

POMIARY WIELOPUNKTOWE ANALIZATORAMI JAKOŚCI ZASILANIA KLASY A RODZINY PQM-7xx

Krzysztof LOREK

SONEL S.A.

tel.: +48 509-082-401

e-mail: k.lorek@sonel.pl

Streszczenie: Coraz częściej analizy jakości zasilania oraz dalsze identyfikacje przyczyn i źródeł zakłóceń możliwe są dopiero na podstawie porównań parametrów w charakterystycznych punktach sieci. Jednak wiarygodne wnioski w oparciu o jednoczesne pomiary z kilku analizatorów nawet najwyższej klasy A nie są wcale oczywiste. W niektórych przypadkach są wręcz niewystarczające by być pewnym pełnej zgodności połączeń, a w konsekwencji sensowności wyników porównań.

Słowa kluczowe: pomiary wielopunktowe, jednoznaczna zgodność połączenia analizatorów, synchronizacja GPS, zdalne uzgadnianie faz.

1. WYMAGANIA KONIECZNE DLA UNIKNIĘCIA BŁĘDÓW

Zapewnienie jednoznaczności porównywanych informacji i stu procentowej pewności, że ta jednoznaczność jest właśnie osiągnięta, wymaga spełnienia konkretnych warunków:

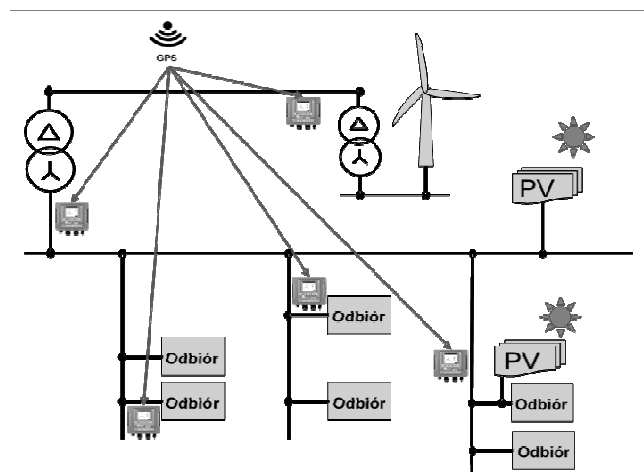
1. Zsynchronizowanie próbkowania z mierzonym sygnałem w typowych analizatorach klasy A
2. Precyzyjna i zgodna agregacja czasu wyników pomiarowych z dokładnością poniżej 100 μ s,
3. Jednoznaczna identyfikacja zgodności połączeń analizatorów do tych samych faz w badanych sieciach wielofazowych.

Szczególnie punkt 3. jest bardzo czasochłonny, a nawet trudny czy wręcz niemożliwy do osiągnięcia w typowych analizatorach klasy A. W oparciu jednak o dedykowaną funkcjonalność wspierającą zdalną identyfikację zgodności skojarzenia połączeń, dostępną w analizatorach jakości zasilania **PQM-klasy A**, proces ten jest bardzo łatwy, szybki i skuteczny dla jednej osoby nawet na dużą odległość.

2. DLA CZEGO KONIECZNE JEST AŻ TYLKO WYMAGAŃ?

Aby wykonać pomiar w wielu miejscach jednocześnie (rysunek 1) zachowując możliwość wiarygodnego porównywania wyników, konieczne jest zapewnienie doskonałej zgodności momentów rejestrowania wartości napięć i prądów we wszystkich analizatorach. Pamiętać należy, że u podstaw obliczeń w elektrotechnice leży jednoczesność. Na przykład prawo Ohma wzdłuż kabla energetycznego. Znając napięcia na obu końcach i prąd płynący w kablu możemy wyznaczyć impedancję kabla.

Jednak dopiero gdy w obliczeniach wykorzystamy wyniki zmierzone na tej samej żyły w tym samym momencie to biorąc składowe podstawowe, otrzymamy rzeczywistą wartość impedancji tej żyły dla składowej podstawowej. Podobną jednoznaczność uzyskamy obliczając bilanse energii, spadki napięć wzdłuż linii, rozkłady zakłóceń wzdłuż linii, czy porównując wprost oscylogramy.



Rys. 1. Przykład diagnostyki wielopunktowej zsynchronizowanej GPS w rozległej sieci dystrybucyjnej

2.1. Analizatory PQM-702(T)/703/710/711 zgodne z normą EN-61000-4-30 w klasie A

Pętla PLL wymagana w klasie A, precyzyjnie śledzi częstotliwość podstawową mierzonej sieci ułatwiając wykrywanie jej okresów oraz gwarantuje, że bloki składające się z 10/12 okresów zawierają dokładnie po 2048 wartości chwilowych. Skutkiem tego wszystkie analizatory gromadzą wartości chwilowe napięć i prądów w tych samych momentach próbkowania, ponieważ synchronizuje je sama sieć mierzona. Jest to wymóg spełniany przez wszystkie analizatory zgodne z wymaganiami klasy A.

2.2. Precyzja agregacji czasu dla przyrządów klasy A wymagana jest poniżej 20 ms

Podstawowy wymóg niepewności czasu poniżej 20ms w przyrządach klasy A zsynchronizowanych zewnętrznym sygnałem GPS jest warunkiem niewystarczającym do diagnostyki wielopunktowej. Nawet jeżeli analizator z GPS zapewnia dokładność rzędu 1ms to zachowana jest porównywalność wartości skutecznych $RMS_{1/2}$ służąca

analizom statystycznym. Jednak, gdy przesunięcie fazowe 30° odpowiada czasowi 1,66 ms, nawet niepewność 1ms jest dla porównań oscylogramów niewystarczająca. Niewystarczające są również źródła synchronizacji czasu: DCF77, GPS czytane przez port szeregowy bez dodatkowego wsparcia sprzętowego oraz synchronizacja SNTP poprzez Ethernet bądź Wi-Fi. Dopiero stosując wbudowany odbiornik GPS z niepewnością odczytu czasu znacznie poniżej 100 μ s zastosowaną w analizatorach PQM klasy A możemy uzyskać pełną zgodność oscylogramów z dokładnością do próbki. Dzięki temu i wcześniej wymienionym mechanizmom, zapewniona jest nie tylko zgodność agregacji czasowej każdej wartości $RMS_{1/2}$, lecz również porównywalność oscylogramów. Możliwe jest wówczas jednoznaczne porównywanie wartości chwilowych gromadzonych wyników w poszczególnych punktach pomiarowych, jeżeli dotyczą tej samej fazy na obiekcie, niekoniecznie tej samej nazwy sygnału w mierniku.

2.3. Identyfikacja zgodności podłączenia analizatorów do tych samych faz

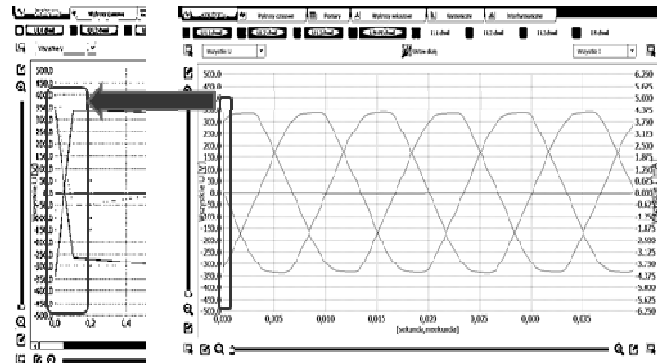
Jak pokazują doświadczenia w rzeczywistych obiektach, skojarzenie zgodności podłączenia analizatorów do tych samych żył linii kablowej bądź napowietrznej, na podstawie samych opisów przewodów jest bardzo niepewne ze względu na spotykane błędy i pomyłki. Skutecznym rozwiązaniem tego problemu jest dedykowana nowatorska funkcjonalność wsparcia zdalnego uzgadniania faz dostępna jedynie w analizatorach PQM klasy A firmy SONEL. Standardowe wyposażenie analizatorów w moduł synchronizacji GPS oraz moduł komunikacji GSM, pozwala dość swobodnie, jednoznacznie i szybko zweryfikować zgodność podłączeń analizatorów do tych samych żył kabla nawet w znacznej odległości od siebie. Wystarczy jednocześnie porównanie obserwowanych bieżących zsynchronizowanych oscylogramów w badanych punktach. W przypadku braku karty SIM do zdalnego odczytu, możliwe jest nawet uzgodnienie obserwacji w bezpośredniej łączności telefonicznej.

3. MECHANIZM ZDALNEGO UZGADNIANIA FAZ

Wymagane jest oprogramowanie analizatora 1.34 lub nowsze i oprogramowanie Sonel Analiza 4.4.0. lub nowsze. Podstawą do jednoznacznego uzgodnienia faz jest podłączenie analizatorów do dowolnej gałęzi tej samej sieci oraz zapewnienie, by czas w wykorzystanych analizatorach został zsynchronizowany z czasem GPS (rysunek 1). Wskaźnikiem zsynchronizowania analizatora jest kolor zielony tekstu daty i czasu widoczny na ekranie LCD każdego analizatora. Podstawą do porównań są obrazy oscylograficzne odczytów bieżących za pomocą programu Sonel Analiza. Każdy analizator wysyłając oscylogramy zamraża fazy obserwowanych przebiegów napięć i prądów względem lewej krawędzi na moment przejścia przez każde 30s w minucie według czasu GPS, czyli o xx:xx:00 i xx:xx:30 każdej minuty. Do momentu następnej synchronizacji obrazy napięć i prądów zmieniać będą jedynie kształty zachowując pozycję na ekranie. Wizualnym potwierdzeniem tego stanu zsynchronizowania na PC jest widoczny pionowy marker na początku każdego sygnału, przy lewej krawędzi ekranu (rysunek 2).

Przyjmując, że jeden z analizatorów podłączony zgodnie z opisami przewodów linii traktowany jest jako referencyjny, drugi zsynchronizowany na podstawie

porównania wskazań identyfikuje jednoznacznie ewentualne błędy niezgodności podłączenia bądź opisów. Dopiero po skorygowaniu podłączeń i uzyskaniu pełnej zgodności obrazów oscylograficznych, mamy gwarancję zgodności podłączenia obu analizatorów do tych samych faz. Stanowi to ostatni warunek konieczny, niezbędny do jednoczesnej diagnostyki wielopunktowej. Umożliwi to wzajemne porównywanie wartości parametrów na poszczególnych żyłach linii napowietrznej bądź kabla, rozkład zmian parametrów wzdłuż linii ułatwiających wyznaczanie parametrów linii oraz lokalizację źródeł niektórych zakłóceń.

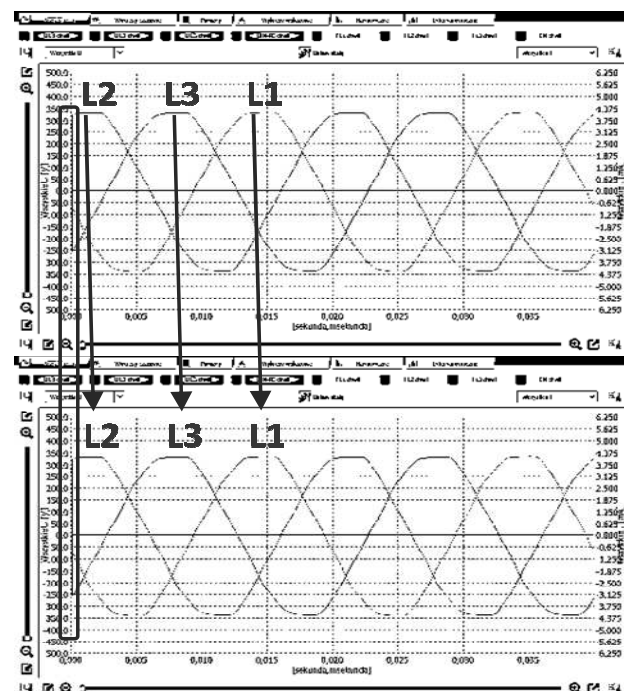


Rys. 2. Markery potwierdzające synchronizację oscylogramu do GPS w odczycie bieżącym

3.1. Przykład pełnej zgodności podłączeń

Konieczne etapy sprawdzenia oscylogramów (rysunek 3):

1. Konieczność wystąpienia pionowych wskaźników zsynchronizowania jako lewe krawędzie poszczególnych oscylogramów.
2. Kierunek następstw (opóźnień) faz każdego analizatora jest poprawny co oznacza, że w obu zachowany jest poprawny kierunek wirowania faz.
3. Przewody pomiarowe U L2 obu analizatorów są wpięte w tę samą fazę linii zasilającej (kolor ułatwi rozróżnianie).



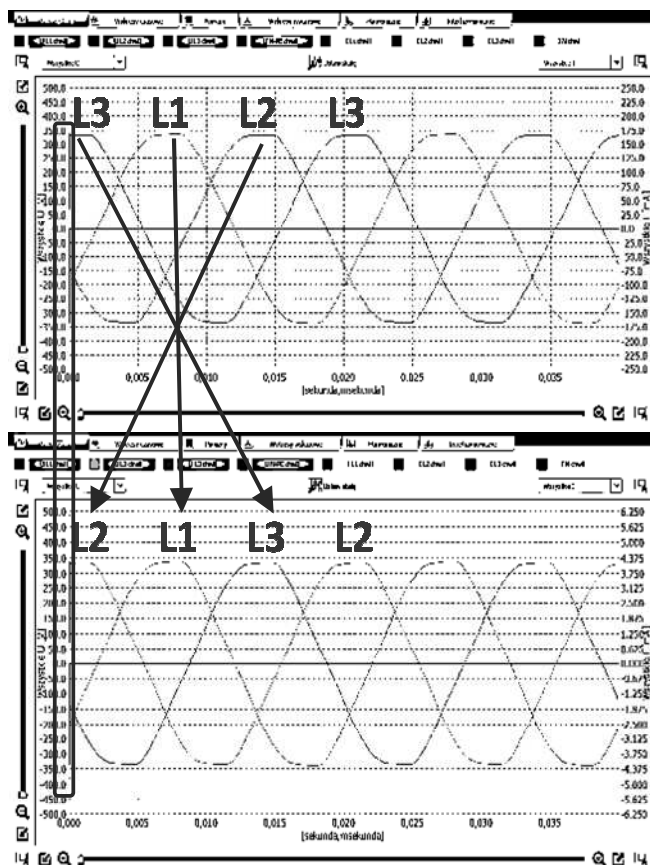
Rys. 3. Pełna zgodność podłączeń – kształty napięcia UL1, UL2, UL3 mają te same położenia na ekranach

4. Pozostałe przewody U L3 i U L1 obu analizatorów też są wpięte w te same fazy linii zasilającej.
5. Ze względu na możliwość zmian rzeczywistej częstotliwości sieci, co 30 sekund widoczne będzie skokowe przesuwanie się sygnałów względem lewej krawędzi.

3.2. Przykład niezgodności podłączeń analizatorów do poszczególnych kabli linii zasilającej

Konieczne etapy sprawdzenia oscylogramów (rysunek 4):

1. Konieczność wystąpienia pionowych wskaźników zsynchronizowania jako lewe krawędzie poszczególnych oscylogramów.



Rys. 4. Zgodność podłączeń dla fazy L1 oraz niezgodność L2 i L3 – położenia UL2 oraz UL3 są wzajemnie skrzyżowane

2. Górny oscylogram (referencyjny) wskazuje na właściwą kolejność opóźnień faz L2, L3 względem L1, kierunek wirowania jest poprawny.
3. Dolny oscylogram wskazuje na odwrotny kierunek następstw (opóźnień) faz względem L1 i wymaga korekty podłączenia.
4. Pomiędzy górnym (referencyjnym), a dolnym oscylogramem zachodzi zgodność podłączeń przewodów U L1 do tej samej fazy.
5. Pozostałe przewody U L2 i U L3 wykresu dolnego jednoznacznie wymagają zamiany podłączenia przewodów do linii, ze względu na stwierdzony wyżej odwrotny kierunek wirowania oraz niezgodności momentów wystąpienia wartości maksymalnych w porównywalnych momentach czasu.
6. Po wykonaniu koniecznych zmian obrazy na analizatorach powinny wykazywać pełną zgodność podłączenia (rys. 3).

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Aby podczas wielopunktowej diagnostyki rozproszonej porównywać wartości parametrów, na przykład wzdłuż obciążonej linii zasilającej, musimy mieć pewność, że mierzone wartości w obu punktach dotyczą tej samej żyły, czyli tej samej fazy. Zastosowanie standardowych analizatorów klasy A wymaga konieczności precyzyjnej synchronizacji GPS oraz wykonania dodatkowych rejestracji wstępnych i skomplikowanej analizy porównawczej wyników. Dysponując analizatorami firmy SONEL S.A PQM-702(T)/703/710/711, dzięki standardowemu wyposażeniu w odbiornik GPS zapewniający precyzyjną synchronizację oscylogramów oraz nowatorskiemu mechanizmowi wizualizacji stanu wiarygodnego zsynchronizowania bieżących obrazów napięć chwilowych, już po 1 minucie wiadomo czy zachowana jest zgodność skojarzenia faz w obu punktach pomiarowych. Korzystając dodatkowo ze zdalnych odczytów poprzez GSM, do precyzyjnego uzgodnienia faz wystarczy jedna osoba. Dopiero po tej ważnej czynności dalsza diagnostyka wielopunktowa ma sens, a interpretacje wyników mają sens merytoryczny.

5. BIBLIOGRAFIA

1. SONEL S.A.: Instrukcja obsługi analizatorów jakości zasilania PQM-702/3/10/11 v1.40.

MULTI-POINT MEASUREMENTS USING KLASA A PQM ANALYZERS

The power quality analysis of distribution networks and the identification of causes and sources of disturbance are possible and effective on the basis of simultaneous multi-point measurements only. The comparison of parameters at the characteristic points of the network depends on the class of measurement equipment used. But not only the Class A analyzers are enough to get the correct results. In some of real cases, this is the first of three necessary reasons to be sure of comparative effects. The second reason is the uncertainty of time synchronization much better than 0,1 ms. The last necessary and difficult to achieve reason to be sure that the UL1, UL2, UL3 analyzer connectors are connected correctly to the correct phase conductors of each measured points. Only SONEL Power Quality Analyzers Class A PQM-702(T)/703/710/711 let you to use extra functionality dedicated for that. Very helpful compare of perfect GPS synchronized Live Mode Waveforms of voltages. The visual view of comparison of two waveforms is for be sure: PQM's are synchronized and connected comparable to the same wires of power line.

Keywords: multi-point measurements, compatibility of phase connections, GPS synchronization, remote phasing.