

Mirosław Łukiewski¹⁾

FLUXCOM JEE

Diagnostyka parametrów energii elektrycznej obiektów przemysłowych w oparciu o normę PN EN-50160

Streszczenie: Ciągłość procesów przemysłowych jest ważnym aspektem działalności przedsiębiorstwa. Poważnym zagrożeniem dla prawidłowej pracy urządzeń przemysłowych są zakłócenia elektryczne oraz obecność wyższych harmonicznych w napięciu i prądzie. W artykule omówiono diagnostykę parametrów energii elektrycznej obiektów przemysłowych w oparciu o normę PN EN-50160.

Diagnostics of electrical parameters of industrial facilities based on PN EN-50160 standard

Summary: One of the most important aspects of the company's operations is the continuity of industrial processes. A serious threat to the correct operation of industrial equipment is electric noise and the presence of voltage and current with higher harmonics. In the article we discuss diagnostics of electric energy parameters of industrial facilities based on PN EN-50160 standard.

Ciągłość procesów przemysłowych jest ważnym aspektem działalności przedsiębiorstwa. Poważnym zagrożeniem dla prawidłowej pracy urządzeń przemysłowych są zakłócenia elektryczne oraz obecność wyższych harmonicznych w napięciu i prądzie. Szczególnie wrażliwe na oddziaływanie zakłóceń elektrycznych są układy sterowania maszyn i procesów przemysłowych. Właściwa diagnoza przyczyn zaburzeń w elektroenergetycznej sieci przemysłowej możliwa jest jedynie w oparciu o wiarygodne pomiary parametrów jakości energii oraz analizę cyklu pracy zakładu.

POMIARY ZAKŁÓCEŃ I PARAMETRÓW ENERGII

Norma PN EN-50160 definiuje dopuszczalne zmiany parametrów napięcia zasilającego oraz sposób prowadzenia pomiarów i interpretacji wyników [1-2]. Pomiary zgodnie z wytycznymi normy wykonuje się w okresie tygodniowym w odcinakach 10 minutowych. Dla każdego odcinka określa się średnią wartość mierzonej wielkości. Norma definiuje, w jakich granicach powinno zawierać się 95% otrzymanych wyników.

Firma FLUXCOM JEE specjalizuje się w pomiarach parametrów jakości energii, usuwaniu zakłóceń elektrycznych oraz problemów związanych z harmonicznymi napięciami i prądem.

Firma wykonuje specjalistyczne pomiary zgodnie z wytycznymi odpowiednich norm, rejestruje parametry energii elektrycznej, przebiegi napięć i prądów występujących w sieci zakładowej. W oparciu o wyniki pomiarów dobierane są przeciwwakłócenowe elementy indukcyjne [3] lub filtry harmonicznych [4].

WSKAŹNIKI JAKOŚCI NAPIĘCIA ELEKTRYCZNEGO

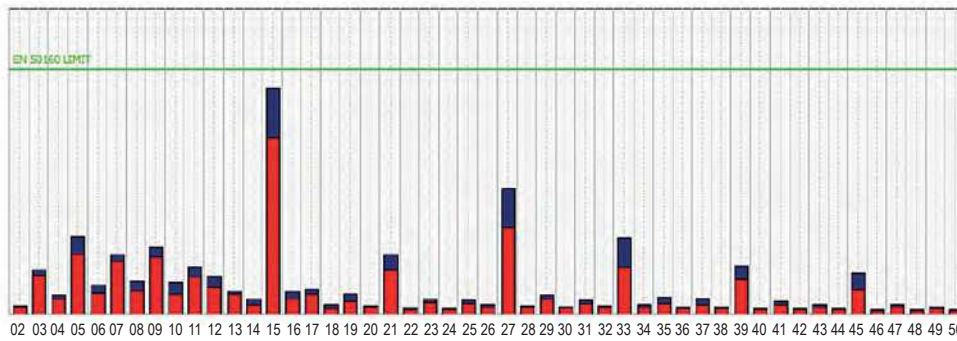
Zgodnie z założeniami normy PN EN-50160, jakość energii elektrycznej jest określona przez parametry napięcia elektrycznego w punkcie przyłączenia zakładu przemysłowego do sieci publicznej. Do ważnych parametrów napięcia definiowanych przez normę należy współczynnik odkształcenia THDu, wyliczany z widma zarejestrowanych wyższych harmonicznych napięcia.

Dla zarejestrowanego widma harmonicznych napięcia (rys. 1) wyznacza się współczynnik odkształcenia napięcia THDu:

$$THD_{U\%} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{40} U_k^2}}{U_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Dopuszczalna wartość współczynnika odkształcenia w sieciach niskiego i średniego napięcia wynosi 8%. Norma [1] definiuje również dopuszczalną względną wartość k -tej harmonicznej (tab. 1):

¹⁾ mlukiewski@fluxcom.pl



Rys. 1.
Widmo amplitudowe
wyższych harmonicznych
napięcia

$$U_{k\%} = \frac{U_k}{U_c} \cdot 100\% \quad (2)$$

U_k – uśredniona w przedziale pomiarowym wartość skuteczna napięcia k -tej harmonicznej ($k = 1, \dots, 40$),

U_c – napięcie znamionowe w złączu sieci energetycznej,

U_1 – uśredniona w przedziale pomiarowym wartość skuteczna harmonicznej podstawowej napięcia.

Tabela 1

Wartości dopuszczalne wyższych harmonicznych napięcia w sieciach średniego i niskiego napięcia [1]

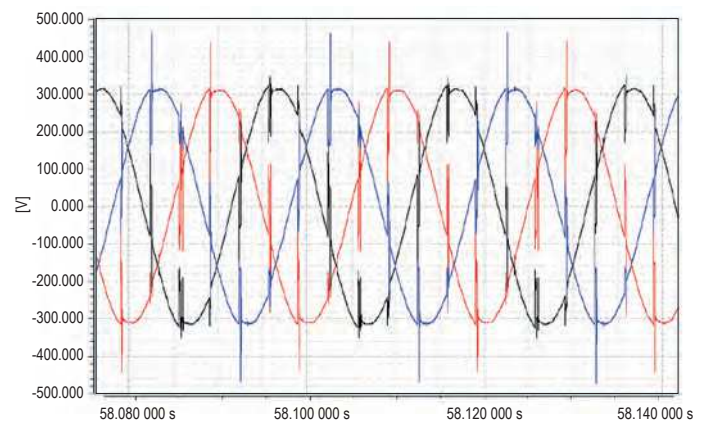
Harmoniczne nieparzyste				Harmoniczne parzyste	
nie krotność 3		krotność 3			
rzęd h	U_k [%]	rzęd h	U_k [%]	rzęd h	U_k [%]
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,5	>4	0,5
13	3,0	>21	0,5		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Źródłami wyższych harmonicznych prądu i napięcia są przetworniki energoelektroniczne z nieliniowymi układami wejściowymi. Bardzo powszechnie i masowo instalowane energooszczędne źródła światła LED zawierające przetworniki, również wywołują zakłócenia odkształcając sinusoidę prądu [2, 5].

Wyższe harmoniczne prądu i napięcia są przyczyną powstawania dodatkowych strat mocy w transformatorach, silnikach, elementach indukcyjnych i pojemnościowych, powodując ich przeciążenia [6]. Niebezpieczne zjawiska rezonansowe występujące pomiędzy pojemnościami i indukcyjnościami w sieciach przemysłowych zdarzają się znacznie częściej w środowisku, w którym występuje wiele częstotliwości harmonicznych i interharmonicznych. Skutki rezonansów szczególnie widoczne są w układach kompensacyjnych, gdzie stosuje się skupione duże pojemności i indukcyjności.

Zabezpieczeniem anty-rezonansowym są dławiki ochronne, odstrajające [3].

Krótkotrwałe zapady napięcia zasilającego, związane z rozruchem maszyn dużej mocy często zakłócają pracę przemysłowych układów sterowania. Przetworniki tyrystorowe szeroko stosowane w przemyśle, pracując generują tak zwane zakłócenia komutacyjne związane z zapadami napięcia podczas przełączania tyrystorów (rys. 2). Od parametrów obwodu elektrycznego zależy amplituda oscylacyjnych przepięć powstających po zapadzie komutacyjnym. Usuwanie tego typu zakłóceń polega na doborze elementów indukcyjnych lub filtrów przeciwzakłóceń.



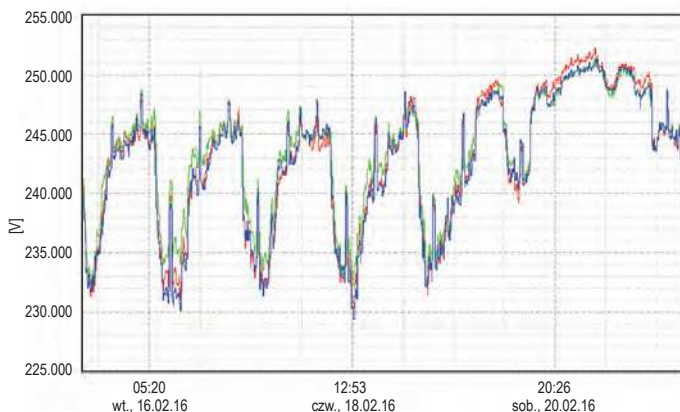
Rys. 2. Zakłócenia komutacyjne wprowadzane przez przetwornik tyrystorowy

Średnia wartość skuteczna napięcia mierzona w odcinku 10-minutowym w normalnych warunkach pracy powinna się mieścić w przedziale $\pm 10\%$ napięcia znamionowego w czasie 95% okresu tygodniowego. Zmiana napięcia zasilającego definiowana jest następująco:

$$U_{L\%} = \frac{U_L}{U_c} \cdot 100\% \quad (3)$$

U_c – napięcie znamionowe w złączu sieci energetycznej,

U_L – uśredniona w przedziale pomiarowym wartość skuteczna napięcia zasilającego.



Rys. 3. Zmiany napięcia w zakładowym złączu sieci elektroenergetycznej

Ważnym parametrem napięć w systemach trójfazowych jest asymetria napięć [2]. Na podstawie pomiarów wyznacza się współczynnik asymetrii składowej przeciwnej:

$$K_U = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad (4)$$

U_2 – składowa symetryczna kolejności przeciwnej napięcia znamionowego,

U_1 – składowa symetryczna kolejności zgodnej napięcia znamionowego.

Dopuszczalna wartość współczynnika asymetrii napięć wynosi 2% w sieciach niskiego napięcia dla odbiorców symetrycznych. Asymetria napięć jest szczególnie niekorzystna dla pracy maszyn wirujących.

KOMPENSACJA MOCY BIERNEJ

Moc bierna wytwarzana w zakładzie przemysłowym, zawiera oprócz składowej 50 Hz, dodatkowe czynniki pochodzące od napięcia i prądów harmonicznych, sumujące się w tak zwaną składową mocy biernej odkształcenia. Tradycyjny trójkąt mocy przekształca się w figurę przestrzenną.

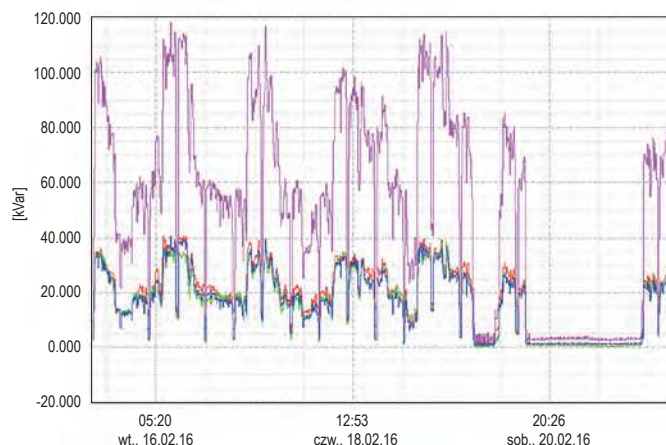
$$D = U_c \cdot \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2} \quad (5)$$

U_c – napięcie znamionowe w złączu sieci energetycznej,

I_k – wartość skuteczna prądu harmonicznej rzędu k .

Energia bierna wytwarzana przez długie linie kablowe, silniki przemysłowych napędów czy źródła światła LED często stanowi poważną pozycję w budżecie firmy. Grupa konsumentów energii objęta opłatami za energię bierną będzie

rosła z uwagi na prowadzone już działania spółek dystrybucyjnych [5]. Firma *FLUXCOM JEE* jest producentem pojemnościowych i indukcyjnych kompensatorów mocy biernej [7]. Parametry kompensatora są indywidualnie dobierane do charakterystyki obiektu wyznaczonej pomiarowo w celu uzyskania maksymalnych oszczędności.



Rys. 4. Przebieg zmienności obciążenia mocą bierną na szynach rozdzielni zakładowej

LITERATURA

- [1] PN-EN 50160, PKN grudzień 2010.
- [2] Hanzelka Z., *Jakość dostaw energii elektrycznej. Zaburzenia wartości skutecznej napięcia*. AGH, Kraków 2013.
- [3] Łukiewski M., *Dobór dławików ochronnych do baterii pojemnościowych*, „Napędy i Sterowanie” 2004, nr 4.
- [4] Czornik J., Łukiewski M., *Filtry harmonicznych gwarancją kompatybilności elektromagnetycznej i wysokiej sprawności przekształtnikowych układów napędowych*, ZP-ME nr 106, 2/2015.
- [5] Kurkowski M., Popławski T., Mirowski J., *Energia bierna a przepisy unii europejskiej*, „Rynek Energii” 2014, nr 2 (111).
- [6] Jagieła K., Rak J., Gała M., Kępiński M., *Straty w transformatorach energetycznych zasilających dużych odbiorców przemysłowych*, „Elektroenergetyka” 2011, nr 3.
- [7] Łukiewski M., *Wielozakresowe kompensatory mocy biernej pojemnościowej typu InductiveCom w obiektach zasilanych długimi liniami kablowymi*, „Energoelektronika” 2014, nr 1.



FLUXCOM JEE

ul. Jodłowa 10
42-286 Koszęcin
tel.: +48 606 388 350
fluxcom@fluxcom.pl
www.fluxcom.pl