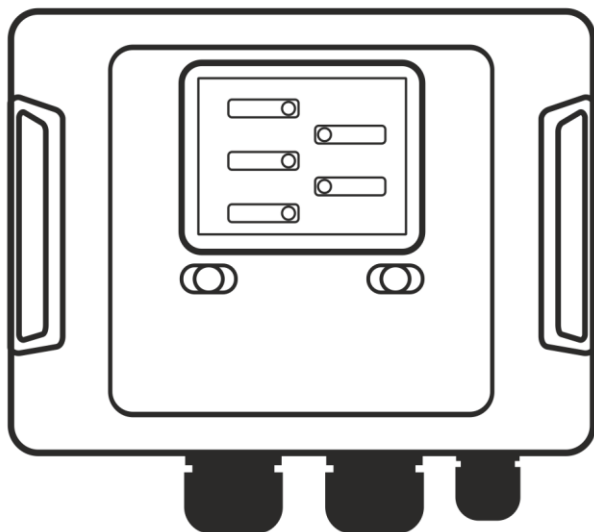




INSTRUKCJA OBSŁUGI

ANALIZATOR JAKOŚCI ZASILANIA

PQM-700



INSTRUKCJA OBSŁUGI

ANALIZATOR JAKOŚCI ZASILANIA PQM-700



**SONEL S.A.
ul. Wokulskiego 11
58-100 Świdnica**

Wersja 1.21 13.06.2025



Ze względu na ciągłe rozwijanie produktów producent zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w ich funkcjonalności, obsłudze i parametrach technicznych. Niniejsza instrukcja opisuje analizatory w wersji firmware'u (oprogramowania wewnętrznego) 1.21 oraz oprogramowanie Sonel Analiza w wersji 4.7.1.

SPIS TREŚCI

1	Informacje ogólne	5
1.1	Bezpieczeństwo	5
1.2	Ogólna charakterystyka	6
1.3	Zasilanie analizatora	8
1.4	Szczelność i praca w warunkach zewnętrznych	8
1.5	Montaż na szynie DIN	9
1.6	Mierzone parametry	10
1.7	Zgodność z normami	12
2	Obsługa analizatora	13
2.1	Przyciski	13
2.2	Diody sygnalizacyjne	13
2.3	Włączanie i wyłączanie	14
2.4	Funkcja automatycznego wyłączenia	14
2.5	Połączenie z PC i transmisja danych	14
2.6	Sygnalizacja błędu podłączenia	15
2.7	Ostrzeganie o zbyt wysokim napięciu lub prądzie	16
2.8	Wykonywanie pomiarów	16
2.8.1	Uruchamianie i zatrzymywanie rejestracji	16
2.8.2	Przybliżone czasy rejestracji	16
2.9	Układy pomiarowe	17
2.10	Prąd rozruchu	22
2.11	Blokada przycisków	22
2.12	Tryb uśpienia	22
2.13	Aktualizacja firmware'u	23
2.13.1	Aktualizacja automatyczna	23
2.13.2	Aktualizacja ręczna	23
3	Program „Sonel Analiza”	24
4	Budowa i metody pomiarowe	25
4.1	Wejścia napięciowe	25
4.2	Wejścia prądowe	25
4.2.1	Cyfrowy integrator	25
4.3	Próbkowanie sygnału	26
4.4	Synchronizacja PLL	26
4.5	Pomiar częstotliwości	26
4.6	Detekcja zdarzeń	27
5	Formuły obliczeniowe	29
5.1	Sieć jednofazowa	29
5.2	Sieć dwufazowa	33
5.3	Sieć trójfazowa gwiazda z N	35
5.4	Sieć trójfazowa trójkąt i gwiazda bez N	38
5.5	Metody uśredniania parametrów	40
6	Dane techniczne	41
6.1	Wejścia	41
6.2	Próbkowanie i zegar RTC	42

6.3	Mierzone parametry - dokładności, rozdzielczości i zakresy	42
6.3.1	Warunki odniesienia	42
6.3.2	Napięcie	42
6.3.3	Prąd	43
6.3.4	Częstotliwość	44
6.3.5	Harmoniczne	44
6.3.6	Moc i energia	44
6.3.7	Szacowanie niepewności pomiaru mocy i energii	45
6.3.8	Migotanie światła	46
6.3.9	Asymetria	47
6.4	Detekcja zdarzeń - wartości skuteczne napięcia i prądu	47
6.5	Detekcja zdarzeń - pozostałe parametry	47
6.5.1	Histereza detekcji zdarzeń	48
6.6	Pomiar prądu rozruchu	48
6.7	Rejestracja	48
6.8	Zasilanie sieciowe, akumulator i grzałka	49
6.9	Obsługiwane typy sieci	50
6.10	Obsługiwane cęgi prądowe	50
6.11	Komunikacja	50
6.12	Warunki środowiskowe i pozostałe dane techniczne	51
6.13	Bezpieczeństwo i kompatybilność elektromagnetyczna	51
6.14	Standardy	51
7	Czyszczenie i konserwacja	52
8	Magazynowanie	52
9	Rozbiórka i utylizacja	52
10	Akcesoria opcjonalne	53
11	Producent	54

1 Informacje ogólne

Poniższe międzynarodowe symbole zostały użyte na analizatorze i w niniejszej instrukcji:

	Ostrzeżenie; Zobacz wyjaśnienie w instrukcji obsługi		Uziemienie		Prąd/napięcie zmienne
	Prąd/napięcie stałe		Podwójna izolacja (klasa ochronności)		Deklaracja zgodności z dyrektywami Unii Eu- ropejskiej (Conformité Européenne)
	Nie wyrzucać z in- nymi odpadami ko- munalnymi		Informacje dotyczące re- cyklingu		Potwierdzona zgod- ność z normami austra- lijskimi

1.1 Bezpieczeństwo



Ostrzeżenie!

Aby uniknąć porażenia prądem elektrycznym lub pożaru należy bezwzględnie przestrzegać poniższych zaleceń:

- Przed rozpoczęciem eksploatacji analizatora, należy dokładnie zapoznać się z niniejszą instrukcją i zastosować się do przepisów bezpieczeństwa i zaleceń producenta.
- Zastosowanie analizatora inne niż podane w tej instrukcji, może spowodować uszkodzenie przyrządu i być źródłem poważnego niebezpieczeństwa dla użytkownika.
- Analizatory mogą być używane jedynie przez wykwalifikowane osoby posiadające wymagane uprawnienia do prac przy instalacjach elektrycznych. Posługiwanie się przyrządem przez osoby nieuprawnione może spowodować jego uszkodzenie i być źródłem poważnego niebezpieczeństwa dla użytkownika.
- Przyrządu nie wolno stosować do sieci i urządzeń w pomieszczeniach o specjalnych warunkach, np. o atmosferze niebezpiecznej pod względem wybuchowym i pożarowym.
- Przed rozpoczęciem pracy należy sprawdzić czy analizator, przewody, sondy prądowe i inne akcesoria są wolne od uszkodzeń mechanicznych. Należy zwrócić szczególną uwagę na złącza.
- Niedopuszczalne jest używanie:
 - ⇒ przyrządu, który uległ uszkodzeniu i jest całkowicie lub częściowo niesprawny,
 - ⇒ przewodów z uszkodzoną izolacją,
 - ⇒ przyrządu oraz akcesoriów uszkodzonych mechanicznie.
- Nie wolno zasilać urządzenia ze źródeł innych niż wymienione w niniejszej instrukcji.
- Nie podłączać wejść analizatora do napięć wyższych niż wartości znamionowe.
- Należy używać akcesoriów i sond pomiarowych posiadających odpowiednie parametry znamionowe i kategorię pomiarową odpowiednią dla badanego obwodu.
- Nie wolno przekraczać parametrów znamionowych najniższej kategorii pomiarowej (CAT) spośród użytego zestawu pomiarowego składającego się z analizatora, sond i akcesoriów. Kategoria pomiarowa całego zestawu jest taka jak podzespół o najniższej kategorii pomiarowej.
- Jeśli to możliwe należy podłączać analizator do obwodów przy wyłączonym zasilaniu.
- Otwarcie zatyczek gniazd urządzenia powoduje utratę szczelności, co przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych może doprowadzić do uszkodzenia analizatora jak również narażenia użytkownika na niebezpieczeństwo porażenia elektrycznego.

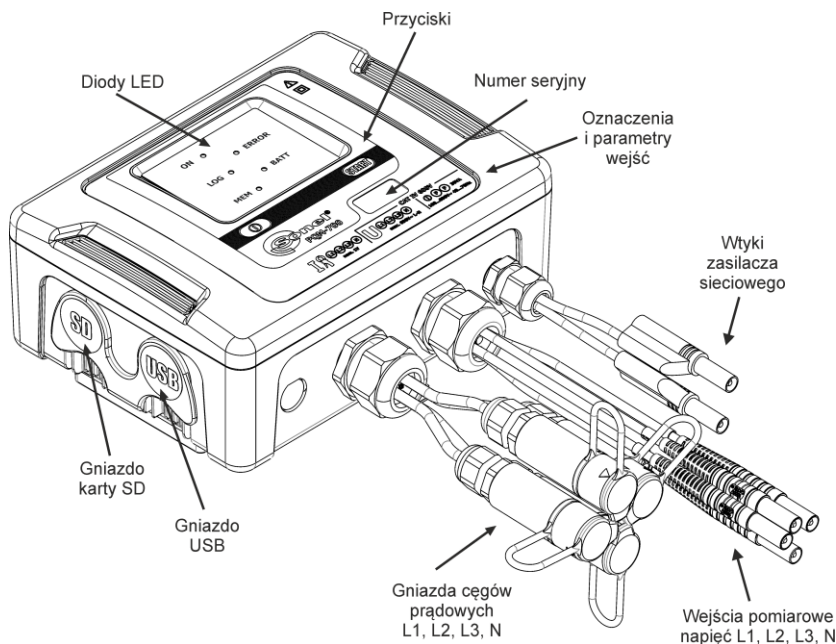
- **Nie wolno przenosić analizatora trzymając za przewody.**
- **Nie wolno odkręcać nakrętek od dławnic kablowych, są one przyklejone. Odkręcenie powoduje utratę gwarancji.**
- **Naprawy mogą być wykonywane wyłącznie przez autoryzowany serwis.**

Analizator jest wyposażony w wewnętrzny akumulator Li-Ion, który został przebadany przez niezależne laboratorium i posiada certyfikat badań zgodności parametrów jakościowych z normą UN 38.3 - „Zalecenia ONZ dla transportu towarów niebezpiecznych. Podręcznik badań i kryteriów”, wydanie 5. opublikowane przez ONZ (ST/SG/AC.10/11/Rev.5). W związku z tym analizator jest dopuszczony do transportu lotniczego, morskiego i drogowego.

1.2 Ogólna charakterystyka

Analizator jakości zasilania PQM-700 (Rys. 1) jest zaawansowanym technicznie produktem umożliwiającym wszechstronny pomiar, analizę i rejestrację parametrów sieci energetycznych 50/60 Hz oraz jakość energii elektrycznej zgodnie z europejską normą EN 50160 oraz Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Analizator w pełni spełnia wymogi normy IEC 61000-4-30 klasa S.

Analizator wyposażony jest w 4 przewody zakończone wtykami bananowymi, oznaczone L1, L2, L3, N. Zakres napięć mierzonych przez cztery kanały pomiarowe to maksymalnie ± 1150 V. Zakres ten można zwiększyć stosując dodatkowe zewnętrzne przekładniki napięciowe.



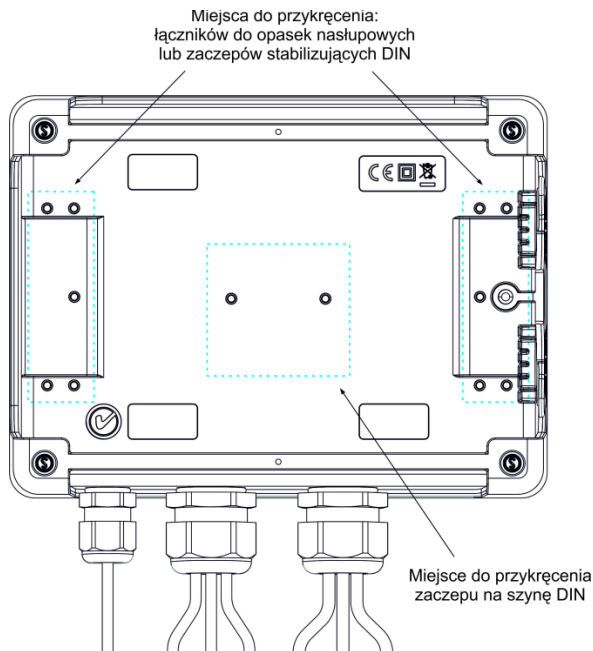
Rys. 1. Analizator jakości zasilania PQM-700. Widok ogólny.

Do pomiaru prądów służą cztery wejścia prądowe, wyprowadzone na krótkich przewodach zakończonych gniazdami cęgów. Można do nich przyłączyć cęgi giętkie o zakresie nominalnym do 6000 A oraz cęgi twarde. Również w przypadku prądów zakres nominalny może zostać zmieniony przy użyciu dodatkowych przekładników.

Przyrząd posiada wymienną kartę pamięci o standardowej pojemności 2 GB. Dane z karty można odczytać przy użyciu łącza USB lub za pomocą zewnętrznego czytnika.

Uwaga

Kartę microSD należy wyjmować tylko wtedy, gdy analizator jest wyłączony. Wyjęcie karty w trakcie pracy analizatora może skutkować utratą ważnych danych.



Rys. 2. Tylna ścianka analizatora PQM-700.

Rejestrowane parametry są podzielone na grupy, które można niezależnie od innych włączać lub wyłączać z rejestracji, co pozwala na racjonalne wykorzystanie miejsca na karcie pamięci. Nie rejestrowane parametry nie zajmują miejsca, tym samym można znacznie wydłużyć czas rejestracji pozostałych parametrów.

Analizator PQM-700 posiada wewnętrzny zasilacz sieciowy o szerokim zakresie napięć wejściowych 100...415 V AC (140...415 V DC), który ma niezależnie wyprowadzone przewody zakończone wtykami bananowymi.

Ważną cechą jest przystosowanie do pracy w trudnych warunkach atmosferycznych – analizator może być instalowany bezpośrednio na słupach energetycznych. Zapewnia szczelność klasy IP65, a zakres temperatur pracy to -20 °C...+55 °C.

Bezprzerwową pracę w warunkach zaniku napięcia zasilania zapewnia wewnętrzny akumulator litowo-jonowy.

Interfejs użytkownika stanowi 5 diod LED oraz 2 i przyciski.

Elementem ujawniającym pełne możliwości urządzenia jest dedykowane oprogramowanie PC *Sone! Analiza*.

Komunikacja z komputerem jest możliwa łączem USB zapewniającym szybkość transmisji do 921,6 kbit/s.

1.3 Zasilanie analizatora

Analizator posiada wbudowany zasilacz sieciowy o zakresie napięć nominalnych 100...415 V AC lub 140...415 V DC. Zasilacz ma niezależne przewody (w kolorze czerwonym) oznaczone literami P (od ang. *power* - zasilanie). Aby zabezpieczyć zasilacz przed uszkodzeniem w przypadku próby zasilania go z napięcia poniżej specyfikowanego zakresu, wyłącza się on przy napięciach wejściowych poniżej ok. 80 V AC (ok. 110 V DC).

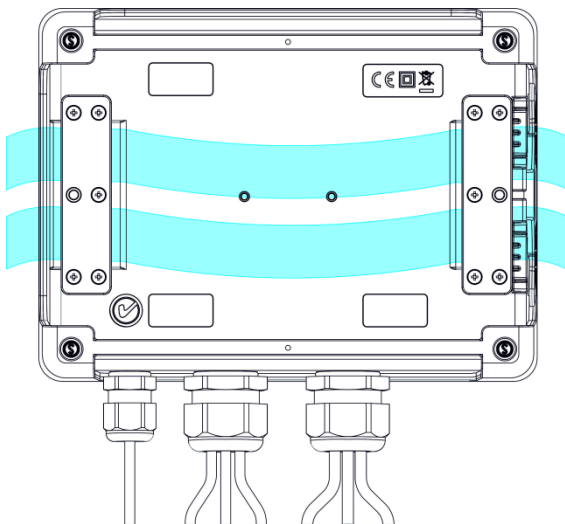
Dla podtrzymania zasilania w czasie przerw w dostawie energii służy wewnętrzny akumulator. Jest on ładowany, jeśli obecne jest napięcie na zaciskach zasilacza sieciowego. Podtrzymuje on zasilanie do 6 h w temperaturach -20 °C...+55 °C. Po wyczerpaniu akumulatora miernik przerywa bieżącą pracę (np. rejestrację) i wyłącza się awaryjnie. Po powrocie napięcia zasilania, jeśli wcześniej trwała rejestracja, analizator ją wznowia.

Uwaga

Akumulator może być wymieniany wyłącznie w firmowym serwisie.

1.4 Szczelność i praca w warunkach zewnętrznych

Analizator PQM-700 jest przystosowany do pracy w trudnych warunkach atmosferycznych – może on być instalowany bezpośrednio na słupach energetycznych. Do montażu służą dwie opaski z klamrami oraz dwa plastikowe łączniki. Łączniki przykręca się do tylnej ścianki obudowy, a przez powstałe szczeliny należy przewlec opaski.



Rys. 3. Łączniki i opaski do montażu analizatora na słupie.

Analizator zapewnia szczelność klasy IP65, a zakres temperatur pracy to -20 °C...+55 °C.



Uwaga

Aby zapewnić deklarowaną klasę szczelności IP65 należy bezwzględnie przestrzegać następujących zasad:

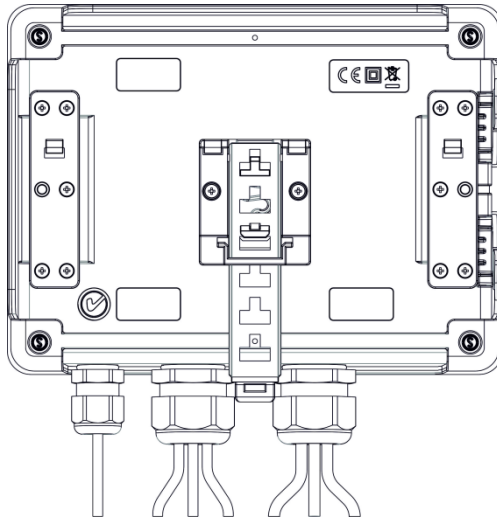
- Należy szczelnie zamknąć korki gniazda USB i karty microSD,
- Nieużywane gniazda cęgów należy uszczelnić korkami silikonowymi.

Przy temperaturze otoczenia poniżej 0 °C i jeśli temperatura wewnętrzna również spadnie poniżej tego progu, włączane jest podgrzewanie urządzenia wewnętrzną grzałką, której zadaniem jest utrzymywanie wewnątrz temperatury dodatniej w zakresie temperatur otoczenia -20°C...0°C. Grzałka jest zasilana z wbudowanego zasilacza sieciowego, a jej moc jest ograniczona do ok. 5 W.

Ze względu na charakterystykę wbudowanego akumulatora litowo-jonowego jego ładowanie jest zablokowane, gdy temperatura akumulatora jest poza zakresem -10°C...60°C (status ładowania w programie *Sonel Analiza* jest zwracany wtedy jako „ładowanie wstrzymane”).

1.5 Montaż na szynie DIN

W zestawie dostarczany jest zaczepek do montażu analizatora na standardowej szynie DIN. Zaczepek należy przykręcić do tylnej ścianki analizatora przy użyciu dostarczonych śrub. W zestawie są dostarczone również zaczepek pozycjonujący (oprócz zaczepek do montażu analizatora na słupie), które należy zamontować, aby zwiększyć stabilność mocowania. Zaczepek ten posiada specjalne haczyki, które opierają się na szynie DIN.



Rys. 4. Tylna ścianka analizatora z elementami do montażu na szynie DIN.

1.6 Mierzone parametry

Analizator PQM-700 umożliwia pomiar i rejestrację następujących parametrów:

- napięcia skuteczne fazowe i międzyfazowe w zakresie do 760 V (szczytowo ± 1150 V),
- prądy skuteczne:
 - do 6000 A (szczytowo ± 20 kA) przy użyciu cęgów giętkich,
 - do 1400 A z użyciem cęgów twardych,
- współczynniki szczytu prądu i napięcia,
- częstotliwość sieci w zakresie 40 Hz...70 Hz,
- moce i energie czynne, bierne, pozorne, moc odkształcenia,
- składowe harmoniczne napięć i prądów (do 50-tej),
- współczynnik zniekształceń harmonicznych THD_F i THD_R dla prądu i napięcia,
- współczynnik mocy, $\cos\varphi$, $\tan\varphi$,
- współczynniki asymetrii sieci trójfazowych i składowe symetryczne,
- wskaźniki migotania światła P_{st} i P_{It} ,
- prąd rozruchu do 60 s.

Wybrane parametry są agregowane (uśredniane) wg czasu wybranego przez użytkownika i mogą zostać zapisane na karcie pamięci. Oprócz wartości średniej możliwe jest rejestrowanie wartości minimalnej i maksymalnej w czasie trwania przedziału uśredniania oraz chwilowej w chwili zapisu rekordu.

Rozbudowany jest również blok detekcji zdarzeń. Typowymi zdarzeniami w normie EN 50160 są dla napięć zapad (czyli zmniejszenie wartości skutecznej napięcia poniżej 90 % wartości nominalnej napięcia), wzrost (zwiększenie powyżej 110 % wartości nominalnej) oraz przerwa (czyli obniżenie napięcia poniżej progu 5 % wartości nominalnej). Użytkownik nie musi ustawień zdefiniowanych w normie EN 50160 wprowadzać samodzielnie – program pozwala na automatyczną konfigurację przyrządu w tryb pomiaru jakości energii wg EN 50160. Do dyspozycji użytkownika pozostaje tryb własnej konfiguracji – program oferuje w tym względzie pełną elastyczność. Napięcie jest tylko jednym z wielu parametrów, dla którego można zdefiniować progi detekcji zdarzeń. I tak, dla przykładu, możliwe jest skonfigurowanie analizatora na wykrycie spadku współczynnika mocy poniżej określonego progu, przekroczenia THD powyżej innego progu i podobnie przekroczenie przez 9-tą harmoniczną napięcia wartości procentowej ustalonej przez użytkownika. Zdarzenie jest zapisywane razem z czasem wystąpienia. W przypadku zdarzeń dotyczących przekroczenia progów zapadu, przerwy i wzrostu dla napięć, oraz przekroczenia wartości minimalnej i maksymalnej dla prądów można uzupełnić informację o wystąpieniu zdarzenia o oscylogram przebiegów napięć i prądów. Możliwe jest zapisanie 2 okresów przed zdarzeniem i 4 po nim.

Bardzo szerokie możliwości konfiguracji wraz z mnogością mierzonych parametrów czynią z analizatora PQM-700 niezwykle przydatne i potężne narzędzie do pomiarów i analizy wszelkiego rodzaju sieci zasilających i zakłóceń w nich występujących. Niektóre z unikalnych cech tego przyrządu wyróżniają go na tle innych tego rodzaju analizatorów dostępnych na rynku.

W Tab. 1 przedstawiono zbiorcze zestawienie parametrów mierzonych przez analizator PQM-700 w zależności od typu sieci.

Tab. 1. Mierzone parametry dla różnych konfiguracji sieci.

Typ sieci, kanal Parametr		1-f		2-f				3-f gwiazda z N					3-f trójkąt 3-f gwiazda bez N			
		L1	N	L1	L2	N	Σ	L1	L2	L3	N	Σ	L12	L23	L31	Σ
U	Napięcie skuteczne	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
U _{DC}	Składowa stała napięcia	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
I	Prąd skuteczny	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
I _{DC}	Składowa stała prądu	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
f	Częstotliwość	•		•				•					•			
CF U	Współczynnik szczytu napięcia	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
CF I	Współczynnik szczytu prądu	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
P	Moc czynna	•		•	•		•	•	•	•		•				•
Q ₁ , Q _B	Moc bierna	•		•	•		•	•	•	•		•				• ⁽¹⁾
D, S _N	Moc odształcenia	•		•	•		•	•	•	•		•				
S	Moc pozorna	•		•	•		•	•	•	•		•				•
PF	Współczynnik mocy	•		•	•			•	•	•	•					•
cosφ	Współczynnik przesunięcia fazowego	•		•	•		•	•	•	•		•				
tgφ _{C-} , tgφ _{L+} tgφ _{L-} , tgφ _{C+}	Współczynnik tangens φ (4-kwadrantowy)	•		•	•		•	•	•	•		•				• ⁽¹⁾
THD U	Współczynnik zawartości harmonicznych napięcia	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
THD I	Współczynnik zawartości harmonicznych prądu	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
E _{P+} , E _{P-}	Energia czynna (pobrana i oddana)	•		•	•		•	•	•	•		•				•
E _{QC-} , E _{QL+} E _{QL-} , E _{QC+}	Energia bierna (4-kwadrantowa)	•		•	•		•	•	•	•		•				• ⁽¹⁾
E _S	Energia pozorna	•		•	•		•	•	•	•		•				•
U _{h1} ..U _{h50}	Amplitudy harmonicznych napięcia	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
I _{h1} ..I _{h50}	Amplitudy harmonicznych prądu	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
Asymetria U, I	Składowe symetryczne i współczynniki asymetrii											•				•
P _{st} , P _{lt}	Wskaźniki migotania światła	•		•	•			•	•	•			•	•	•	

Objaśnienia: L1, L2, L3 (L12, L23, L31) oznaczają kolejne fazy,
N oznacza pomiar dla kanału prądowego I_N w zależności od typu parametru,
Σ oznacza wartość całkowitą systemu.

- (1) W sieciach 3-przewodowych jako całkowita moc bierna wyliczana jest moc nieaktywna

$$N = \sqrt{S_g^2 - P^2}$$
 (patrz dyskusja dot. mocy biernej w dokumencie „Jakość Zasilania – Przewodnik”).

1.7 Zgodność z normami

Analizator PQM-700 zaprojektowano w ten sposób, aby spełnić wymagania zawarte w niżej wymienionych normach.

Normy dotyczące pomiaru parametrów sieci:

- IEC 61000-4-30:2011 – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Metody badań i pomiarów – Metody pomiaru jakości energii,
- IEC 61000-4-7:2007 – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Metody badań i pomiarów – Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznnych i interharmonicznnych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń,
- IEC 61000-4-15:2011 – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Metody badań i pomiarów – Miernik migotania światła - Specyfikacja funkcjonalna i projektowa,
- EN 50160:2010 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.

Normy dotyczące bezpieczeństwa:

- IEC 61010-1 – Wymagania bezpieczeństwa elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych. Część 1: Wymagania ogólne

Normy dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej:

- IEC 61326 – Wyposażenie elektryczne do pomiarów, sterowania i użytku w laboratoriach. Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC).

Urządzenie spełnia w całości wymogi klasy S wg IEC 61000-4-30. Podsumowuje to poniższa tabela.

Tab. 2. Podsumowanie zgodności z normami wybranych parametrów

Agregacja pomiarów w przedziałach czasowych	IEC 61000-4-30 Klasa S: • Podstawowy czas pomiaru wartości parametrów (napięcia, prądu, harmonicznnych, asymetrii) to przedział 10-okresowy dla systemu zasilającego 50 Hz i 12-okresowy dla systemu 60 Hz, • Przedział 3 s (150 okresów dla częstotliwości znamionowej 50 Hz i 180 okresów dla 60 Hz), • Przedział 10 min.
Niepewność czasu zegarowego	IEC 61000-4-30 Klasa S: • Wbudowany zegar czasu rzeczywistego ustawiany z poziomu programu „Sonel Analiza”, brak synchronizacji GPS i radiowej, • Dokładność zegara lepsza niż $\pm 0,3$ s/dzień
Częstotliwość	Spełnione wymogi IEC 61000-4-30 Klasa S dla metody i niepewności pomiaru
Wartość napięcia zasilającego	Spełnione wymogi IEC 61000-4-30 Klasa S dla metody i niepewności pomiaru
Wahania napięcia (migotanie światła)	Metoda pomiaru i niepewność spełnia wymogi normy IEC 61000-4-15
Zapady, wzrosty i przerwy napięcia zasilającego	Spełnione wymogi IEC 61000-4-30 Klasa S dla metody i niepewności pomiaru
Asymetria napięcia zasilającego	Spełnione wymogi IEC 61000-4-30 Klasa S dla metody i niepewności pomiaru
Harmoniczne napięcia i prądu	Metoda i niepewność pomiaru zgodna z IEC 61000-4-7 klasa I

2 Obsługa analizatora

2.1 Przyciski

Klawiatura analizatora składa się z dwóch przycisków: WŁĄCZ/WYŁĄCZ  i START/STOP . Aby włączyć analizator należy nacisnąć przycisk WŁĄCZ/WYŁĄCZ. Przycisk START/STOP służy do uruchamiania i zatrzymywania rejestracji.

2.2 Diody sygnalizacyjne

Analizator wyposażony jest w pięć diod świecących LED sygnalizujących różne stany pracy:

- **ON** (zielona) – dioda świeci, gdy analizator jest włączony. W czasie rejestracji z aktywnym trybem uśpienia dioda jest wygaszona.
- **LOG** (żółta) – sygnalizuje trwającą rejestrację. Podczas czekania na wyzwolenie rejestracji dioda świeci światłem ciągłym. W czasie rejestracji miga. W czasie rejestracji z aktywnym trybem uśpienia – jest wygaszona i włącza się na krótko w odstępach 10-sekundowych.
- **ERROR** (czerwona) – miganie tej diody sygnalizuje potencjalny problem z połączeniem z badaną siecią lub niezgodność ustawionej aktywnej konfiguracji z parametrami sieci. Kryteria kontroli podano w rozdz. 2.6. Stałe świecenie oznacza jeden z możliwych błędów wewnętrznych analizatora (zobacz również niżej opis stanów dodatkowych).
- **MEM** (czerwona) – świecenie sygnalizuje brak możliwości rejestracji danych na karcie pamięci. Dioda **MEM** świeci w trybie ciągłym po zapełnieniu całego miejsca na karcie pamięci. Zobacz również niżej opis stanów dodatkowych.
- **BATT** (czerwona) – stan akumulatora. Miganie oznacza, że akumulator jest bliski rozładowania (pojemność 20% lub mniej). Gdy akumulator jest całkowicie rozładowany dioda zapala się na 5 sekund (wraz z sygnałem dźwiękowym) po czym analizator awaryjnie się wyłącza.

Dodatkowe stany wskazywane przez diody:

- Ciągłe świecenie diod **MEM** i **ERROR** – brak karty pamięci, karta uszkodzona lub błąd karty. Jeśli po włożeniu karty pamięci do gniazda diody te świecą, może to oznaczać, że karta jest niekompatybilna z analizatorem. W takim przypadku nie ma możliwości dalszej pracy z analizatorem. Przycisk START  jest nieaktywny.
- Ciągłe świecenie diody **ERROR** i miganie diody **MEM** – karta jest niesformatowana (brakuje plików wymaganych przez analizator lub pliki są uszkodzone) – w tym stanie można nacisnąć przycisk START  (jest on aktywny), co spowoduje sformatowanie karty. (UWAGA: wszystkie dane na karcie zostaną usunięte.) Analizator potwierdzi rozpoczęcie formatowania przez potrójny sygnał dźwiękowy. Jeśli proces ten się powiedzie, diody **MEM** i **ERROR** zgasną, a analizator będzie gotowy do dalszej pracy.
- Migająca dioda **ON** – na karcie pamięci wykryto plik FIRMWARE.PQF z poprawnym plikiem aktualizacji firmware'u analizatora. Użytkownik może nacisnąć przycisk START , aby rozpocząć proces aktualizacji. W trakcie aktualizacji migają jednocześnie diody **ON** i **MEM**. Po zakończeniu tego procesu miernik restartuje się. Aktualizację firmware'u można pominąć, naciskając przycisk WŁĄCZ/WYŁĄCZ  lub odczekując 10 sekund.

2.3 Włączanie i wyłączanie

- Analizator włącza się przez naciśnięcie przycisku . Zapala się zielona dioda **ON**. Następnie analizator wykonuje autotest i w wypadku wykrycia wewnętrznych błędów zapala się dioda **ERROR**, czemu towarzyszy długi sygnał dźwiękowy (3 sekundy) – pomiary są blokowane. Po autoteście miernik rozpoczyna testowanie poprawności podłączenia, jeżeli wykryty zostanie błąd, zaczyna migać co 0,5 s dioda **ERROR**, co nie blokuje możliwości wykonywania dalszych pomiarów, a jedynie sygnalizuje niezgodność konfiguracji analizatora z parametrami podłączonej sieci.
- Jeżeli po włączeniu miernik wykryje pełną pamięć, zaświeca się dioda **MEM** – pomiary są blokowane, działa tylko tryb odczytu danych bieżących.
- Jeżeli po włączeniu miernik nie wykryje karty microSD lub wykryje jej uszkodzenie, zapala się dioda **ERROR** oraz **MEM** i pomiary są blokowane.
- Jeżeli test podłączenia przebiegł pomyślnie, po naciśnięciu  miernik przechodzi do rejestracji zgodnie z zaprogramowanym trybem w PC.
- Wyłączenie analizatora następuje przez przytrzymanie przycisku  przez 2 sekundy, o ile nie jest aktywna blokada przycisków lub rejestracja.

2.4 Funkcja automatycznego wyłączenia

Jeśli analizator przez co najmniej 30 minut pracuje z zasilaniem bateryjnym (brak zasilania sieciowego) i nie jest w trybie rejestracji ani nie jest aktywne połączenie z komputerem, automatycznie się wyłącza, aby zapobiec rozładowaniu akumulatora.

Automatyczne wyłączenie analizatora wystąpi również w przypadku całkowitego rozładowania akumulatora. Takie awaryjne wyłączenie jest poprzedzane świeceniem diody **BATT** przez 5 s i jest wykonywane niezależnie od trybu, w jakim analizator się znajduje. W przypadku aktywnej rejestracji, zostaje ona przerwana. Po powrocie napięcia zasilającego rejestracja jest wznowiana.

2.5 Połączenie z PC i transmisja danych

Po włączeniu miernika przyciskiem  port USB jest stale aktywny.

- W trybie odczytu bieżących danych, w programie na PC odświeżanie danych następuje częściej niż co 1 s.
- Podczas rejestracji jest możliwa transmisja danych już zapisanych w pamięci. Dane są odczytywane do momentu startu transmisji.
- Podczas rejestracji jest możliwość podglądu parametrów sieci na komputerze:
 - wartości chwilowe prądu, napięcia, wszystkich mocy, wartości sumaryczne dla 3 faz,
 - harmoniczne i THD,
 - asymetria,
 - wykresy wskazowe dla napięć i prądów,
 - przebiegi prądu i napięcia rysowane w czasie rzeczywistym.
- W czasie połączenia z PC przycisk  jest blokowany chyba, że analizator pracuje z włączonym trybem blokady przycisków (np. podczas rejestracji), wówczas zablokowany jest także przycisk .
- Aby połączyć się z analizatorem należy podać jego kod PIN. Domyślny kod to 000 (trzy cyfry zero). Kod PIN można zmieniać za pomocą aplikacji *Sonel Analiza*.
- Trzykrotne złe podanie PIN-u powoduje zablokowanie transmisji danych na 10 minut. Dopiero po tym czasie będzie możliwa ponowna próba wprowadzenia kodu.
- Jeżeli po podłączeniu do PC w ciągu 30 sekund nie nastąpiła żadna wymiana danych między analizatorem a komputerem, analizator wychodzi z trybu przesyłania danych i kończy połączenie.

Uwagi

- Przytrzymanie przez 5 sekund przycisków  oraz  powoduje awaryjne ustawienie domyślnego kodu PIN (000).
- Jeżeli włączona jest blokada przycisków podczas rejestracji, to ma ona wyższy priorytet (najpierw trzeba awaryjnie odblokować przyciski, aby awaryjnie wyzerować PIN). Procedura opisana jest w osobnym punkcie.

USB jest interfejsem stale aktywnym i nie ma możliwości jego dezaktywacji. Aby połączyć się z analizatorem należy połączyć się przewodem USB z komputerem (gniazdo USB w analizatorze znajduje się na lewej ścianie i zabezpieczone jest zaślepką uszczelniającą). W komputerze należy wcześniej zainstalować oprogramowanie *Sonel Analiza* wraz ze sterownikami.

Prędkość transmisji wynosi do 921,6 kbit/s.

2.6 Sygnalizacja błędu podłączenia

Podczas pracy analizator w trybie ciągłym kontroluje mierzone parametry pod kątem zgodności z bieżącą konfiguracją. Na podstawie kilku kryteriów wymienionych niżej analizator steruje świeceniem diody **ERROR**. Jeśli analizator nie wykrył niezgodności dioda ta pozostaje wygaszona. Gdy co najmniej jedno z kryteriów wskazuje na potencjalny problem dioda **ERROR** zaczyna migać.

Kryteria używane przez analizator, powodujące wykrycie błędu podłączenia są następujące:

- odchylenie wartości skutecznej napięcia o więcej niż $\pm 15\%$ od wartości nominalnej,
- odchylenie kąta fazowego składowej podstawowej napięcia o więcej niż $\pm 30^\circ$ od wartości teoretycznej przy obciążeniu rezystancyjnym i symetrycznej sieci (patrz uwaga niżej),
- odchylenie kąta fazowego składowej podstawowej prądu o więcej niż $\pm 55^\circ$ od wartości teoretycznej przy obciążeniu rezystancyjnym i symetrycznej sieci (patrz uwaga niżej),
- odchylenie wartości częstotliwości sieci o więcej niż $\pm 10\%$ od wartości nominalnej częstotliwości,
- w układach 3-fazowych 3- i 4-przewodowych analizator wylicza również sumę wszystkich prądów (wartości chwilowe) i sprawdza, czy wynosi ona zero. Pomaga to w określeniu, czy wszystkie cęgi prądowe są podłączone poprawnie (tzn. strzałki na cęgach skierowane do odbiornika). Jeśli wyliczona wartość skuteczna sumy jest wyższa niż $0,3\% I_{nom}$, traktowane jest to jako błąd i miga dioda **ERROR**.

Uwaga

Detekcja błędu fazy wymaga, aby składowa podstawowa przebiegu była większa lub równa 5% wartości nominalnej napięcia lub 1% zakresu nominalnego prądu. Jeśli ten warunek nie jest spełniony poprawność kątów nie jest sprawdzana.

2.7 Ostrzeżenie o zbyt wysokim napięciu lub prądzie

Analizator podczas pracy monitoruje w trybie ciągłym wartości napięć i prądów podłączonych do wejść pomiarowych. Jeśli napięcie w którejkolwiek z aktywnych faz przekroczy o 20% wartość nominalną napięcia ($>120\% U_{\text{NOM}}$) ustawioną w konfiguracji pomiarowej, włączany jest ciągły dwutonowy sygnał dźwiękowy. Podobnie jest dla prądów – sygnał alarmowy jest włączany, jeśli mierzony prąd w którymkolwiek z aktywnych kanałów przekroczy o 20% prąd nominalny (zakres cęgów; $>120\% I_{\text{NOM}}$). W takiej sytuacji należy sprawdzić czy napięcie i prąd w mierzonej sieci jest w zakresie napięć i prądów dopuszczalnych dla analizatora, ewentualnie sprawdzić czy konfiguracja analizatora jest poprawna i ją zmienić.

2.8 Wykonywanie pomiarów

2.8.1 Uruchamianie i zatrzymywanie rejestracji

Możliwe są trzy sposoby wyzwalania rejestracji:

- wyzwolenie natychmiastowe – ręcznie przez naciśnięcie przycisku  po uprzednim skonfigurowaniu miernika z poziomu PC – dioda **LOG** miga,
- zgodnie z czasem ustawionym w programie PC, w tym przypadku naciśnięcie  nie powoduje rejestracji (miernik czeka do pierwszego czasu i sam startuje). Dioda **LOG** świeci się ciągle w trybie oczekiwania, po wyzwoleniu miga,
- progowo, po przekroczeniu jakiegokolwiek progu zdarzenia ustawionego w konfiguracji, naciśnięcie  przełącza miernik w tryb normalnych pomiarów, jednak zapis plików (właściwa rejestracja) jest rozpoczynany dopiero po wykryciu pierwszego zdarzenia. Dioda **LOG** świeci się ciągle w trybie oczekiwania, po wyzwoleniu miga.

Miernik może być wyzwolony zdarzeniem od prądu lub napięcia, które ustawia się w programie na PC. Progi dla zdarzeń wyzwalających rejestrację są takie same jak progi rejestracji zdarzeń.

Zakończenie rejestracji:

- Ręczne zatrzymanie rejestracji następuje przez przytrzymanie przez sekundę przycisku  lub z poziomu aplikacji PC.
- Rejestracja kończy się automatycznie w trybie harmonogramu (jeśli czas końca został ustawiony), w pozostałych przypadkach trwa ona do zatrzymania przez użytkownika (przyciskiem  lub z poziomu aplikacji).
- Rejestracja kończy się automatycznie w przypadku zapelnienia całej karty pamięci.
- Po skończonej rejestracji, gdy miernik nie był w trybie uśpienia, gaśnie dioda **LOG** i miernik czeka na polecenia obsługującego.
- Jeżeli miernik miał wygaszone diody w czasie rejestracji, po skończeniu nie palą się żadne diody; naciśnięcie dowolnego przycisku powoduje zapalenie się diody **ON**.

2.8.2 Przybliżone czasy rejestracji

Maksymalny czas rejestracji zależy od wielu czynników takich jak: wielkość karty pamięci, czas uśredniania, typ sieci, liczba rejestrowanych parametrów, zapis oscylogramów i detekcja zdarzeń oraz same progi zdarzeń. Kilka wybranych konfiguracji zamieszczono w

Tab. 3. W ostatniej kolumnie podano przybliżone czasy rejestracji, dla karty pamięci o pojemności 2 GB. Pokazane przykładowe konfiguracje zakładają włączony pomiar prądu I_N .

Tab. 3. Przybliżone czasy rejestracji dla kilku przykładowych konfiguracji.

Typ konfiguracji/ rejestrowane pa- rametry	Czas uśrednia- nia	Typ sieci (pomiar prądów aktywny)	Zdarzenia	Oscylogramy zdarzeniowe	Oscylo- gramy po okresie uśredniania	Przybliżony czas rejestracji przy przy- dzielonym miejscu 2 GB
wg EN 50160	10 min	3-fazowy gwiazda	• (1000 zda- rzeń)	• (1000 zda- rzeń)		60 lat
wg profilu „Napię- cia i prądy”	1 s	3-fazowy gwiazda				270 dni
wg profilu „Moce i harmoniczne”	1 s	3-fazowy gwiazda				23 dni
wg profilu „Moce i harmoniczne”	1 s	3-fazowy gwiazda	• (1000 zda- rzeń)	• (1000 zda- rzeń)		22,5 dnia
włączone wszyst- kie możliwe para- metry	10 min	3-fazowy gwiazda				4 lata
włączone wszyst- kie możliwe para- metry	10 s	3-fazowy gwiazda				25 dni
włączone wszyst- kie możliwe para- metry	10 s	1-fazowy				64 dni
włączone wszyst- kie możliwe para- metry	10 s	1-fazowy	• (1000 zda- rzeń/dzień)	• (1000 zda- rzeń/dzień)		22 dni

2.9 Układy pomiarowe

Analizator można podłączyć bezpośrednio i pośrednio do następujących typów sieci:

- jednofazowa (Rys. 5)
- dwufazowa (z dzielonym uzwojeniem transformatora, ang. *split phase*) (Rys. 6),
- trójfazowa typu gwiazda z przewodem neutralnym (Rys. 7 i Rys. 12),
- trójfazowa typu gwiazda bez przewodu neutralnego (Rys. 8),
- trójfazowa typu trójkąt (Rys. 9 i Rys. 13).

W układach trójprzewodowych możliwy jest pomiar prądów metodą Arona, przy wykorzystaniu jedynie dwóch cęgów, mierzących prądy liniowe I_{L1} i I_{L3} . Prąd I_{L2} jest wtedy wyliczany wg zależności:

$$I_{L2} = -I_{L1} - I_{L3}$$

Metody tej można użyć w przypadku układu typu trójkąt (Rys. 10) i gwiazda bez przewodu neutralnego (Rys. 11).

Uwaga

Ponieważ napięciowe kanały pomiarowe w analizatorze są odniesione do wejścia N, w układach, w których przewód neutralny nie występuje, konieczne jest połączenie wejścia N do zacisku L3 sieci. Nie jest wymagane w tym układzie podłączenie wejścia L3 analizatora do badanej sieci. Pokazano to na Rys. 8, Rys. 9, Rys. 10, Rys. 11 i Rys. 13 (układy trójprzewodowe typu gwiazda i trójkąt).

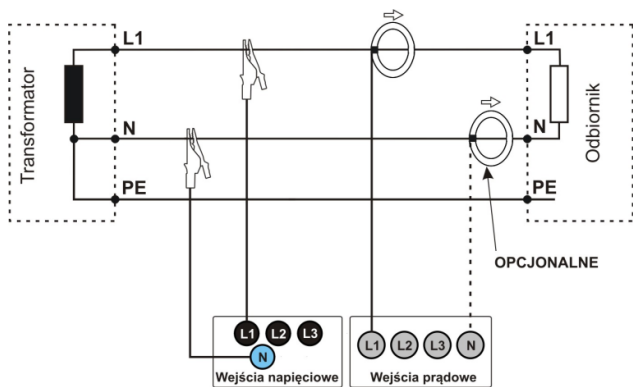
W układach z obecnym przewodem neutralnym można dodatkowo włączyć pomiar prądu w tym przewodzie po podłączeniu dodatkowego egzemplarza cęgów w kanale I_N . Pomiar ten jest wykonywany po włączeniu w konfiguracji punktu pomiarowego opcji **Prąd w przewodzie N**.

Uwaga

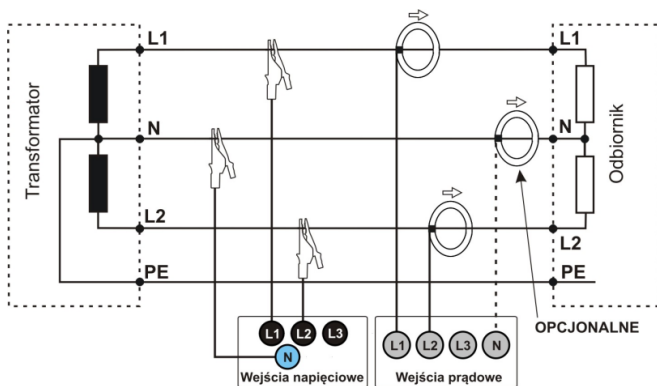
Do poprawnego wyliczania całkowitej mocy pozornej S_e oraz całkowitego współczynnika mocy PF w układzie trójfazowym 4-przewodowym konieczny jest pomiar prądu w przewodzie neutralnym. W takim przypadku należy zawsze włączyć opcję **Prąd w przewodzie N** i podłączyć 4 cęgi. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w dokumencie „Jakość Zasilania – Przewodnik”.

Należy zwrócić uwagę na kierunek założenia cęgów (giętkich i twardych). Cęgi należy tak założyć, aby strzałka umieszczona na cęgach była skierowana w stronę obciążenia. Weryfikację można przeprowadzić sprawdzając pomiar mocy czynnej – w większości typów odbiorników pasywnych moc czynna ma znak dodatni. W przypadku odwrotnego podłączenia cęgów możliwe jest programowe odwrócenie polaryzacji wybranych cęgów z poziomu aplikacji *Sonei Analiza*.

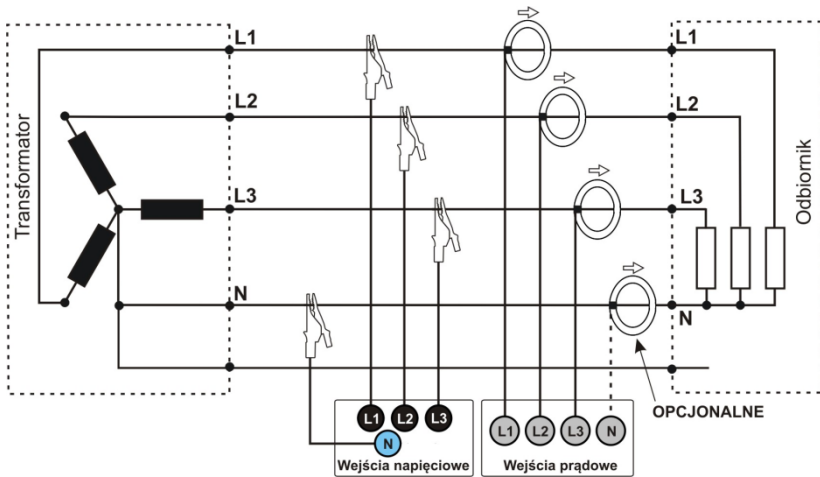
Poniższe rysunki przedstawiają schematycznie sposoby podłączenia analizatora do badanej sieci w zależności od jej typu.



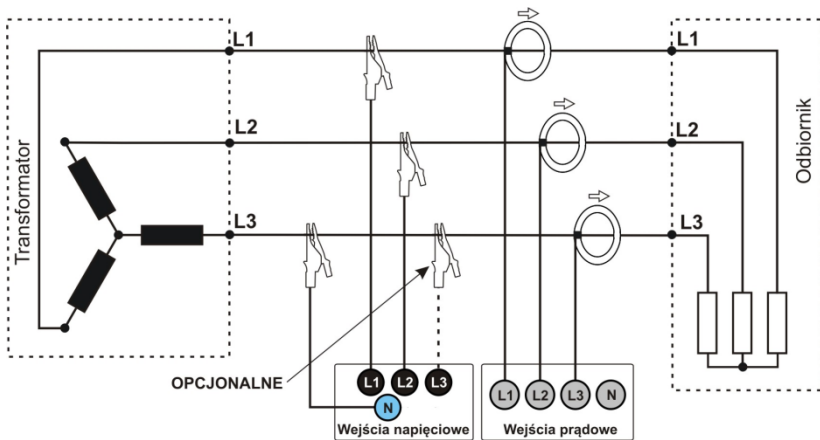
Rys. 5. Schemat podłączenia – układ jednofazowy.



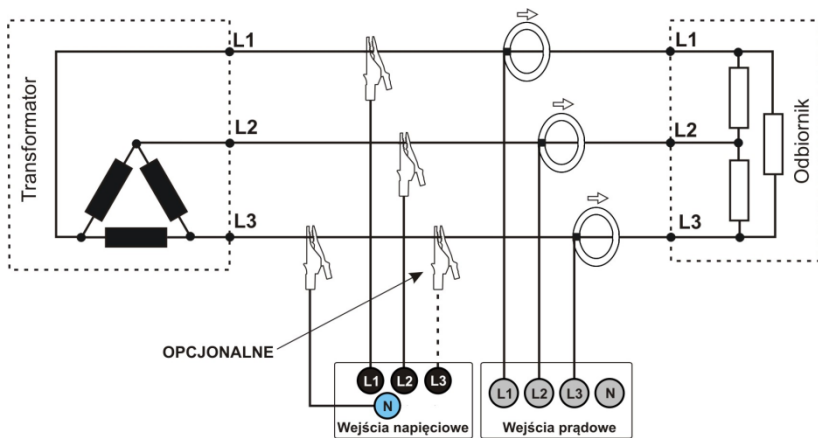
Rys. 6. Schemat podłączenia – układ dwufazowy.



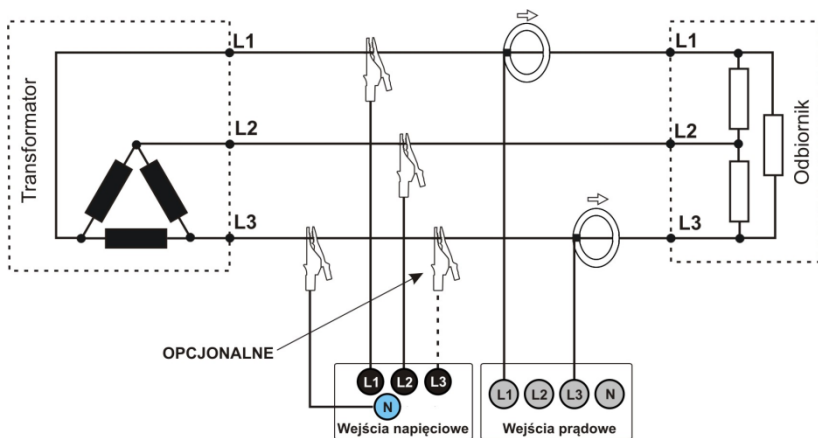
Rys. 7. Schemat podłączenia – układ trójfazowy gwiazda z przewodem neutralnym.



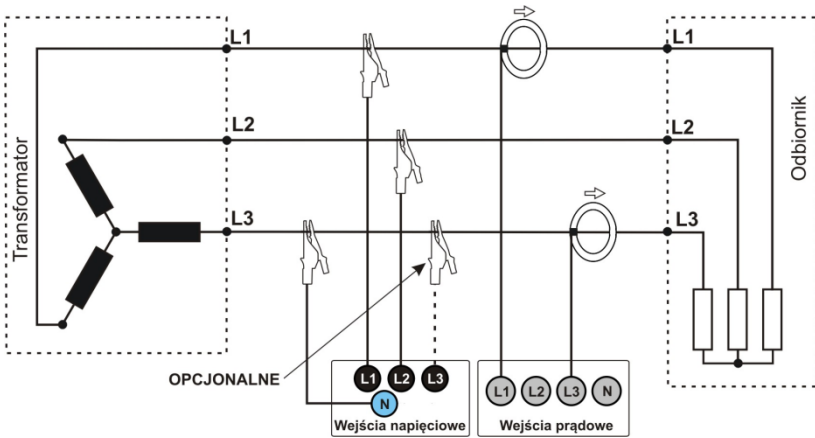
Rys. 8. Schemat podłączenia – układ trójfazowy gwiazda bez przewodu neutralnego.



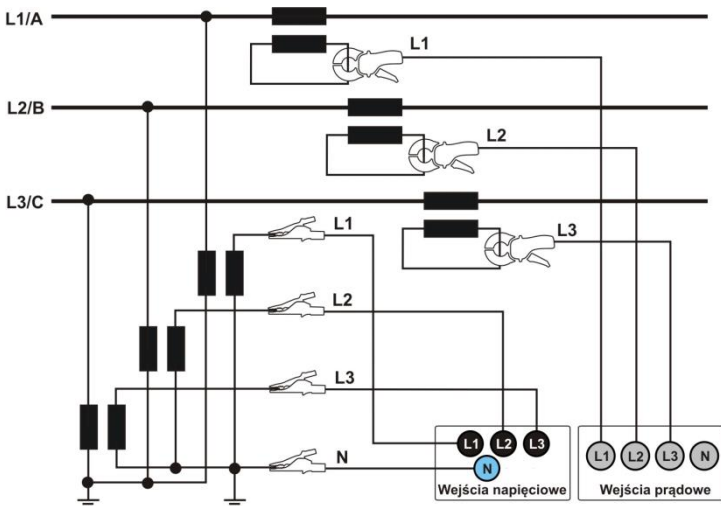
Rys. 9. Schemat podłączenia – układ trójfazowy trójką.



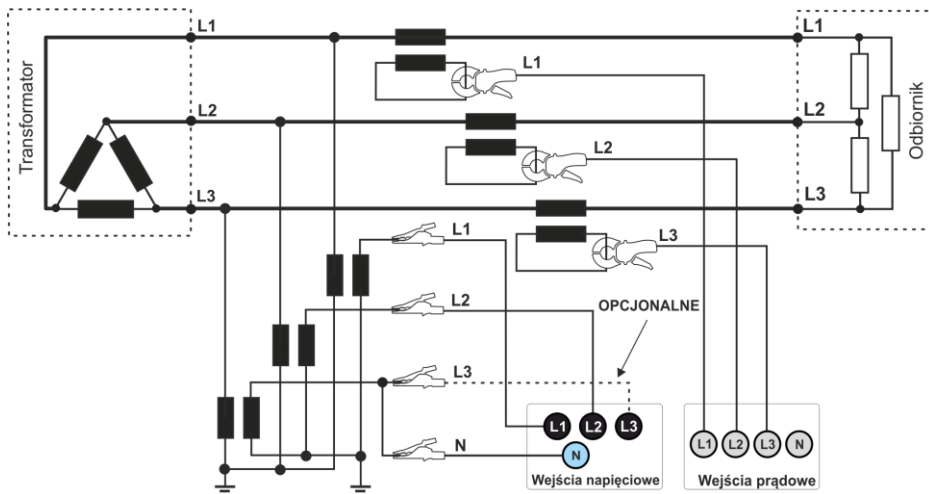
Rys. 10. Schemat podłączenia – układ trójfazowy trójką (pomiar prądów metodą Arona).



Rys. 11. Schemat podłączenia – układ trójfazowy gwiazda bez przewodu neutralnego (pomiar prądów metodą Arona).



Rys. 12. Schemat podłączenia - pomiar pośredni SN w układzie 3-fazowej gwiazdy.



Rys. 13. Schemat podłączenia - pomiar pośredni SN w układzie 3-fazowego trójkąta.

2.10 Prąd rozruchu

Funkcja umożliwia rejestrację wartości półokresowych napięcia oraz prądu w czasie 60 s. Po tym czasie rejestracja automatycznie zostanie zakończona. Przed pomiarem należy ustawić czas agregacji na *Półowę okresu*. Pozostałe ustawienia oraz układ pomiarowy są dowolne.

2.11 Blokada przycisków

W aplikacji PC jest możliwość ustawienia opcji blokowania przycisków po starcie rejestracji. Ma to na celu zabezpieczenie analizatora przed zatrzymaniem rejestracji przez nieuprawnione osoby. Aby odblokować przyciski, należy wykonać następujące czynności:

- nacisnąć trzy razy pod rząd przycisk  w odstępach 0,5 s do 1 s,
- następnie nacisnąć przycisk  w czasie 0,5 s do 1 s,

Naciskaniu przycisków towarzyszą dźwięki jak dla przycisków nieaktywnych, a po całej sekwencji miernik wydaje podwójny sygnał dźwiękowy.

2.12 Tryb uśpienia

W programie PC jest opcja powodująca włączenie trybu uśpienia. Po starcie rejestracji, miernik wygasza diody po 10 s. Od tego momentu są możliwe przypadki:

- wyzwalanie natychmiastowe – po wygaszeniu dioda co 10 s miga (przez 0,5 s) dioda **LOG** sygnalizująca rejestrację,
- wyzwalanie od zdarzeń – po wygaszeniu miga dioda **LOG** co 30 s w stanie czuwania, w momencie startu rejestracji dioda **LOG** zaczyna migać co 10 s,
- wyzwalanie wg harmonogramu – po wygaszeniu miga dioda **LOG** co 30 s w stanie czuwania, w momencie startu rejestracji dioda **LOG** zaczyna migać co 10 s.

Dodatkowo dla powyższych przypadków:

- jeżeli użytkownik sam przerwie rejestrację przez naciśnięcie , to diody włączają się, chyba że użytkownik ponownie uruchomi kolejną rejestrację,
- jeżeli analizator sam skończy rejestrację, bo skończyła się pamięć na karcie lub skończył się harmonogram, to diody pozostają wygaszone.

Naciśnięcie dowolnego przycisku (krótko) powoduje zaświecenie diody **ON** (i ew. innych np. **MEM** w zależności od stanu) i aktywację danej funkcji, jeżeli jest dostępna.

2.13 Aktualizacja firmware'u

Oprogramowanie wewnętrzne analizatora (ang. *firmware*) należy aktualizować regularnie, ponieważ aktualizacje poprawiają dostrzeżone błędy lub wprowadzają nowe funkcjonalności. Jeżeli aktualizowane jest oprogramowanie analizatora, należy sprawdzić, czy jest również dostępna nowa wersja programu *Sonel Analiza* (i odwrotnie) i jeżeli tak, również dokonać aktualizacji.

2.13.1 Aktualizacja automatyczna

Metoda automatyczna (zalecana) odbywa się przy użyciu oprogramowania *Sonel Analiza*. Jeśli w konfiguracji programu użytkownik ma włączoną opcję **Sprawdź aktualizacje**, aplikacja łączy się z serwerem aktualizacji przy uruchomieniu. Jeśli aktualizacje są dostępne są one wyświetlane (wraz z listą zmian) po czy użytkownik może potwierdzić ich pobranie. Sprawdzenie dostępności aktualizacji można również uruchomić ręcznie, przez wybranie z menu programu **Pomoc → Aktualizacje on-line**. Jeśli aktualizacja firmware'u jest dostępna i została pobrana można wykonać aktualizację oprogramowania wewnętrznego miernika. W tym celu należy:

1. Przed przystąpieniem do uaktualnienia zgrać wszystkie dane z analizatora do komputera (pobrać zarejestrowane dane i zapisać na dysku).
2. Podłączyć analizator do zasilania sieciowego.
3. Połączyć analizator z komputerem przewodem USB, zestawili połączenie aplikacji z analizatorem. Program *Sonel Analiza* powinien zaraz po połączeniu wyświetlić komunikat o możliwości wykonania aktualizacji firmware'u (aby tak się stało konieczne jest, aby w konfiguracji programu była aktywna opcja „**Sprawdź aktualizację analizatora przy połączeniu**”).
4. Po potwierdzeniu chęci wykonania aktualizacji należy poczekać na zakończenie procesu.
5. **UWAGA:** Po udanej aktualizacji konieczne jest ponowne zaprogramowanie analizatora przed uruchomieniem rejestracji, aby uniknąć niezgodności w rejestrowanych danych.

2.13.2 Aktualizacja ręczna

Aktualizacja ręczna wymaga zapisania odpowiedniego pliku firmware'u na karcie pamięci i uruchomienia aktualizacji przyciskiem.

1. Przed przystąpieniem do uaktualnienia zgrać wszystkie dane z analizatora do komputera (pobrać zarejestrowane dane i zapisać na dysku).
2. Podłączyć analizator do zasilania sieciowego.
3. Ze strony internetowej producenta www.sonel.pl, należy pobrać plik z nowym firmwarem. Jeśli plik jest spakowany należy z archiwum wyodrębnić plik FIRMWARE.PQF.
4. Plik FIRMWARE.PQF należy zapisać w głównym folderze karty microSD, używając zewnętrznego czytnika kart.
5. Włożyć kartę do analizatora. Powinna migać dioda **ON** co sygnalizuje rozpoznanie pliku firmware'u i gotowość do uruchomienia aktualizacji.
6. Wcisnąć przycisk **START**  w celu rozpoczęcia aktualizacji. Jeśli przycisk **START** nie zostanie naciśnięty w ciągu 10 sekund aktualizacja jest pomijana. Przebieg procesu jest sygnalizowany miganiem diod **ON** i **MEM**.
7. **UWAGA:** Po udanej aktualizacji konieczne jest ponowne zaprogramowanie analizatora przed uruchomieniem rejestracji, aby uniknąć niezgodności w rejestrowanych danych.

3 Program „Sonel Analiza”

Program *Sonel Analiza* jest aplikacją niezbędną do pracy z analizatorem PQM-700. Umożliwia on:

- konfigurację analizatora,
- odczyt danych z rejestratora,
- podgląd sieci w czasie rzeczywistym,
- kasowanie danych w analizatorze,
- przedstawianie danych w formie tabel,
- przedstawianie danych w formie wykresów,
- analizowanie danych pod kątem normy EN 50160 (raporty), rozporządzenia systemowego i innych zdefiniowanych przez użytkownika warunków odniesienia,
- niezależną obsługę wielu urządzeń,
- aktualizację do nowszych wersji oprogramowania wewnętrznego analizatorów oraz samej aplikacji.

Szczegółowa instrukcja obsługi programu *Sonel Analiza* dostępna jest w osobnym dokumencie (również do pobrania ze strony producenta www.sonel.pl).

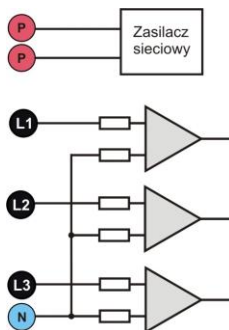
4 Budowa i metody pomiarowe

4.1 Wejścia napięciowe

Budowę bloku wejść napięciowych schematycznie pokazano na Rys. 14. Trzy wejścia fazowe L1, L2, L3 mają wspólną linię odniesienia, którą jest przewód N (neutralny). Taka konfiguracja wejść pozwala zmniejszyć liczbę przewodów potrzebnych do podłączenia analizatora w najbardziej rozbudowanej opcji do czterech. Rysunek ten pokazuje również, że obwód zasilania analizatora jest niezależny od obwodów pomiarowych.

Zasilacz ma nominalny zakres napięć wejściowych 100...415 V AC i posiada oddzielne zaciski.

Analizator posiada jeden zakres napięciowy, o napięciu szczytowym 1150 V (bez obcinania).



Rys. 14. Wejścia napięciowe i zasilacz

4.2 Wejścia prądowe

Analizator posiada cztery niezależne wejścia prądowe o identycznych parametrach. Do każdego z nich można przyłączyć cęgi prądowe twarde o wyjściu napięciowym w standardzie 1 V_{RMS}, lub kilka rodzajów cęgów giętkich Rogowskiego.

Typową sytuacją jest wykorzystanie cęgów giętkich wraz z wbudowanym elektronicznym integratorem. Jednak dla odróżnienia PQM-700 pozwala na bezpośrednie podłączenie do wejścia kanału prądowego samej cewki Rogowskiego, a integracja sygnału jest wykonywana drogą cyfrową.

4.2.1 Cyfrowy integrator

W analizatorze PQM-700 zastosowano rozwiązanie z cyfrową integracją sygnału pochodzącego wprost z cewki Rogowskiego. Takie podejście pozwoliło na wyeliminowanie problemów analogowych integratorów związanych z koniecznością zapewnienia deklarowanej dokładności w okresie długoterminowym i w trudnym środowisku pomiarowym. Analogowe integratory muszą zawierać również układy zabezpieczające przez nasyceniem wyjścia w przypadku obecności na wejściu napięcia stałego.

Idealny integrator ma nieskończone wzmocnienie dla sygnałów stałych, które opada z szybkością 20 dB/dekadę częstotliwości. Przesunięcie fazy jest stałe w całym zakresie częstotliwości i wynosi -90°.

Teoretycznie nieskończone wzmocnienie dla sygnału stałego, jeśli pojawi się na wejściu integratora, powoduje nasycenie jego wyjścia blisko napięcia zasilania i uniemożliwia dalszą jego pracę. W praktycznych układach wprowadza się więc rozwiązanie ograniczające wzmocnienie dla DC do jakiejś ustalonej wartości, a dodatkowo okresowe zerowanie wyjścia. Istnieją również techniki aktywnego kasowania napięcia stałego, polegające na jego pomiarze i podawaniu z powrotem na wejście, ale ze znakiem przeciwnym, efektywnie je kasując. W terminologii angielskiej przyjęło się określenie „leaky integrator” oznaczające tyle co integrator z upływem. Analogowy „leaky integrator” to po prostu integrator z kondensatorem zbocznikowanym rezystorem o dużej wartości. Taki układ staje się wówczas tożsamy z filtrem dolnoprzepustowym o bardzo niskiej częstotliwości przeszczenia.

Cyfrowa implementacja integratora zapewnia doskonale parametry długoterminowe – cała procedura wykonywana jest drogą obliczeniową, nie ma tutaj mowy o efektach starzenia elementów, dryftach itp. Jednak tak samo jak wersja analogowa także i tutaj może wystąpić problem nasycenia i bez odpowiedniego przeciwdziałania może uczynić cyfrową integrację bezużyteczną. Należy pamiętać, że zarówno wzmacniacze wejściowe i przetwornik analogowo-cyfrowy posiadają pewien skończony i niepożądany offset, który musi być usunięty przed procesem integracji. W oprogramowaniu analizatora PQM-700 zawarto filtr cyfrowy, którego zadaniem jest całkowite usunięcie składowej stałej napięcia. Odfiltrowany sygnał jest poddawany cyfrowej integracji. Wynikowa charakte-

rystyka fazowa ma doskonale właściwości a przesunięcie fazy dla najbardziej krytycznych częstotliwości 50 i 60 Hz jest minimalne.

Zapewnienie jak najmniejszego przesunięcia fazy między sygnałami prądu i napięcia jest niezwykle istotne dla uzyskania małych błędów pomiarowych mocy. Można pokazać, że przybliżony błąd pomiaru mocy da się wyrazić zależnością¹:

$$\text{Błąd pomiaru mocy} \approx \text{błąd fazy (w radianach)} \times \tan(\varphi) \times 100 \%$$

gdzie $\tan(\varphi)$ to tangens kąta między prądem a napięciem ich składowych podstawowych. Z powyższego wzoru można wyciągnąć wniosek, że błędy pomiarowe wzrastają wraz z malejącym współczynnikiem przesunięcia fazowego; dla przykładu przy błędzie fazy tylko $0,1^\circ$ i $\cos\varphi=0,5$ błąd wynosi 0,3%. Tak czy inaczej, aby pomiary mocy były precyzyjne, zgodność faz torów napięciowych i prądowych musi być jak najlepsza.

4.3 Próbkowanie sygnału

Sygnał jest próbkowany jednocześnie we wszystkich ośmiu kanałach z częstotliwością zsynchronizowaną z częstotliwością napięcia zasilającego kanału referencyjnego. Częstotliwość ta wynosi 10,24 kHz dla częstotliwości 50 Hz i 60 Hz.

Pojedynczy okres zawiera więc 204,8 próbek dla częstotliwości 50 Hz i 170,67 dla 60 Hz. Zastosowano 16-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, zapewniający 64-krotne nadpróbkowanie.

3-decybelowe analogowe tłumienie torów ustalono dla częstotliwości ok. 12 kHz, natomiast błąd amplitudy dla maksymalnej częstotliwości użytecznej równej 2,4kHz (czyli częstotliwości 40-tej harmonicznej dla sieci 60 Hz) wynosi ok. 0,3 dB. Przesunięcie fazy dla tej samej częstotliwości jest mniejsze niż 15° . Tłumienie w paśmie zaporowym wynosi więcej niż 75 dB.

Należy zwrócić uwagę, że dla poprawnych pomiarów przesunięcia fazowego między harmonicznymi napięcia względem harmonicznich prądu nie jest istotne bezwzględne przesunięcie fazy względem częstotliwości podstawowej, ale zgodność charakterystyk fazowych torów napięciowych z prądowymi. Największy błąd różnicy fazy wynosi dla $f = 2,4$ kHz maks. 15° . Błąd ten maleje wraz ze zmniejszaniem interesującej nas częstotliwości.

4.4 Synchronizacja PLL

Synchronizację częstotliwości próbkowania zrealizowano w sposób sprzętowy. Sygnał napięciowy po przejściu przez obwody wejściowe jest kierowany na filtr pasmowo przepustowy, którego zadaniem jest zmniejszenie poziomu harmonicznich i przepuszczenie jedynie składowej podstawowej napięcia. Następnie sygnał ten jest kierowany do obwodów pętli fazowej jako sygnał odniesienia. Układ PLL generuje częstotliwość będącą wielokrotnością tej częstotliwości odniesienia potrzebną do taktowania przetwornika analogowo-cyfrowego.

Osobną kwestią jest przedział wartości napięcia wejściowego, dla którego układ PLL będzie poprawnie pracował. Norma 61000-4-7 nie podaje tutaj żadnych konkretnych wskazówek ani wymagań. Analizator PQM-700 do poprawnego działania układu PLL wymaga napięcia powyżej ok. 10 V na wejściu L1-N.

4.5 Pomiar częstotliwości

Sygnał do pomiaru 10-sekundowych wartości częstotliwości sieci pobierany jest z kanału napięciowego L1. Jest to ten sam sygnał, który służy do synchronizacji pętli PLL. Sygnał toru L1 jest podawany na filtr pasmowo przepustowy 2-rzędu, którego pasmo przepuszczania ustalono na zakres 40..70 Hz. Filtr ten ma za zadanie zmniejszyć poziom składowych harmonicznich. Następnie z tak odfiltrowanego przebiegu formowany jest sygnał prostokątny. W czasie 10-sekundowego cyklu pomiarowego zliczana jest liczba okresów sygnału oraz ich czas trwania. 10-sekundowe odstępy czasu są wyznaczane przez zegar czasu rzeczywistego (co całkowitą wielokrotność czasu 10 sekund). Częstotliwość jest obliczana jako stosunek liczby zliczonych okresów do czasu ich trwania.

¹ Current sensing for energy metering, William Koon, Analog Devices, Inc.

4.6 Detekcja zdarzeń

Analizator PQM-700 oferuje szerokie możliwości wykrywania zdarzeń w mierzonej sieci. Zdarzeniem nazywamy sytuację, w której wartość wybranego parametru sieci przekracza próg zdefiniowany przez użytkownika.

Fakt wystąpienia zdarzenia jest rejestrowany na karcie pamięci w postaci wpisu zawierającego:

- rodzaj parametru,
- kanał, w którym zdarzenie wystąpiło,
- czasy początku i końca zdarzenia,
- wartość progową ustawioną przez użytkownika,
- wartość ekstremalną parametru zmierzoną podczas trwania zdarzenia,
- wartość średnią parametru zmierzoną podczas trwania zdarzenia.

W zależności od rodzaju parametru można ustawić jeden, dwa lub trzy progi, które będą sprawdzane przez analizator. W Tab. 4 zebrano wszystkie parametry, dla których można wykrywać zdarzenia z wyróżnieniem typów progów.

Tab. 4. Typy progów zdarzeń dla poszczególnych parametrów.

Parametr	Przerwa	Zapad	Wzrost	Minimum	Maksimum
U	Wartość skuteczna napięcia	•	•		
U_{DC}	Składowa stała napięcia				•
f	Częstotliwość			•	•
CF U	Współczynnik szczytu napięcia			•	•
u_2	Współczynnik asymetrii składowej przeciwnej napięcia				•
P_{st}	Wskaźnik migotania światła P_{st}				•
P_{It}	Wskaźnik migotania światła P_{It}				•
I	Wartość skuteczna prądu			•	•
CF I	Współczynnik szczytu prądu				
i_2	Współczynnik asymetrii składowej przeciwnej prądu				•
P	Moc czynna			•	•
Q_1, Q_B	Moc bierna			•	•
S	Moc pozorna			•	•
D, S_N	Moc odkształcenia			•	•
PF	Współczynnik mocy			•	•
$\cos\varphi$	Współczynnik przesunięcia fazowego			•	•
$\tan\varphi$	Współczynnik tangens φ			•	•
E_{P+}, E_{P-}	Energia czynna (pobrana i oddana)				•
E_{Q+}, E_{Q-}	Energia bierna (pobrana i oddana)				•
E_S	Energia pozorna				•
THD _F U	Współczynnik THD _F napięcia				•
$U_{h2...U_{h50}}$	Amplitudy harmonicznych napięcia (rzęd n = 2...50)				•
THD _F I	Współczynnik THD _F prądu				•
$I_{h2...I_{h50}}$	Amplitudy harmonicznych prądu (rzęd n = 2...50)				•

Niektóre z parametrów mogą przyjmować wartości zarówno dodatnie jak i ujemne. Przykładem może być moc czynna, moc bierna i współczynnik mocy. Ponieważ próg detekcji zdarzenia może być tylko dodatni, aby zapewnić poprawną detekcję zdarzeń dla wymienionych parametrów analizator porównuje z ustawionym progiem wartości bezwzględne tych parametrów.

Przykład

Próg zdarzenia od mocy czynnej ustawiono na wartość 10 kW. Jeśli obciążenie ma charakter generatora, moc czynna przy poprawnym podłączeniu cęgów prądowych będzie miała znak ujemny. Jeśli zmierzona wartość bezwzględna mocy czynnej przekroczy wartość progu, czyli 10 kW (np. -11 kW) zostanie zarejestrowane zdarzenie przekroczenia wartości maksymalnej mocy czynnej.

Dwa typy parametrów: wartość skuteczna napięcia i wartość skuteczna prądu mogą generować zdarzenia, które użytkownik może wzbogacić o zapis przebiegów chwilowych (oscylogramów).

Przebiegi aktywnych kanałów (napięciowych i prądowych) są zapisywane przez analizator w momencie rozpoczęcia i zakończenia zdarzenia. W obu przypadkach rejestrowanych jest sześć okresów: dwa przed chwilą rozpoczęcia (zakończenia) zdarzenia i cztery po rozpoczęciu (zakończeniu). Oscylogramy są zapisywane w formacie 8-bitowym z częstotliwością próbkowania 10,24 kHz.

Informacja o zdarzeniu jest zapisywana w momencie jego zakończenia. W niektórych przypadkach może się zdarzyć, że w chwili zakończenia rejestracji jakieś zdarzenie było aktywne (np. trwał zapad napięcia). Informacja o takim zdarzeniu również jest zapisywana, jednak z następującymi zmianami:

- brak jest czasu końca zdarzenia,
- wartość ekstremalna liczona jest tylko za okres do momentu zatrzymania rejestracji,
- wartość średnia nie jest podawana,
- dla zdarzeń związanych z napięciem lub prądem skutecznym dostępny jest jedynie oscylogram początku.

Aby wyeliminować wielokrotną detekcję zdarzenia, gdy wartość parametru oscyluje wokół wartości progowej, wprowadzono definiowaną przez użytkownika histerezę detekcji zdarzeń. Określa się ją w procentach w sposób następujący:

- dla zdarzeń od wartości skutecznej napięcia jest to procent wartości nominalnej napięcia (np. 2% od 230 V, czyli 4,6 V),
- dla zdarzeń od wartości skutecznej prądu jest to procent zakresu nominalnego prądu (np. dla cęgów C-4(A) i braku przekładników prądowych, histereza 2% jest równa $0,02 \times 1000 \text{ A} = 20 \text{ A}$),
- dla pozostałych parametrów histereza jest określona jako procent wartości progu maksymalnego (np. jeśli próg maksymalny dla współczynnika szczytu prądu ustawiono na wartość 4,0 histereza wyniesie $0,02 \times 4,0 = 0,08$).

5 Formuły obliczeniowe

5.1 Sieć jednofazowa

Sieć jednofazowa			
Parametr			Sposób obliczania
Nazwa	Oznaczenie	Jednostka	
Napięcie skuteczne (True RMS)	U_A	V	$U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i^2}$ gdzie U_i jest kolejną próbką napięcia U_{A-N} $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Składowa stała napięcia	U_{ADC}	V	$U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i$ gdzie U_i jest kolejną próbką napięcia U_{A-N} $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Częstotliwość	f	Hz	liczba całkowitych okresów napięcia U_{A-N} zliczonych podczas przedziału 10 s czasu zegarowego podzielonej przez całkowity czas trwania pełnych okresów
Prąd skuteczny (True RMS)	I_A	A	$I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i^2}$ gdzie I_i jest kolejną próbką prądu I_A $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Składowa stała prądu	I_{ADC}	A	$I_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i$ gdzie I_i jest kolejną próbką prądu I_A $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Moc czynna	P	W	$P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i I_i$ gdzie U_i jest kolejną próbką napięcia U_{A-N} I_i jest kolejną próbką prądu I_A $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Moc bierna Budeanu	Q_B	var	$Q_B = \sum_{h=1}^{50} U_h I_h \sin \varphi_h$ gdzie U_h jest h -tą harmoniczną napięcia U_{A-N} I_h jest h -tą harmoniczną prądu I_A φ_h jest h -tym kątem między harmonicznymi U_h i I_h
Moc bierna składowej podstawowej	Q_1	var	$Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$ gdzie U_1 jest składową podstawową napięcia U_{A-N} I_1 jest składową podstawową prądu I_A φ_1 jest kątem między składowymi podstawowymi U_1 i I_1
Moc pozorna	S	VA	$S = U_{ARMS} I_{ARMS}$
Moc pozorna odkształceń	S_N	VA	$S_N = \sqrt{S^2 - (U_1 I_1)^2}$
Moc odkształcenia Budeanu	D_B	var	$D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$
Współczynnik mocy	PF	-	$PF = \frac{P}{S}$ Jeśli $PF < 0$ obciążenie ma charakter generatora Jeśli $PF > 0$ obciążenie ma charakter odbiornika

Współczynnik przesunięcia fazowego	$\cos\varphi$ DPF	-	$\cos\varphi = DPF = \cos(\varphi_{U_1} - \varphi_{I_1})$ gdzie φ_{U_1} jest bezwzględnym kątem składowej podstawowej napięcia U_{A-N} φ_{I_1} jest bezwzględnym kątem składowej podstawowej prądu I_A
Tangens φ (4-kwadrantowy)	$tg\varphi_{(L+)}$	-	$tg\varphi_{(L+)} = \frac{\Delta E_{Q(L+)}}{\Delta E_{P+}}$ gdzie: $\Delta E_{Q(L+)}$ jest przyrostem energii biernej $E_{Q(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, ΔE_{P+} jest przyrostem energii czynnej pobranej E_{P+} w danym przedziale uśredniania
	$tg\varphi_{(C-)}$	-	$tg\varphi_{(C-)} = -\frac{\Delta E_{Q(C-)}}{\Delta E_{P+}}$ gdzie: $\Delta E_{Q(C-)}$ jest przyrostem energii biernej $E_{Q(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, ΔE_{P+} jest przyrostem energii czynnej pobranej E_{P+} w danym przedziale uśredniania
	$tg\varphi_{(L-)}$	-	$tg\varphi_{(L-)} = \frac{\Delta E_{Q(L-)}}{\Delta E_{P+}}$ gdzie: $\Delta E_{Q(L-)}$ jest przyrostem energii biernej $E_{Q(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, ΔE_{P+} jest przyrostem energii czynnej pobranej E_{P+} w danym przedziale uśredniania
	$tg\varphi_{(C+)}$	-	$tg\varphi_{(C+)} = -\frac{\Delta E_{Q(C+)}}{\Delta E_{P+}}$ gdzie: $\Delta E_{Q(C+)}$ jest przyrostem energii biernej $E_{Q(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, ΔE_{P+} jest przyrostem energii czynnej pobranej E_{P+} w danym przedziale uśredniania
Składowe harmoniczne napięcia i prądu	U_{hx} I_{hx}	V A	metoda podgrup harmonicznych wg IEC 61000-4-7 x (rząd harmonicznej) = 1..50
Współczynnik zniekształceń harmoniczných napięcia odniesiony do składowej podstawowej	$THDU_F$	-	$THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$ lub $THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$ gdzie U_h jest h -tą harmoniczną napięcia U_{A-N} U_1 jest składową podstawową napięcia U_{A-N}
Współczynnik zniekształceń harmoniczných napięcia odniesiony do wartości skutecznej	$THDU_R$	-	$THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ lub $THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ gdzie U_h jest h -tą harmoniczną napięcia U_{A-N}

Współczynnik zniekształceń harmoniczných prądu odniesiony do składowej podstawowej	$THDI_F$	-	$THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ lub $THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ gdzie I_h jest h-tą harmoniczną prądu I_A I_1 jest składową podstawową prądu I_A
Współczynnik zniekształceń harmoniczných prądu odniesiony do wartości skutecznej	$THDI_R$	-	$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ lub $THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ gdzie I_h jest h-tą harmoniczną prądu I_A
Współczynnik TDD	TDD	-	$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_L} \times 100\%$ gdzie I_h jest h-tą harmoniczną prądu I_A I_L jest prądem zapotrzebowanym (w trybie automatycznym I_L jest maksymalną wartością średnią składowej podstawowej prądu wyszukaną spośród wszystkich mierzonych kanałów prądowych z całego przedziału rejestracji)
Współczynnik szczytu napięcia	CFU	-	$CFU = \frac{\max U_i }{U_{ARMS}}$ Gdzie operator $\max U_i$ wyraża największą spośród wartości bezwzględnych próbek napięcia U_{A-N} $i = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Współczynnik szczytu prądu	CFI	-	$CFI = \frac{\max I_i }{I_{ARMS}}$ Gdzie operator $\max I_i$ wyraża największą spośród wartości bezwzględnych próbek prądu I_A $i = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Krótkookresowy wskaźnik migotania światła	P_{st}	-	liczony wg normy IEC 61000-4-15
Długookresowy wskaźnik migotania światła	P_{lt}	-	$P_{LT} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{STi}^3}{N}}$ gdzie P_{STi} jest i-tym kolejnym krótkookresowym wskaźnikiem migotania światła

Energia czynna (pobrana i oddana)	E_{P+} E_{P-}	Wh	$E_{P+} = \sum_{i=1}^m P_+(i)T(i)$ $P_+(i) = \begin{cases} P(i) & \text{dla } P(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-} = \sum_{i=1}^m P_-(i)T(i)$ $P_-(i) = \begin{cases} P(i) & \text{dla } P(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \geq 0 \end{cases}$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego <i>P(i)</i> reprezentuje wartość mocy czynnej <i>P</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach
Energia bierna (4-kwadrantowa)	$E_{Q(L+)}$ $E_{Q(C-)}$ $E_{Q(L-)}$ $E_{Q(C+)}$	varh	$E_{Q(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(i)T(i)$ $Q_{L+}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) > 0 \text{ i } P(i) > 0$ $Q_{L+}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(i)T(i)$ $Q_{C-}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) > 0 \text{ i } P(i) < 0$ $Q_{C-}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(i)T(i)$ $Q_{L-}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) < 0 \text{ i } P(i) < 0$ $Q_{L-}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(i)T(i)$ $Q_{C+}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) < 0 \text{ i } P(i) > 0$ $Q_{C+}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego, <i>Q(i)</i> reprezentuje wartość mocy biernej (Budeanu lub IEEE1459) wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym, <i>P(i)</i> reprezentuje wartość mocy czynnej wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach
Energia pozorna	E_S	VAh	$E_S = \sum_{i=1}^m S(i)T(i)$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego <i>S(i)</i> reprezentuje wartość mocy pozornej <i>S</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach

5.2 Sieć dwufazowa

Sieć dwufazowa (niewymienione parametry liczone jak dla sieci jednofazowej)			
Parametr			Sposób obliczania
Nazwa	Oznaczenie	Jednostka	
Całkowita moc czynna	P_{tot}	W	$P_{tot} = P_A + P_B$
Całkowita moc bierna Budeanu	Q_{Btot}	var	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB}$
Całkowita moc bierna składowej podstawowej	Q_{1tot}	var	$Q_{1tot} = Q_{1A} + Q_{1B}$
Całkowita moc pozorna	S_{tot}	VA	$S_{tot} = S_A + S_B$
Całkowita moc pozorna odkształcenia	S_{Ntot}	VA	$S_{Ntot} = S_{NA} + S_{NB}$
Całkowita moc odkształcenia Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB}$
Całkowity współczynnik mocy	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_{tot}}$
Całkowity współczynnik przesunięcia fazowego	$\cos \varphi_{tot}$ DPF_{tot}	-	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{2} (\cos \varphi_A + \cos \varphi_B)$
Całkowity tangens φ (4-kwadrantowy)	$tg \varphi_{tot(L+)}$	-	$tg \varphi_{tot(L+)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ gdzie: $\Delta E_{Q_{tot}(L+)}$ jest przyrostem całkowitej energii biernej $E_{Q_{tot}(L+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, $\Delta E_{P_{tot+}}$ jest przyrostem całkowitej energii czynnej pobranej $E_{P_{tot+}}$ w danym przedziale uśredniania
	$tg \varphi_{tot(C-)}$	-	$tg \varphi_{tot(C-)} = - \frac{\Delta E_{Q_{tot}(C-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ gdzie: $\Delta E_{Q_{tot}(C-)}$ jest przyrostem całkowitej energii biernej $E_{Q_{tot}(C-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, $\Delta E_{P_{tot+}}$ jest przyrostem całkowitej energii czynnej pobranej $E_{P_{tot+}}$ w danym przedziale uśredniania
	$tg \varphi_{tot(L-)}$	-	$tg \varphi_{tot(L-)} = \frac{\Delta E_{Q_{tot}(L-)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ gdzie: $\Delta E_{Q_{tot}(L-)}$ jest przyrostem całkowitej energii biernej $E_{Q_{tot}(L-)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, $\Delta E_{P_{tot+}}$ jest przyrostem całkowitej energii czynnej pobranej $E_{P_{tot+}}$ w danym przedziale uśredniania
	$tg \varphi_{tot(C+)}$	-	$tg \varphi_{tot(C+)} = - \frac{\Delta E_{Q_{tot}(C+)}}{\Delta E_{P_{tot+}}}$ gdzie: $\Delta E_{Q_{tot}(C+)}$ jest przyrostem całkowitej energii biernej $E_{Q_{tot}(C+)}$ (Budeanu/IEEE-1459) w danym przedziale uśredniania, $\Delta E_{P_{tot+}}$ jest przyrostem całkowitej energii czynnej pobranej $E_{P_{tot+}}$ w danym przedziale uśredniania

Całkowita energia czynna (pobrana i oddana)	$E_{P_{tot+}}$ $E_{P_{tot-}}$	Wh	$E_{P_{tot+}} = \sum_{i=1}^m P_{tot+}(i)T(i)$ $P_{tot+}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P_{tot-}} = \sum_{i=1}^m P_{tot-}(i)T(i)$ $P_{tot-}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego, <i>P_{tot}(i)</i> reprezentuje wartość całkowitej mocy czynnej <i>P_{tot}</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym, <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach
Całkowita energia bierna (4-kwadrantowa)	$E_{Q_{tot}(L+)}$ $E_{Q_{tot}(C-)}$ $E_{Q_{tot}(L-)}$ $E_{Q_{tot}(C+)}$	varh	$E_{Q_{tot}(L+)} = \sum_{i=1}^m Q_{L+}(i)T(i)$ $Q_{L+}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) > 0 \text{ i } P(i) > 0$ $Q_{L+}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q_{tot}(C-)} = \sum_{i=1}^m Q_{C-}(i)T(i)$ $Q_{C-}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) > 0 \text{ i } P(i) < 0$ $Q_{C-}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q_{tot}(L-)} = \sum_{i=1}^m Q_{L-}(i)T(i)$ $Q_{L-}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) < 0 \text{ i } P(i) < 0$ $Q_{L-}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ $E_{Q_{tot}(C+)} = \sum_{i=1}^m Q_{C+}(i)T(i)$ $Q_{C+}(i) = Q(i) \text{ jeśli } Q(i) < 0 \text{ i } P(i) > 0$ $Q_{C+}(i) = 0 \text{ w pozostałych przypadkach}$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego, <i>Q(i)</i> reprezentuje wartość całkowitej mocy biernej (Budeanu lub IEEE1459) wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym, <i>P(i)</i> reprezentuje wartość mocy czynnej wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach
Całkowita energia pozorna	$E_{S_{tot}}$	VAh	$E_{S_{tot}} = \sum_{i=1}^m S_{tot}(i)T(i)$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego <i>S_{tot}(i)</i> reprezentuje wartość całkowitej mocy pozornej <i>S_{tot}</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach

5.3 Sieć trójfazowa gwiazda z N

Sieć trójfazowa gwiazda z N (niewymienione parametry liczone jak dla sieci jednofazowej)			
Parametr			Sposób obliczania
Nazwa	Oznaczenie	Jednostka	
Całkowita moc czynna	P_{tot}	W	$P_{tot} = P_A + P_B + P_C$
Całkowita moc bierna Budeanu	Q_{Btot}	var	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB} + Q_{BC}$
Całkowita moc bierna wg IEEE 1459	Q_{I^+}	var	$Q_{I^+} = 3U_{I^+} I_{I^+} \sin \varphi_{I^+}$ gdzie: U_{I^+} jest składową zgodną napięcia (składowej podstawowej) I_{I^+} jest składową zgodną prądu (składowej podstawowej) φ_{I^+} jest kątem między składowymi U_{I^+} i I_{I^+}
Efektywna moc pozorna	S_e	VA	$S_e = 3U_e I_e$ gdzie: $U_e = \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$
Efektywna moc pozorna odkształcenia	S_{eN}	VA	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ gdzie: $S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{3(U_{A1}^2 + U_{B1}^2 + U_{C1}^2) + U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{18}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2}{3}}$
Całkowita moc odkształcenia Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB} + D_{BC}$
Całkowity współczynnik mocy	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$
Całkowity współczynnik przesunięcia fazowego	$\cos \varphi_{tot}$ DPF_{tot}	-	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3} (\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$
Całkowity tangens φ (4-kwadrantowy)	$tg(\varphi_{tot(L+)})$ $tg(\varphi_{tot(C-)})$ $tg(\varphi_{tot(L-)})$ $tg(\varphi_{tot(C+)})$	-	zależność jak dla sieci 2-fazowej
Całkowita energia czynna (pobrana i oddana)	E_{P+tot} E_{P-tot}	Wh	zależność jak dla sieci 2-fazowej
Całkowita energia bierna (4-kwadrantowa)	$E_{Qtot(L+)}$ $E_{Qtot(C-)}$ $E_{Qtot(L-)}$ $E_{Qtot(C+)}$	varh	zależność jak dla sieci 2-fazowej

Całkowita energia pozorna	E_{Stot}	VAh	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ gdzie: i jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego $S_e(i)$ reprezentuje wartość efektywnej mocy pozornej S_e wyliczonej w i-tym oknie pomiarowym $T(i)$ reprezentuje czas trwania i-tego okna pomiarowego w godzinach
Wartość skuteczna składowej zerowej napięcia	U_0	V	$\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{C1})$ $U_0 = \text{mag}(\underline{U}_0)$ gdzie $\underline{U}_{A1}$, $\underline{U}_{B1}$, $\underline{U}_{C1}$ są wektorami składowych podstawowych napięć fazowych U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora
Wartość skuteczna składowej zgodnej napięcia	U_1	V	$\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = \text{mag}(\underline{U}_1)$ gdzie $\underline{U}_{A1}$, $\underline{U}_{B1}$, $\underline{U}_{C1}$ są wektorami składowych podstawowych napięć fazowych U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Wartość skuteczna składowej przeciwnej napięcia	U_2	V	$\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = \text{mag}(\underline{U}_2)$ gdzie $\underline{U}_{A1}$, $\underline{U}_{B1}$, $\underline{U}_{C1}$ są wektorami składowych podstawowych napięć fazowych U_A, U_B, U_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Współczynnik asymetrii napięcia składowej zerowej	u_0	%	$u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\%$
Współczynnik asymetrii napięcia składowej przeciwnej	u_2	%	$u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%$
Składowa zerowa prądu	I_0	A	$\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = \text{mag}(\underline{I}_0)$ gdzie $\underline{I}_{A1}$, $\underline{I}_{B1}$, $\underline{I}_{C1}$ są wektorami składowych podstawowych prądów fazowych I_A, I_B, I_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora

Wartość skuteczna składowej zgodnej prądu	I_1	A	$I_1 = \frac{1}{3}(I_{A1} + aI_{B1} + a^2I_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(I_1)$ gdzie I_{A1} , I_{B1} , I_{C1} są wektorami składowych podstawowych prądów I_A , I_B , I_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora
Wartość skuteczna składowej przeciwnej prądu	I_2	A	$I_2 = \frac{1}{3}(I_{A1} + a^2I_{B1} + aI_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(I_2)$ gdzie I_{A1} , I_{B1} , I_{C1} są wektorami składowych podstawowych napięć fazowych I_A , I_B , I_C Operator $\text{mag}()$ oznacza moduł wektora
Współczynnik asymetrii prądu składowej zerowej	i_0	%	$i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$
Współczynnik asymetrii prądu składowej przeciwnej	i_2	%	$i_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$

5.4 Sieć trójfazowa trójkąt i gwiazda bez N

Sieć trójfazowa trójkąt i gwiazda bez N			
(parametry: napięcie i prąd skuteczny, składowe stałe napięć i prądów, współczynniki THD i K, składowe symetryczne i współczynniki asymetrii, wskaźniki migotania światła, są obliczane jak dla obwodów jednofazowych; zamiast napięć fazowych używa się napięć międzyfazowych)			
Parametr			Sposób obliczania
Nazwa	Oznaczenie	Jednostka	
Napięcie międzyfazowe U_{CA}	U_{CA}	V	$U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$
Prąd I_2 (układy pomiarowe Arona)	I_2	A	$I_2 = -(I_1 + I_3)$
Całkowita moc czynna	P_{tot}	W	$P_{tot} = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^M U_{iAC} I_{iA} + \sum_{i=1}^M U_{iBC} I_{iB} \right)$ gdzie: U_{iAC} jest kolejną próbką napięcia U_{A-C} U_{iBC} jest kolejną próbką napięcia U_{B-C} I_{iA} jest kolejną próbką prądu I_A I_{iB} jest kolejną próbką prądu I_B $M = 2048$ dla sieci 50 Hz i 60 Hz
Całkowita moc pozorna	S_e	VA	$S_e = 3U_e I_e$ gdzie: $U_e = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$
Całkowita moc bierna (Budeanu i IEEE 1459)	Q_{Btot}	var	$Q = N = \text{sign} \sqrt{S_e^2 - P^2}$ gdzie <i>sign</i> jest równe 1 lub -1. Znak jest wyznaczany na podstawie kąta przesunięcia fazowego między unormowanymi składowymi symetrycznymi zgodnymi napięć i prądów.
Całkowita moc odkształcenia Budeanu	D_{Btot}	var	$D_{Btot} = 0$
Efektywna moc pozorna odkształcenia	S_{eN}	VA	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ gdzie: $S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{9}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2}{3}}$
Całkowity współczynnik mocy	PF_{tot}	-	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$
Energia czynna (pobrana i oddana)	E_{Ptot+} E_{Ptot-}	Wh	$E_{P+tot} = \sum_{i=1}^m P_{+tot}(i)T(i)$

			$P_{+tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-tot} = \sum_{i=1}^m P_{-tot}(i)T(i)$ $P_{-tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego <i>P_{tot}(i)</i> reprezentuje wartość całkowitej mocy czynnej <i>P_{tot}</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach
Całkowita energia pozorna	E_{Stot}	VAh	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ gdzie: <i>i</i> jest kolejnym numerem okna pomiarowego 10/12-okresowego <i>S_e(i)</i> reprezentuje wartość całkowitej mocy pozornej <i>S_e</i> wyliczonej w <i>i</i>-tym oknie pomiarowym <i>T(i)</i> reprezentuje czas trwania <i>i</i>-tego okna pomiarowego w godzinach

5.5 Metody uśredniania parametrów

Metody uśredniania parametrów	
Parametr	Metoda uśredniania
Napięcie i prąd skuteczny	RMS
Napięcie i prąd stały (DC)	średnia arytmetyczna
Częstotliwość	średnia arytmetyczna
Współczynnik szczytu U, I	średnia arytmetyczna
Składowe symetryczne U, I	RMS
Współczynniki asymetrii U, I	wyliczane ze średnich wartości składowych symetrycznych
Moc czynna, bierna, pozorna, odkształcenia	średnia arytmetyczna
Współczynnik mocy PF	wyliczany ze średnich wartości mocy
$\cos\varphi$	średnia arytmetyczna
$\tan\varphi$	wyliczany jako stosunek przyrostu energii biernej (w odpowiednim kwadrancie) do przyrostu energii czynnej pobranej
THD U, I	wyliczany jako stosunek średniej wartości RMS wyższych harmonicznych do średniej wartości RMS składowej podstawowej (dla THD-F) lub stosunek średniej wartości RMS wyższych harmonicznych do średniej wartości napięcia skutecznego (dla THD-R)
Amplitudy harmonicznych U, I	RMS

Uwagi:

Wartość średnia RMS liczona jest wg formuły:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2}$$

Średnia arytmetyczna (AVG) liczona jest wg formuły:

$$AVG = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

gdzie:

- X_i jest kolejną wartością parametru podlegającą uśrednianiu,
- N jest liczbą wartości podlegających uśrednieniu.

6 Dane techniczne

- Dane techniczne mogą ulec zmianie bez wcześniejszego powiadomienia. Najnowsze wydania dokumentacji technicznej są dostępne na stronie www.sonel.pl.
- Niepewność podstawowa jest niepewnością urządzenia pomiarowego w warunkach odniesienia podanych w Tab. 5.
- Podane niepewności dotyczą analizatora PQM-700 bez dodatkowych przekładników i cęgów.
- Skróty:
 - w.m. - wartość mierzona wzorcowa,
 - U_{nom} – wartość nominalna napięcia,
 - I_{nom} – zakres nominalny prądu (cęgów),
 - RMS – wartość skuteczna,
 - n – rząd harmonicznej,
 - c.z. – cyfry znaczące – w odniesieniu do rozdzielczości wyniku pomiaru oznacza zapis wartości z podaną liczbą cyfr znaczących, np. rozdzielczość dla napięcia 230V i 4 c.z. będzie równa 0,1 V (zapis 230,0 V); rozdzielczość dla prądu 5 A i 4 c.z. będzie 0,001 A (zapis 5,000 A),
 - δ_{ph} – niepewność dodatkowa od błędu pomiaru fazy między harmonicznymi napięciami i prądem.

6.1 Wejścia

Wejścia napięciowe	
Liczba wejść	4 (L1, L2, L3, N - 3 tory pomiarowe)
Maksymalne napięcie wejściowe (względem ziemi)	760 V _{RMS} 40...70 Hz lub DC
Kategoria pomiarowa	CAT IV 300 V / CAT III 600 V / CAT II 760 V
Szczytowe napięcie wejściowe	±1150 V
Analogowe pasmo przenoszenia (-3 dB)	12 kHz
Przekładniki	definiowane przez użytkownika
Impedancja wejść pomiarowych	14 MΩ
CMRR	70 dB (50 Hz)

Wejścia prądowe	
Liczba wejść	4 (3 fazy + neutralny) niez izolowane galwanicznie
Nominalne napięcie wejściowe (tor cęgów CT)	1 V _{RMS}
Szczytowe napięcie wejściowe (tor cęgów CT, bez obcinania)	±3,6 V
Nominalne napięcie wejściowe (tor cęgów giętkich)	0,125 V _{RMS}
Szczytowe napięcie wejściowe (tor cęgów giętkich, bez obcinania)	±0,45 V
Maksymalne dopuszczalne napięcie wejściowe do ziemi	5 V _{RMS}
Analogowe pasmo przenoszenia (-3 dB)	12 kHz
Impedancja wejściowa	Tor cęgów twardych: 100 kΩ Tor cęgów giętkich: 12,4 kΩ
Zakres pomiarowy (bez przekładników)	Cęgi giętkie F-1(A)/F-2(A)/F-3(A): 1..3000 A (±10 kA szczytowo, 50 Hz) Cęgi giętkie F-2AHD/F-3AHD: 1..3000 A (±10 kA szczytowo, 50 Hz) Cęgi giętkie F-1A6/F-2A6/F-3A6: 1..6000 A (±20 kA szczytowo, 50 Hz) Cęgi giętkie F-1A1/F-2A1/F-3A1: 1..1500 A (±5 kA szczytowo, 50 Hz) Cęgi C-4(A): 1..1200 A Cęgi C-5A: 1..1400 A Cęgi C-6(A): 0,01..12 A Cęgi C-7(A): 0..100 A
Przekładniki	definiowane przez użytkownika
CMRR	60 dB (50 Hz)

6.2 Próbkowanie i zegar RTC

Próbkowanie i zegar RTC	
Przetwornik A/C	16-bitowy
Szybkość próbkowania	10,24 kHz dla 50 Hz i 60 Hz Jednoczesne próbkowanie we wszystkich kanałach
Próbek na okres	204,8 dla 50 Hz; 170,67 dla 60 Hz
Synchronizacja PLL	40..70 Hz
Kanał odniesienia dla układu PLL	L1
Zegar czasu rzeczywistego	±3,5 ppm maks. (ok. ±9 sekund/miesiąc) w zakresie temperatury -20°C...+55°C

6.3 Mierzone parametry - dokładności, rozdzielczości i zakresy

6.3.1 Warunki odniesienia

Tab. 5. Warunki odniesienia.

Warunki odniesienia	
Temperatura otoczenia	23°C ±2°C
Wilgotność względna	40...60%
Asymetria napięcia	≤ 0,1% dla współczynnika asymetrii składowej przeciwnej (dot. tylko układów trójfazowych)
Zewnętrzne ciągłe pole magnetyczne	≤ 40 A/m (stałe) ≤ 3 A/m (zmienne) dla częstotliwości 50/60 Hz
Składowa stała napięcia i prądu	zerowa
Przebiegi	sinusoidalne
Częstotliwość	50 Hz ±0,2% lub 60 Hz ±0,2%

6.3.2 Napięcie

Napięcie	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
U _{RMS} (AC+DC)	20% U _{nom} ≤ U _{RMS} ≤ 120% U _{nom} dla U _{nom} ≥ 100 V	4 c.z.	±0,5% U _{nom}
Współczynnik szczytu	1..10 (1..1,65 dla napięcia 690 V) dla U _{RMS} ≥ 10% U _{nom}	0,01	±5%

6.3.3 Prąd

Prąd	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
I _{RMS} (AC+DC)	Tor wejściowy bez cęgów		
	tor CT: 0..1 V (±3,6 V maks.)	4 c.z.	±0,2% I _{nom}
	tor cęgów giętkich: 0..125 mV (±450 mV maks.)		
	Cęgi giętkie F-1(A)/F-2(A)/F-3(A)		
	0..3000 A (±10 kA)	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi giętkie F-2AHD/F-3AHD		
	0..3000 A (±10 kA maks.)	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi giętkie F-1A6/F-2A6/F-3A6		
	0..6000 A (±20 kA maks.)	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi giętkie F-1A1/F-2A1/F-3A1		
	0..1500 A (±5 kA maks.)	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi twarde C-4(A)		
	0..1200 A	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi twarde C-5A		
	0..1400 A	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi twarde C-6(A)		
	0..12 A	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
	Cęgi twarde C-7(A)		
	0..100 A	4 c.z.	Niepewność dodatkowa Patrz instrukcja obsługi cęgów
Współczynnik szczytu	1..10 (1..3,6 dla I _{nom}) dla I _{RMS} ≥ 1% I _{nom}	0,01	±5%

6.3.4 Częstotliwość

Częstotliwość	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
f	40..70 Hz $10\% U_{nom} \leq U_{RMS} \leq 120\% U_{nom}$	0,01 Hz	$\pm 0,05$ Hz

6.3.5 Harmoniczne

Harmoniczne	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
Rząd harmonicznej (n)	DC, 1..50, grupowanie: podgrupy harmoniczne wg IEC 61000-4-7		
Amplituda U_{RMS}	$0..200\% U_{nom}$	4 c.z.	$\pm 0,15\% U_{nom}$ jeśli w.m.<3% U_{nom} $\pm 5\%$ w.m. jeśli w.m. $\geq 3\% U_{nom}$ (wg IEC 61000-4-7 klasa II)
Amplituda I_{RMS}	W zależności od użytych cęgów (patrz specyfikacja I_{RMS})	4 c.z.	$\pm 0,5\% I_{nom}$ jeśli w.m.<10% I_{nom} $\pm 5\%$ w.m. jeśli w.m. $\geq 10\% I_{nom}$ (wg IEC 61000-4-7 klasa II)
THD-R napięcia (n = 2..40 lub n = 2..50)	$0,0...100,0\%$ dla $U_{RMS} \geq 1\% U_{nom}$	0,1%	$\pm 5\%$
THD-R prądu (n = 2..40 lub n = 2..50)	$0,0...100,0\%$ dla $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$	0,1%	$\pm 5\%$
TDD (n = 2..40)	zależne od I_L	zależna od I_L	zależna od I_L

6.3.6 Moc i energia

Moc i energia	Warunki (dla mocy i energii $80\% U_{nom} \leq U_{RMS} \leq 120\% U_{nom}$)	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa (1)
Moc czynna Energia czynna	$2\% I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$ $\cos\varphi = 1$	4 c.z.	$\pm \sqrt{2,5^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$5\% I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ $\cos\varphi = 1$		$\pm \sqrt{2,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$5\% I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$ $\cos\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{2,5^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$10\% I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ $\cos\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{2,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
Moc bierna Energia bierna	$2\% I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$ $\sin\varphi = 1$	4 c.z.	$\pm \sqrt{4,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$5\% I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 1$		$\pm \sqrt{3,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$5\% I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{4,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$10\% I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{3,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	$10\% I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,25$		$\pm \sqrt{4,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
Moc pozorna Energia pozorna	$2\% I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$	4 c.z.	$\pm 2,5\%$
	$5\% I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$		$\pm 2,0\%$
Współczynnik mocy (PF)	$0...1$ $50\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ $10\% I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$	0,01	$\pm 0,03$
Współczynnik przesunięcia fazowego ($\cos\varphi$ /DPF)	$0...1$ $50\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ $10\% I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$	0,01	$\pm 0,03$

(1) Patrz rozdz. 6.3.7 Szacowanie niepewności pomiaru mocy i energii.

6.3.7 Szacowanie niepewności pomiaru mocy i energii

Całkowita niepewność pomiaru mocy i energii czynnej i biernej (składowej podstawowej) oraz mocy harmonicznych bazuje w uogólnieniu na następującej zależności (dla energii pomija się niepewność dodatkową od pomiaru czasu, jako dużo mniejszą niż pozostałe niepewności):

$$\delta_{p,q} \cong \sqrt{\delta_{Uh}^2 + \delta_{Ih}^2 + \delta_{ph}^2}$$

gdzie: $\delta_{p,q}$ – niepewność pomiaru mocy czynnej lub biernej,
 δ_{Uh} – sumaryczna niepewność pomiaru amplitudy harmonicznej napięcia (analizator, przekładniki, cęgi),
 δ_{Ih} – sumaryczna niepewność pomiaru amplitudy harmonicznej prądu (analizator, przekładniki, cęgi),
 δ_{ph} – niepewność dodatkowa wynikająca z błędu pomiaru fazy między harmonicznymi napięciem i prądem.

Niepewność δ_{ph} można wyznaczyć jeśli znany jest kąt przesunięcia fazowego dla interesującego nas zakresu częstotliwości. W Tab. 6 przedstawiono błąd różnicy faz między harmonicznymi napięciem i prądem dla analizatora PQM-700 (bez cęgów i przekładników).

Tab. 6. Błąd fazy analizatora PQM-700 w zależności od częstotliwości.

Zakres częstotliwości	0..200 Hz	200..500 Hz	500 Hz..1 kHz	1..2 kHz	2..3 kHz
Błąd	$\leq 1^\circ$	$\leq 2,5^\circ$	$\leq 5^\circ$	$\leq 10^\circ$	$\leq 15^\circ$

Błąd fazowy wprowadzany przez użyte przekładniki i cęgi można zwykle znaleźć w ich dokumentacji technicznej. W takim przypadku należy oszacować wynikowy błąd fazy między napięciem i prądem dla interesującej nas częstotliwości, wprowadzany przez wszystkie elementy toru pomiarowego: przekładniki napięciowe i prądowe, cęgi oraz analizator.

Niepewność pomiaru wynikającą z błędu fazy dla mocy czynnej harmonicznych można wyznaczyć na podstawie zależności:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) [\%], \quad \cos\varphi \neq 0$$

Z kolei niepewność pomiaru mocy biernej harmonicznych można wyznaczyć z zależności:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\sin(\varphi - \Delta\varphi)}{\sin\varphi} \right) [\%], \quad \sin\varphi \neq 0$$

W obu tych wzorach φ oznacza rzeczywisty kąt przesunięcia między harmonicznymi prądem i napięciem, a $\Delta\varphi$ sumaryczny błąd fazy dla danej częstotliwości. Z przedstawionych zależności można wyciągnąć wniosek, że niepewność pomiaru mocy, dla takiego samego błędu fazy, bardzo wyraźnie zależy od współczynnika przesunięcia fazowego między prądem i napięciem. Pokazano to na Rys. 15.

Przykład

Obliczenie niepewności pomiaru mocy czynnej składowej podstawowej.

Warunki: $\varphi = 60^\circ$, $U_{RMS} \cong U_{nom}$, $I_{RMS} = 5\% I_{nom}$.

Niepewność podstawowa wynosi $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$.

Dla zakresu częstotliwości 0..200 Hz błąd fazy PQM-700 wynosi mniej niż 1° . Po podstawieniu do zależności:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) = 100 \left(1 - \frac{\cos(61^\circ)}{\cos(60^\circ)} \right) = 3,04\%$$

zatem niepewność pomiaru wyniesie:

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 3,04^2} = \pm 3,20\%$$

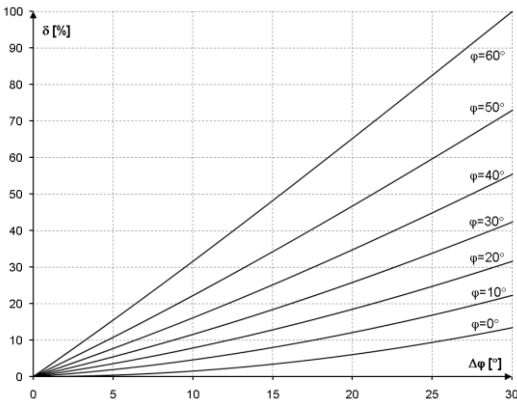
W tych samych warunkach, ale przy przesunięciu fazowym $\varphi = 10^\circ$, otrzymamy:

$$\delta_{ph} = 100 \left(1 - \frac{\cos(11^\circ)}{\cos(10^\circ)} \right) = 0,32\%$$

a niepewność pomiaru wyniesie:

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 0,32^2} = \pm 1,05\%$$

Powyższe wyliczenia nie uwzględniają błędów dodatkowych wprowadzanych przez użyte cęgi prądowe oraz przekładniki.



Rys. 15. Niepewność dodatkowa od błędu fazy w zależności od kąta przesunięcia fazowego.

6.3.8 Migotanie światła

Migotanie światła (flicker)	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
P _{st} (10 min.), P _{lt} (2 h)	0,4...10 dla U _{RMS} ≥ 80% U _{nom}	0,01	±10% w obrębie wartości stabilizowanych w normie IEC 61000-4-15

6.3.9 Asymetria

Asymetria (napiecie i prąd)	Zakres i warunki	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
Współczynnik asymetrii składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej	0,0%...10,0% dla $80\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$	0,1%	$\pm 0,3\%$ (niepewność bezwzględna)

6.4 Detekcja zdarzeń - wartości skuteczne napięcia i prądu

Napięcie U_{RMS} (zapady, przerwy i wzrosty)	Zakres	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
$U_{RMS(1/2)}$	0,0%...120,0% U_{nom}	4 c.z.	$\pm 1\% U_{nom}$
Progi detekcji	Ustawiane przez użytkownika w procentach lub wartościach bezwzględnych. Wykrywanie zdarzenia oparte na pomiarze $U_{RMS(1/2)}$ (wartość skuteczna 1-okresowa odświeżana co ½ okresu).		
Czas trwania	hh:mm:ss.ms	Pół okresu	Jeden okres
Zapis oscylogramu	2 okresy przed zdarzeniem + 4 okresy po zdarzeniu (razem 6 okresów) 204,8/170,67 (50 Hz/60 Hz) próbek na okres		

Prąd I_{RMS} (min, maks)	Zakres	Rozdzielczość	Niepewność podstawowa
$I_{RMS(1/2)}$	0,0%...100,0% I_{nom}	4 c.z.	$\pm 0,5\% I_{nom}$
Progi detekcji	Ustawiane przez użytkownika w procentach lub wartościach bezwzględnych. Wykrywanie zdarzenia oparte na pomiarze $I_{RMS(1/2)}$ (wartość skuteczna 1-okresowa odświeżana co ½ okresu).		
Czas trwania	hh:mm:ss.ms	Pół okresu	Jeden okres
Zapis oscylogramu	2 okresy przed zdarzeniem + 4 okresy po zdarzeniu (razem 6 okresów) 204,8/170,67 (50 Hz/60 Hz) próbek na okres		

6.5 Detekcja zdarzeń - pozostałe parametry

Parametr	Zakres	Metoda detekcji
Częstotliwość (min, maks)	40...70 Hz (procentowo lub bezwzględnie)	Detekcja bazowana na pomiarze 10s (wg IEC 61000-4-30)
Współczynnik szczytu napięcia (min, maks)	1,0...10,0	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik szczytu prądu (min, maks)	1,0...10,0	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik asymetrii składowej przeciwnej napięcia (maks)	0,0...20,0%	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik asymetrii składowej przeciwnej prądu (maks)	0,0...20,0%	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Krótkookresowy wskaźnik migotania światła P_{st} (maks)	0..20	Na podstawie wartości 10-minutowej
Długookresowy wskaźnik migotania światła P_{li} (maks)	0..20	Na podstawie wartości 2-godzinnej
Moc czynna P (min, maks)	W zależności od konfiguracji	Na podstawie wartości 10/12-okresowej (dla mocy pobranej i oddanej)
Moc bierna Q (min, maks)	W zależności od konfiguracji	Na podstawie wartości 10/12-okresowej (dla mocy pobranej i oddanej)
Moc pozorna S (min, maks)	W zależności od konfiguracji	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Moc odkształcenia D/Moc pozorna odkształcenia S_N (min, maks)	W zależności od konfiguracji	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik mocy PF (min, maks)	0...1	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik przesunięcia fazowego $\cos\phi$ /DPF (min, maks)	0...1	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
$\tan\phi$ 4-kwadrantowy (min, maks)	0...10	Na podstawie wartości 10/12-okresowej

6 Dane techniczne

Energia czynna E_P (maks)	W zależności od konfiguracji	Przekroczenie sprawdzane co 10/12 okresów (dla energii pobranej i oddanej)
Energia bierna E_Q (maks)	W zależności od konfiguracji	Przekroczenie sprawdzane co 10/12 okresów (dla energii pobranej i oddanej)
Energia bierna E_Q 4-kwadrantowa (maks)	W zależności od konfiguracji	Przekroczenie sprawdzane co 10/12 okresów
Współczynnik zawartości harmonicznych THD-F napięcia (maks)	0...100%	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Współczynnik zawartości harmonicznych THD-F prądu (maks)	0...200%	Na podstawie wartości 10/12-okresowej
Amplitudy harmonicznych napięcia (maks)	0...100% lub bezwzględnie	Na podstawie wartości 10/12-okresowej; Niezależne progi dla wszystkich harmonicznych w zakresie 2...50
Amplitudy harmonicznych prądu (maks)	0...200% lub bezwzględnie	Na podstawie wartości 10/12-okresowej; Niezależne progi dla wszystkich harmonicznych w zakresie 2...50

6.5.1 Histereza detekcji zdarzeń

Histereza detekcji zdarzeń	Zakres	Metoda obliczania
Histereza	0..10%	Dla każdego z parametrów liczona jako procent wartości progu maks.

6.6 Pomiar prądu rozruchu

Zakres	Rozdzielczość	Błąd podstawowy
0...100% In	4 c.z.	$\pm 0,5\%$ In

- pomiar napięcia i prądu co ½ okresu we wszystkich kanałach (uśrednianie co ½ okresu),
- czas pomiaru maksymalnie 60 s.

6.7 Rejestracja

Rejestrator	
Czas uśredniania ⁽¹⁾	1 s, 3 s, 10 s, 30 s, 1 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min. Tryb specjalny: ½ okresu (do rejestracji przebiegów z ograniczonym czasem rejestracji do 60 s, np. prąd rozruchu) ⁽²⁾
Uśrednianie min/maks dla U_{RMS}	½ okresu, okres, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s ⁽³⁾
Uśrednianie min/maks dla I_{RMS}	½ okresu, okres, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s ⁽³⁾
Zrzut oscylogramów	Możliwość zapisu 3 okresów oscylogramów aktywnych kanałów po każdym okresie uśredniania
Tryby uruchomienia rejestracji	ręczny od pierwszego wykrytego zdarzenia według harmonogramu (cztery definiowane przedziały czasu)
Punkty pomiarowe	1, niezależna konfiguracja użytkownika
Czas rejestracji	Zależny od konfiguracji
Pamięć	Wbudowana karta pamięci 2 GB
Model pamięci	Liniowy
Zabezpieczenia	Możliwość zablokowania klawiatury przed nieautoryzowanym dostępem

(1) Czasy uśredniania mniejsze od 10 s są w rzeczywistości równe wielokrotności okresu sieci:

1 s – 50/60 okresów, 3 s – 150/180 okresów.

(2) $U_{RMS(1/2)}$ i $I_{RMS(1/2)}$ oznaczają wartości skuteczne za 1 okres odświeżane co ½ okresu.

(3) Okresy uśredniania min./maks. 1 s, 3 s są w rzeczywistości równe wielokrotności okresu sieci: 1 s – 50/60 okresów, 3 s – 150/180 okresów.

Rejestrowane parametry	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Wartość chwilowa
Napięcie skuteczne fazowe/międzyfazowe (w zależności od typu układu) U_{RMS}	•	•	•	•
Napięcie skuteczne międzyfazowe (tylko układ 3-fazowy gwiazda z N i 2-fazowy) U_{RMS}	•			
Prąd skuteczny I_{RMS}	•	•	•	•
Częstotliwość f	•	•	•	•
Współczynnik szczytu napięcia CF U	•	•	•	•
Współczynnik szczytu prądu CF I	•	•	•	•
Współczynniki asymetrii składowej przeciwnej i zgodnej, składowe symetryczne: przeciwna, zgodna, zerowa (napięcie) U_0, U_1, U_2, u_0, u_2	•	•	•	•
Współczynniki asymetrii składowej przeciwnej i zgodnej, składowe symetryczne: przeciwna, zgodna, zerowa (prąd) I_0, I_1, I_2, i_0, i_2	•	•	•	•
Wskaźniki migotania światła P_{st} i P_R	•	•	•	•
Moc czynna (pobrana i oddana) P_+, P_-	•	•	•	•
Moc bierna (pobrana i oddana) $Q_+, Q_- / Q_{B+}, Q_{B-}$	•	•	•	•
Moc pozorna S	•	•	•	•
Moc odkształcenia D/ Moc pozorna odkształcenia S_N	•	•	•	•
Współczynnik mocy PF	•	•	•	•
Współczynnik przesunięcia fazowego $\cos\phi$ /DPF	•	•	•	•
Współczynnik $\tan\phi$ (4 kwadranty): $\tan\phi(L+), \tan\phi(C-), \tan\phi(L-), \tan\phi(C+)$	•	•	•	•
Energia czynna (pobrana i oddana) E_{P+}, E_{P-}				•
Energia bierna (4 kwadranty): $E_{Q(L+)}, E_{Q(C-)}, E_{Q(L-)}, E_{Q(C+)}$				•
Energia pozorna E_S				•
Współczynnik zniekształceń harmonicznych THD-F napięcia	•	•	•	•
Współczynnik zniekształceń harmonicznych THD-F prądu	•	•	•	•
Współczynnik TDD	•			
Amplitudy harmonicznych napięcia $U_{h1}...U_{h50}$	•	•	•	•
Amplitudy harmonicznych prądu $I_{h1}...I_{h50}$	•	•	•	•

6.8 Zasilanie sieciowe, akumulator i grzałka

Zasilanie sieciowe	
Zakres napięć wejściowych (nominalny)	100...415 V AC, 40...70 Hz 140...415 V DC
Zakres napięć wejściowych (z fluktuacjami)	90...460 V AC, 40...70 Hz 127...460 V DC
Kategoria przepięciowa zasilacza	Wysokość do 4000 m: CAT IV 300 V / CAT III 415 V / CAT III 460 V (z fluktuacjami) Wysokość 4000-5000 m: CAT III 300 V / CAT II 415 V / CAT II 460 V (z fluktuacjami)
Pobór mocy z sieci (maksymalny)	30 VA
Pobór mocy z sieci w zależności od konfiguracji (typowy)	brak ładowania akumulatora, grzałka wyłączona, napięcie zasilania 230 V AC 6 VA / 3 W brak ładowania akumulatora, grzałka włączona, napięcie zasilania 230 V AC 11 VA / 8 W ładowanie akumulatora, grzałka wyłączona, napięcie zasilania 230 V AC 14 VA / 11 W ładowanie akumulatora, grzałka włączona, napięcie zasilania 230 V AC 22 VA / 16 W ładowanie akumulatora, grzałka włączona, napięcie zasilania 400 V AC 27 VA / 16 W

Akumulator	
Typ	Li-Ion 4,4 Ah
Czas pracy z zasilaniem akumulatorowym	> 6 h
Czas ładowania akumulatora (całkowicie rozładowanego)	do 8 h
Dopuszczalny zakres temperatur ładowania	-10°C ... +60°C
Pobór prądu z akumulatora w trybie wyłączenia analizatora (brak zasilania sieciowego)	< 1 mA

Grzałka	
Próg temperatury włączenia grzałki	+5°C
Zasilanie grzałki	z wbudowanego zasilacza sieciowego
Moc grzałki	maks. 5 W

6.9 Obsługiwane typy sieci

Typy obsługiwanych sieci (pośrednio i bezpośrednio)	
1-fazowa	Jednofazowa z przewodem neutralnym (zaciski L1, N)
2-fazowa (split-phase)	Dwufazowa z przewodem neutralnym (zaciski L1, L2, N)
3-fazowa gwiazda z N	Trójfazowa 4-przewodowa (zaciski L1, L2, L3, N)
3-fazowa trójkąt	Trójfazowa 3-przewodowa (zaciski L1, L2, L3, N zwarty z L3)
3-fazowa trójkąt Arona	Trójfazowa 3-przewodowa (zaciski L1, L2, L3, N zwarty z L3), z dwoma cęgami prądowymi
3-fazowa gwiazda bez N	Trójfazowa typu gwiazda 3-przewodowa (zaciski L1, L2, L3, N zwarty z L3)
3-fazowa gwiazda bez N Arona	Trójfazowa typu gwiazda 3-przewodowa (zaciski L1, L2, L3, N zwarty z L3), z dwoma cęgami prądowymi

6.10 Obsługiwane cęgi prądowe

Typy obsługiwanych cęgów prądowych	
F-1(A)	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 120 cm, zakres pomiarowy 3000 A _{RMS}
F-2(A)	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 80 cm, zakres pomiarowy 3000 A _{RMS}
F-3(A)	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 45 cm, zakres pomiarowy 3000 A _{RMS}
F-2AHD	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 91,5 cm, zakres pomiarowy 3000 A _{RMS}
F-3AHD	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 45 cm, zakres pomiarowy 3000 A _{RMS}
F-1A6	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 120 cm, zakres pomiarowy 6000 A _{RMS}
F-2A6	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 80 cm, zakres pomiarowy 6000 A _{RMS}
F-3A6	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 45 cm, zakres pomiarowy 6000 A _{RMS}
F-1A1	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 120 cm, zakres pomiarowy 1500 A _{RMS}
F-2A1	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 80 cm, zakres pomiarowy 1500 A _{RMS}
F-3A1	Cęgi giętkie (cewka Rogowskiego), obwód 45 cm, zakres pomiarowy 1500 A _{RMS}
C-4(A)	Cęgi typu CT, AC, zakres pomiarowy 1200 A _{RMS}
C-5A	Cęgi typu CT z czujnikiem Halla, AC/DC, zakres pomiarowy 1400 A _{RMS}
C-6(A)	Cęgi typu CT, AC, do małych prądów, zakres pomiarowy 12 A _{RMS}
C-7(A)	Cęgi typu CT, AC, zakres pomiarowy 100 A _{RMS}

UWAGA: Cęgi z literą A na końcu oznaczenia (np. F-3A) są odmianą cęgów z automatycznym wykrywaniem ich typu w kompatybilnych urządzeniach. Pozostałe parametry są identyczne jak w cęgach bez obsługi tego rozpoznawania. Obsługa rozpoznawania typu cęgów jest dostępna w analizatorach PQM-700 w wersjach sprzętowych HWc i nowszych, wraz z firmwarem 1.30 lub nowszym.

6.11 Komunikacja

Komunikacja	
USB	Maks. prędkość transmisji: 921,6 kbit/s Kompatybilne z USB 2.0

6.12 Warunki środowiskowe i pozostałe dane techniczne

Warunki środowiskowe	
Zakres temperatur pracy	-20°C...+55°C
Zakres temperatur przechowywania	-30°C...+60°C
Wilgotność	10...90% z możliwą kondensacją
Wysokość pracy	do 4000 m (4000-5000 m z obniżoną kategorią pomiarową CAT III 300 V / CAT II 600 V)
Szczelność (wg IEC 60529)	IP65
Warunki odniesienia	Temperatura otoczenia: 23°C ±2°C Wilgotność: 40...60%
Wymiary	200 x 180 x 77 mm (bez przewodów)
Masa	ok. 1,6 kg
Wyświetlacz	5 diod LED sygnalizujących stan pracy
Pamięć danych	wymienna karta pamięci 2 GB (w standardzie), możliwość rozszerzenia do 32 GB (opcja).

6.13 Bezpieczeństwo i kompatybilność elektromagnetyczna

Bezpieczeństwo i EMC	
Zgodność z	IEC 61010-1, Edycja 3.0
Kategoria pomiarowa (wejścia pomiarowe)	Wysokość do 4000 m: IV 300 V / III 600 V / II 760 V Wysokość 4000-5000 m: III 300 V / II 600 V klasa zanieczyszczenia 2
Kategoria przepięciowa (zasilacz sieciowy)	Wysokość do 4000 m: IV 300 V / III 415 V / III 460 V (z uwzględnieniem fluktuacji) Wysokość 4000-5000 m: III 300 V / II 415 V / II 460 V (z uwzględnieniem fluktuacji) klasa zanieczyszczenia 2
Izolacja	Podwójna wg IEC 61010-1
Kompatybilność elektromagnetyczna	IEC 61326
Odporność na zakłócenia o częstotliwościach radiowych	IEC 61000-4-3 modulacja sinusoidalna 80% AM, 1 kHz 80...1000 MHz, 10 V/m 1,4...2,0 GHz, 3 V/m 2,0...2,7 GHz, 1 V/m
Odporność na wyładowania elektrostatyczne	IEC 61000-4-2 Wyładowanie w powietrzu: 8 kV Wyładowanie kontaktowe: 4 kV
Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej	IEC 61000-4-6 modulacja sinusoidalna 80% AM, 1 kHz 0,15...80 MHz, 10V
Odporność na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych	IEC 61000-4-4 Amplituda 2 kV, 5 kHz
Odporność na udary	IEC 61000-4-5 Amplituda 2 kV (L-L)
Emisja zakłóceń promieniowanych o częstotliwościach radiowych	IEC 61000-6-3 30...230 MHz, 30 dB(μV/m) w odległości 10 m 230...1000 MHz, 37 dB(μV/m) w odległości 10 m
Emisja zakłóceń przewodzonych	IEC 61000-6-3 Poziomy dla detektora quasi-szczytowego: 0,15 kHz...0,5 MHz: 66 dBμV...56 dBμV 0,5 MHz...5 MHz: 56 dBμV 5 MHz...30 MHz: 60 dBμV

6.14 Standardy

Standardy	
Metody pomiarowe	IEC 61000-4-30 klasa S
Dokładność pomiarów	IEC 61000-4-30 klasa S
Jakość energii	EN 50160
Migotanie światła	IEC 61000-4-15
Harmoniczne	IEC 61000-4-7
Standard jakości	opracowanie, projekt i produkcja zgodnie z ISO 9001

7 Czyszczenie i konserwacja

Uwaga

Należy stosować jedynie metody konserwacji podane przez producenta w niniejszej instrukcji.

Obudowę analizatora można czyścić miękką, wilgotną szmatką używając ogólnie dostępnych detergentów. Nie należy używać żadnych rozpuszczalników ani środków czyszczących, które mogłyby porysować obudowę (proszki, pasty itp.).

Przewody można oczyścić używając wody z dodatkiem detergentów, następnie wytrzeć do sucha.

Układ elektroniczny analizatora nie wymaga konserwacji.

8 Magazynowanie

Przy przechowywaniu przyrządu należy przestrzegać poniższych zaleceń:

- odłączyć od miernika wszystkie przewody,
- dokładnie wyczyścić miernik i wszystkie akcesoria,
- aby uniknąć całkowitego rozładowania akumulatorów przy długim przechowywaniu należy je co jakiś czas doładowywać.

9 Rozbiórka i utylizacja

Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny należy gromadzić selektywnie, tj. nie umieszczać z odpadami innego rodzaju.

Zużyty sprzęt elektroniczny należy przekazać do punktu zbiórki zgodnie z Ustawą o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym.

Przed przekazaniem sprzętu do punktu zbiórki nie należy samodzielnie demontować żadnych części z tego sprzętu.

Należy przestrzegać lokalnych przepisów dotyczących wyrzucania opakowań, zużytych baterii i akumulatorów.

10 Akcesoria opcjonalne

- Parametry dotyczą cęgów będących aktualnie w ofercie. Parametry wszystkich cęgów z danej serii znajdują się w instrukcji obsługi danego akcesorium.
- Pełne zestawienie akcesoriów znajduje się na stronie internetowej producenta.

					
	C-4A	C-5A	C-6A	C-7A	
	WACEGC4AOKR	WACEGC5AOKR	WACEGC6AOKR	WACEGC7AOKR	
Prąd znamionowy	1200 A AC	1000 A AC 1400 A DC	12 A AC	100 A AC	
Częstotliwość	30 Hz...10 kHz	DC...5 kHz	40 Hz...10 kHz	40 Hz...1 kHz	
Maks. średnica mierzonego przewodu	52 mm	39 mm	20 mm	24 mm	
Minimalna dokładność	≤0,5%	≤1,5%	≤1%	0,5%	
Zasilanie bateryjne	—	√	—	—	
Długość przewodu	2,2 m	2,2 m	2,2 m	3 m	
Kategoria pomiarowa	IV 300 V	IV 300 V	IV 300 V	III 300 V	
Stopień ochrony obudowy	IP40				
					
	F-1A1 / F-1A / F-1A6	F-2A1 / F-2A / F-2A6	F-3A1 / F-3A / F-3A6	F-2AHD	F-3AHD
	WACEGF1A1OKR WACEGF1AOKR WACEGF1A6OKR	WACEGF2A1OKR WACEGF2AOKR WACEGF2A6OKR	WACEGF3A1OKR WACEGF3AOKR WACEGF3A6OKR	WACEGF2AHDOKR	WACEGF3AHDOKR
Prąd znamionowy	1500 / 3000 / 6000 A AC	1500 / 3000 / 6000 A AC	1500 / 3000 / 6000 A AC	3000 A AC	
Częstotliwość	40 Hz...10 kHz			10 Hz...20 kHz	
Maks. średnica mierzonego przewodu	380 mm	250 mm	140 mm	290 mm	145 mm
Minimalna dokładność	0,5%			0,5%	
Zasilanie bateryjne	—			—	
Długość przewodu	2,5 m			2,5 m	
Kategoria pomiarowa	IV 600 V			IV 600 V	
Stopień ochrony obudowy	IP67			IP65	

11 Producent

Producentem przyrządu prowadzącym serwis gwarancyjny i pogwarancyjny jest:

SONEL S.A.

ul. Wokulskiego 11

58-100 Świdnica

tel. +48 74 884 10 53 (Biuro Obsługi Klienta)

e-mail: bok@sonel.pl

internet: www.sonel.pl

Uwaga

Do prowadzenia napraw serwisowych upoważniony jest jedynie producent.

NOTATKI

NOTATKI



SONEL S.A.

ul. Wokulskiego 11
58-100 Świdnica

Biuro Obsługi Klienta

tel. +48 74 884 10 53

e-mail: bok@sonel.pl

www.sonel.pl