

# Rozważania o jakości energii elektrycznej (III)

Zbigniew Hanzelka

**Na** rys. 1 w układzie współrzędnych: napięcie-czas trwania zaburzenia przedstawiono klasyfikację zjawisk wpływających na wartość skuteczną napięcia. Ciemniejszym kolorem zaznaczono obszar zmian będący przedmiotem rozważań w niniejszym artykule.

Napięcia na początku i końcu linii zasilającej różnią się między sobą. Przyjmując, że wartość zastępczej rezystancji linii zasilającej  $R_s$  jest pomijalnie mała w porównaniu z jej reaktancją  $X_s$ , tzn.  $X_s > 10R_s$ , co praktycznie w systemach zasilających SN i WN jest założeniem prawdziwym, otrzymuje się uproszczoną zależność opisującą względną wartość zmiany napięcia na odbiorczym końcu linii:

W artykule przedstawiono podstawowe informacje o wahanich napięcia w sieciach elektroenergetycznych i migotaniu światła. Opisano przyrząd pomiarowy służący do ilościowej oceny zaburzenia oraz podano wskaźniki charakteryzujące wahania napięcia. Omówiono również nowoczesne sposoby redukcji skutków migotania światła dzięki zastosowaniu przekształtnikowych, dynamicznych stabilizatorów napięcia o bardzo dużej szybkości działania i znacznych mocach jednostkowych.

## Wahania napięcia

$$\frac{\Delta U}{U_0} \approx \frac{Q}{S_k} \quad (1)$$

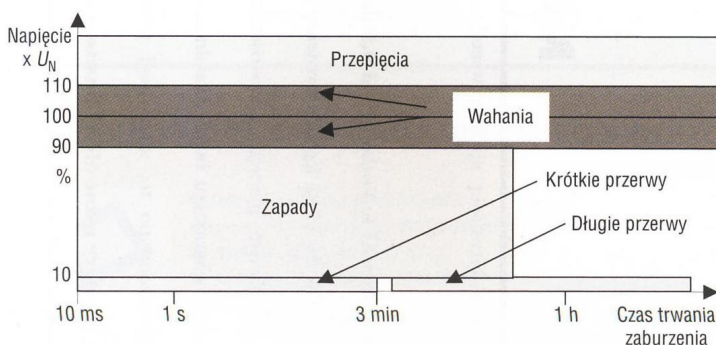
gdzie:

- $\Delta U$  – zmiana napięcia na zaciskach odbiornika ( $\Delta U \approx E - U_0$ ),
- $E$  – napięcie źródłowe,
- $U_0$  – napięcie na zaciskach rozważanego odbiornika,
- $Q$  – moc bierna odbiornika,
- $S_k$  – moc zwarciova w punkcie przyłączenia odbiornika.

Zmianę napięcia  $\Delta U$  można podzielić ze względu na dynamikę przebiegu i przyczynę powstania na: odchylenie (spadek napięcia) mające stałą wartość w dłuższej skali czasu oraz wahania napięcia. Wahania napięcia – według międzynarodowego słownika elektrotechnicznego [1] oraz polskiej normy „terminologicznej” [2] – to seria zmian wartości skutecznej lub obwiedni przebiegu czasowego napięcia (rys. 2).

W przypadku tego zaburzenia można mówić o:

- kształcie wahań napięcia (obwiednia wartości szczytowych napięcia przedstawiona w funkcji czasu), przy czym ze względu na charakter tej funkcji rozróżnia się wahania okresowe lub nieokresowe, zdeterminowane (rzadziej) lub losowe (częściej);
- amplitudzie zmian napięcia (różnica maksymalnej i minimalnej wartości skutecznej lub szczytowej napięcia, występująca podczas zaburzenia);



Rys. 1. Zjawiska wpływające na wartość skuteczną napięcia ( $U_N$  – napięcie znamionowe)

– częstości (częstotliwości dla przebiegów okresowych) zmian napięcia (liczba zmian napięcia występująca w jednostce czasu).

### Źródła wahań napięcia

Podstawową przyczyną zmian napięcia, w tym również wahań – jak wynika z zależności (1) – jest zmienność w czasie głównie mocy biernej odbiorników określanych jako niespokojne. Na rys. 3 przedstawiono przykładowe zmiany wartości mocy biernej oraz wywołane tą mocą zmiany napięcia w przypadku jednego z najbardziej zaburzających odbiorników, jakim jest piec łukowy. Podobny charakter mają zmiany w wyniku pracy napędów elektrycznych dużej mocy, np. napędów walcowniczych, maszyn ciągowych. Wahania napięcia są powodowane także przez procesy łączeniowe baterii kondensatorów, nieprawidłowości w pracy przełącznika zaczeów transformatora, rozruchy silników asynchronicznych (indukcyjnych), spawarki elektryczne, bojłery, regulatory mocy, piły i młoty elektryczne, pompy i kompresory, windy, dźwigi, a więc ogólnie przez źródła o zmiennym obciążeniu, których moc jest znaczna względem mocy zwarciovej w punkcie ich przyłączenia do systemu zasilającego. Źródłem wahań napięcia mogą być także w pewnych przypadkach interharmoniczne napięcia.

### Skutki wahań napięcia

Wahania napięcia występujące w sieciach elektroenergetycznych powodują wiele ujemnych skutków o charakterze techniczno-technologicznym i ergonomicznym. W sferze produkcyjnej jedne i drugie wywołują dodatkowe koszty. W dalszej części przedstawiono przykładowo kilka wybranych negatywnych efektów występowania wahań napięcia. Oprócz wymienionych należy wspomnieć także o nieprawidłowościach w pracy aparatury stycznikowo-przełącznikowej występujących bardzo często, a których ekonomiczne skutki bywają niekiedy bardzo znaczące.

● **Maszyny elektryczne.** Wahania napięcia na zaciskach silnika asynchronicznego powodują zmiany momentu, a w konsekwencji mają wpływ na poślizg silnika i realizowany przez niego

proces technologiczny. W skrajnych przypadkach mogą prowadzić do wzmożonych drgań mechanicznych, a więc do obniżenia wytrzymałości mechanicznej i skrócenia czasu eksploatacji silnika.

Wahania napięcia na zaciskach silników i prądnic synchronicznych powodują kołysania i szybsze zużycie wirników tych maszyn, wywołują dodatkowe momenty obrotowe, zmiany mocy i wzrost strat.

● **Przekształtniki statyczne.** Zmiana napięcia zasilającego w przekształtnikach sterowanych fazowo z układem stabilizacji parametrów po stronie prądu stałego powoduje najczęściej zmniejszenie współczynnika mocy oraz generację harmonicznych niecharakterystycznych i interharmonicznych. W przypadku napędu prądu stałego zmiana napięcia podczas hamowania może prowadzić do przerzutu falownikowego w sterowanym prostowniku.

● **Urządzenia do elektrolizy.** Występuje skrócenie czasu eksploatacji elektrod oraz zmniejszenie wydajności procesu technologicznego.

● **Urządzenia elektrotermiczne.** W każdym przypadku następuje zmniejszenie wydajności (np. pieca łukowego w wyniku

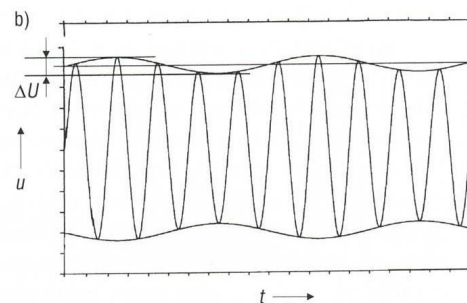
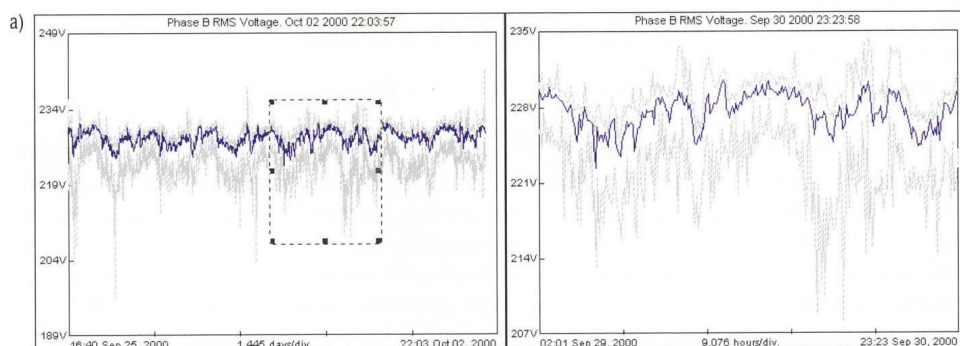
wydłużenia czasu wytopu), lecz na ogół jest to zauważalne dopiero przy znacznych amplitudach wahań napięcia.

● **Źródła światła.** Zmiana napięcia zasilającego wywołuje – jako skutek – zmianę strumienia świetlnego źródła światła, znaną jako zjawisko migotania światła (*flicker*). Jest to subiektywne odczucie zmian strumienia świetlnego, którego luminancja lub rozkład spektralny podlega zmianom w czasie.

W tej grupie odbiorników na zmiany napięcia zasilającego są szczególnie wrażliwe żarowe źródła światła. W ich przypadku strumień świetlny  $\Phi$  jest proporcjonalny do napięcia zgodnie z zależnością:  $\Phi \approx U^\gamma$ , gdzie wykładnik  $\gamma$  przyjmuje wartość z przedziału: 3,1-3,7 [3]. Na rys. 4 przedstawiono przykładowo zmianę strumienia świetlnego żarówki w reakcji na krótkotrwałą zmianę napięcia zasilającego.

Migotanie światła spowodowane wahaniami napięcia wpływa istotnie na ograniczenie zdolności widzenia i zmęczenie organiz-

Rys. 2. Przykład wahań napięcia: a) w przebiegu wartości skutecznej, b) w przebiegu wartości chwilowej (modulacja 10 Hz)



01/00475-01

# Twelve

*electric*

**Kompensacja Mocy Biernej**  
**Rozdział Energii**  
**Monitoring Jakości Sieci**  
**Osprzęt Elektrotechniczny**

Po rozszerzoną wersję artykułu prof. Z. Hanzelki dzwonić:

(22) 872-20-20

lub odwiedź stronę

www.twelvee.com.pl

REGULATOR MOCY BIERNEJ  
MBA 12 CS

Zegar  
ZAL  
WYL  
COS %Q/n  
Q/n  
CZAS PRACUJĄCY  
PRACA PROVA  
TRYB PRACY

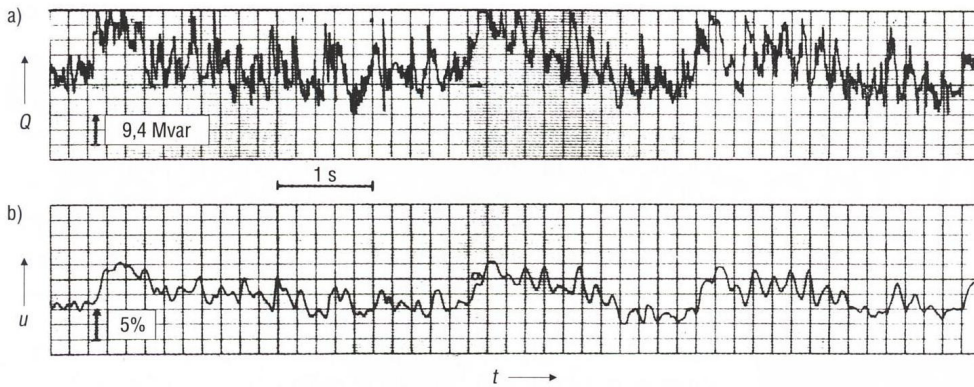
JEEN 2000  
im. K. Szpotkańskiego  
**INSTALEKTRA**  
Bydgoszcz 2000

ZŁOTA ISKRA  
**ELEKTROEXPO**  
Warszawa 2000

ZŁOTY MEDAL  
**INSTALEKTRA**  
Bydgoszcz 2000

MEDAL PREZESA SEP  
**ELEKTROINSTALACJE**  
Gdańsk 2000

**TVELVE ELECTRIC 04-994 Warszawa, ul. Poezji 19**  
tel. (22) 872 20 20, fax (22) 612 79 49  
www.twelveE.com.pl



Rys. 3. Zmiany mocy biernej (a) i wahań napięcia (b) na szynach elektroinstalacji

mu, powoduje pogorszenie samopoczucia i obniżenie jakości pracy. W skrajnych przypadkach może stać się bezpośrednią przyczyną wypadków przy pracy.

## Pomiar wahań napięcia

Pomiar wahań napięcia jest potrzebny do sprawdzenia zgodności istniejących poziomów zjawiska z normami kompatybilnościowymi, a także do określenia poziomu emisji danego odbiornika i porównania go z wartościami dopuszczalnymi w normach.

Można wyróżnić dwie podstawowe metody pomiarowe:

- pierwsza polegająca na ilościowej ocenie zjawiska na podstawie czasowej zmiany wartości skutecznej lub obwiedni napięcia (zgodnie z klasycznymi wskaźnikami, do których należą: amplituda wahań napięcia i częstość zmian w jednostce czasu);

- druga – na pomiarze pośrednim, tzn. pomiarze zjawiska migotania światła będącego bezpośrednim skutkiem wahań napięcia.

Badania związane z procesem percepcji wzrokowej liczą już ponad 40 lat. Początkowo polegały głównie na prowadzeniu testów z wybranymi grupami uczestników, z zastosowaniem różnych źródeł światła i różnych kształtów czasowych zmian napięcia. Wyznaczono na tej podstawie krzywą dostrzegania i krzywą uciążliwości (irytacji) zmian strumienia świetlnego. Udział fizjologów i psychologów w tych eksperymentach umożliwił opracowanie coraz doskonalszych modeli matematycznych procesu neurofizjologicznego postrzegania efektów świetlnych. Przeprowadzone badania wykazały, że oko ludzkie ma charakter filtra pasmowego (o paśmie 0,5-35 Hz), z maksymalnym współczynnikiem wzmocnienia (maksymalną czułością na zmiany strumienia świetlnego) przy częstotliwości 8-9 Hz. W przypadku żarowych źródeł światła odpowiada to wahaniom napięcia o amplitudzie 0,3% wartości średniej. Skutki fizjologiczne zależą od amplitudy zmian strumienia świetlnego (amplitudy zmian napięcia zasilającego źródło światła), sekwencji powtórzeń, spektrum częstotliwościowego oraz czasu występowania zaburzenia. Reakcja mózgu na pobudzenie bodźcem świetlnym ma charakter całku-

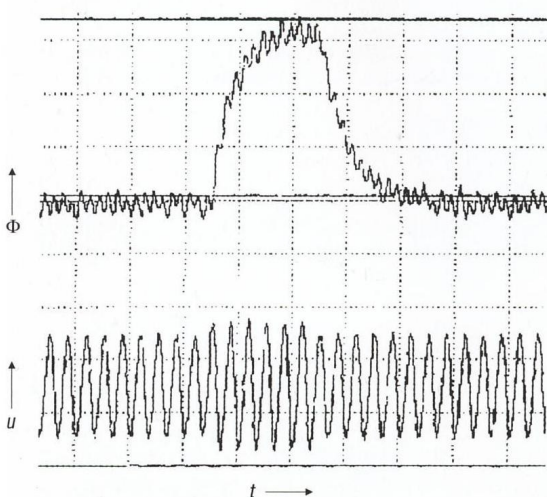
jący z okresem całkowania ok. 300 ms. Oznacza to, że występuje śledzenie wolnych i „wygładzanie” szybkich zmian strumienia świetlnego. Zmiany strumienia świetlnego są wywoływane w taki sam sposób, niezależnie od rodzaju napięcia zasilającego źródło światła – przemiennego lub stałego.

Badania doprowadziły do opracowania miernika migotania.

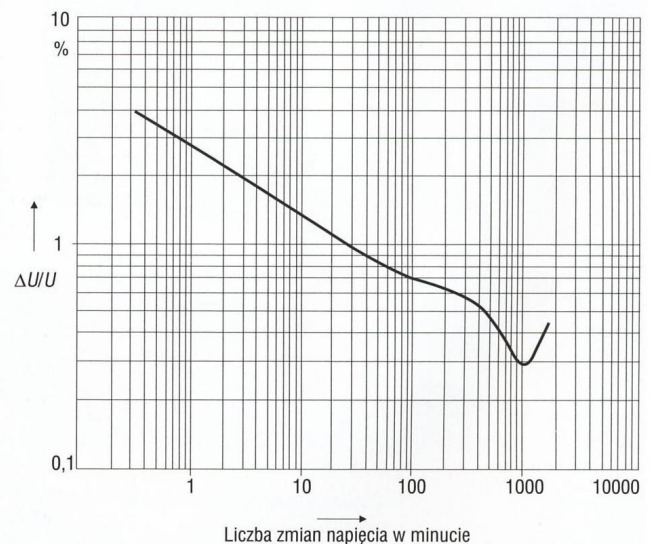
## Miernik migotania światła

W mierniku tym za sygnał wejściowy przyjęto zmiany napięcia zasilającego źródło światła, a nie bezpośrednio zmiany strumienia świetlnego. Wymagało to odtworzenia w przyrządzie procesu fizjologicznego postrzegania. W przypadku gdy zmiany napięcia nie mają regularnego kształtu (typowego dla większości odbiorników przemysłowych), za wskaźnik wahań napięcia przyjmuje się migotanie strumienia świetlnego żarowych źródeł światła. Celem oceny tego zjawiska na podstawie pomiarów jest określenie stopnia ludzkiej irytacji wywołanej tymi zmianami. Można wyróżnić trzy zasadnicze elementy mające wpływ na rezultat takiej oceny: źródło napięcia o zmiennej wartości, oko ludzkie i realizujący się w nim proces postrzegania oraz mózg z jego nieliniowymi (w funkcji częstotliwości) reakcjami. Dostępny do pomiaru jest tylko pierwszy składnik, pozostałe muszą być modelowane. Tylko wówczas, gdy modelowanie tego złożonego układu będzie wierne, możliwe jest dedukowanie prawidłowych wzajemnych relacji zmian napięcia (o różnych kształtach) i stopnia ludzkiej irytacji.

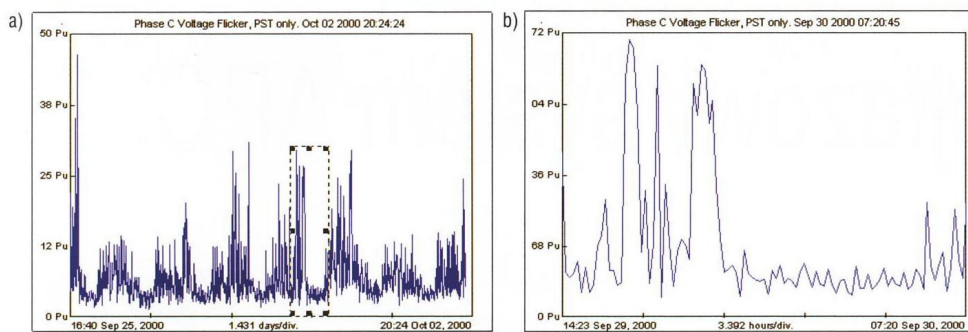
Te fakty oraz cała złożoność procesu fizjologicznego postrzegania zostały uwzględnione przy tworzeniu miernika migotania Międzynarodowej Unii Elektrotechnologii (UIE). Miernik ten umożliwia ocenę zjawiska migotania światła (wiarygodne wskazania reakcji obserwatora) niezależnie od kształtu wahań napięcia i źródła zaburzenia. Opracowana specyfikacja techniczna została poddana międzynarodowej dyskusji w ramach IEC i opublikowana jako norma IEC 61000-4-15 (w Polsce PN-EN 61000-4-15).



Rys. 4. Zmiana strumienia świetlnego  $\Phi$  żarówki wywołana zmianą napięcia zasilającego



Rys. 5. Charakterystyka  $P_{st} = 1$  (w przypadku prostokątnych, równo odległych zmian napięcia)



Rys. 6. Przykładowe, tygodniowe zmiany wartości wskaźnika  $P_{st}$  dla odbiorcy komunalnego (a) oraz powiększenie wybranego fragmentu (b), na którym wyraźnie widać zmianę wartości współczynnika w okresach 10-minutowych

● **Czas obserwacji.** Podstawą określenia wartości wskaźników migotania może być cykl pracy zaburzającego odbiornika. Po uwzględnieniu fizjologicznych podstaw percepcji wzrokowej oraz na podstawie testów wrażliwości przeciętnego obserwatora, przyjęto dwa przedziały obserwacji:

– krótki okres obserwacji wynoszący 10 min; jest to czas dostatecznie długi, aby krótkotrwałe, sporadycznie występujące zmiany napięcia nie miały zbyt znaczącego wpływu na ostateczny wynik pomiaru, a wystarczająco krótki, aby umożliwić szczegółowy opis odbiornika zaburzającego o długim cyklu pracy;

– długi czas obserwacji wynoszący 2 h; jest to czas dostatecznie długi, aby umożliwić analizę odbiorników przemysłowych charakteryzujących się z reguły długim cyklem pracy, szczególnie o losowym jego charakterze.

Miernik wyznacza dwa statystyczne wskaźniki: tzw. wskaźnik krótkookresowego migotania (*short-term flicker severity value*) –  $P_{st}$  w okresie 10 min i wskaźnik długookresowego migotania (*long-term flicker severity value*) –  $P_{lt}$  w okresie 2 h. Te dwie wielkości są bezwymiarowe. Należy zauważyć, że nie jest rozważana maksymalna wartość migotania, może być ona bowiem zbyt restrykcyjna. Szczytowa wartość występująca w krótkim czasie nie niesie prawdziwej informacji o szkodliwości zjawiska.

● **Wskaźnik krótkookresowego migotania światła.** Wskaźnik  $P_{st} = 1$  odpowiada progowi postrzegania, a więc granicy migotania, która nie powinna być przekroczona, aby nie powodować psychicznego dyskomfortu obserwatora.

Opracowany algorytm pomiarowy został wykorzystany do określenia przebiegu krzywej  $P_{st} = 1$  w przypadku prostokątnych, równo odległych zmian napięcia. Jest ona przedstawiona na rys. 5. Badania prowadzone przez UIE wykazały, że większość ich u-

ków o losowym charakterze, lub gdy jest rozważany odbiornik o długim cyklu pracy (np. piec łukowy) niezbędny jest wskaźnik długookresowej oceny zaburzenia. Wykorzystano do tego celu technikę opartą na analizie zbioru dziesięciminutowych wartości  $P_{st}$ , przyjmując za wskaźnik długookresowego migotania następującą wielkość:

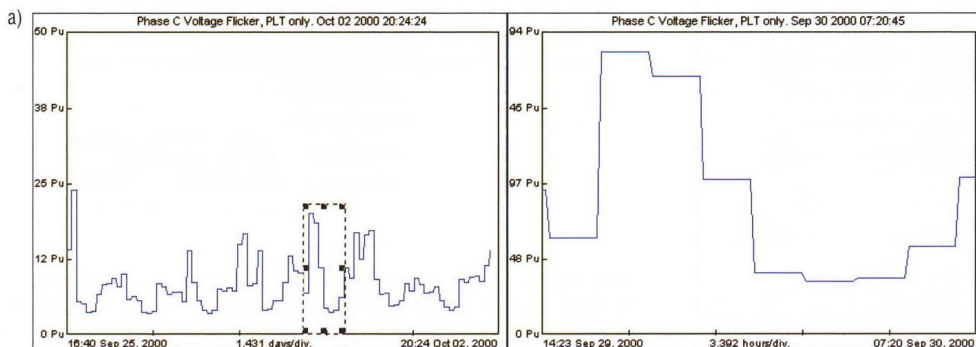
$$P_{lt} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N P_{st i}^3}{N} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

gdzie  $P_{st i}$  – kolejne wartości  $P_{st}$  w rozważanym czasie obserwacji zjawiska. Powszechnie przyjmuje się wartość  $N = 12$ . Oznacza to, że wskaźnik uciążliwości migotania jest wyznaczany na podstawie pierwiastka trzeciego rzędu z 12 kolejnych wskaźników krótkookresowego migotania w ciągu 2 h.

Na rys. 7a przedstawiono tygodniowe zmiany wartości współczynnika  $P_{lt}$  dla odbiorcy komunalnego (jak na rys. 6), na rys. 7b pokazano zaś charakterystykę uporządkowaną. Widać, że w ciągu 95% czasu obserwacji (95% tygodnia) współczynnik jest większy niż 1, co zgodnie np. z normą PN-EN 50160 jest wartością graniczną. Według tej normy, ze względu na wahania napięcia, warunki zasilania rozpatrywanego odbiorcy są nieprawidłowe.

## Normalizacja

Migotanie światła jest szczególnym zaburzeniem z tego względu, że uwidacznia się ono jedynie w oświetleniu na poziomie niskiego napięcia. Ta konstatacja znajduje swoje odzwierciedlenie w dwóch zasadach przyjętych w standaryzacji:

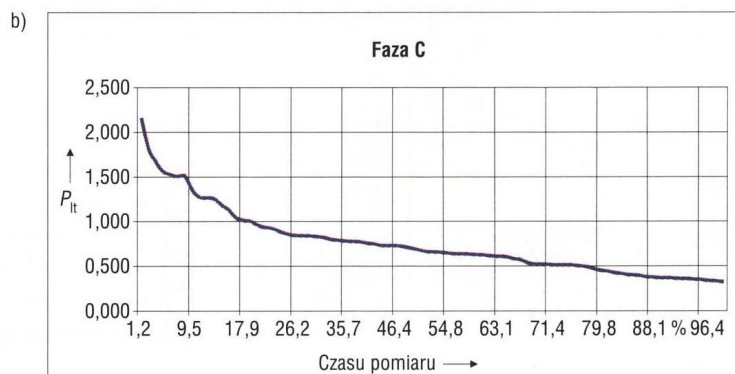


Rys. 7. Zmiany w czasie wartości współczynnika  $P_{lt}$  oraz charakterystyka uporządkowana (b) z zaznaczoną wartością 1, stanowiącą zgodnie z normą PN-EN 50160 poziom graniczny

czestników uznała wahania napięcia odpowiadające współczynnikowi  $P_{st} \geq 1$  za uciążliwe.

Na rys. 6 przedstawiono przykładowe tygodniowe zmiany wartości współczynnika  $P_{st}$  dla odbiorcy komunalnego zasilanego z sieci niskiego napięcia.

● **Wskaźnik długookresowego migotania światła.** Dziesięciminutowy okres, będący podstawą wyznaczania wskaźnika krótkookresowego migotania, jest odpowiedni do oceny zaburzeń powodowanych pracą pojedynczych odbiorników, tj. walcowni, pomp, sprzętu domowego itp. W przypadku, gdy ocenie jest poddawany sumaryczny zaburzający efekt pracy kilku odbiorni-



– obligatoryjne jest rozważanie migotania światła na poziomie niskiego napięcia, przy którym definiuje się poziomy emisji i kompatybilności;

– nie jest rozważany poziom migotania w sieciach zasilających nie zawierających czułych na wahania napięcia źródeł światła. Dotyczy to zwłaszcza takich przemysłowych sieci rozdzielczych, w których wskaźnik  $P_{st}$  może przekraczać wartość 1. Istotny, z normalizacyjnego punktu widzenia, jest poziom migotania w punkcie przyłączenia najbliższego (w stosunku do źródła zaburzenia) odbiornika wyposażonego w oświetlenie żarowe.

## Sposoby redukcji wahań napięcia

Skutki oddziaływania wahań napięcia zależą przede wszystkim od ich amplitudy oraz od częstości występowania. O ile na amplitudę ma wpływ m.in. układ zasilający odbiorniki niespokojne, o tyle częstość występowania wahań zależy od rodzaju odbiornika i charakteru jego pracy. O częstości występowania wahań decyduje więc proces technologiczny. Dotychczas stosuje się przede wszystkim metody ograniczania amplitudy wahań napięcia, w mniejszym stopniu ingeruje się w proces technologiczny. Przykładem tych ostatnich działań mogą być:

– w przypadku pieca łukowego – dodanie szeregowego dławika (również o zmiennym stopniu nasycenia), właściwa praca automatyki przesuwu elektrod, segregacja i wstępne przygotowanie wsadu, domieszkowanie elektrod itp.; są to sposoby dobrze znane technologom-metalurgom;

– w przypadku linii spawalniczej – wydzielenie dla zasilania linii odrębnego transformatora, przyłączenie wielu jednofazowych agregatów spawalniczych do sieci trójfazowej z symetrycznym rozdziałem obciążeń między poszczególne fazy, przyłączenie jednofazowej spawarki do fazy, która nie jest obciążona odbiornikami oświetleniowymi itp.

Jak wynika z zależności (1), amplitudę wahań napięcia można ograniczyć dwoma sposobami:

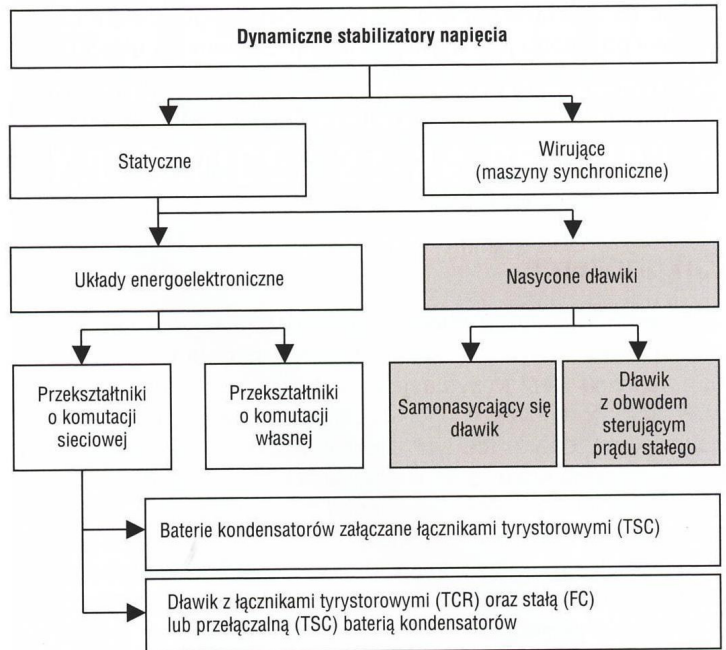
● **zwiększając moc zwarciovą** w punkcie przyłączenia odbiornika niespokojnego (w relacji do mocy odbiornika); w praktycznych działaniach oznacza to:

– przyłączanie odbiornika do szyn o coraz wyższym napięciu znamionowym,

– wydzielanie specjalnych, dedykowanych linii bezpośrednio z sieci WN do zasilania tej kategorii odbiorników, zasilanie odbiorników spokojnych i niespokojnych z oddzielnych uzwojeń transformatorów trójzwojowych lub oddzielnych transformatorów (separacja odbiornika niespokojnego),

– zwiększanie mocy transformatora zasilającego odbiornik niespokojny,

– instalowanie kondensatorów szeregowych itp.;



Rys. 8. Klasyfikacja dynamicznych stabilizatorów napięcia

● **zmniejszając zmiany mocy biernej** w sieci zasilającej przez instalację tzw. kompensatorów/stabilizatorów dynamicznych.

## Dynamiczne stabilizatory napięcia

Dynamiczne stabilizatory są jednym z technicznie możliwych sposobów eliminacji zmian napięcia lub redukcji ich wartości. Skuteczność działania zależy głównie od ich mocy znamionowej oraz amplitudy zmian napięcia (przy założeniu okresowości ich występowania). Powodując przepływ prądu biernego (mocy biernej) podstawowej harmonicznej wywołują spadki napięcia na impedancjach sieci zasilającej. W zależności od charakteru prądu biernego (indukcyjny lub pojemnościowy) następuje wzrost lub zmniejszenie wartości skutecznej napięcia w punkcie wspólnego przyłączenia (PWP).

Na rys. 8 przedstawiono klasyfikację różnych rozwiązań dynamicznych stabilizatorów napięcia. Są to głównie układy trójfazowe o znacznej mocy znamionowej, przeznaczone do stabilizacji napięcia w punkcie węzłowym sieci rozdzielczej lub do stabilizacji napięcia wyróżnionego odbiornika (grupy odbiorników) w PWP. Układy te bardzo często pełnią także funkcję dynamicznych kompensatorów mocy/prądu biernego podstawowej harmonicznej.

Oprócz równoległego stabilizatora napięcia, istnieje możliwość praktycznej realizacji stabilizatora szeregowego funkcjonu-

jącego na zasadzie transformatora dodawczego. Celem działania takiego układu jest wytworzenie, np. za pomocą układu przekształtnikowego PWM, dodawczego napięcia  $U_{dq}$ , którego wartość i faza względem prądu odbiornika  $i_o$ , podlegają regulacji. W ogólnym przypadku taka topologia obwodu pozwala kontrolować przepływ mocy zarówno czynnej, jak i biernej, a także wartość impedancji linii zasilającej.

## Zakończenie

W wielu krajach są obecnie prowadzone bardzo intensywne badania nad różnymi aspektami zjawiska migotania światła i wahań napięcia. Jest to sytuacja zasadniczo inna od występującej w Polsce. W najbliższych kilku latach europejskie i międzynarodowe normy dotyczące tych zjawisk zaczną obowiązywać również w naszym kraju. Stan wiedzy o nich w środowisku zarówno odbiorców, jak i dostawców energii elektrycznej jest niewystarczający. Brak także technicznych możliwości realizacji pomiarów określonych w odpowiednich standardach. Nie jest również w szerszej skali rozpoznany stan krajowych sieci zasilających pod względem występujących w nich wahań napięcia.

Rozwój energoelektroniki, a głównie technologii produkcji elementów półprzewodnikowych, pozwala obecnie na realizację układów dynamicznej stabilizacji napięcia o coraz większych mocach jednostkowych przy jednoczesnej minimalizacji ich kosztów zarówno inwestycyjnych, jak i eksploatacyjnych.

Opracowane, złożone algorytmy sterowania oraz dostępność urządzeń pozwalających na szybką ich realizację umożliwiają wyposażenie tych układów w wielorakie funkcje użytkowe, istotne z punktu widzenia właściwej pracy systemu elektroenergetycznego, w tym również funkcję stabilizacji napięcia w stanach dynamicznych. Jeżeli przyjąć za początek rozwoju przemysłowych stabilizatorów napięcia maszynę synchroniczną, to należy stwierdzić, że współczesna energoelektronika oferuje bardzo liczną rodzinę różnych rozwiązań technicznych pełniących m.in. funkcję stabilizacji. Urządzenia takie określa się w anglojęzycznej literaturze jako układy elastycznej (regulowanej) transmisji energii prądu przemiennego FACTS (*Flexible AC Transmission System*). Stanowią one w swej istocie bardzo wyrafinowane techniczne rozwiązania tworzące nową jakość we współczesnej elektroenergetyce.

202

**Ei**

**Dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka**

– profesor Akademii Górniczo-Hutniczej,  
konsultant ds. technicznych firmy TWELVE

## LITERATURA

1. IEC 50 (161): 1990 International Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility.
2. PN-T-01030: 1996 Kompatybilność elektromagnetyczna. Terminologia.
3. KOWALSKI Z.: Wahania napięcia w układach elektroenergetycznych. WNT Warszawa, 1985.

## Ei Listy do redakcji

### Szanowna Redakcjo „Elektroinstalatora”

W nawiązaniu do artykułu p. Z. Hanzelki pt. „Rozważania o jakości energii elektrycznej (1)” ogłoszonym w „Elektroinstalatorze” nr 9/20001 r. chciałbym zwrócić uwagę na poruszone zagadnienie w relacji: dostawca energii elektrycznej – odbiorca.

Mam przede wszystkim na myśli odbiorców energii elektrycznej należących do V grupy przyłączeniowej (do 40 kW i do zabezpieczenia 63 A). Od początku lat 90. Energetyka (dawne Zakłady Energetyczne) wymuszają na odbiorcach energii elektrycznej (pod groźbą niezgodnienia projektu przyłącza i niepodłączenia energii elektrycznej do projektowanego obiektu) instalowanie, jako zabezpieczeń przedlicznikowych, wyłączników nadprądowych (S 193) zespolonych. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki, w § 183 pkt 4 nakazują instalować wyłączniki nadprądowe w obwodach odbiorczych. Wszyscy elektrycy wiedzą (od profesorów do monterów), że wyłączniki nadprądowe łączone szeregowo nie spełniają wymogów selektywności. Natomiast wymogi stosowania wybiórczości zabezpieczeń nie są znane personelowi technicznemu zatrudnionemu w Energetyce.

Na jednej z konferencji technicznej w Warszawie w tym roku tę praktykę stosowaną przez Energetykę nazwano błędem technicznym i tylko tyle!

Tu należy postawić pytania: 1. Jak długo można tolerować błąd techniczny?,

2. Czy w Polsce istnieje instytucja techniczno-prawna, aby ukrócić stosowanie przez wiele lat, ze szkodą dla odbiorcy, karygodnych praktyk monopolisty, dyktującego swoje warunki techniczne, wbrew wiedzy technicznej, przepisom i Polskim Normom? (patrz: Prawo budowlane, rozdz. 3 art. 20). Czy to Prawo budowlane dotyczy tylko projektantów, a pozostali uczestnicy procesu inwestycyjnego są poza prawem?

Jest to tym zadziwiające, że dotychczas, przez wiele lat, żadne stowarzyszenie techniczne, biura badawczo-rozwojowe, redakcje czasopism technicznych, nie mówiąc o Polskim Komitecie Normalizacyjnym i ministerstwach, nie raczyło zareagować. Przepraszam, Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji M. Biernacki podpisał w 2000 r. rozporządzenie wprowadzające obowiązek stosowania Polskich Norm, w tym PN-IEC 60364-3 (2000 r.), w której (pkt 314.1 i 314.2) wyraźnie podano, że należy stosować selektywność zabezpieczeń. Również Minister Rozwoju Regionalnego i Budownictwa J. Kropiwnicki swoim rozporządzeniem (Dz.U. nr 101/2001 r., poz. 1104) wprowadził **po raz drugi** obowiązek stosowania powyższych norm. Skutek jest taki, że obowiązujące w Polsce normy nie obowiązują Energetyki. Przykład: załączone warunki przyłączenia.

Odbiorca powinien instalację dostosować do obowiązujących norm PN-IEC 60364, natomiast dostawca energii elek-

trycznej ustanawia własne warunki techniczne nie licząc się z obowiązującym prawem w Polsce.

Kontrowersyjną sprawą jest żądanie przez Energetykę stosowania zabezpieczeń przedlicznikowych zespolonych.

Obiektami należącymi w większości do V grupy przyłączeniowej są: szkoły, przedszkola, domy pomocy społecznej, przychodnie zdrowia, mieszkania, biura, oddziały lub placówki banków itp., gdzie występują przede wszystkim obwody odbiorcze jednofazowe.

Trudno zgodzić się z wymogami Energetyki, aby na skutek zwarcia w obwodzie odbiorczym nastąpiło wyłączenie całego obiektu. Nawet PN-IEC 60364-5-537 (1999 r.) pkt 337.2.4 nie wyklucza stosowania urządzeń 1-biegunowych zestawionych obok siebie. O stosowaniu typu zabezpieczenia przedlicznikowego zespolonego czy pojedynczego powinien decydować projektant łącznie z odbiorcą, a nie dostawca energii elektrycznej.

Reasumując – daleka i uciążliwa jest droga przed nami w celu poprawienia jakości energii elektrycznej, skoro rzeczy tak oczywiste technicznie czekają na rozwiązanie dziesiątki lat, a dostawca energii elektrycznej będzie ustanawiał własne warunki techniczne dotyczące jakości energii elektrycznej, nie licząc się z prawem państwowym.

Z poważaniem  
Stanisław Mordas

203