Zalety to szeroki zakres pomiarowy, brak efektu nasycenia, możliwość pracy w sieciach AC i DC a także współpraca z urządzeniami pomiarowymi i zabezpieczeniowymi oraz opcja zdalnej komunikacji, czynią to rozwiązanie innowacyjnym pod każdym względem. Producent, hiszpańska firma Artech, która od lat pracuje nad tym rozwiązaniem jako jedna z pierwszych wprowadziła je do eksploatacji.*

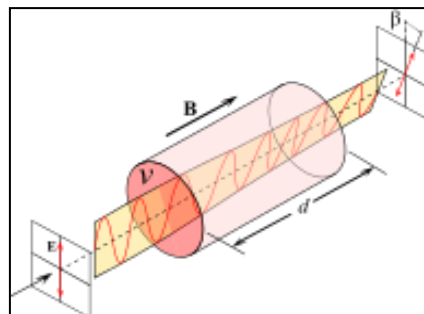
**Słowa kluczowe:** optyczne przekładniki prądowe wysokich napięć, brak efektu nasycenia, zdalna komunikacja

### **Wprowadzenie**

Najnowszy Optyczny Przekładnik Prądowy SDO OCT firmy ARTECHE służy do odczytu wartości sygnału prądowego dla potrzeb urządzeń pomiarowych i zabezpieczeniowych w stacjach elektroenergetycznych. Przekładnik składa się z głowicy pomiarowej zamontowanej na kolumnie izolatora oraz z terminala elektronicznego (ang. Merging Unit) SDO MU. Głowica przekładnika zawiera światłowodowy czujnik pomiaru prądu działający w oparciu o zjawisko Faradaya. Czujnik prądowy składa się ze zwojów specjalnego włókna światłowodowego oraz z pasywnych elementów optycznych tworzących opatentowaną technologię zwaną NIMI (Network Independent Interrogation Technique). Czujnik ten może być stosowany zarówno do precyzyjnych pomiarów prądu zmiennego w systemach wysokonapięciowych jak i do pomiarów prądu stałego. Terminal elektroniczny SDO MU, (Merging Unit), jest urządzeniem odpowiedzialnym za wysyłanie i odbieranie sygnałów świetlnych do i z czujników prądowych znajdujących się w polu stacji elektroenergetycznej. Urządzenie to posiada wejścia do maksymalnie trzech optycznych czujników prądowych, jedno analogowe wejście do tradycyjnych przekładników prądowych oraz maksymalnie cztery opcjonalne analogowe wejścia do tradycyjnych przekładników napięciowych. Terminal SDO MU przetwarza sygnały optyczne i analogowe z czujników i przekładników, wyznacza wartości prądu i napięcia, a następnie generuje na wyjściu standardowy sygnał w postaci cyfrowej zgodnej z normą IEC 61850. Sygnał ten składa się z wartości próbkowanych prądu i natężenia i przesyłany jest przez złącze Ethernet do szyny procesowej IEC 61850 będącej siecią komunikacyjną stacji połączoną z urządzeniami EAZ.

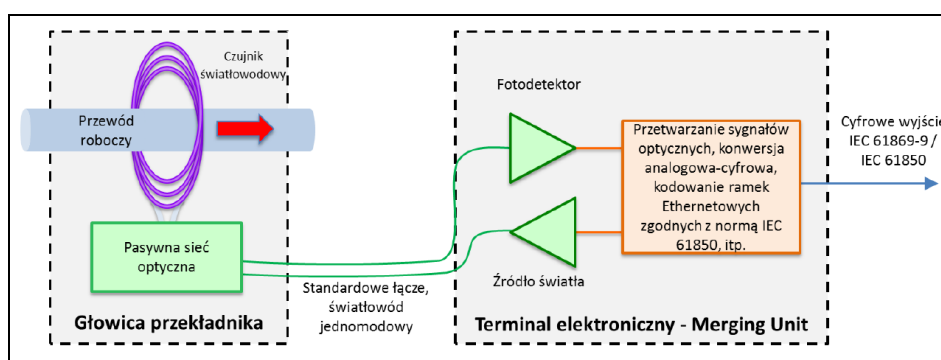
### **Zasada działania. Zjawisko Faradaya**

Zjawisko zwane też magnetoptycznym polega na obrocie o pewien kąt  $\beta$  płaszczyzny polaryzacji światła spolaryzowanego liniowo w czasie przechodzenia przez ośrodek, w którym istnieje pole magnetyczne (patrz Rys. 1). Zjawisko to zostało odkryte przez Michaela Faradaya w 1845 r.

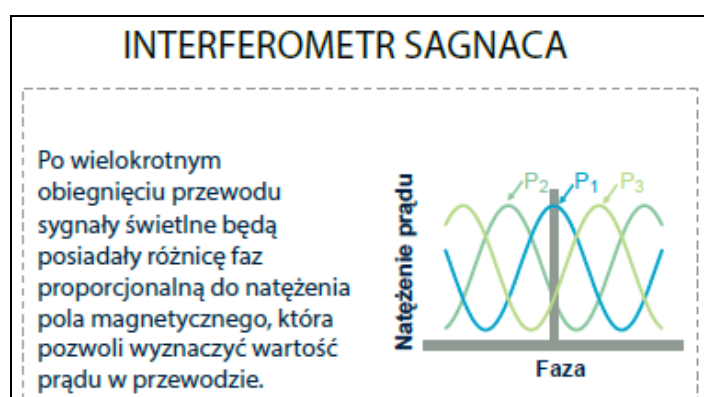


Rys. 1. Zjawisko Faradaya.

Pomiaru prądu w przekładniku SDO OCT oparty jest na zjawisku Faradaya. Pole magnetyczne wytworzone przez przepływ prądu oddziałuje na polaryzację światła w czujniku okalającym przewód z prądem. Sygnał optyczny okrążający przewód roboczy wewnątrz zamkniętej pętli czujnika doświadczy rotacji polaryzacji światła, kąt rotacji jest proporcjonalny do natężenia mierzonego prądu w przewodzie (patrz Rys.2). Głowica przekładnika SDO OCT zawiera tzw. interferometr (patrz Rys.3). Jest to przyrząd służący do pomiaru rotacji polaryzacji eliptycznej sygnałów świetlnych spowodowanej działaniem efektu Faradaya. Na podstawie sygnału wyjściowego z interferometru terminal elektroniczny wyznacza wartość natężenia prądu elektrycznego w przewodzie roboczym.



Rys. 2. Wykorzystanie zjawiska Faradaya w konstrukcji głowicy i terminala elektronicznego.



Rys. 3. Interferometr Sagnaca.

### Elementy systemu

Kompletny przekładnik składa się z 3 głównych komponentów:

1. Głowicy (Fot.1) – pasywnego optycznego przetwornika prądu. Jest to bezobsługowy element zaprojektowany na długi czas pracy – ponad 30 lat. Posiadający izolację galwaniczną, całkowicie eliminujący ryzyko otwarcia obwodów wtórnych. Dokładność do klasy 0,2S pracujący w szerokim zakresie poniżej 100A aż do 5000 A. Stosowany w instalacjach AC jak również w stacjach HVDC.
2. Izolatora (Fot. 2)– nie wymagającego izolacji olejowej ani gazowej. Rdzeń wykonany jest z żywicy epoksydowej, osłona z gumy silikonowej. Wewnątrz rdzenia izolatora poprowadzone są jednomodowe kable światłowodowe służące do przesyłania wartości pomiarów prądu z czujnika w głowicy do terminala elektronicznego. Dzięki zastosowaniu światłowodów zakończonych fabrycznie

### **IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016**

standardowymi złączami nie wymagane są żadne przeróbki lub sprzęt specjalistyczny czy konieczność konserwacji przez fachowy personel. Zaprojektowany zgodnie z wymaganiami technicznymi dla danego napięcia znamionowego i wymaganiami warunków zabrudzeniowych w zakresie drogi upływu.

3. Merging unit (Fot. 3) – terminal elektroniczny przetwarzający sygnały pomiarowe z 3 głowic optycznych przekładników prądowych SDO OCT. Opcjonalnie może zawierać także 4 analogowe wejścia do przekładników napięciowych i jedno analogowe dla przekładnika prądowego. Posiada standardowe wyjście cyfrowe zgodne z szyną procesową IEC 61850-9-2LE. Dzięki temu urządzeniu można zbudować całą architekturę pomiarową na stacji (patrz rysunek nr.4)



Fot. 1. Głowica przekładnika



Fot. 2. Izolator wsporczy do przekładnika.



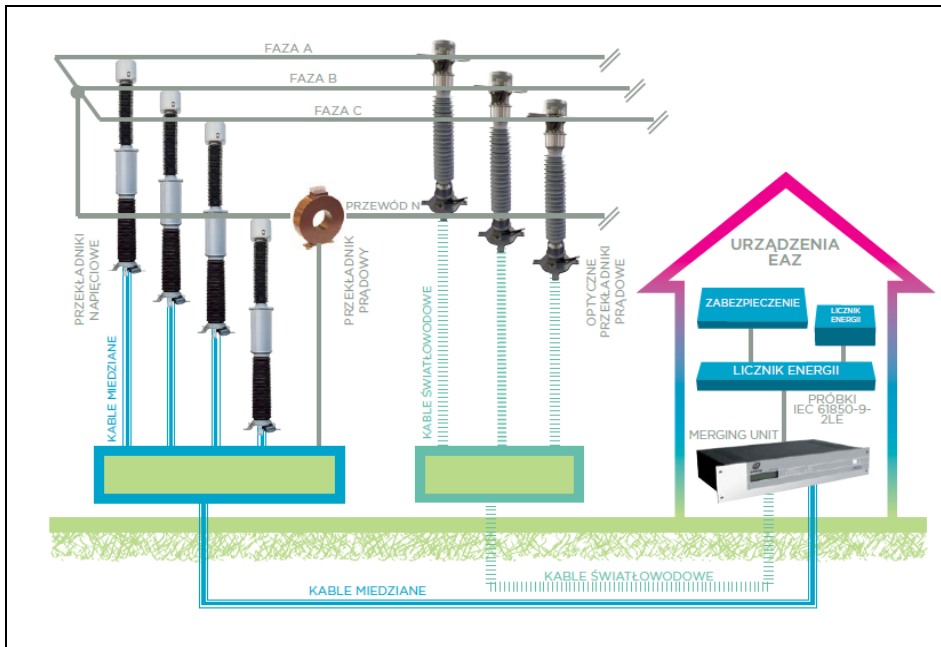
Fot. 3. Merging unit – terminal elektroniczny.

Tabela 1.

ZESTAWIENIE CECH PRZEKŁADNIKÓW OPTYCZNYCH I KLASYCZNYCH		
Cecha	Optyczny	Klasyczny
Dokładność	Do 0,2S	Do 0,2S
Nasycenie rdzenia	Nie występuje	Występuje
Pomiar AC i DC	Tak	Nie (tylko AC)
Rozmiar i waga	Mniejsza (kilkadziesiąt kg)	Większa (nawet kilkaset kilogramów)
Środowisko	Neutralny	Zawierający olej lub gaz SF6
Bezpieczeństwo	Niewrażliwy na rozwarcie uzwojeń wtórnych, przepięcia i eksplozję	Podatny na uszkodzenia w wyniku rozwarcia uzwojeń, przepięcia i eksplozję
Koszty	Obniżenie kosztów transportu, przechowywania, instalacji i obsługi	Koszty wynikające z dużych rozmiarów i wagi oraz uciążliwej instalacji

### Zastosowanie

System pomiarowy zbudowany na optycznych przekładnikach prądowych WN jest niezwykle łatwy do instalacji i eksploatacji. Wiele zakładów gdzie pracują takie rozwiązania, najpierw instalowała takie produkty szeregowo z klasycznymi przekładnikami prądowymi w celu wypróbowania tego wyrobu. Po jakimś czasie okazywało się, że jest to niezawodne i dokładne. Wiele wykazanych w artykule zalet powoduje, że rozwiązanie przekładników optycznych jest alternatywą do klasycznych (patrz Tabela 1.) i można spodziewać się coraz większego udziału tego typu urządzeń w sieciach WN. Propozycja ta została dostrzeżona także w Polsce. W 2013 roku na targach Energetab w Bielsku-Białej optyczny przekładnik prądowy WN typu SDO OCT otrzymał srebrny medal PGE Energetyka Odnawialna S.A.



Rys. 4. Przykładowy schemat architektury stacyjnej z wykorzystaniem przekładników optycznych.

## IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

W ostatnim czasie producent opisywanego rozwiązania hiszpańska firma Artech wykorzystwała zasadę budowy optycznego przekładnika do stworzenia systemu detekcji zwarć w energetycznych liniach napowietrzno-kablowych. Obecnie tego typu konfiguracja sieci WN jest stosowana przy przecinaniu przez sieci przesyłowe terenów miejskich lub przemysłowych. W przypadku zwarć w liniach mieszanych (napowietrzno-kablowych) pojawia się problematyka lokalizacji zwarcia, konkretnie chodzi o dokładne miejsce wystąpienia. Powstaje pytanie czy zwarcie wystąpiło na odcinku napowietrznym czy kablowym. Zwarcia w sekcjach kablowych mają zwykle charakter trwały, wobec czego z uwagi na bezpieczeństwo nie powinno stosować się funkcji SPZ (samoczynne ponowne załączenie).

Dla niniejszego zobrazowania sytuacji, wyróżnia się 2 najważniejsze typy linii mieszanych tj.:

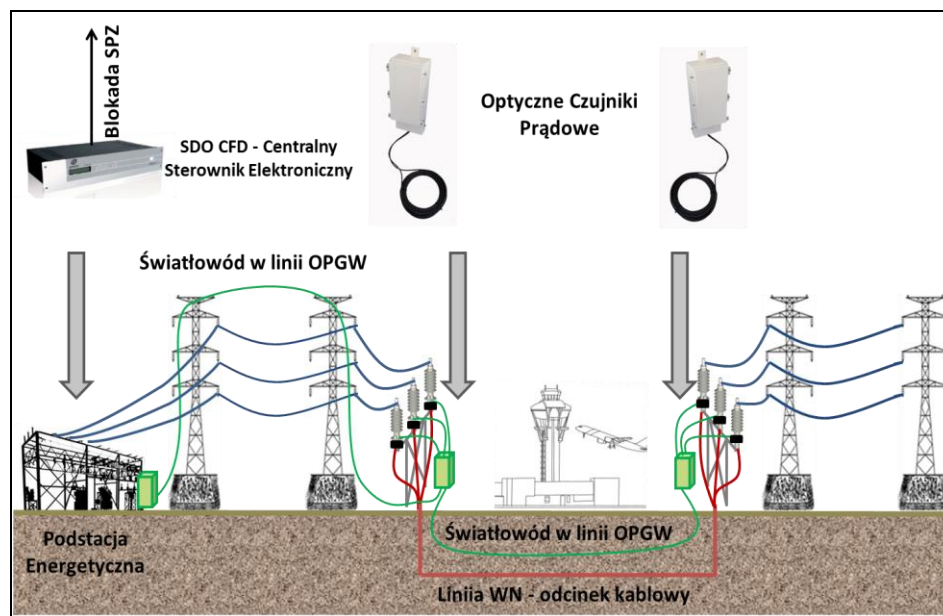
1. Odcinek kablowy w środku linii pomiędzy odcinkami napowietrznymi;
2. Odcinek kablowy na wyjściu z podstacji.

Niezawodność i selektywność systemu SDO FlexiCDP jest porównywalna do tradycyjnych rozwiązań opartych na zabezpieczeniach różnicowych. Zaletą innowacyjnego rozwiązania FlexiCDP jest znaczna minimalizacja wymaganej infrastruktury sprzętowej, uproszczenie instalacji i redukcja kosztów systemu.

### **Kluczowe cechy systemu**

Detekcja zwarć oparta jest na tradycyjnym i niezawodnym algorytmie prądów różnicowych. Zapewniona jest stuprocentowa selektywność zwarć w odcinku kablowym. Pomiar prądów dokonywany zdalnie przy użyciu pasywnych optycznych czujników działających na zasadzie efektu Faradaya. Jest to ta sama zasada jak w przypadku optycznych przekładników prądowych.

Wartości prądów z pomiarowych czujników optycznych wymagane do algorytmu różnicowego przesyłane są światłowodem kabla OPGW w czasie rzeczywistym na odległość wielu kilometrów.



Rys. 5. Graficzne ujęcie systemu detekcji zwarć w liniach mieszanych WN.

Centralny sterownik elektroniczny SDO CFD instaluje się w najbliższej podstacji energetycznej. Urządzenie to przetwarza sygnały optyczne zawierające pomiary prądów z sześciu czujników w celu uzyskania prądów różnicowych. W przypadku wykrycia zwarcia w odcinku kablowym zaimplementowany algorytm różnicowy generuje sygnał blokady funkcji SPZ, sygnał ten dostępny jest na stykowym wyjściu binarnym urządzenia.

### **Zalety rozwiązania**

Do najważniejszych zalet systemu należą:

- Niezawodna detekcja zwarc w liniach mieszanych ze stuprocentową pewnością czy zwarcie wystąpiło w odcinku linii napowietrznej czy w odcinku kablowym.
- Zwiększona dostępność linii przesyłowych dzięki możliwości bezpiecznego stosowania automatyki SPZ w przypadku zwarc w odcinkach napowietrznych.
- Znacząca redukcja całkowitych kosztów instalacji w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań bazujących na zabezpieczeniach różnicowych linii.
- Brak wymagań terenowych i robót budowlanych w celu instalacji budynków oraz infrastruktury koniecznej dla przekładników pomiarowych, urządzeń automatyki zabezpieczeniowej, urządzeń telekomunikacyjnych, itp. Pasywne czujniki optyczne są instalowane na zewnątrz i nie wymagają napięcia zasilania oraz baterii akumulatorowych.
- Prosta i szybka instalacja czujników na słupach kablowych wysokiego napięcia z zejściem linii napowietrznej.

### **Opis działania systemu**

Zdalne pomiary prądów są realizowane przy użyciu pasywnych czujników prądowych niewymagających napięcia zasilania, o których opis znajduje się poniżej. Instalacja, w której pracują nie wymaga okresowych robót konserwacyjnych. W przypadku detekcji zwarc w kablu oraz zwarc w głowicach kablowych następuje aktywacja blokady SPZ.

Optyczne czujniki prądowe nie posiadają efektu nasycenia rdzenia, mają w pełni liniową, powtarzalną charakterystykę pracy, co ułatwia implementację algorytmu różnicowego. Elastyczna konstrukcja czujników optycznych umożliwia prostą instalację poprzez owijanie ich wokół kabla energetycznego bez konieczności otwierania obwodu. Centralny elektroniczny terminal może być zainstalowany w sąsiadującej podstacji energetycznej odległej nawet o wiele kilometrów od słupa kablowego z zejściem linii napowietrznej gdzie znajdować się będą pasywne optyczne czujniki prądowe.

Optyczne pomiary wartości prądów są przesyłane do sterownika centralnego za pomocą standardowych jednomodowych kabli światłowodowych (np. kabli światłowodowych dostępnych w przewodzie odgromowym OPGW). System FlexiCDP podaje, jako rezultat działania sygnał blokady funkcji SPZ, sygnał ten dostępny jest, jako binarne wyjście stykowe w centralnym sterowniku.

### **Optyczne czujniki prądowe jako główny element systemu**

Optyczny czujnik prądowy jest elementem pasywnym i składa się wyłącznie z elementów optycznych oraz kabli światłowodowych. Czujnik skonstruowany jest w postaci dielektrycznego i elastycznego kabla o średnicy 7 milimetrów i długości 18 metrów umożliwiającego owinięcie wokół głowicy kabla energetycznego lub wokół tulei izolatora. Czujnik podłączony jest do światłowodu OPGW (zintegrowana linia odgromowa i linia światłowodowa) wewnątrz skrzynki światłowodowej o rozmiarach 520x220x150 mm i wadze 6,5 kg.

Zewnętrzna skrzynka światłowodowa oraz elementy mocujące są standardowymi urządzeniami stosowanymi w instalacjach OPGW i dostarczane są przez producenta, jako elementy systemu FlexiCDP. Urządzenia te wspomagają prostotę instalacji bez konieczności dokonywania modyfikacji elementów konstrukcyjnych linii wysokiego napięcia. Poniżej przykład zastosowania systemu na słupach WN.

## IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016



Fot. 4. Optyczny czujnik prądowy



Fot. 5. Optyczny czujnik prądowy na słupie WN.

### **Literatura**

1. „Mixed-Line Protection”, Francisco Javier Martin Herrera, Transmission and Distribution World, [www.tdworld.com](http://www.tdworld.com);
2. “System detekcji zwarć w energetycznych liniach napowietrzno-kablowych” Jacek Turkowski, Energetyka i Elektrotechnika, nr 3/2014;
3. „Innowacyjne optyczne przekładniki prądowe WN” Dariusz Stempiń, Urządzenia dla Energetyki, nr 1/2014.
4. Katalog firmy Artech „SDO OCT Optyczny przekładnik prądowy WN” 2013r.
5. Katalog firmy Artech „SDO CFD. Fault detection on cable sections in mixed high voltage lines”. 2014r.

**Autor:** mgr inż. Dariusz Stempiń; Protektel sp.j. Oficjalny przedstawiciel Artech w Polsce, Piłsudskiego 92, 06-300 Przasnysz, e-mail: [dariusz.stempin@protektel.pl](mailto:dariusz.stempin@protektel.pl)