

Rejestratory jakości napięcia

Doc. Ing. Ladislav Pospíchal, CSc. Prezes Zarządu
MEGA – Měřicí Energetické Aparáty, a. s.,

Europejskie standardy dot. pomiaru jakości napięcia.

Jakość napięcia jest oceniana za pomocą metod statystycznych opisanych w normie podstawowej EN 50160, aktualnie jest ważna jej trzecia edycja. Właściwości i dokładność przyrządów przeznaczonych do pomiaru jakości napięcia są podane w normie EN 61000-4-30. w jej aktualnej drugiej edycji zdefiniowano klasę pomiarową A i klasę S dla przyszłych przyrządów pomiarowych. Przyrządy klasy pomiarowej A należy stosować, rozwiązując problemy wynikające z umowy pomiędzy dostawcą a odbiorcą energii elektrycznej. Przyrządy klasy pomiarowej S są używane do pomiarów statystycznych i roboczych. Norma IEC 62586 wykazuje zgodność metod pomiaru jakości napięcia stosowanych w przyrządach klasy A i klasy S z metodami ustalonymi. Oprócz w/w norm istnieją również specjalistyczne normy EN dot. poszczególnych parametrów jakości napięcia dla: harmonicznym i interharmonicznym, szybkich zmian napięcia, niesymetrii. Wymagania bezpieczeństwa przyrządów pomiarowych dotyczące również rejestratorów jakości napięcia są określone w normach EN 61010-1, Ed.2 i EN 61010-2-030. Wymagania EMC są określone w normie ujednocionej EN 61326. Producent rejestratorów jakości napięcia powinien przestrzegać powyższych standardów.

Cechy podstawowe rejestratorów PQ MEG38/C, MEG39 i MEG44

Przenośny rejestrator PQ MEG38/C oraz rejestratory PQ MEG39 i MEG44 zaprojektowane do stałego montażu na szynie DIN są produkowane w klasie S. Klasa A jest przeznaczona do pomiaru na interfejsie pomiędzy dystrybucją a klientem w celu ewentualnego rozwiązywania sporów sądowych, natomiast dostępniejsza cenowo klasa S służy do pomiarów roboczych.

Rejestrator PQ MEG38/C do pomiarów na poziomie NN i WN mierzy cztery wartości napięcia i cztery wartości prądu, wykonuje zapis, posiada funkcję pomiaru elektrycznego i analizy jakości napięcia przeprowadzanych jednocześnie. w ramach funkcji zapisu rejestrator PQ MEG38/C przetwarza wszystkie mierzone wielkości, ocenia skuteczność, energię i harmoniczne do rzędu 64. w funkcji analiza jakości napięcia ocenia parametry

określone przez standardy normy EN 50160 dla trzech mierzonych napięć i trzech mierzonych prądów. Harmoniczne i uśrednione grupy interharmonicznym są oceniane do rzędu 125. Podczas zapisu wydarzeń prowadzi oprócz zapisu przebiegu URMS1/2 i IRMS1/2 także oscylograficzny zapis wszystkich czterech napięć i prądów. Za pomocą oprogramowania użytkowego wykonującego zapis zmierzonych danych określi wartość pojemnościowej baterii kompensujących moc bierną oraz wartość bezpiecznika. w połączeniu z trójfazowym i jednofazowym adapterem obciążenia mierzy charakterystyki odbiorników. Rejestrator może pracować jako oscylograf z zapisem napięcia U1 do U4 i prądów I1 do I4 do pamięci danych, zapis oscylograficzny może być uruchamiany przez napięcie U4. Rejestrator MEG38/C jest wyposażony w interfejs komunikacyjny USB i opcjonalnie w komunikację za pośrednictwem GPRS. Rejestrator zawiera wewnętrzne źródło zasilania zabezpieczonego z zasilaniem ze wszystkich czterech mierzonych wejść napięciowych. Do pomiaru prądów wykorzystuje elastyczne czujniki lub transformatory zaciskowe identyfikowane automatycznie. Posiada oprogramowanie do przełączania zakresów. Posiada możliwość podłączenia anteny GPS umożliwiającą synchronizację czasu określoną dla klasy A. Umożliwia zdalną transmisję zmierzonych danych oraz zdalną konfigurację pomiarów za pośrednictwem usługi GPRS sieci GSM, zwiększając efektywność obsługi. Rejestrator został

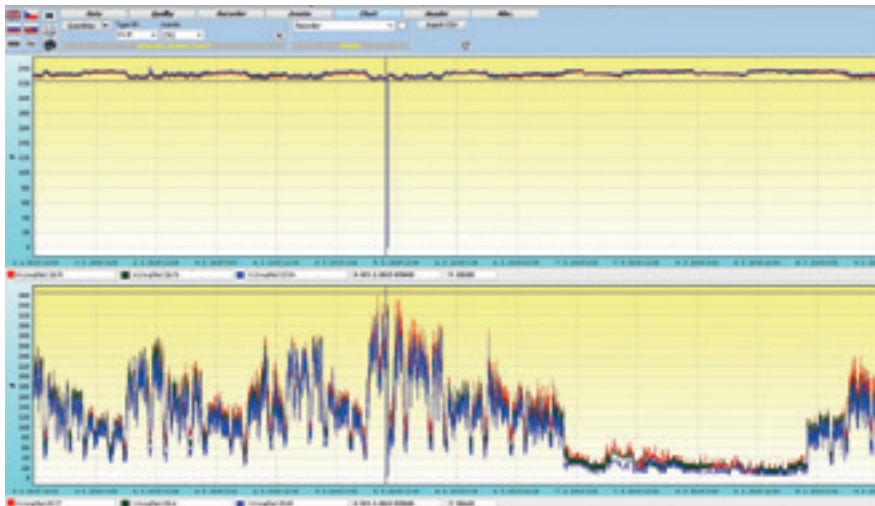
wykonany w plastikowej obudowie o minimalnych rozmiarach, jest wodoodporny, posiada wzmocnioną izolację oraz CATIV/300 V. Rejestrator PQ MEG39 mierzy cztery napięcia i cztery prądy na poziomach WN i BWN, posiada również kategorię bezpieczeństwa CATIII. Wejścia do pomiaru napięcia i prądu MEG39 są przeznaczone tylko do pomiarów pośrednich wykonywanych przy użyciu przekładników prądowych.

Rejestrator PQ MEG44 mierzy trzy napięcia i trzy prądy na poziomie NN oraz posiada kategorię bezpieczeństwa CATIV/300 V. Wejścia pomiarowe napięcia MEG44 są przeznaczone do bezpośredniego pomiaru napięcia a wejścia prądowe do pomiaru pośredniego.

Funkcje jakości pomiarów napięcia obu rejestratorów PQ MEG39 i MEG44 do stałej instalacji na szynie DIN pokrywają się z funkcjami MEG38/C. Oba rejestratory mogą być podłączone do napięcia stałego 12 V podawanego z oddzielnego zasilacza UPS MEG101.4 lub MEG101.5, który można podłączyć za pośrednictwem magistrali HBUS umieszczonej nad szyną DIN, na której zamontowano urządzenie. Rejestrator PQ MEG39 ma ponadto wewnętrzny zasilacz sieciowy z superkondensatorami. Przez magistralę H można również podłączyć jednostkę komunikacyjną MEG202.3, umożliwiającą dwukierunkową zdalną transmisję danych za pośrednictwem usługi transmisji danych GPRS. Rejestratory są wyposażone w cztery interfejsy komunikacyjne. Szeregowy interfejs USB



Tab. 1 – Podstawowa ocena funkcji rejestrator



Rys. 1 - Przebiegi czasowe napięć i prądów

jest przeznaczony do lokalnej parametryzacji przyrządu i zapisania danych pomiarowych, interfejsy Ethernet i RS485 są przeznaczone do podłączenia do lokalnych sieci technologicznych a interfejs RS232 jest przeznaczony do celów serwisowych. Protokołem komunikacyjnym wszystkich rejestratorów PQ jest protokół MODBUS.

Przykład pomiaru jakości napięcia PQ za pośrednictwem rejestratora MEG38/C

Prezentowane pomiary przeprowadzono przy użyciu rejestratora PQ MEG38/C na poziomie NN w firmie przemysłowej z rozruchami ciężkich technologii. Pomiary odbywały się w tygodniu od 2. 3. do 9. 3. 2015r. Weekend przypadł na 7. 3. i 8. 3. Frekwencja zapisu funkcji rejestratora wynosiła 10 s. Częstotliwości pomiaru i oceny, wielkości granicznych i inne parametry funkcji jakości odpowiadają wytycznym wartościom wymagany przez normę EN 50160. w normie wyszczególniono również poziomy wydarzenia na napięciach (spadki, wzrosty, przerwy w zasilaniu). Do pomiaru prądów użyto giętkich czujników prądowych AMOS z ustawionym zakresem 1 000 A. Poziom rejestrowania zjawisk na prądach ustawiono na 500 A.

W tab. 1 przedstawiono średnie napięcia fazowe w pomiarach tygodniowych 231, 1 V, 232, 4 V i 233, 4 V. Maksymalne napięcie dziesięciosekundowe wynosiło 239,7 V, 241,2 V i 243,0 V a we wszystkich trzech fazach wystąpiło w dniu 3. 3. 2015r. o godz. 10.46 min 10 s. Minimalne napięcie dziesięciosekundowe wynosiło 0,0 V i wystąpiło po przewie w zasilaniu w dniu 5. 3. 2015r. o godz. 10.14 min 40 s.

Średnie prądy fazowe dla pomiarów tygodniowych wynoszą 135,3 A, 126,6 A i 117,6 A. Maksymalne wartości dziesięciosekundowe prądów wynoszą 360,7 A, 335,9 A i 338,5 A i wystąpiły ponownie w dniu

5. 3. 2015r. o godz. 10.14min 40 s. Minimalne prądy zerowe zmierzono podczas wspomnianej przerwy trójfazowej. Zarówno średnie, jak i również maksymalne wartości dziesięciosekundowe prądów były znacznie poniżej ustalonego poziomu zjawiska (500 A).

Z wykresu fazowego w tab. 1 wynika, że podczas tygodniowych pomiarów większość dziesięciosekundowych wartości mocy pobieranej miała charakter indukcyjny. Tygodniowe zużycie energii czynnej i biernej z podziałem na dostawę i zużycie, wraz z charakterem energii biernej zawarto w ostatniej kolumnie tabeli podstawowej funkcji rejestrator. Przebiegi czasowe napięć fazowych i prądów fazowych w trakcie całego okres pomiaru zostały przedstawione na rys. 1. Widać tutaj, że napięcia fazowe, za wyjątkiem w/w przerwy napięcia w dniu 5. 3. 2015r., znajdowały się przez cały tydzień w granicach odchyłek dopuszczalnych. Z zarejestrowanych przebiegów prądów fazowych możemy wyraźnie wyczytać minimalne zużycie podczas weekendu oraz niższe zużycie nocne w porównaniu ze zużyciem dziennym.

Z tab. 2 oceny jakości napięcia wynika, że w danym tygodniu jakość napięcia nie spełniała parametrów określonych w normie. Przyczyną tego było jednak napięcie, którego średnia dziesięciminutowa wartość w jednym przypadku spadała poniżej 85 % Ujm tj. poni-

Data		Quality	Recorder	Events	Chart
Summary		List	Expert SCV		
Overview					
Flagged values aren't evaluated. (Except voltage)					
Flagged value: RMS < 80.0 or RMS > 110.0					
Legend: ● - Quantity meets the standard ● - Quantity doesn't meet the standard					
A - C / A % A-Corrupting samples in % B-Minimal value C-Maximal value					
Processing time	2. 3. 2015 11:38:00	9. 3. 2015 12:38:00			
EN 50160		Fact			
Length of measurement week	75. 01:00 (1614 samp.) [P1 L1-01 L2-01 L3-04 samp.]				
Recording interval	10 minutes				
unbalance	<= 2,0 % / 95,0 %	0,10 - 0,45/100,0 %			
Frequency	49,5 <= 50,5 / 99,5 %	100,0 %			
Frequency	47,0 <= 52,0 / 100,0 %	100,0 %			
Voltage	85% <= 118% / 100%	102,6 - 236,9/99,9 %	102,8 - 237,9/99,9 %	103,7 - 238,7/99,9 %	
Voltage	99,0% <= 110,0% / 99%	99,0 %	99,0 %	99,0 %	
Flicker FR	<= 1,0 / 95%	0,06 - 1,06/72,2 %	0,05 - 1,02/76,5 %	0,05 - 1,04/79,4 %	
THD	<= 0,8% / 95%	0,67 - 2,56/100,0 %	0,71 - 2,55/100,0 %	0,65 - 2,34/100,0 %	
2.harmonic	<= 2,0% / 95%	0,00 - 0,05/100,0 %	0,00 - 0,05/100,0 %	0,00 - 0,06/100,0 %	
3.harmonic	<= 3,0% / 95%	0,00 - 0,34/100,0 %	0,15 - 0,25/100,0 %	0,00 - 0,34/100,0 %	
4.harmonic	<= 1,0% / 95%	0,00 - 0,12/100,0 %	0,00 - 0,04/100,0 %	0,00 - 0,13/100,0 %	
5.harmonic	<= 0,8% / 95%	0,19 - 1,76/100,0 %	0,03 - 1,02/100,0 %	0,14 - 1,78/100,0 %	
6.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,22/100,0 %	0,00 - 0,17/100,0 %	0,00 - 0,17/100,0 %	
7.harmonic	<= 3,0% / 95%	0,00 - 1,77/100,0 %	0,00 - 2,13/100,0 %	0,00 - 1,67/100,0 %	
8.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,06/100,0 %	0,00 - 0,08/100,0 %	0,00 - 0,11/100,0 %	
9.harmonic	<= 1,5% / 95%	0,00 - 0,14/100,0 %	0,00 - 0,31/100,0 %	0,00 - 0,16/100,0 %	
10.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,04/100,0 %	0,00 - 0,03/100,0 %	0,00 - 0,05/100,0 %	
11.harmonic	<= 2,5% / 95%	0,00 - 1,05/100,0 %	0,00 - 1,08/100,0 %	0,00 - 1,03/100,0 %	
12.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	
13.harmonic	<= 3,0% / 95%	0,00 - 1,06/100,0 %	0,00 - 1,01/100,0 %	0,00 - 1,01/100,0 %	
14.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,01/100,0 %	
15.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,03/100,0 %	0,00 - 0,18/100,0 %	0,00 - 0,05/100,0 %	
16.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,01/100,0 %	
17.harmonic	<= 2,0% / 95%	0,00 - 0,22/100,0 %	0,00 - 0,25/100,0 %	0,00 - 0,30/100,0 %	
18.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	
19.harmonic	<= 1,5% / 95%	0,00 - 0,14/100,0 %	0,00 - 0,14/100,0 %	0,00 - 0,13/100,0 %	
20.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	
21.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,05/100,0 %	0,00 - 0,08/100,0 %	0,00 - 0,07/100,0 %	
22.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,04/100,0 %	
23.harmonic	<= 1,5% / 95%	0,00 - 0,01/100,0 %	0,00 - 0,78/100,0 %	0,00 - 0,67/100,0 %	
24.harmonic	<= 0,5% / 95%	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	0,00 - 0,00/100,0 %	
25.harmonic	<= 1,5% / 95%	0,00 - 0,73/100,0 %	0,00 - 0,98/100,0 %	0,00 - 0,84/100,0 %	
MSV 203,0 [Hz]	<= 0,0 / 99% of day	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

Tab. 2 - Część tabeli podstawowej oceny parametrów jakości napięcia

żej 196,5 V oraz migotanie światła przekraczająca wartość dopuszczalną 1,0 o czas dłuższy niż wynosi 5% z tygodniowego pomiaru. Dobrze to ilustruje rejestr czasowy średnich napięć dziesięciminutowych na rys.2. Nawet w czasie poza podanym wydarzeniem w godzinach pracy, tzn. po godz. 6.30 dochodzi do zwiększenia wartości Plt powyżej limitu dopuszczalnego 1,0.

Oznacza to, że w wyniku „ciężkiej“ technologii jakość napięcia w rozdzielnicy głównej jest niezadowalająca oraz, że inni odbiorcy w pobliżu energetycznym prawdopodobnie też odbierają prąd niskiej jakości. w tygodniowym rejestrze zjawisk na prądach, przedstawionym na rys. 3, widać ich występowanie podczas porannej i popołudniowej zmiany w dniach roboczych. Na napięciach fazowych można również obserwować szybkie zmiany napięcia będące przyczyną wzrostu długotrwałego wskaźnika migotania światła powyżej dopuszczalnej wartości 1,0.

Rys. 4 przedstawia kompletną analizę jednego wybranego zjawiska prądowego. Widać na nim przebiegi prądów fazowych IRMS1/2 o wartości maksymalnej ok. 600 A i powstałe w ich wyniku przebiegi wartości skutecznych URMS1/2 napięć fazowych z szybką zmianą napięcia o wielkości ok. 15 V. Oprócz tego znajdziemy tu również przebiegi oscylograficzne i harmoniczną analizę napięć fazowych oraz prądów w punkcie umieszczenia kursora podczas występowania zarejestrowanego zjawiska. Bardziej znaczące, jednak pod względem normy nieistotnie są 5 harmoniczne napięcia o wielkości 1,4% i 13 harmoniczne napięcia o wielkości 0,6% UJM.

Wnioski

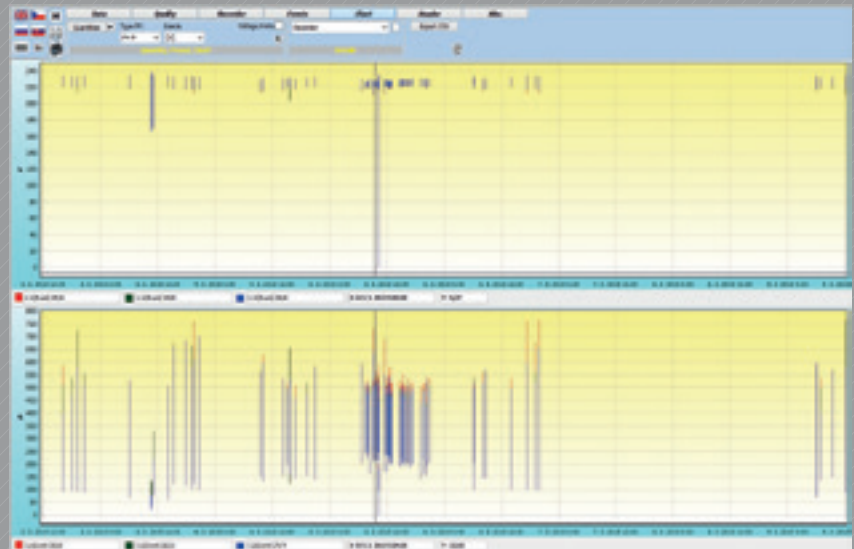
Pomiar jakości napięcia wykazał niezadowalający stan napięcia w miejscu pomiaru. Główną przyczyną niedotrzymania jakości napięcia są powtarzające się udary prądowe z technologii osiągające niemal 600 A odbijające się na wzroście wartości wskaźnika długotrwałego migotania światła Plt powyżej dopuszczalnego limitu 1,0.

Zmierzony stan teoretycznie można poprawić technologicznie, obniżając zmierzone udary prądowe lub zmniejszając częstotliwość ich występowania, co w praktyce będzie prawdopodobnie niewykonalne. Ze strony sieci zasilającej można poprawić jej stan, zmniejszając jej impedancję wewnętrzną. Można byłoby to osiągnąć przez zobwodowanie sieci zasilającej WN lub zwiększając przekrój linii energetycznej WN. Oba środki pociągają za sobą wyższe koszty dla dystrybutora.

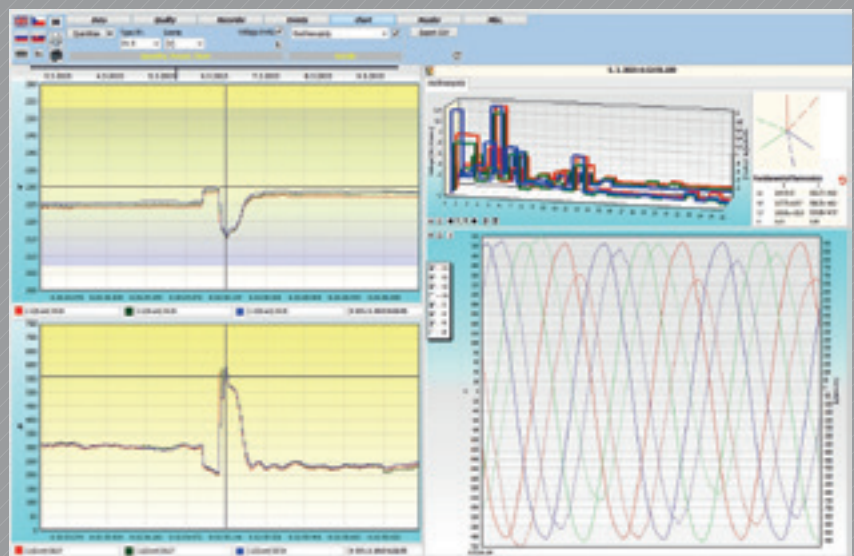
Więcej informacji o rejestratorach PQ można uzyskać na stronie: www.e-mega.cz



Rys. 2 - Przebieg czasu średnich dziesięciminutowych napięć fazowych i współczynnika migotania światła Plt w dniu 5. 3. 2015r.



Rys. 3 - Rejestry zjawisk na prądach i odpowiadających zmian napięcia podczas pomiarów tygodniowych



Rys. 4 - Analiza jednego z udarów prądowych, czas zaistnienia 5. 3. 2015 o godz. 6.32 min, 55,10 s