Paweł SOWA, Janusz KURPAS

Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów

doi:10.15199/48.2016.11.68

Niezawodność systemu elektroenergetycznego w ujęciu regulacji jakościowej

Streszczenie. *Artykuł podejmuje tematykę niezawodności sieci dystrybucyjnej w kontekście wprowadzonej regulacji jakościowej. Autorzy proponują wielopłaszczyznowe spojrzenie na aspekty niezawodnej dostawy energii elektrycznej – wskazując na perspektywę Klienta, jako ujęcie opisane wskaźnikami SAIDI i SAIFI i wykorzystywane w modelu regulacji Operatorów Systemów Dystrybucyjnych.*

Abstract*. Article refers to the reliability of the distribution network in the context of the quality regulation. The authors propose a multi-focused look at the aspects of a reliable supply of electricity - pointing to the customer perspective, described by indicators SAIDI and SAIFI and used in the regulation model of Distribution System Operators. (**Reliability of distribution system in terms of quality regulation**).*

Słowa kluczowe: regulacja jakościowa, niezawodność, SAIDI, SAIFI, strategia inwestycyjna, zarządzanie majątkiem, OSD.
Keywords: reliability, SAIDI, SAIFI, investment strategy, asset management, DSO.

Wstęp

System elektroenergetyczny, rozumiany jako zbiór elementów służących do niezawodnej dostawy czy odbioru energii elektrycznej [1] można opisać na wiele sposobów.

Jedną z perspektyw, w której można analizować prawidłowość pracy systemu elektroenergetycznego jest perspektywa Klienta. Klienta rozumianego jako głównego beneficjenta funkcji celu istnienia systemu, Klienta – odbiorcy, Klienta – wytwórcy, Klienta – prosumenta. W każdym z przypadków Klient ostatecznie weryfikuje niezawodność pracy systemu.

Przedmiotem tego artykułu nie będzie odniesienie do metod oceny niezawodności systemu, opisanych min. w pozycji [2]. Autorzy skoncentrują się na przedstawieniu pojęcia niezawodności w aspekcie regulacji sektora elektroenergetycznego, a w szczególności obowiązków nałożonych na krajowych operatorów systemów dystrybucyjnych.

W Polsce rok 2016 jest pierwszym rokiem obowiązywania tzw. „regulacji jakościowej" [3] i stanowi ważny krok w procesie przemian sektora dystrybucji, stojącego przed wyzwaniami elastycznego dostosowania się do nowych wymagań – zmiana klasycznego łańcucha dostaw źródło – odbiorca, zmiana charakteru odbiorników i ich wpływ na parametry JEE, powszechna cyfryzacja i jej konsekwencje w oczekiwaniu prawności dostawy energii elektrycznej, wreszcie rozproszone OZE i zmienność rozpływów w sieci na wszystkich poziomach napięcia. To wszystko w ścisłej korelacji z wiekiem, stanem technicznym infrastruktury, uwarunkowaniami formalno-prawnymi i barierami w procesie inwestycyjnym.

Regulacja jakościowa

Nowy model regulacji jakościowej rozpoczął funkcjonowanie od 1 stycznia 2016 r. Prezes URE opublikował wymagania stawiane OSD w dokumencie „Strategia Regulacji Operatorów Systemów Dystrybucyjnych na lata 2016-2020" [3] oraz „Regulacja Jakościowa w latach 2016-2020 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych" [4]. Intencją autorów artykułu nie jest szczegółowa analiza przytoczonych opracowań, lecz koncentracja na zagadnieniach związanych z niezawodnością pracy systemu.

Jak wynika z opracowania [3] elementem mającym wpływ na kształtowanie poziomu przychodu regulowanego OSD jest współczynnik odzwierciedlający efekty wprowadzenia regulacji jakościowej, wyrażony jako Q_t.
Formuła na wyznaczenie zwrotu z kapitału ma następującą postać

$$Z_t = WRA_t * WACC_t * Q_t * WR_t \quad (1)$$

gdzie: Z_t – zwrot z zaangażowanego kapitału w taryfie na rok t, WRA_t – wartość regulacyjna aktywów dla roku t (w tym dla inwestycji AMI uzgodnionych z Prezesem URE do dnia 31 marca 2015 r.), $WACC_t$ – średnioważony koszt kapitału ustalony na rok t, Q_t - współczynnik realizacji regulacji jakościowej, WR_t - wskaźnik regulacyjny.

Współczynnik Q_t może przyjmować wartości od 0,85 do 1, zatem niedotrzymanie nałożonych na OSD wymagań jakościowych będzie skutkować ograniczeniem przychodu regulowanego.

Analizując zapisy opracowania [4] przedstawiającego szczegółowo mechanizm regulacji jakościowej należy zwrócić uwagę na katalog wskaźników jakościowych, wśród których wymienia się:
- parametr SAIDI - wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy,
- parametr SAIFI - wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw.

Parametry obrazujące ciągłość dostaw opisuje się w sposób przedstawiony poniżej [5,6].
SAIDI (System Average Interruption Duration Index) – przeciętny systemowy wskaźnik trwania wszystkich przerw długich w roku na odbiorcę systemu

$$\mathrm{SAIDI} = \frac{\sum_i N_i \times D_i}{N_T} \quad (2)$$

gdzie: D_i – to czas przywrócenia zasilania po wystąpieniu zdarzenia osobno dla każdej grupy odbiorców którym przywrócono zasilanie przy etapowym przywracaniu zasilania, N_i – liczba odbiorców dotkniętych przerwą o jednakowym czasie trwania w wyniku zdarzenia, N_T – ogólna liczba odbiorców systemu (lub jego fragmentu), których wskaźnik dotyczy.

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – przeciętny systemowy wskaźnik częstości występowania wszystkich przerw długich w roku na odbiorcę systemu osobno dla przerw długich i krótkich

$$\mathrm{SAIFI} = \frac{\sum_i N_i}{N_T} \quad (3)$$

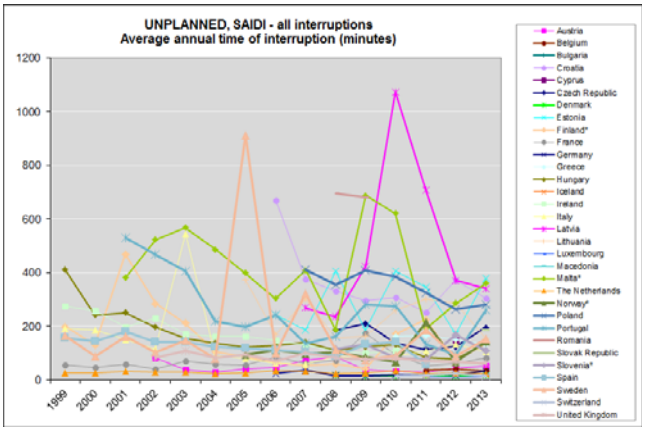
gdzie: N_i – liczba odbiorców dotkniętych przerwą w wyniku zdarzenia (dla sieci nN może być estymowana za pomocą

średniej liczby odbiorców przypadającej na transformator Sn/nN), N_T – ogólna liczba odbiorców systemu (lub jego fragmentu), których wskaźnik dotyczy.

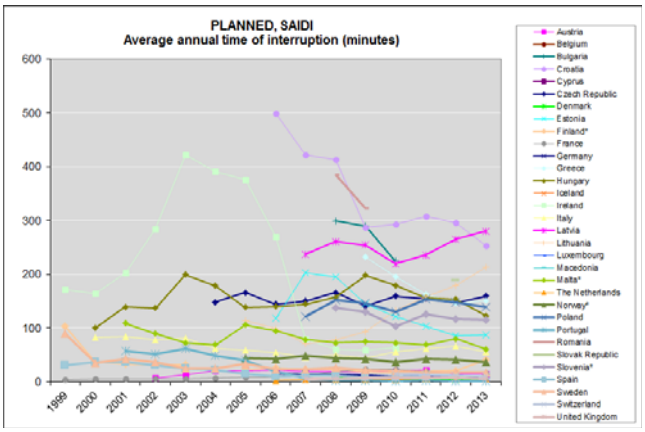
Przytaczając po krótce definicje w/w parametrów wyraźnie widać nakreśloną przez Prezesa URE perspektywę oceny niezawodnej pracy systemu – wyrażoną czasem przerw i częstością przerw w dostawie, przypadającymi na Klienta danego OSD. Szerszy kontekst modelu regulacji stymulującego poprawę niezawodności dostaw przedstawiono m.in. w raporcie [7].

Pomijając w tym artykule szczegółowe metody wyznaczania parametrów SAIDI i SAIFI (opisane m.in. w [6,10]), poziomy tolerancji osiąganych wskaźników i bazę odniesienia można jedynie wskazać na bardzo wysokie wymagania dotyczące poprawy parametrów w okresie objętym modelem regulacji jakościowej, tj. ograniczenie wartości parametrów w latach 2016-2020 o 50% [4].

Przykładowo, dla 5 letniego okresu regulacji, przyjmując za punkt wyjścia pozycję Polski w najnowszym raporcie CEER [8] dla parametru SAIDI w części nieplanowej[1], wynoszącego 282 min/klienta dla roku 2013. Oznaczałoby to konieczność poprawy wskaźnika o 141 min/klienta do 2018 roku. W innym przykładzie, przyjmując jako punkt wyjścia wskaźnik SAIDI Energa Operator publikowany na stronie internetowej, wynoszący łącznie 262 min/klienta w roku 2014 – wskaźnik na koniec 5 letniego okresu regulacyjnego powinien wynosić 131 min/klienta dla SAIDI planowego i nieplanowego łącznie. Szerzej różnice w SAIDI planowym i nieplanowym w kontekście bezpieczeństwa zasilania aglomeracji miejskiej omówiono w pracy [10].



Rys.1. SAIDI nieplanowe bez wyłączenia zdarzeń katastrofalnych, wg CEER (źródło: [8])



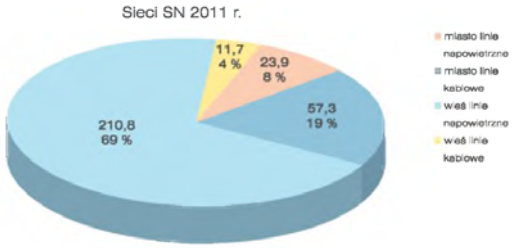
Rys.2. SAIDI planowe, wg CEER (źródło: [8])

W tym miejscu należy zadać pytanie o realność tak postawionego celu, ale też o narzędzia niezbędne do realizacji tak jasno nakreślonej strategii OSD.

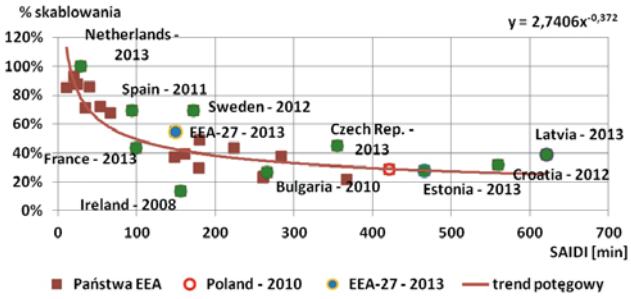
Stan infrastruktury dystrybucyjnej

Analiza stanu infrastruktury OSD będzie przedmiotem odrębnego opracowania. Można jednak z całą pewnością stwierdzić, że powtarzające się zapowiedzi medialne przedstawicieli polskich OSD o konieczności inwestowania mld zł w odtworzenie infrastruktury, nawiązania do konieczności odbudowy majątku powstałego w czasie boomu inwestycyjnego lat 70 i 80 oraz świadomość wieloletniego niedokapitalizowania infrastruktury dystrybucyjnej, wskazują jednoznacznie, że sieci dystrybucyjne wymagają sporych nakładów i dobrej strategii inwestycyjnej.

Odrębną kwestią jest aktualna topologia sieci dystrybucyjnej, wyposażenie w urządzenia EAZ, automatykę w głębi sieci. W dalszym ciągu mamy dominację linii napowietrznych na wszystkich poziomach napięć [11], gdzie skutek oddziaływania zjawisk atmosferycznych jest ekstremalnie wysoki.



Rys.3. Sieci średnich napięć (SN) w Polsce w 2011(źródło: [11])



Rys.4. Relacja pomiędzy skablowaniem linii SN+nN a wartością współczynnika SAIDI (źródło: [12])

Relacja stopnia skablowania do osiąganych wskaźników dostępności sieci, wyrażoną wskaźnikiem SAIDI [12] została przedstawiona na rys.4. Skutek wpływu zjawisk atmosferycznych na sieć elektroenergetyczną jest zdecydowanie wyższy dla linii napowietrznych. Praktyka wykazuje, iż mimo stosowania pasa wycinki zgodnego z normą[2], nie do uniknięcia są sytuacje łamania i opadania na przewody drzew z drugiego szeregu pod wpływem silnego wiatru lub oblodzenia. Pewnym rozwiązaniem w uzasadnionych przypadkach jest budowa linii nadleśnych lub kablowych.

Kablowanie linii SN w istotny sposób wpływa na poprawę niezawodności sieci, nie eliminuje jednak prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia. Doświadczenia OSD wykazują, że ponad 50% uszkodzeń kabli elektroenergetycznych związanych jest z uszkodzeniami mechanicznymi powłok, wywołanymi bezpośrednim oddziaływaniem osób trzecich.

Dużym problemem w skutecznej poprawie niezawodności dostaw jest cięgle powszechna praca sieci

[1] SAIDI [min/klienta] = SAIDI $_{planowe}$ + SAIDI $_{nieplanowe}$

[2] PN-EN 50341

SN w układzie promieniowym, w wielu przypadkach bez możliwości zapewnienia drugostronnego zasilania.

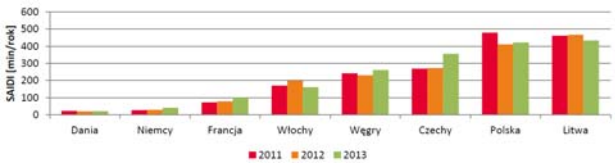
Taki stan rzeczy sprawia, że oprócz wyzwania związanego z odtworzeniem infrastruktury, dochodzi konieczność zmiany topologii, doposażenia w automatykę i urządzenia do zdalnej komunikacji.

Wpływ zjawisk atmosferycznych na wskaźniki

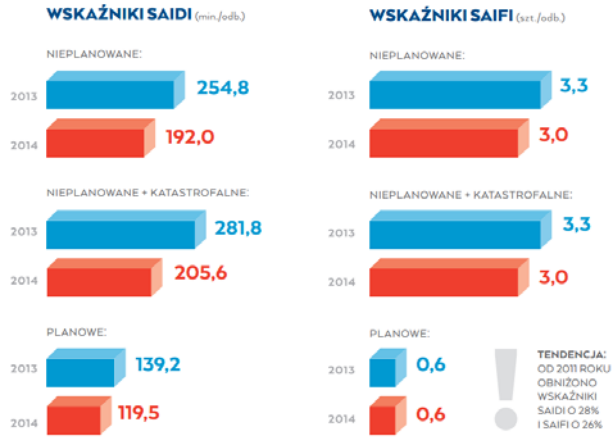
Wpływ anomalii pogodowych (silnego wiatru, szadzi) na sieć - system skorelowanych elementów mechanicznych, projektowanych na warunki normalne z uwzględnieniem zapasu bezpieczeństwa, jest sprawą oczywistą.

Rodzi się pytanie jak istotny wpływ mogą mieć pojedyncze zdarzenia pogodowe na niezawodność systemu wyrażoną wskaźnikami (2) i (3) opisanymi wcześniej. W jakim stopniu obecnie użytkowana technologia (średni czas życia majątku elektroenergetycznego przekracza 40 lat), projektowana i wybudowana przed wielu laty, spełnia współczesne wymagania niezawodnościowe. Szczegółowo wpływ na pracę linii elektroenergetycznych zimowych obciążeń, ze swojej natury – najbardziej krytycznych, przeanalizowano w pracy [13].

Koncentrując się na przykładzie jednego z krajowych OSD – lipiec 2015 roku, porywy wiatru przekraczające 120 km/h, wielokrotne wyładowania atmosferyczne i silne opady deszczu. Wyjątkowo niekorzystne warunki atmosferyczne obejmowały swoim zasięgiem ok. 10% powierzchni terenu OSD, a łączny czas trwania nie przekraczał 48 godzin (2 dni w roku). Mamy zatem do czynienia z oddziaływaniem otoczenia w stosunkowo niewielkiej skali na system operatora. Natomiast skutki zjawiska wyrażone udziałem w rocznym wskaźniku SAIDI operatora wyniosły 18%. Zatem jedno poważne zdarzenie, o relatywnie niewielkiej skali oddziaływania – 2% czasu, 10% powierzchni – pogorszyło wskaźnik SAIDI OSD o blisko 1/5.



Rys.5. Wskaźniki SAIDI dla wybranych krajów UE w latach 2011-2013 (źródło: [7])



Rys.6. Wskaźniki SAIDI i SAIFI krajowych OSD w 2013–2014 roku (źródło: [14])

Podsumowanie

Niezawodność pracy systemu, niezawodność dostaw – będąca podstawową funkcją celu istnienia systemu elektroenergetycznego może być wyrażona w wielu perspektywach. Jedną z nich, jest perspektywa Klienta – odbiorcy/wytwórcy/prosumenta – oczekującego od systemu do którego jest przyłączony, maksymalizacji czasu dostępności systemu, odpowiednich parametrów jakości energii elektrycznej i obsługi na oczekiwanym poziomie.

Biorąc pod uwagę zmiany w ostatnich latach wskaźników SAIDI polskich operatorów [14] należy docenić pozytywny trend i dążenia do poprawy tych wskaźników. Należy mieć jednak na uwadze, że skuteczność metod poprawy czasu przywracania zasilania skoncentrowanych na optymalizacji działań organizacyjnych, koordynacji prac wykonywanych na sieci, minimalizacji wyłączeń, stosowania agregatów i technologii PPN, itp. ma swoje ograniczenia. Dalsza poprawa wskaźników, a w szczególności wskaźnika SAIFI (oraz MAIFI[3]) wymaga konsekwentnej strategii, precyzyjnego planowania popartego analizą spodziewanych efektów (poprawą niezawodności) i stabilnego poziomu nakładów.

***Autorzy**:*
prof. dr hab. inż. Paweł Sowa, Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Bolesława Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, E-mail: pawel.sowa@polsl.pl
mgr inż. Janusz Kurpas, Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Bolesława Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice, E-mail: janusz.kurpas@polsl.pl

LITERATURA:

[1] I. Wasiak, Elektroenergetyka w zarysie. Przesył i rozdział energii elektrycznej, Politechnika Łódzka, 2010
[2] J.Sozański, Niezawodność i jakość pracy systemu elektroenergetycznego, WNT, Warszawa, 1990
[3] Strategia Regulacji Operatorów Systemów Dystrybucyjnych na lata 2016-2020, URE, Warszawa, 2015
[4] Regulacja Jakościowa w latach 2016-2020 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych, URE, Warszawa, 2015
[5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego
[6] I Krajowy raport benchmarkingowy nt. jakości dostaw energii elektrycznej do odbiorców przyłączonych do sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, URE, 2009
[7] Raport, Nowy model opłat jakościowych sposobem na niezawodne dostawy energii elektrycznej, Akademia analiz i mediów, Fundacja im. Lesława Pagi, 2015
[8] CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply, Ref: C14-EQS-62-03, February 2015
[9] Informacja Prezesa URE nr 16/2012 w sprawie sposobu obliczania przez OSD wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI (…)
[10] W.Kamrat, Zaopatrzenie Warszawy w energię elektryczną vs potencjalny stan wystąpienia deficytu mocy i energii elektrycznej, Politechnika Gdańska, 2014
[11] Praca zbiorowa pod redakcją K.Żmijewskiego, Program Gospodarki Niskoemisyjnej na terenach wiejskich, Europejski Fundusz Rozwoju Wsi Polskiej, 2014
[12] K.Żmijewski, Polityka energetyczna Polski do 2030, http://www.proinwestycje.pl/pl/publikacje, 2015
[13] M.Tomaszewski Obciążenia zimowe linii elektroenerg. na przykładzie Polski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013
[14] Raport - energetyka przesyłowa i dystrybucyjna, PTPiREE, 2015

[3] MAIFI - wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich, stanowiący liczbę odbiorców narażonych na skutki wszystkich przerw krótkich w ciągu roku, podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców [5]