

## DIAGNOSTYKA WYŁĄCZNIKÓW NISKIEGO NAPIĘCIA

Piotr LEŚNIEWSKI

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki

tel: (58) 347-14-66 fax: (58) 347-21-36 e-mail: p.lesniewski@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** Nowoczesne systemy rozdziału energii stawiają przed wyłącznikami mocy coraz większe wymagania, przekraczające realizację funkcji ochronnych i zabezpieczeniowych. Z tego względu nowoczesna aparatura łączeniowa niskiego napięcia powinna spełniać wymagania stawiane przez zaawansowane systemy sterowania, uwzględniające przede wszystkim: możliwości komunikacyjne, wsparcie programowe, diagnostykę i możliwości szybkiej archiwizacji zdarzeń.

**Słowa kluczowe:** wyłączniki nn, komunikacja, diagnostyka.

### 1. INFORMACJE OGÓLNE

Do niedawna zadaniem wyłączników mocy była ochrona instalacji rozdzielczych przed skutkami zwarć i przeciążeń. Stosowano aparaty wyposażone w klasyczne wyzwalacze termobimetalowe i elektromagnetyczne. Obecnie wyłącznikom stawia się coraz wyższe wymagania, w następstwie czego stosowane są inteligentne urządzenia, wykorzystujące techniki cyfrowe do analizy zakłóceń. Użytkownicy wymagają szeregu funkcji komunikacyjnych pozwalających na szybkie zlokalizowanie miejsca awarii czy szybki odczyt parametrów sieci w dowolnym miejscu budynku czy sieci. Stosowane muszą być inteligentne aparaty, wykorzystujące komunikację za pomocą magistrali przemysłowych, np. Profibus-DP [1], które elastycznie dostosowują się do istniejących układów instalacji.

Interfejsy komunikacyjne umożliwiają zdalne sterowanie pracą wyłącznika oraz uruchomienie narzędzi serwisowych i diagnostycznych. Pozwalają również na powiązanie z systemem wizualizacji HMI (Human-Machine Interface), umożliwiając zdalny odczyt i wyświetlanie danych identyfikujących wyłącznik oraz parametry sieci elektrycznej w miejscu jego zainstalowania. Nowoczesne rozwiązania komunikacyjne umożliwiają przesyłanie informacji między poszczególnymi aparatami, zainstalowanymi w instalacji elektrycznej. Uzyskuje się dzięki temu możliwość identyfikacji miejsca wystąpienia zakłócenia. W przypadku wystąpienia zwarcia zadziała tylko wyłącznik zainstalowany najbliżej miejsca zwarcia, niezależnie od nastaw wyzwalaczy wyłączników, które w takim przypadku są blokowane, co niemożliwe jest w klasycznych rozwiązaniach.

Możliwości diagnostyczne nowoczesnych wyłączników niskiego napięcia przedstawiono w oparciu o

wyłącznik powietrzny typu IZM firmy EATON (Moeller) [2].

### 2. WYŁĄCZNIKI MOCY IZM

Aparaty IZM realizują ideę otwartych wyłączników, budowanych na prądy znamionowe od 630 do 6300 A. Wyłączniki mocy IZM są standardowo wyposażone w sterowane mikroprocesorowo wyzwalacze elektroniczne. Do wyboru jest szereg różnych wyzwalaczy zapewniających optymalne zabezpieczenie, poczynając od zwykłego zabezpieczenia maszyn i urządzeń z wyzwalaczem przeciążeniowym i zwarciovym, aż po wyzwalacz cyfrowy z wyświetlaczem graficznym oraz możliwością tworzenia sieci z selektywnością czasową.

#### 2.1. Wyzwalacze elektroniczne

Dzięki zastosowaniu techniki cyfrowej wyłączniki IZM stwarzają nowe możliwości w dziedzinie optymalnego rozdziału energii. Umożliwiają one przesyłanie wszystkich, istotnych dla eksploatacji parametrów pracy. W ten sposób uzyskuje się większą przejrzystość instalacji oraz skraca czas reakcji na zaistniałe zakłócenia, jak np. przetężenie, asymetria faz, czy przepięcie. Szybka ingerencja w proces może zapobiec poważniejszym awariom oraz pomóc w planowaniu konserwacji. W ten sposób zwiększa się dyspozycyjność instalacji.

#### 2.2. Magistrala komunikacyjna wyłączników IZM

Wyłączniki mocy IZM z wyzwalaczami cyfrowymi są standardowo wyposażone w wewnętrzną magistralę komunikacyjną CubicleBus [3, 4, 5], stwarzającą możliwości rozbudowy wyłącznika o szereg modułów, z których każdy pozwala na realizowanie dodatkowych funkcji komunikacyjnych, np. sygnalizacji przeciążenia, zadziałania bloku zabezpieczeń. Za jej pośrednictwem łączone są wszystkie inteligentne podzespoły wyłącznika IZM. Za pomocą złącza komunikacyjnego informacje z/do inteligentnych podzespołów są przesyłane np. do modułu komunikacyjnego IZM-XCOM [6, 7] siecią PROFIBUS DP. Magistrala PROFIBUS umożliwia uzyskanie pełnej kontroli nad wyłącznikiem w zakresie operacji łączeniowych i parametryzacji wyłącznika. Dzięki wbudowanemu wewnątrz wyłącznika modułowi BSS (czujnik stanu wyłącznika) użytkownik otrzymuje następujące informacje:

- pozycję styków głównych;
- stan pracy styków pomocniczych;
- temperaturę wewnątrz wyłącznika;
- wyzwolenie wyłącznika;
- sygnał gotowości do załączenia.

Bez dużych nakładów na oprzewodowanie można połączyć dodatkowe, zewnętrzne moduły rozszerzeń z wyłącznikiem IZM poprzez wewnętrzną magistralę komunikacyjną.

### 2.3. Moduły rozszerzeń

W tym celu oferowane są cyfrowe moduły wejściowe oraz cyfrowe i analogowe moduły wyjściowe. Poszczególne moduły można instalować w obrębie jednego wyłącznika. Przykład możliwości komunikacyjnych wyłącznika IZM przedstawiono na rysunku 1. Zewnętrzne moduły występują w dwóch wersjach – prostej z przełącznikiem obrotowym do zmiany nastaw oraz bardziej złożonej, w których zmiana nastaw następuje za pomocą dedykowanego oprogramowania.

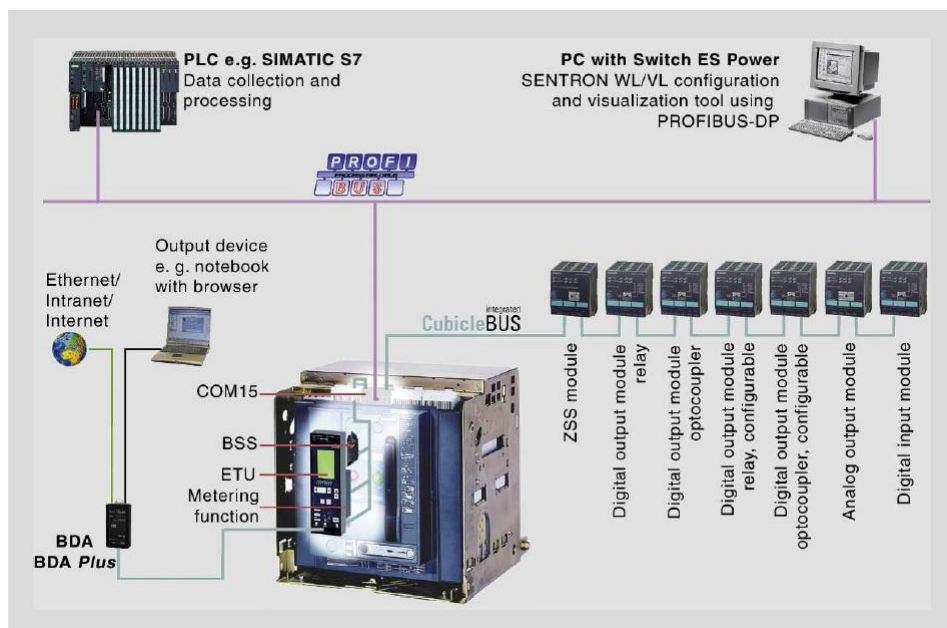
Moduł wyjść cyfrowych umożliwia między innymi odłączenie poszczególnych odbiorów w przypadku wystąpienia przeciążenia oraz wyprowadzenie sygnałów, np. do lampek, o zadziałaniu zabezpieczenia, ostrzeżeniach, itp.

Moduł wejść cyfrowych umożliwia wybór jednego z dwóch wprowadzonych do pamięci banków nastaw wyzwacza – dla zasilania podstawowego lub rezerwowego,

np. zasilania z sieci elektroenergetycznej i agregatu prądotwórczego (różne parametry zwarciove).

Moduł wyjść analogowych umożliwia przetworzenie sygnału cyfrowego z integralnych przekładników prądowych i napięciowych na sygnał analogowy, który może zostać wykorzystany np. do zasilania wskaźników analogowych na drzwiach rozdzielni, w której zainstalowano wyłącznik.

Jako przykład funkcji komunikacyjnych pomiędzy poszczególnymi wyłącznikami może posłużyć moduł ZSI (selektywności logicznej), który umożliwia skrócenie sterowania selektywnego pomiędzy wyłącznikami IZM [7, 8]. Zainstalowanie modułu ZSI w każdym wyłączniku w systemie spowoduje, że czas wyłączenia bez względu na to, w którym miejscu znajduje się zabezpieczenie zostanie skrócony do około 50 ms (dla wyłącznika typu IZM). Jeśli wystąpi zwarcie w dowolnym miejscu układu to w ciągu tych 50 ms wyłączniki skomunikują się między sobą i zadziała tylko ten, który jest najbliżej zwarcia; do pozostałych wyłączników zostanie wysłany sygnał blokujący. W przypadku sieci okrętowych umożliwia to eliminację zwłok czasowych koniecznych dla zapewnienia selektywności wyłączania zwarć. W przypadku zwarć łukowych rozwiązanie z modułem ZSI może się przyczynić do znacznego zredukowania skutków tych zwarć.



Rys. 1. Architektura systemu komunikacyjnego IZM [6]

Wyposażenie wyłącznika IZM w moduł BDA (Breaker Data Adapter) pozwala na realizację funkcji komunikacyjnych takich samych jak w sieci Profibus, tylko na platformie internetowej [7]. Zaletą BDA jest brak dedykowanego oprogramowania – wystarczy przeglądarka internetowa (rys. 2,3), a wymagane oprogramowanie zaimplementowane jest w module BDA. Istnieje również możliwość zaprogramowania funkcji modemu, który może wysyłać obsłudze informacje za pomocą komunikatów SMS.

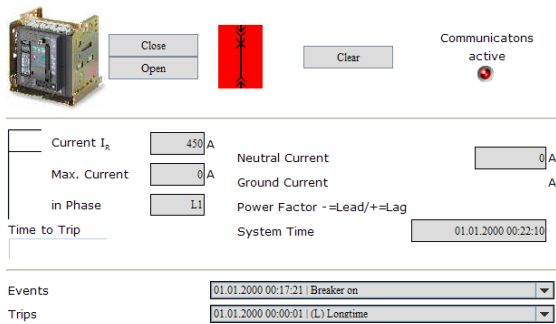
W przypadku wystąpienia wyzwolenia wyłącznika operator może szybko przeprowadzić diagnostykę i ustalić przyczynę danego wyłączenia awaryjnego. W tym celu wyłącznik udostępnia informacje o przyczynie wyzwolenia, wartość prądu płynącego aż do momentu wyzwolenia wraz

z określeniem, w którym przewodzie fazowym ten prąd płynął. Każde wyzwolenie przechowywane jest wraz ze swoim stemplem czasowym w rejestratorze zakłóceń.

Jeżeli wyłącznik wyposażony jest w opcjonalną „Funkcję pomiarową Plus” istnieje dodatkowo możliwość odczytywania przebiegów prądu i napięcia przy okazji różnych, nastawialnych zdarzeń (np. przy wyzwoleniu). W ten sposób użytkownik otrzymuje szczegółowe informacje o instalacji rozdziela energii, które wcześniej nie były możliwe do uzyskania.

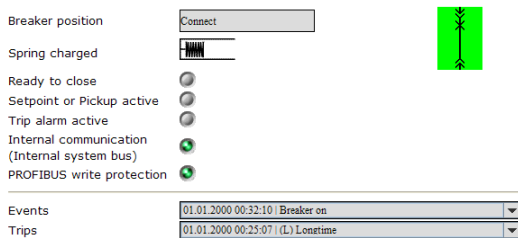
Dzięki tak obszernym informacjom można przeprowadzić analizę mającą na celu wyeliminowanie w przyszłości takich samych bądź zbliżonych przypadków.

## Main Overview



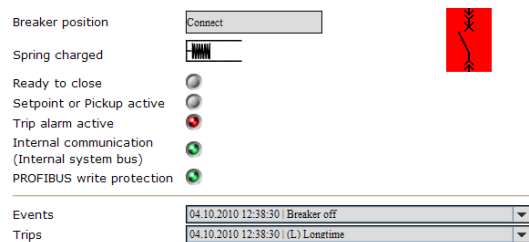
Rys. 2. Podgląd parametrów i stanu wyłącznika za pomocą BDA

## Diagnostic Breaker Status



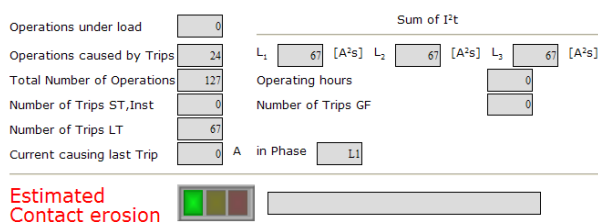
Rys. 3. Diagnostyka stanu wyłącznika IZM za pomocą modułu BDA

## Diagnostic Breaker Status

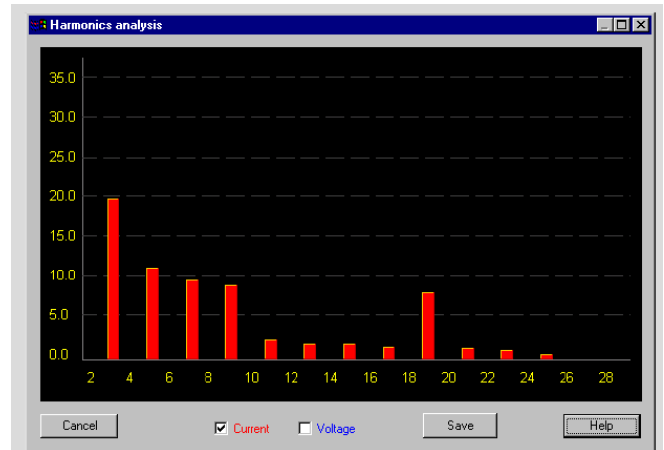


Rys. 4. Zmiana stanu wyłącznika IZM zilustrowana za pomocą modułu BDA

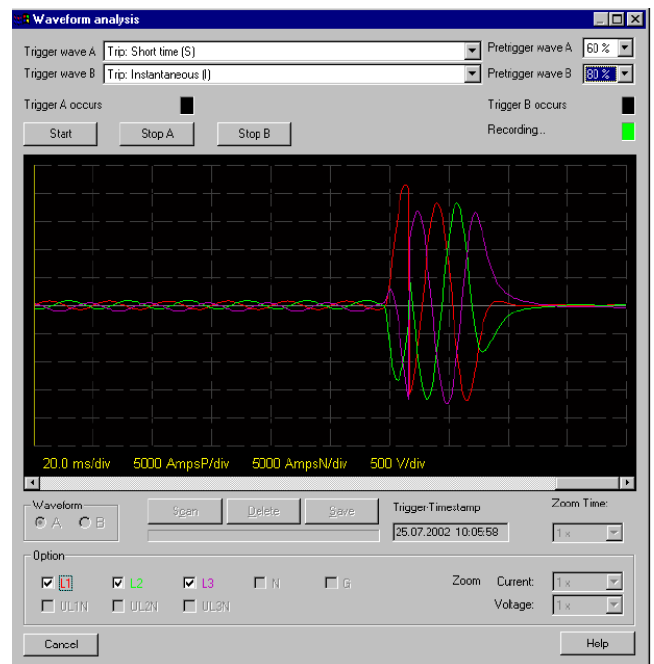
## Statistics / Maintenance



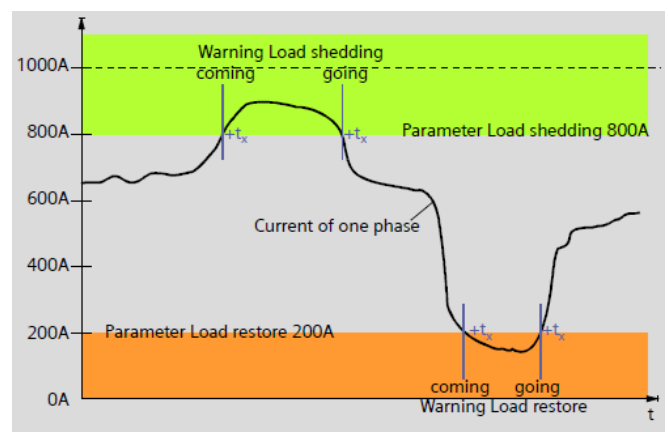
Rys. 5. Dane diagnostyczne styków głównych



Rys. 6. Analiza harmoniczných za pomocą IZM [6]



Rys. 7. Przykład rejestracji prądu za pomocą IZM [6]



Rys. 8. Przykładowa analiza przebiegu prądu w jednej fazie wyłącznika IZM [6]

Moduł BDA umożliwia między innymi zdalne podgląd danych diagnostycznych wyłącznika: pozycję w kasecie, stan sprężyny, stan styków (otwarte, zamknięte), gotowość do załączenia, aktywne alarmy, itp., co zostało przedstawione na rysunku 4. Każda operacja łączeniowa, np. wyzwolenie wyłącznika na skutek zadziałania wyzwalacza

przebiegu jest automatycznie aktualizowana na pulpicie operatora (rys. 4).

Za pomocą modułu BDA możliwa jest zdalna ocena zużycia styków głównych. Wyzwalacz elektroniczny sumuje energię wydzieloną w każdym biegunie podczas każdego gaszenia łuku elektrycznego, liczbę wyłączeń wyłącznika i wyzwoleń wyłącznika (rys. 5). Dane te pozwalają obsłudze na obserwację stanu styków głównych i szybką reakcję, jeżeli ich zużycie zagraża właściwemu działaniu wyłącznika. Przedstawione dane są jednak tylko szacunkowe i nie zastępują wizualnej oceny stanu zużycia styków oraz wykonania pomiaru rezystancji styków. Stanowią jednak duże ułatwienie dla obsługi. Znając nawet szacunkową energię wydzieloną w komorze gaszeniowej można szybko podjąć działania, np. wymienić styki główne wyłącznika.

Wyłącznik IZM rozbudować można o funkcje analizatora parametrów sieci. Rozwiązanie takie umożliwia rejestrację przebiegów prądów i napięć (wartości maksymalne i minimalne, ostrzeżenia, itp.), mocy, współczynnika mocy, analizę harmonicznych, co jest szczególnie istotne w szczegółowej diagnostyce zdarzeń. W przypadku awarii, gdy istnieje potrzeba analizy przyczyn powstania zakłóceń, można otrzymać wyniki pomiarów. Moduł pomiarowy pozwala również na realizację dodatkowych funkcji ochronnych, np. wyzwolenie z powodu przekroczenia granicznej wartości częstotliwości czy wyzwolenie, gdy udział harmonicznych w prądzie przekroczy zadaną wartość. Przykładową analizę zawartości harmonicznych za pomocą modułu pomiarowego przedstawiono na rysunku 6. Na rysunku 7 przedstawiono przykład rejestracji prądu płynącego przez wyłącznik podczas wystąpienia zakłócenia. Możliwa jest również szczegółowa analiza prądu płynącego w poszczególnych biegunach wyłącznika (rys. 8).

Dużą zaletą modułu pomiarowego zintegrowanego z wyłącznikiem jest to, że użytkownik oprócz danych pomiarowych otrzymuje również wszystkie diagnostyczne dane o stanie pracy wyłącznika, co daje możliwość kontroli nad całym obiektem z poziomu pulpitu operatora.

Dodatkową interesującą cechą wyłączników IZM jest możliwość zastosowania wkładki prądu znamionowego (Rating Plug) [6], co umożliwia zmniejszenie prądu znamionowego wyłącznika na mniejszy. Ma to znaczenie, gdy dana instalacja jest w początkowej fazie wykorzystuje tylko część zainstalowanej mocy.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa obsługi wyłączniki wyposaża się system ochrony personelu pracującego w instalacjach pod napięciem ARMS (Arcflash Reduction Maintenance System). System montowany jest na wyzwalaczu cyfrowym wyłącznika. Skraca on czas

wyłączenia w przypadku powstania łuku elektrycznego, a operacja wyłączenia jest szybsza niż bezzwłoczna ochrona zwarceniowa [8].

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE

W instalacjach elektrycznych coraz częściej wymaga się stosowania inteligentnych wyłączników mocy, które oprócz funkcji zabezpieczeniowych umożliwiają komunikację i diagnostykę z wykorzystaniem przemysłowych magistral danych, np. sieci Profibus.

Stosując inteligentne wyłączniki z możliwościami komunikacyjnymi można bardzo szybko określić przyczyny wystąpienia zakłócenia oraz podjąć środki zaradcze w celu wyeliminowania podobnych zdarzeń w przyszłości, wykorzystując informacje diagnostyczne.

Duże możliwości zdalnej parametryzacji, szybka reakcja na zdarzenia niebezpieczne, np. przez odłączenie pewnych grup obciążenia, ułatwiają optymalizację systemu sterowania pracą systemu zasilania, redukując znacznie koszty podczas ewentualnych awarii w przypadku stosowania klasycznych rozwiązań.

W procesie dydaktycznym nie można pominąć najnowszych rozwiązań w dziedzinie aparatów elektrycznych. Wykonane stanowisko umożliwia zapoznanie studentów z najnowszymi tendencjami rozwojowymi z dziedziny aparatów elektrycznych i techniki zabezpieczeniowej

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. PROFIBUS – Technologie i Aplikacje – opis systemu – <http://www.profibus.com>.
2. Wyłączniki mocy IZM, rozłączniki mocy IN do 6300 A, <http://catalog.moeller.net>.
3. Circuit-breaker Communication System, 11/04 AWB1230-1441GB, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
4. Katalog wyłączników SENTRON WL oraz możliwości komunikacyjne. Wydanie: 04/2005, [www.siemens.pl](http://www.siemens.pl)
5. Sentron. User manual for communication capable SENTRON WL and SENTRON VL circuit breaker, [www.siemens.pl](http://www.siemens.pl)
6. Circuit-breaker IZM – Operational manual 08/07 AWB1230-1407GB, [www.moeller.net](http://www.moeller.net).
7. Leistungsschalter IZM Kommunikation – Bedienungshandbuch 02/07 AWB1230-1465D, [www.moeller.net](http://www.moeller.net)
8. Grzegulski T.: IZMX16 I IZZM26 – nowe serie wyłączników powietrznych firmy MOELLER, elektro Systemy, grudzień 2009r.

## THE MONITORING OF LV CIRCUIT BREAKER

**Key-words:** circuit breaker, diagnostic, communication capability

Modern power distribution systems demand from circuit breaker more and more complex functions going beyond simple protection. Therefore, modern LV switchgear must comply with new expectation defined by control systems concerning communication, ability of programming, monitoring, recording of events, etc.