

# Nowe rozwiązanie pomiarowe dla sieci Smart Grid

## Wstęp

Poprawa jakości zasilania odbiorców końcowych wiąże się z skracaniem czasu przerw w dostawach energii elektrycznej, włączając w to przerwy spowodowane awariami. Pomimo silnego wzrostu udziału linii kablowych w sieciach dystrybucyjnych, nadal przeważają linie napowietrzne. Ciągły wzrost liczby odbiorców wymusza na operatorach sieci dystrybucyjnych budowę nowych, rozległych linii. Jednym z najbardziej problematycznych awarii są zwarcia doziemne, zarówno w kontekście zachowania dostatecznego poziomu jakości zasilania jak i ochrony przeciwpożarowej. Doziemienia w liniach napowietrznych są trudno wykrywalne ze względu na przyjęty, nieskutecznie uziemiony punkt neutralny transformatora po stronie średniego napięcia. Problematyka detekcji zwarć doziemnych jest znana, lecz stanowi tylko część wyzwań dla operatorów sieci średniego napięcia. Wystąpienie trwałej awarii spowodowanej uszkodzeniem linii napowietrznej wymaga nie rzadko wyłączenia całej linii i pozbawienia zasilania odbiorców. Poza skutecznym rozpoznaniem awarii i wyłączeniem zasilania należy także w miarę precyzyjnie zlokalizować miejsce uszkodzenia aby ograniczyć czas przerwy w zasilaniu. Ze względu na charakterystykę sieci niemożliwa jest lokalizacja miejsca zwarcia przez sterowniki zabezpieczeniowe oraz podobną aparaturę. Jediną niezawodną metodą jest odpowiednie opomiarowanie linii napowietrznych w systemy wspomagające lokalizację uszkodzonego odcinka i ewentualną izolację za pomocą łączników. Na rynku występują rozwiązania pozwalające na zdalny pomiar parametrów sieci i przesyłanie danych do systemu nadrzędnego, jednakże często wymagają one instalacji w torze prądowym, wykonanie specjalnych układów zasilania, które wiążą się często z konieczności wymiany słupa lub fragmentu linii. Prezentowane w tym artykule rozwiązanie Megger Grid Analytics pozwala dostarczyć pewnych informacji na temat przepływu prądu zwarciego i skutecznie ograniczyć czas trwania przerw bez napięciowych poprzez lokalizację miejsca zwarcia.

## MGA – rozwiązanie dla sieci SmartGrid

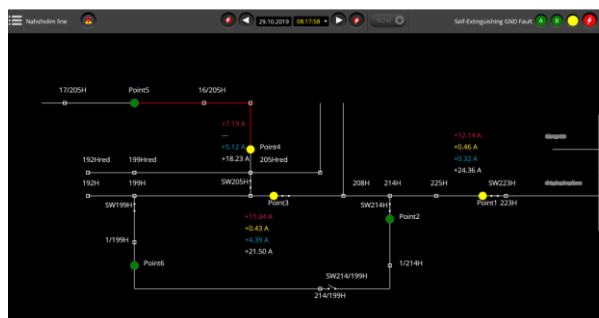
Megger Grid Analytics jest kompleksowym rozwiązaniem dla sieci SmartGrid, pozwalającym na skuteczną identyfikację stanów awaryjnych sieci średniego napięcia. System bazuje na sieci czujników pomiarowych MS5000 oraz systemie nadrzędnym MetryView do wizualizacji i analizy danych. Czujniki montuje się na liniach napowietrznych w sposób prosty, używając drążka izolacyjnego z uniwersalnym chwytakiem manewrowym lub ręcznie, korzystając z zabezpieczenia w postaci elektroizolacyjnych rękawic roboczych. Prace mogą być prowadzone pod napięciem bez przerw w zasilaniu. System czujników ma charakter modułowy – zainstalowane czujniki automatycznie tworzą między sobą zabezpieczoną sieć radiową w topologii MESH. Każdy dodatkowy czujnik lub router zainstalowany na liniach napowietrznych automatycznie włącza się do sieci, tworząc kolejny węzeł komunikacyjny. Komunikacja z systemem nadrzędnym odbywa się za pomocą infrastruktury GSM.



Rys.1. Instalacja czujnika MS5000 za pomocą drążka izolacyjnego.

## Budowa systemu i komunikacja z systemem nadrzędnym

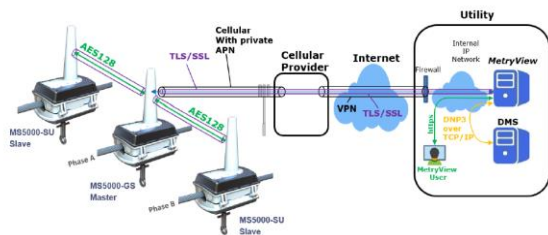
System MGA MS5000 został zaprojektowany tak aby zminimalizować nakłady pracy związane z instalacją i zestawieniem komunikacji. Każdy zestaw czujników składa się z trzech jednostek pomiarowych montowanych na każdej z faz linii napowietrznej. Komunikacja pomiędzy sensorami odbywa się drogą radiową, natomiast jeden z nich wyposażony jest w modem GSM służący do przesyłania danych do systemu nadrzędnego. Wizualizacja danych odbywa się poprzez oprogramowanie MetryView, którego widok przedstawiony jest na rysunku 2.



Rys.2 Widok oprogramowania MetryView do wizualizacji pomiarów i analizy.

W takim układzie rola użytkownika ogranicza się tylko do zapewnienia i utrzymania karty SIM niezbędnej do pracy w sieci GSM oraz instalacji aparatów. Sensory komunikują się serwerem, który udostępni dane do programu wizualizacyjnego w którym zawarta jest mapa systemu wraz z naniesionymi punktami pomiarowymi. Wykorzystanie

programu MetryView jest opcjonalne. Dane przesyłane przez czujniki mogą być dostarczone do lokalnego koncentratora a dalej udostępnione do systemu SCADA operatora i wizualizowane w istniejącym systemie. Transmisja danych jest w pełni szyfrowana i zapewnia całkowite bezpieczeństwo przesyłanych danych.



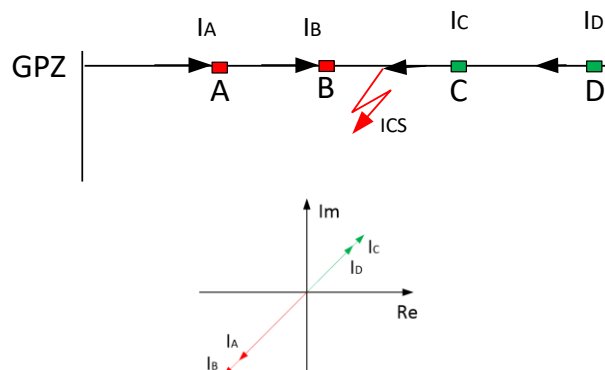
Rys.3 Poglądowy schemat komunikacji MS5000 z serwerem i systemem nadrzędnym.

W zależności od preferencji użytkownika, system dyspozytorski operatora może otrzymywać dane z serwera zdalnego lub zainstalowanego lokalnie, uzyskując tym samym pełną hermetyzację systemu komunikacyjnego i przepływu danych. Serwer udostępnia dane z wykorzystaniem popularnych protokołów takich jak DNP3.0 czy IEC-104

### Detekcja zwarcí doziemnych w sieciach z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym.

Detekcja zwarcí doziemnych stanowi poważną problematykę w kontekście pewności działania zabezpieczeń. Klasyczne kryteria zabezpieczeniowe zakładają uzależnienie nastaw zabezpieczeń od prądu pojemnościowego sieci oraz prądu pojemnościowego zabezpieczanej linii lub jej fragmentu. Rosnąca popularność reklozerów oraz rozłączników zdalnie sterowanych wprowadza dodatkową trudność w postaci zmiennej konfiguracji sieci, co utrudnia szacowanie prądu pojemnościowego oraz kierunku przepływu prądu. Rozwiązanie bazujące na sensorach MS5000 znacząco redukuje problem doboru nastaw zabezpieczeń. Nowoczesne algorytmy bazujące na ocenie fazonu prądu zerowego oraz 5 harmonicznej prądu pozwalają na precyzyjną identyfikację doziemienia bez konieczności zmiany nastaw po rekonfiguracji sieci a nawet po czasowej lub trwałej zmianie sposobu pracy punktu neutralnego, która może wystąpić np. na skutek uszkodzenia transformatora uziemiającego lub dławika gaszącego. Takie podejście eliminuje błędne działanie kryteriów zabezpieczeniowych jednocześnie zwiększając prawność działania całego systemu. Klasyczne algorytmy nadmiarowe są niezawodne w detekcji zwarcí międzyfazowych, których charakter jest zazwyczaj silnoprądowy. Zwarcia doziemne w sieciach z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym, zwłaszcza w warunkach gdzie pojemność sieci zmienia się dynamicznie, mogą być trudno wykrywalne. Prezentowana aparatura w znacznym stopniu rozwiązuje ten problem. Poza klasycznymi algorytmami nadmiarowymi służącymi do wykrywania zwarcí, czujniki MS5000 bazują na niekonwencjonalnym podejściu, polegającym na porównywaniu kierunku przepływu prądu ziemnozwarciowego poprzez poszczególne elementy. Wykorzystanie faktu, że pojemnościowy prąd ziemnozwarciowy płynie do miejsca zwarcia, pozwala na precyzyjne wytypowanie odcinka w którym nastąpiło doziemienie. Detekcja czujników pomiędzy którymi

następuje zmiana kierunku przepływu prądu zwarciego pozwala skutecznie wytypować odcinek w którym wystąpiło zwarcie doziemne bez konieczności wykorzystywania kryteriów zabezpieczeniowych w których niezbędna jest parametryzacja, zależna od pojemności sieci oraz sposobu pracy punktu neutralnego. Takie podejście znacząco redukuje do zera konieczność doboru nastaw zabezpieczeń i pozwala na skuteczną pracę bez względu na rodzaj sieci.

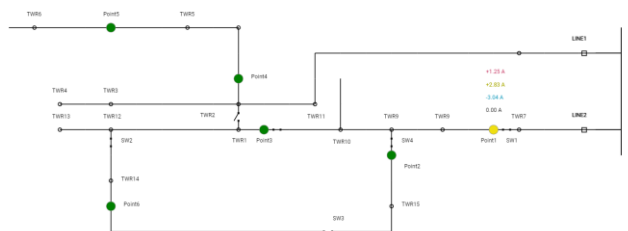


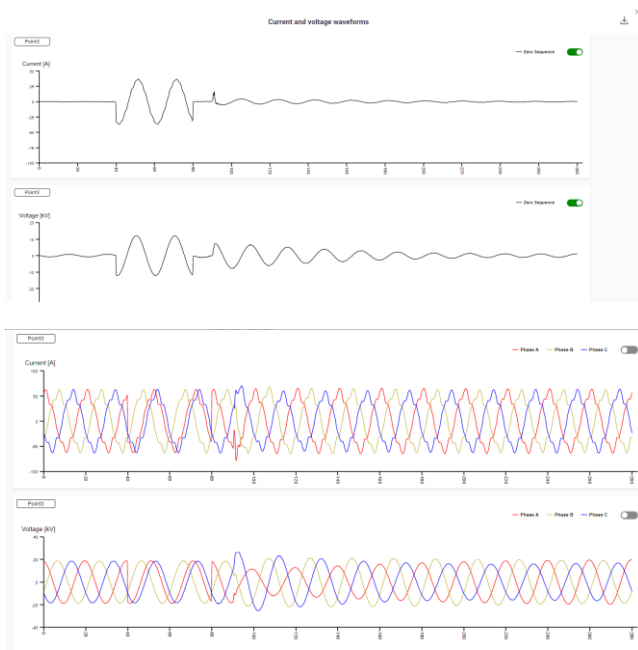
Rys 4. Wizualizacja zmiany kierunku przepływu prądu ziemnozwarciowego w celu wytypowania zwartego odcinka sieci.

Stany awaryjne sieci z dużym udziałem linii napowietrznych są nieuniknione. Wyłączenie linii w celu eliminacji zakłóceń powinno jednak odbywać się w taki sposób aby zapewnić zasilanie maksymalnej liczbie odbiorców. W tym celu należy w możliwie krótkim czasie określić miejsce zwarcia i dokonać jego izolacji oraz w miarę możliwości dokonać rekonfiguracji sieci aby przywrócić zasilanie dla odbiorców. System monitoringu i pomiaru zbudowany w oparciu o czujniki MS5000 pozwala na szybką i precyzyjną lokalizację odcinka na którym wystąpiło uszkodzenie.

### Narzędzie do analizy sieci SN i obserwacji przebiegów zakłóceńowych.

Zapisywanie oscylogramów zwarciego jest powszechną funkcjonalnością sterowników zabezpieczeniowych pracujących w systemie elektroenergetycznym. Analiza zjawisk na podstawie plików COMTRADE jest często utrudniona ze względu na ograniczony bezpośredni dostęp do pamięci sterownika i możliwość zdalnego pobrania plików. Oprogramowanie MetryView posiada zintegrowany webserwer, który umożliwi przeglądanie i analizę bieżących parametrów sieci wraz z zarejestrowanymi oscylogramami zakłóceńowymi. Prosty i czytelny interfejs pozwala jednocześnie przeglądać zdarzenia zarejestrowane przez dany czujnik i prezentować rejestrację, które dalej mogą być eksportowane do pliku COMTRADE.





Rys 5. Wizualizacja fragmentu sieci w systemie MetryView z sygnalizacją stanu awaryjnego w punkcie pomiarowym oraz oscylogramy prądów i napięć fazowych i składowych zerowych.

Funkcje związane bezpośrednio z zagadnieniem automatyki zabezpieczeniowej oraz szeroko pojętej poprawie jakości zasilania odbiorców końcowych są niezwykle ważne i pożądane w tego typu rozwiązaniach. Należy zwrócić uwagę, że system pomiarowy Metrysense5000 dostarcza także wiele niezbędnych i cennych informacji dotyczących pracy sieci w stanie ustalonym. Zbieranie bieżących pomiarów pozwala na monitoring obciążenia wybranych

odbiorców końcowych. Instalacja sensorów w liniach napowietrznych do których podłączone zostały generacje lokalne daje możliwość łatwej oceny przepływu mocy lub stopnia zbilansowania danego obszaru.

### Podsumowanie

System Megger Grid Analytics bazujący na sensorach pomiarowych Metrysense5000 oraz oprogramowaniu MetryView jest kompleksowym rozwiązaniem wspomagającym eksploatację sieci napowietrznych średniego napięcia. Zaawansowane algorytmy detekcji zwarcí doziemnych pozwalają w pewny sposób wykrywać zwarcia trwałe i przemijające oraz lokalizować miejsce ich wystąpienia. Przewagą niniejszego rozwiązania związana jest z prostotą instalacji, która nie wymaga ingerencji w istniejące linie. Czujniki montowane podczas prac pod napięciem automatycznie łączą się z systemem nadrzędnym i prezentują dane za pomocą dostarczonych narzędzi lub w systemie SCADA operatora.

---

**Autorzy:** mgr inż. Kamil Pieczyński, Megger Sp. z o.o. Power System Protection and Automation Specialist; ul. Słoneczna 42A 05-500 Stara Iwiczna. [kamil.pieczynski@megger.com](mailto:kamil.pieczynski@megger.com)