

## KONCEPCJA SYSTEMU BONIFIKAT DLA ODBIORCÓW ZA NIEDOTRZYMANIE PRZEZ DOSTAWCĘ WYMAGANEGO POZIOMU JAKOŚCI NAPIĘCIA

prof. dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka / Akademia Górniczo-Hutnicza  
dr inż. Grzegorz Błajszczak / Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator SA

### 1. OCENA POZIOMU JAKOŚCI NAPIĘCIA

Poziom jakości napięcia, który ma być zapewniony przez dostawcę energii, jest określony w przepisach prawnych (np. [4]) za pomocą zbioru wyróżnionych wskaźników. Przepisy te nie określają jednakże konsekwencji wynikających z niedotrzymania tych parametrów. Nie ma też narzędzi ułatwiających uruchomienie efektywnego mechanizmu benchmarkingu w dziedzinie jakości napięcia. Istniejące wskaźniki czynią ten proces trudnym, a uzyskane wyniki są niejednoznaczne, co wykazał pierwszy polski raport benchmarkingowy [2].

#### 1.1. Całkowity wskaźnik jakości napięcia

Proponuje się wprowadzenie zagregowanego, całkowitego wskaźnika jakości napięcia  $CWJ_U$ , wyznaczonego na podstawie zbioru tradycyjnych (zgodnie z obecnym brzmieniem rozporządzenia „systemowego” [4]) miar liczbowych poszczególnych zaburzeń. Byłby on wyznaczany na podstawie zbieranych w czasie jednego tygodnia pomiarów przekroczeń dopuszczalnych poziomów przez miary liczbowe, opisujące różne zaburzenia o charakterze ciągłym: wolne zmiany, wyższe harmoniczne, asymetrię oraz wahania napięcia. Istnieje możliwość rozszerzenia tego wskaźnika, tak aby objął w przyszłości również ocenę zdarzeń w napięciu. Wskaźnik  $CWJ_U$  jest wyznaczany na podstawie względnych wartości miar liczbowych poszczególnych zaburzeń, odniesionych do ich poziomów dopuszczalnych. Jeżeli wszystkie wskaźniki zaburzeń są mniejsze niż 1, wskaźnik  $CWJ_U$  jest równy wartości maksymalnej ze zbioru wskaźników poszczególnych zaburzeń.

$$CWJ_U = \max(W_1, W_2, W_3, W_4) \quad (1)$$

Jeżeli jeden lub więcej wskaźników przekracza 1,  $CWJ_U$  jest równy 1 plus suma przekroczeń poziomów dopuszczalnych. Gdy  $N$  zaburzeń przekracza poziomy dopuszczalny, wartość  $CWJ_U$  jest równa:

$$CWJ_U = 1 + \sum_{i=1}^N k_i \Delta W_i \quad (2)$$

Fakt, że szkodliwy wpływ jest zależny od rodzaju zaburzenia i odbiorników podlegających ich oddziaływaniu, może być uwzględniony poprzez współczynniki wagowe  $k_p$ , odniesione do poszczególnych przekroczeń. Każdy współczynnik wagowy może przyjmować wartość z przedziału od 0 do 1 i może być negocjowany pomiędzy stronami: dostawcą i odbiorcą energii. Wartość wskaźnika  $CWJ_U$  jest podstawą określenia klasy jakości napięcia w rozważanym punkcie pomiaru: klasy Z (zadowolającej,  $CWJ_U < 1$ ), G (granica akceptacji,  $CWJ_U = 1$ ) lub klasy NZ (niezadowolającej,  $CWJ_U > 1$ ).

### Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję wprowadzenia całkowitego (zagregowanego) wskaźnika, wyznaczonego na podstawie zbioru tradycyjnych miar liczbowych poszczególnych zaburzeń, jako punktowej i systemowej miary liczbowej jakości napięcia. Na jego podstawie wyróżniono trzy klasy jakości: Z, G i NZ. Zdaniem autorów ich wprowadzenie ułatwi analizę porównawczą pomiędzy wyróżnionymi elementami krajowego systemu

elektroenergetycznego, tzn. pomiędzy rejonami w ramach jednego operatora, pomiędzy różnymi operatorami oraz pomiędzy oddziałami w ramach sieci operatora przesyłowego. Zaproponowano dwa poziomy regulacji jakości napięcia i system bonifikat: (a) – lokalny, uwzględniający wzajemne oddziaływania dostawcy i odbiorcy energii w punkcie wspólnego przyłączenia, oraz (b) – systemowy.



## 1.2. Obliczenie składowych całkowitego wskaźnika jakości napięcia

**Wskaźnik wolnych zmian napięcia**  $W_1 = W_U$

Jeżeli  $\Delta T[\%] > 95$ , gdzie  $\Delta T[\%]$  jest wyrażonym w procentach tygodnia czasem, podczas którego napięcie zawarte jest w dopuszczalnym – postanowieniami rozporządzenia systemowego lub umową przyłączeniową – przedziale zmian, tzn.  $(U_{min} - U_{max})$ , wówczas:

$$W_U = \max(U_{redukcja}, U_{wzrost}) \quad (3)$$

$$U_{redukcja} = \frac{\tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w dół}}}{\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w dół}}} \quad U_{wzrost} = \frac{\tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w górę}}}{\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w górę}}} \quad (4)$$

$\tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w dół}}$  ( $\tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w górę}}$ ) – maksymalne zarejestrowane odchylenie napięcia w dół (w górę) od wartości znamionowej lub deklarowanej spośród trzech wartości fazowych lub międzyfazowych, zmierzonych w rozważanym punkcie sieci, w przyjętym czasie oceny (wartość średnia 10 min, PN EN 61000-4-30)

$\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w dół}}$  ( $\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w górę}}$ ) – maksymalna dopuszczalna redukcja napięcia w dół, która zgodnie z [4] w sieciach WN wynosi: -10%; oraz dopuszczalny wzrost napięcia w sieciach 110 i 220 kV: +10%, a w sieciach 400 kV: +5%

Odchylenia wyznaczone są na podstawie zależności:

$$\tau_{\Delta U} = \frac{U - U_c}{U_c} \quad (5)$$

$U$  – zmierzona wartość skuteczna napięcia uśredniona w czasie 10 min

$U_c$  – deklarowana lub znamionowa wartość skuteczna napięcia (zgodnie z postanowieniami umowy przyłączeniowej lub rozporządzeniem systemowym [4]).

Względna wartość wskaźnika  $W_U$  równa 1 oznacza, że miara statystyczna zaburzenia jest na granicy akceptacji, wartość większa od 1 – przekroczenie poziomu dopuszczalnego, mniejsza od 1 – wymagania jakościowe są spełnione. Dotyczy to wszystkich podanych dalej miar liczbowych jakości napięcia. Na tej podstawie poziom przekroczenia:

$$\Delta W_1 = \Delta W_U = |W_U - 1| \quad (6)$$

Jeżeli  $\Delta T[\%] < 95$  wówczas:  $\Delta W_1 = \Delta W_U = 0$ . W przypadku przyjęcia w regulacjach percentyla CP99 (np. zgodnie z EN 50160:2010), w miejsce 95 należy wstawić 99.

**Wskaźnik odkształcenia napięcia**  $W_2 = W_H$

$$W_H = \max(W_{THDU}, F_2, F_3, F_4, \dots) \quad (7)$$

$$W_{THDU} = \frac{THD}{THD_{\text{poziom dopuszczalny}}} \quad F_h = \frac{U_{h, CP95}}{U_{h, \text{poziom dopuszczalny}}} \quad \left|_{h=2,3,\dots,40} \quad (8)$$

$THD_{CP95}$  – maksymalna wartość percentyla CP95 współczynnika THD spośród trzech wartości fazowych (międzyfazowych), zmierzonych w rozważanym punkcie sieci, w przyjętym czasie oceny (wartość średnia 10-minutowa)



- $THD_{\text{poziom dopuszczalny}}$  – graniczna wartość współczynnika THD zgodnie z rozporządzeniem systemowym lub kontraktem (w sieciach przesyłowych  $THD_{\text{poziom dopuszczalny}} = 3\%$  [4])
- $U_{h,CP95}$  – maksymalna wartość percentyla CP95 harmonicznej  $h$ . rzędu spośród trzech wartości fazowych (międzyfazowych), zmierzona w rozważanym punkcie sieci, w przyjętym czasie oceny (wartość średnia 10-minutowa)
- $U_{h, \text{poziom dopuszczalny}}$  – poziom dopuszczalny harmonicznej  $h$ -tego rzędu zgodnie z rozporządzeniem systemowym lub umową przyłączeniową.

Na tej podstawie:

$$\Delta W_1 = \Delta W_H = |W_H - 1| \quad (9)$$

**Wskaźnik asymetrii napięcia**  $W_3 = W_{ASY}$

$$W_{ASY} = \frac{K_{CP95}^{(2)}}{K_{\text{poziom dopuszczalny}}^{(2)}} \quad (10)$$

$K_{CP95}^{(2)}$  – percentyl CP95 współczynnika asymetrii dla składowej przeciwnej, zmierzony w rozważanym punkcie sieci w przyjętym czasie oceny (wartość średnia 10 min)

$K_{\text{poziom dopuszczalny}}^{(2)}$  – poziom dopuszczalny współczynnika asymetrii dla składowej przeciwnej (w sieciach przesyłowych  $K_{\text{poziom dopuszczalny}}^{(2)} = 1\%$  [4]),

Na tej podstawie:

$$\Delta W_3 = \Delta W_{ASY} = |I_{ASY} - 1| \quad (11)$$

**Wskaźnik wahań napięcia**  $W_4 = W_{WN}$

$$W_{PLT} = \frac{P_{LT,CP95}}{P_{LT, \text{poziom dopuszczalny}}} \quad (12)$$

$P_{LT,CP95}$  – maksymalna wartość percentyla CP95 współczynnika  $P_{LT}$  spośród trzech wartości fazowych (międzyfazowych), zmierzonych w rozważanym punkcie sieci, w przyjętym czasie oceny

$P_{LT, \text{poziom dopuszczalny}}$  – poziom dopuszczalny współczynnika  $P_{LT}$  (w sieciach przesyłowych  $P_{LT, \text{poziom dopuszczalny}} = 0,8$  [4])

Na tej podstawie:

$$\Delta W_4 = \Delta W_{PLT} = |W_{PLT} - 1| \quad (13)$$

## 2. SYSTEM BONIFIKAT

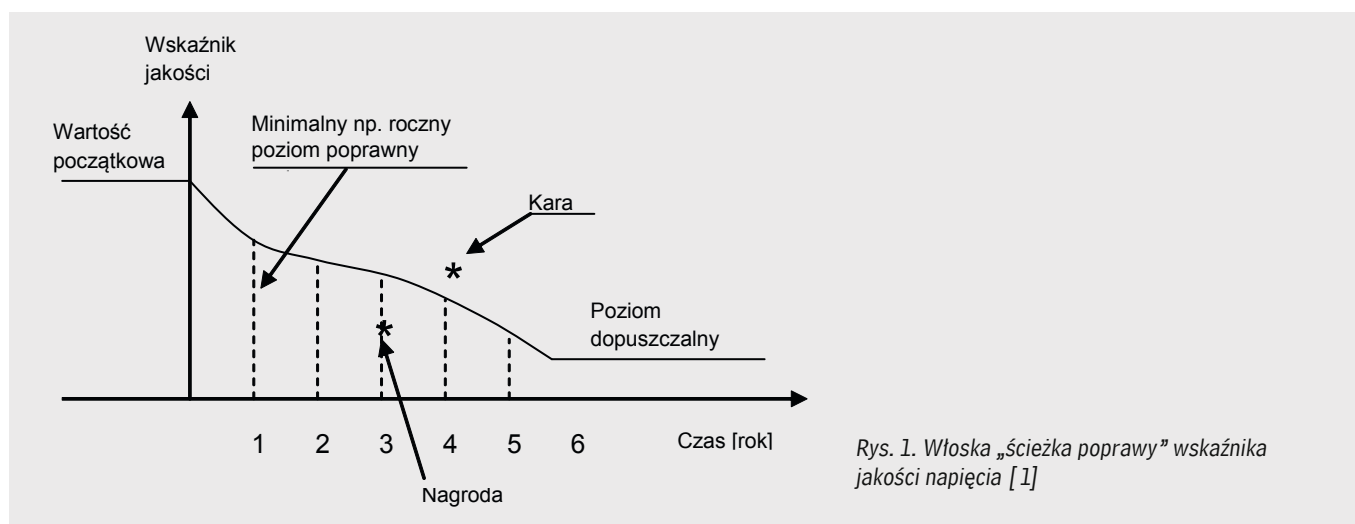
Proponuje się wprowadzenie dwóch poziomów regulacji:

1. lokalny poziom regulacji, uwzględniający wzajemne oddziaływania dostawcy i odbiorcy energii w PWP
2. systemowy poziom regulacji.

## 2.1. Lokalny poziom regulacji

Regulacje lokalne powinny uwzględniać wymagania zarówno czułych odbiorników, które potrzebują szczególnej jakości napięcia, jak i koncentrować się na odbiorcach zaburzających, w odniesieniu do których wymagane są mechanizmy kontroli ich poziomów emisji. Wzajemne oddziaływanie jest opisane miarami liczbowymi w umowie na dostawę energii. Dla punktów pomiarowych klasy NZ należy przeprowadzić analizę lokalizacji źródła zaburzenia i wskazać jednoznacznie sprawcę przekroczenia dopuszczalnego poziomu jakości.

Następny krok procedury obejmuje uzgodnienie dla sprawcy tzw. ścieżki poprawy, zgodnie z którą w określonym czasie (np. roku czy dwóch lat, zależnie od trudności technicznych) powinien zostać osiągnięty, w rozważanym punkcie sieci, stan jakości klasyfikujący go do kategorii jakości Z (rys. 1). Tempo dochodzenia do poziomów referencyjnych jest więc różne, zależnie od stanu zastanego w roku początkowym.



Rys. 1. Włoska „ścieżka poprawy” wskaźnika jakości napięcia [1]

Kontrola oparta jest na pomiarze w punkcie wspólnego przyłączenia. Dostawca energii przeprowadza pomiary w wybranych stałych punktach sieci zasilającej za pomocą zainstalowanych przyrządów pomiarowych. Miernik rejestruje wartości skuteczne napięć, poziom wahań, harmoniczne, asymetrię napięcia oraz dostarczoną energię z czasem uśredniania 10 min. Przekroczenie poziomów dopuszczalnych, zgodnie ze „ścieżką poprawy”, powoduje opłatę karną, którą dostawca uiszcza odbiorcy. Wysokość tej opłaty zależna jest od stopnia przekroczenia poziomu dopuszczalnego i wartości energii dostarczonej w warunkach złej jakości zasilania. W kolejnych latach, zgodnie ze „ścieżką poprawy”, regulator/operator dokonuje porównania istniejących poziomów jakości z poziomami docelowymi i jeżeli nastąpiła poprawa jakości w stopniu większym niż wymagany, wzmacnia czynnik motywacyjny, np. redukując do X% wysokość bonifikaty płaconej na rzecz odbiorcy. Przedstawiony mechanizm regulacyjny, oparty na karze i nagrodzie, motywuje operatorów do szybkich interwencji w poprawę jakości napięcia, a odbiorców do nieprzekraczania poziomów emisji uzgodnionych z dostawcą energii.

### Wahania napięcia

W przypadku przekroczenia poziomu dopuszczalnego wahań napięcia opłata karna jest wyznaczana na podstawie zależności:

$$P_W = \sum_{k \in \Omega_1} C \times W_k^2 \times E_k + \sum_{k \in \Omega_2} C \times E_k \quad (14)$$

gdzie:  $E_k$  jest energią dostarczoną w przedziale czasu o numerze porządkowym  $k$ , a  $W_k$  jest wahaniami napięcia podlegającym karze

$$W_k = \max \left[ 0, \frac{P_{st,k} - P_{st, poziom\ dopuszczalny}}{P_{st, poziom\ dopuszczalny}} \right] \quad (15)$$

$\Omega_1$  jest zbiorem przedziałów, w których  $W_k \leq 1$ , a  $\Omega_2$  jest zbiorem przedziałów w których  $W_k > 1$ .  $P_{st,k}$  jest wskaźnikiem krótkookresowego migotania światła, zmierzonym podczas  $k$ -tego przedziału,  $P_{st, poziom\ dopuszczalny}$  jest jego poziomem dopuszczalnym.  $W_k$  jest wyznaczane dla każdego 10-minutowego przedziału podczas tygodnio-

wego okresu pomiarów ( $k = 1, 2, \dots, 1008$ ) i przyjmuje wartość różną od zera tylko wówczas, jeżeli został przekroczony poziom dopuszczalny. Jak wynika z zależności (14), każdy  $k$ -ty przedział, podczas którego występuje nadmierny poziom wahań napięcia, będzie wiązał się z opłatą karną w wysokości:

$$C \times W_k^{(2)} [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } 0 < W_k < 1 \text{ i } C [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } W_k \geq 1$$

W praktyce wartość  $C$  może być przyjmowana na poziomie kosztów przerw w zasilaniu. Oznacza to, że przedziały, w których  $W_k \geq 1$ , traktowane są jako nieakceptowane warunki zasilania. W przypadku, gdy przekroczenie poziomu dopuszczalnego wahań napięcia jest zgodne ze „ścieżką poprawy”, wówczas opłata karna jest zredukowana zgodnie z zależnością:  $P_W^* = R \times P_W$ , gdzie  $R$  jest współczynnikiem redukcji bonifikaty o wartości stałej (np. 0,5) lub zależnej od czasu trwania procesu poprawy jakości napięcia np.  $R = (1 - m / M)$ , gdzie  $M$  jest przyjętym czasem (w miesiącach) potrzebnym do osiągnięcia w danym punkcie sieci klasy napięcia  $Z$ , a  $m = 0, 1, 2, \dots$  są kolejnymi miesiącami/latami, licząc od chwili rozpoczęcia realizacji „ścieżki poprawy”. Tę samą zasadę można zastosować do wszystkich pozostałych wskaźników jakości napięcia.

### Odształcenie napięcia

W przypadku wyższych harmonicznych, dla których nastąpiło przekroczenie dopuszczalnych poziomów, funkcja kary przyjmuje postać:

$$P_H = \sum_{k \in \Omega_3} C \times H_k^2 \times E_k + \sum_{k \in \Omega_4} C E_k \quad (16)$$

gdzie:  $H_k$  jest poziomem odształcenia napięcia podlegającym karze

$$H_k = \max \left[ 0, \frac{THD_k - THD_{\text{poziom dopuszczalny}}}{THD_{\text{poziom dopuszczalny}}} \right] + \frac{1}{n} \sum_{h=2}^{40} \max \left[ 0, \frac{U_{h,k} - U_{h,\text{poziom dopuszczalny}}}{U_h^*} \right] \quad (17)$$

$\Omega_3$  jest zbiorem przedziałów, w których  $H_k \leq 1$ , a  $\Omega_4$  jest zbiorem przedziałów, w których  $H_k > 1$ . Wartość  $n$  redukująca wysokość kary płaconej z tytułu przekroczenia poziomów dopuszczalnych poszczególnych harmonicznych może w początkowym okresie wynosić np. 3. W okresie wdrażania regulacji bez konsekwencji finansowych może ona ulec zmianie. Wartość  $THD_k$  jest maksymalną wartością współczynnika odształcenia, a  $U$  maksymalną wartością harmonicznej napięcia  $h$  rzędu spośród trzech faz, zarejestrowanymi w każdym  $k$  przedziale.  $H_k$  jest wyznaczane dla każdego przedziału podczas tygodniowego okresu pomiarów ( $k = 1, 2, \dots, 1008$ ) i przyjmuje wartość różną od zera, tylko jeżeli są przekroczone poziomy dopuszczalne. Jak wynika z zależności (16), każdy  $k$  przedział, podczas którego występuje nadmierne odształcenie napięcia, będzie wiązał się z opłatą karną w wysokości:

$$C \times H_k^{(2)} [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } 0 < H_k < 1 \text{ i } C [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } H_k \geq 1$$

### Asymetria napięcia

Dla tego zaburzenia funkcja kary przyjmuje postać:

$$P_A = \sum_{k \in \Omega_5} C \times A_k^2 \times E_k + \sum_{k \in \Omega_6} C \times E_k \quad (18)$$

gdzie:  $A_k$  jest poziomem asymetrii napięcia podlegającym karze:

$$A_k = \max \left[ 0, \frac{K_k^{(2)} - K_{\text{poziom dopuszczalny}}^{(2)}}{K_{\text{poziom dopuszczalny}}^{(2)}} \right] \quad (19)$$

$\Omega_5$  jest zbiorem przedziałów, w których  $A_k \leq 1$ , a  $\Omega_6$  jest zbiorem przedziałów, gdzie  $A_k > 1$ .  $K_k^{(2)}$  jest wartością współczynnika asymetrii zarejestrowaną w każdym  $k$  przedziale.  $A_k$  jest wyznaczane dla każdego przedziału



podczas tygodniowego okresu pomiarów ( $k = 1, 2, \dots, 1008$ ) i przyjmuje wartość różną od zera, tylko jeżeli jest przekroczony poziom dopuszczalny.

Jak wynika z zależności (18), każdy  $k$  przedział, podczas którego występuje nadmierna asymetria napięcia, będzie wiązał się z opłatą karną w wysokości:

$$C \times A_k^{(2)} [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } 0 < A_k < 1 \text{ i } C [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } A_k \geq 1$$

### Wolne zmiany napięcia

Zgodnie z obowiązującym postanowieniem rozporządzenia taryfowego, wysokość kary płaconej na rzecz odbiorcy jest bardzo mała i praktycznie nie uruchamia żadnego mechanizmu motywującego dostawcę do poprawy stanu jakości zasilania [2]. Stąd propozycja zmiany, zgodnie z którą, jeżeli wartość napięcia przekracza dopuszczalne poziomy, dostawca jest zobowiązany zapłacić karę zgodnie z formułą:

$$P_U = \sum_{k \in \Omega_7} C \times V_k^2 \times E_k + \sum_{k \in \Omega_8} C \times E_k \quad (20)$$

gdzie:  $V_k$  jest poziomem wolnych zmian napięcia podlegającym karze

$$\tau_{\Delta U, k} = \frac{U - U_C}{U_C}$$

$$\begin{aligned} \text{Jeżeli } \text{sign}(\tau_{\Delta U, k}) = (+) \quad V_k &= \max \left( 0, \frac{|\tau_{\Delta U, k}| - \tau_{\Delta U \text{ max, odchylenie w górę}}}{\tau_{\Delta U \text{ max, odchylenie w górę}}} \right) \\ \text{Jeżeli } \text{sign}(\tau_{\Delta U, k}) = (-) \quad V_k &= \max \left( 0, \frac{|\tau_{\Delta U, k}| - \tau_{\Delta U \text{ max, odchylenie w dół}}}{\tau_{\Delta U \text{ max, odchylenie w dół}}} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

$\Omega_7$  jest zbiorem przedziałów, w których  $V_k \leq 1$ , a  $\Omega_8$  jest zbiorem przedziałów, gdzie  $V_k > 1$ .  $V_k$  jest wyznaczone dla każdego przedziału podczas tygodniowego okresu pomiarów ( $k = 1, 2, \dots, 1008$ ) i przyjmuje wartość różną od zera, tylko jeżeli jest przekroczony poziom dopuszczalny.

Jak wynika z zależności (20), każdy  $k$ . przedział, podczas którego występuje nadmierna zmiana napięcia, będzie wiązał się z opłatą karną w wysokości:

$$CW_k^{(2)} [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } 0 < W_k < 1 \text{ i } C [\text{PLN/kWh}] \text{ gdy } W_k \geq 1$$

Kary określone zależnościami (14), (16), (18) i (20) (wynikające z jednotygodniowego pomiaru) płacone są w sposób ciągły w każdym kolejnym tygodniu, do chwili, gdy pomiarowo zostanie wykazany brak przekroczenia dopuszczalnych poziomów wynikających z przyjętej „ścieżki poprawy”. W przypadku pomiarów realizowanych za pomocą mierników stacjonarnych kara wyliczana jest w sposób ciągły, zgodnie z rzeczywistymi przekroczeniami dopuszczalnych wskaźników jakości napięcia. Może to być dodatkowy czynnik motywujący do budowy rozproszonych systemów monitorowania jakości dostawy energii.

## 2.2. Systemowy wskaźnik jakości napięcia

Na poziomie systemowym wskaźniki jakości nie są gwarantowane dla każdego odbiorcy. Gwarantowany jest natomiast odpowiedni średni poziom jakości dla wszystkich odbiorców. Polski system elektroenergetyczny jest podzielony na obszary administrowane przez operatorów sieciowych OSP i OSD, z których każdy jest wewnętrznie podzielony na mniejsze jednostki organizacyjne. Sieć operatora systemu przesyłowego jest podzielona na pięć oddziałów. Analizę benchmarkingową można więc przeprowadzać zarówno w skali całego kraju, pomiędzy niezależnymi operatorami, jak i w skali pojedynczego operatora.

W celu globalnej oceny systemowej (dla wyróżnionego obszaru lub części systemu) można zdefiniować systemowy wskaźnik ( $CWJ_{\text{S}}$ ):



$$(CWJ_U)_S = \sum_{j=1}^M w_j CWJ_{U,j} / \sum_{j=1}^M w_j \quad (22)$$

gdzie:  $w_j$  i  $CWJ_{U,j}$  są odpowiednio współczynnikiem ważenia i wskaźnikiem jakości  $j$ -tego punktu pomiarowego, a  $M$  jest całkowitą liczbą monitorowanych punktów sieci zasilającej. Punktowy współczynnik ważenia może być zależny np. od liczby/mocy zamówionej odbiorców przyłączonych w danym punkcie.

Regulator/operator, realizując proces poprawy jakości napięcia, porównuje wskaźnik systemowy z jego przyjętym poziomem, zależnym w każdym roku od „ścieżki poprawy”. Przyjmując przykładowo poziom wskaźnika  $(CWJ_U)_{S,n}$  dla  $n$ -tego roku zgodnie ze „ścieżką poprawy” i zakładając np.  $\pm 5$ -proc. przedział tolerancji, można sformułować następujący warunek oceny:

jeżeli  $(CWJ_U)_S > 1,05 (CWJ_U)_{S,n}$  będzie określona kara dla operatora

jeżeli  $(CWJ_U)_S < 0,95 (CWJ_U)_{S,n}$  będzie określona nagroda dla operatora.

Dla mechanizmu ustalania kary/nagrody można przyjąć algorytm analogiczny do proponowanego dla regulacji punktowej. Kary są wyznaczane proporcjonalnie do dostarczonej energii, podczas stanu złej jakości zasilania, przy czym poziom kary rośnie wraz ze wzrostem odstępstwa od dopuszczalnego poziomu zaburzenia, aż do przyjętego poziomu progowego. Po przekroczeniu tej wartości dostawca jest karany tak, jak za energię niedostarczoną/przerwę w zasilaniu. Regulator powinien określić analityczną postać funkcji kary. Podobną koncepcję można zastosować w odniesieniu do nagrody.

Dodatkową informację niesie wskaźnik zdefiniowany zależnością:

$$(SWJ_U)_S^* = (N_A / N) 100\% \quad (23)$$

gdzie:  $N_A$  jest liczbą punktów pomiarowych klasy  $Z$ , a  $N$  jest całkowitą liczbą punktów, w których zainstalowane są mierniki. Wartość współczynnika równa 1 oznacza, że we wszystkich punktach pomiarowych rozważanej części systemu spełnione są wymagania jakościowe. Wartość mniejsza od 1 oznacza ich niespełnienie w co najmniej jednym punkcie.  $N$  może być także całkowitą liczbą punktów, które zostały zakwalifikowane jako punkty pomiaru wskaźników jakości. Są to zarówno punkty, w których przeprowadzany jest pomiar wskaźników, jak i punkty, w których planowana jest instalacja przyrządów pomiarowych. W podobny sposób, jak w przypadku pojedynczego punktu pomiarowego, można przyporządkować klasę jakości napięcia w odniesieniu do wskaźnika systemowego.

### 3. PODSUMOWANIE

Proponuje się wprowadzenie do rozporządzenia systemowego:

- a) całkowitego wskaźnika jakości napięcia  $(SWJ_U)$
- b) klasy jakości napięcia
- c) systemowego wskaźnika jakości napięcia  $(SWJ_U)_S$  jako podstawę benchmarkingu.

Modyfikacja rozporządzenia taryfowego w sposób uruchamiający system bonifikat, płaconych przez dostawcę na rzecz odbiorcy z tytułu niespełnienia poziomów dopuszczalnych jakości napięcia, wymaga czasu i danych pomiarowych. Wprowadzanie każdego mechanizmu regulacji zobowiązuje do początkowego czasu testowania procedury bez wprowadzania skutków finansowych, jedynie w celu przeanalizowania konsekwencji jego funkcjonowania.

### BIBLIOGRAFIA

1. Caramia P, Carpinelli G., Verde P, Power quality indices in liberalized markets, Wiley, 2009.
2. Krajowy Raport Benchmarkingowy nt. jakości dostaw energii elektrycznej, URE, 2009.
3. Regulation of voltage quality for the Italian network..., Workshop organized in the framework of the 14th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), 29 września 2010, Bergamo, Włochy.
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r., Dziennik Ustaw nr 93 z dnia 29 maja 2007 r.