

Zbigniew Kolbus, Jerzy Wojciechowski, Zbigniew Olczykowski

Niezawodność i jakość zasilania w energię elektryczną obiektów użyteczności publicznej – analiza przypadku

JEL: L94 DOI: 10.24136/atest.2018.432
Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówiony został problem zasilania w energię elektryczną obiektów użyteczności publicznej. Przedstawiono najważniejsze sposoby zasilania obiektów, zapewniające odpowiednie poziomy niezawodności. Zaprezentowano wyniki pomiarów parametrów jakości energii elektrycznej przeprowadzone w obiekcie szpitala miejskiego. Poddano analizie możliwości wystąpienia awarii układu zasilania w analizowanym obiekcie użyteczności publicznej.

Słowa kluczowe: niezawodność zasilania w energię elektryczną, jakość energii elektrycznej, obiekty użyteczności publicznej.

Wstęp

Jakość energii to ogół parametrów energii elektrycznej dostarczonej użytkownikowi w normalnych warunkach pracy określających ciągłość dostaw oraz charakteryzujących napięcie zasilające. Pod tym pojęciem kryje się zdolność sieci elektroenergetycznej do dostarczenia odbiorcy energii elektrycznej o wcześniej uzgodnionej wartości, o określonej jakości (PN 50160 [1]) oraz bez przerw w zasilaniu. Niezawodność dostaw energii elektrycznej o parametrach zgodnych z normami stanowi jeden z podstawowych filarów prawidłowego funkcjonowania obiektów budowlanych, w tym obiektów użyteczności publicznej. Brak całkowitej pewności zasilania i w jej konsekwencji nawet krótkotrwała przerwa, czy też zaburzenie w dostawie energii może spowodować straty finansowe oraz zagrożenie dla życia i zdrowia ludzkiego [5],[6],[8],[11]. Ważnym ogniwem w systemie niezawodnego dostarczenia energii elektrycznej są sieci elektroenergetyczne średniego napięcia (SN). Przez awarię linii średniego napięcia rozumie się stan niesprawności danego obiektu, uniemożliwiający jego funkcjonowanie, a w konsekwencji powodujący jego unieruchomienie. Oddzielną kwestią jest jakość dostarczanej energii do danego obiektu. W przypadku obiektów użyteczności publicznej oba aspekty, tj. ciągłość zasilania oraz jego jakość nabierają szczególnego znaczenia [9],[11],[13],[14].

1. Obiekty użyteczności publicznej - ogólne zasady zasilania

Przepisy nie definiują jednoznacznie, czym są: miejsca publiczne, miejsca użyteczności publicznej bądź miejsca użytku publicznego. Zawierają natomiast definicję budynku użyteczności publicznej. Zgodnie z rozporządzeniem ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, za budynek użyteczności publicznej uważa się budynek przeznaczony na potrzeby: administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, opieki zdrowotnej, opieki społecznej i socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, turystyki, sportu, obsługi pasażerów w transporcie kolejowym, drogowym, lotniczym, morskim lub wodnym śródlądowym, świadczenia usług pocztowych lub telekomunikacyjnych oraz inny ogólnodostępny budynek przeznaczony do wykonywania podobnych funkcji, w tym także budynek biurowy i socjalny [2].

W budynkach użyteczności publicznej, ze względu na ich rolę oraz charakter powinny być zapewnione warunki niezawodnego zasilania w energię elektryczną. W Polsce stosuje się różne sposoby zasilania obiektów użyteczności publicznej. Jest to spowodowane różnorodnością parametrów, jakie są stawiane poszczególnym obiektom, takich jak [3],[8],[9],[10],[11]:

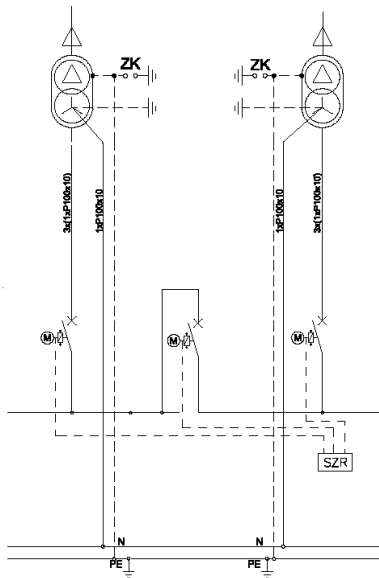
- zapotrzebowanie na moc elektryczną,
- wymagania dotyczące niezawodności i pewności zasilania,
- konfiguracja sieci elektroenergetycznej,
- odległość od stacji elektroenergetycznych,
- techniczne możliwości realizacji określonych rozwiązań,
- ekonomiczne możliwości realizacji danych rozwiązań.

W przypadku zasilania obiektów użyteczności publicznej głównym parametrem, na którym należy się skupić jest pewność i niezawodność zasilania. Obiekty użyteczności publicznej mają bardzo zróżnicowane wymagania co do jakości oraz pewności zasilania w energię elektryczną. Niestety, zapewnienie całemu obiektowi maksymalnej pewności zasilania wiąże się z bardzo dużymi kosztami, często nieadekwatnymi do zagrożenia zaniku napięcia. Dla określonych budynków wystarczający jest podział sekcyjny i rezerwowanie najbardziej istotnych elementów instalacji, natomiast w innych przypadkach należy zastosować rozwiązania o wyższym stopniu niezawodności. Obiektem takim jest analizowany w artykule szpital miejski. Szpital, to budynek użyteczności publicznej, w którym pacjent powinien być w centrum uwagi. Oznacza to, że wszystkie środki techniczne muszą być mu pomocne, dla jego właściwej terapii, dla zabiegów ratujących życie. Nawet krótki zanik napięcia bądź zła jego jakość może zagrozić skuteczności [4].

2. Układy zasilania energią elektryczną obiektów użyteczności publicznej

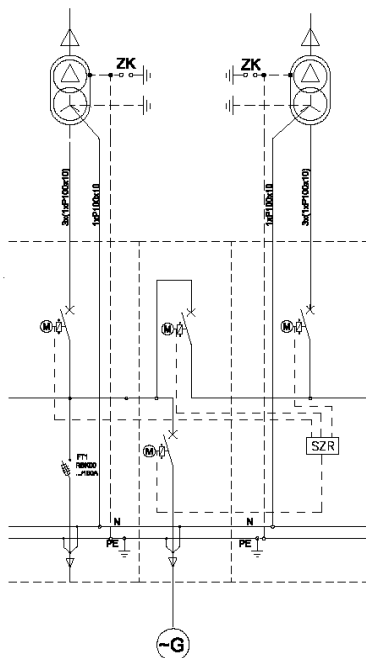
W układach zasilania energią elektryczną, w celu ograniczenia kosztów, stosuje się selekcję co do podziału na poszczególne strefy zasilania poszczególnych odbiorników. Takie postępowanie pozwala na utworzenie czytelnego układu zasilania, a co za tym idzie zminimalizowanie kosztów, które trzeba ponieść dla zapewnienia maksymalnego poziomu niezawodności [3],[8],[9]. W praktyce stosuje się wieloelementowy podział układu zasilającego na zróżnicowane sekcje pewności zasilania.

Analizowany szpital miejski zasilany jest ze stacji dwutransformatowej, z sekcją rezerwowaną i nierezerwowaną. Schemat ogólny takiego rozwiązania przedstawiono na rys. 1. Rozwiązanie takie zakłada ciągłą pracę całej rozdzielni. W przypadku zaniku napięcia na linii od transformatora nr 1 układ automatyki przełączy zasilanie na linię od transformatora nr 2. Środkowy wyłącznik pozostaje ciągle zamknięty, tak więc w rzeczywistości nie musi być zainstalowany. Umieszczono go jednak na schemacie, w celu zobrazowania, w jaki sposób mógłby zareagować układ SZR w przypadku, gdy jedna sekcja miałaby pozostać bez napięcia, po zaniku linii transformatora 1. Miałoby to miejsce w przypadku, gdyby zainstalowane transformatory były różnej mocy i linia rezerwowa mogłaby nie być w stanie zasilić całości obwodów. Układ ten zapewnia wysoką niezawodność zasilania przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów.



Rys. 1. Schemat elektroenergetycznej stacji dwutransformatorowej z sekcją rezerwowaną i nierzerwowaną bez zasilania awaryjnego

Innym przykładem układu zasilania, gwarantującym o wiele większą pewność i jakość zasilania z poziomu stacji transformatorowej jest wyposażenie jej w generator prądowórczy. Pod względem ekonomicznym taki zabieg jest kosztowny, jednak w wielu przypadkach jest niezbędny i wymagany dla zapewnienia wystarczająco dużego poziomu pewności zasilania. Na rysunku nr 2 pokazano schemat takiego układu.



Rys. 2. Schemat elektroenergetycznej stacji dwutransformatorowej z sekcją rezerwowaną i nierzerwowaną z zasilaniem awaryjnym

Układ pokazany na rysunku 2 charakteryzuje się bardzo wysoką pewnością zasilania. W przypadku awarii linii któregokolwiek z transformatorów układ samoczynnego przełączenia rezerwy (SZR) na rozdzieloną sekcję rezerwowaną podane zostanie napięcie z generatora prądowórczego.

Kolejnym z przykładów zwiększenia pewności dostawy energii jest układ z zastosowaniem zasilania gwarantowanego, zapewniającego nieprzerwaną ciągłość zasilania. Im większa pewność, tym większy koszt generują wprowadzane układy. Z poziomu stacji transformatorowej zastosowanie układu z zasilaczem bezprzerwowym UPS jest niezasadne i przede wszystkim zbyt drogie. Bezprzerwowe zasilanie stosujemy w obwodach o najwyższych wymaganiach pewności, dlatego sens zainstalowania tego systemu zaistnieje na kolejnych, dalszych poziomach systemu rozdziału energii w budynku. Taki system zastosowano w przypadku analizowanego szpitala miejskiego. Całkowity system zasilania bloku operacyjnego z UPS i podtrzymaniem bateryjnym (czas 30 minut przy pełnym obciążeniu) zasilą właśnie taki wybrany obwód, gdzie poziom pewności zasilania musi być na najwyższym możliwym stopniu.

W przypadku odbiorców wymagających podwyższonych warunków zasilania stosowane są różne, bardzo często skomplikowane układy zasilania rezerwowego. Układy takie wymagają ciągłej kontroli stanu technicznego, by w przypadku zaniku zasilania zapewnić pracę bezprzerwową odbiorników.

Do działań związanych z przeglądem stanu technicznego urządzeń zasilania rezerwowego możemy zaliczyć m.in.:

- test działania układu SZR,
- kontrolę układu automatyki generatora prądowórczego,
- comiesięczny test generatora,
- kontrolę parametrów urządzenia bezprzerwowego ups,
- pomiar pojemności baterii, aby mieć pewność, że zainstalowany układ zapewni podtrzymanie na oczekiwanym poziomie,
- kontrolę temperatury otoczenia ups, mającą zdecydowany wpływ na żywotność baterii.

3. Analiza parametrów jakości energii elektrycznej obiektu szpitala miejskiego

W celu oceny jakości dostarczanej energii elektrycznej w sieci zasilającej obwody szpitala miejskiego wykonane zostały pomiary parametrów jakości energii elektrycznej. Rejestrację parametrów jakości energii elektrycznej dokonano w czasie jednego tygodnia wykorzystując analizator Memobox 800.

Pomiary przeprowadzono w stacji transformatorowej, zasilającej blok operacyjny szpitala. Analizator Memobox 800 został podłączony do linii 230/400V po stronie wtórnej transformatora T1, w rozdzielnicy nN. Do oceny jakości energii elektrycznej zastosowano analizatory: Memobox 800 szwajcarskiej firmy LEM – szt. 2. Przyrządy mogą pracować jako jednofazowe lub trójfazowe i pozwalają na pomiar wielkości charakteryzujących jakość energii elektrycznej zgodnie z normą PN-EN-50160 [1] oraz Rozporządzeniem [2]. Memobox 800 posiada własną pamięć wewnętrzną do rejestracji wyników pomiarów.



Rys. 3. Podłączenie analizatora parametrów sieci Memobox 800

Pomiar parametrów jakości energii elektrycznej przeprowadzony został zgodnie z Rozporządzeniem [1] dotyczącym oceny jakości energii elektrycznej. Przeprowadzone pomiary obejmowały [1],[5],[12]:

- skuteczną wartość napięcia,
- częstotliwość napięcia,
- asymetria napięcia,
- wskaźniki migotania światła,
- zawartość wyższych harmonicznych napięcia,
- współczynnik zawartości harmonicznych napięcia THD,
- zapady napięcia,
- wzrosty napięcia,
- przepięcia.

Przeprowadzone pomiary miały na celu określenie wartości podstawowych wskaźników jakościowych energii elektrycznej w linii 230/400 V – strona wtórna transformatora T1.

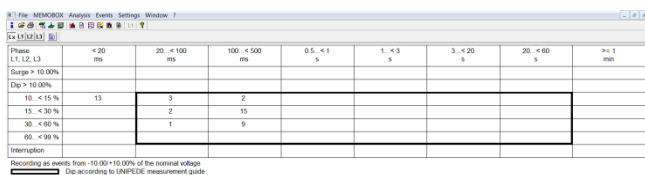
Poniżej przedstawiono zbiorcze zestawienie wskaźników jakości energii elektrycznej oraz ich wartości maksymalne i 95-procentowe, dla tygodnia pomiarowego.



Rys. 4. Zestawienie zbiorcze parametrów jakości energii elektrycznej

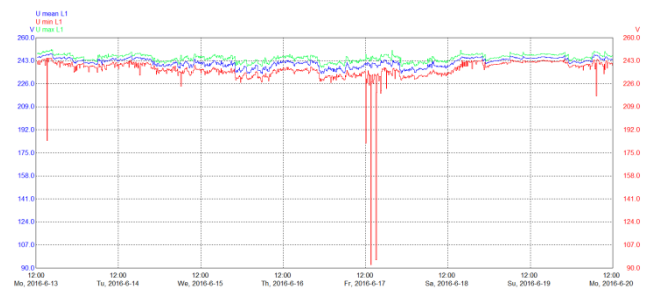
Zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny wskaźników jakości energii elektrycznej wg Rozporządzenia [2] graniczne wartości wskaźników nie zostały przekroczone.

Na podstawie tygodniowego pomiaru można stwierdzić, że występowały w sieci zapady napięcia. Wielkość zapadów w procentach napięcia znamionowego oraz czas ich trwania przedstawiono na rys. 5.

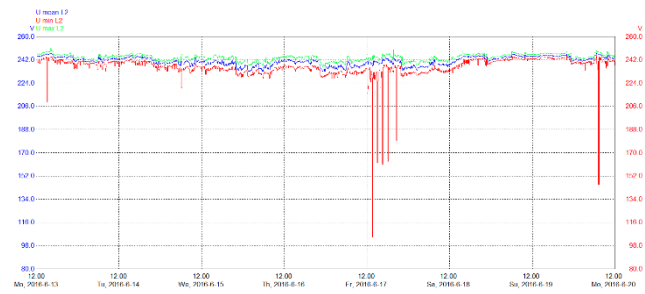


Rys. 5. Zapady napięcia zarejestrowane w trzech fazach – tydzień pomiarów

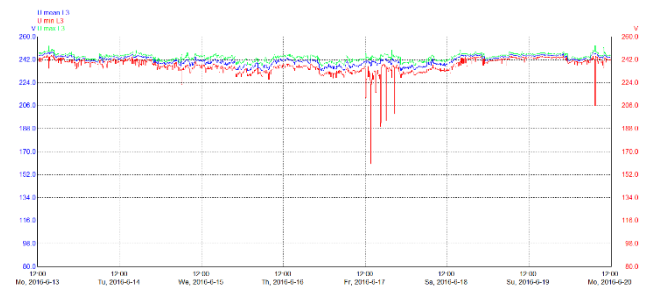
Na rys. 6, 7, 8 przedstawione zostały zmiany wartości napięcia: maksymalnej, średniej oraz minimalnej zarejestrowane w fazach L1, L2, L3.



Rys. 6. Zmiany średniej 10-minutowej skutecznej wartości napięcia Umean, wartości minimalnej Umin oraz maksymalnej Umax w czasie jednego tygodnia pomiarów – L1



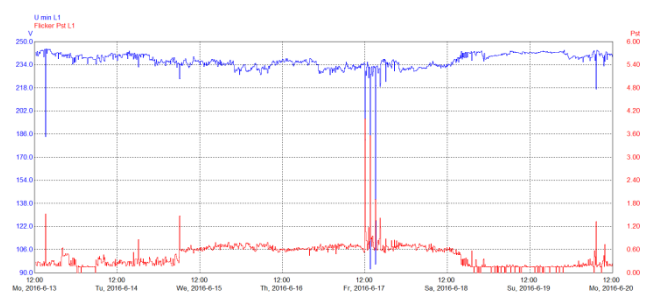
Rys. 7. Zmiany średniej 10-minutowej skutecznej wartości napięcia Umean, wartości minimalnej Umin oraz maksymalnej Umax w czasie jednego tygodnia pomiarów – L2



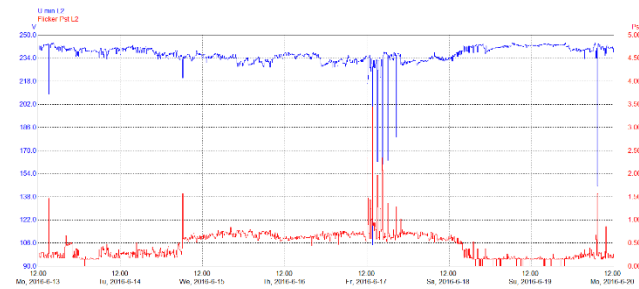
Rys. 8. Zmiany średniej 10-minutowej skutecznej wartości napięcia Umean, wartości minimalnej Umin oraz maksymalnej Umax w czasie jednego tygodnia pomiarów – L3

Najmniejsza skuteczna wartość napięcia zarejestrowana podczas pomiarów wynosiła ok. 90V (17.06.2016 – faza L1). Ponadto zmierzono kilka zapadów napięcia o mniejszej wartości.

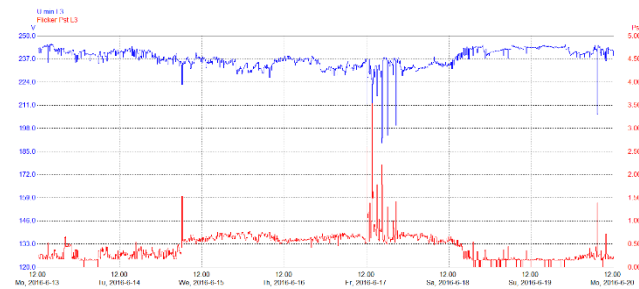
Na rysunkach: 9, 10, 11 przedstawione zostały przebiegi napięcia minimalnego oraz krótkookresowego wskaźnika migotania światła Pst zarejestrowane we wszystkich trzech fazach, po stronie wtórnej transformatora T1.



Rys. 9. Przebiegi krótkookresowego wskaźnika migotania światła Pst oraz napięcia Umin pomierzone w czasie jednego tygodnia – faza L1

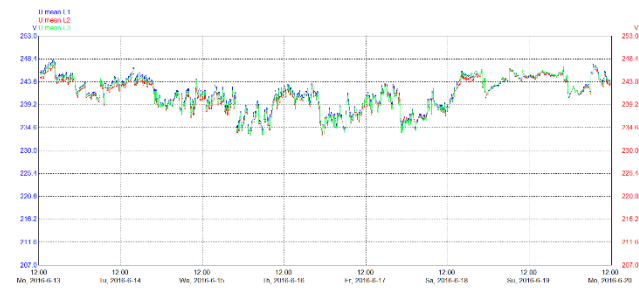


Rys. 10. Przebiegi krótkookresowego wskaźnika migotania światła Pst oraz napięcia Umin pomierzone w czasie jednego tygodnia-faza L2



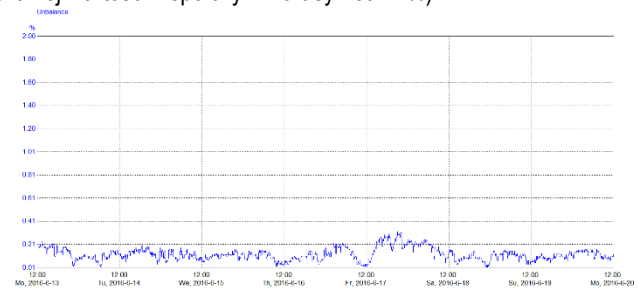
Rys. 11. Przebiegi krótkookresowego wskaźnika migotania światła Pst oraz napięcia Umin pomierzone w czasie jednego tygodnia-faza L3

Podczas analizy pomiarów napięcia stwierdzono, że średnia 10-minutowa wartość skuteczna zarejestrowana przez 95% czasu pomiarów mieści się w określonym przedziale zmian (+10%Un, +10% 230V tzn. 207-253V)

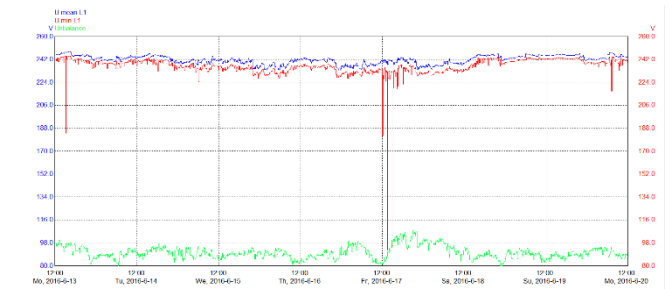


Rys. 11. Zmiany średniej 10-minutowej skutecznej wartości napięcia w czasie jednego tygodnia pomiarów – fazy L1,L2,L3

Analizując zmiany współczynnika asymetrii rysunek 12 i 13 można stwierdzić, że linia jest obciążona symetrycznie (przy dopuszczalnej wartości współczynnika asymetrii 2%).

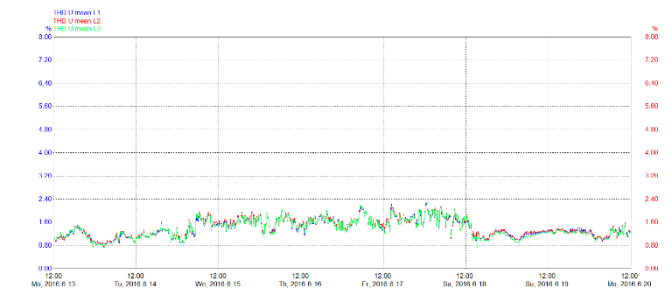


Rys. 12. Zmiany współczynnika asymetrii zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów



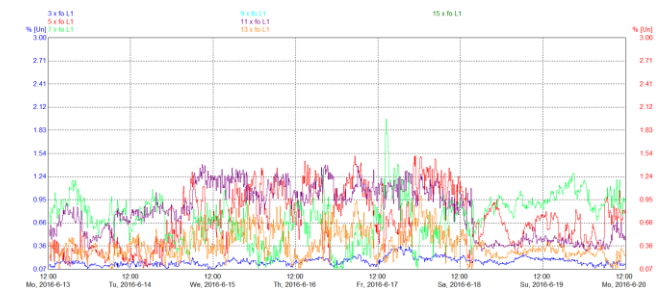
Rys. 13. Zmiany maksymalnej i minimalnej skutecznej wartości napięcia Umin, Umin oraz współczynnika asymetrii zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów

Pomierzone parametry związane z odkształceniem krzywej napięcia nie przekraczają dopuszczalnych wartości zawartych w Rozporządzeniu - rysunek 14

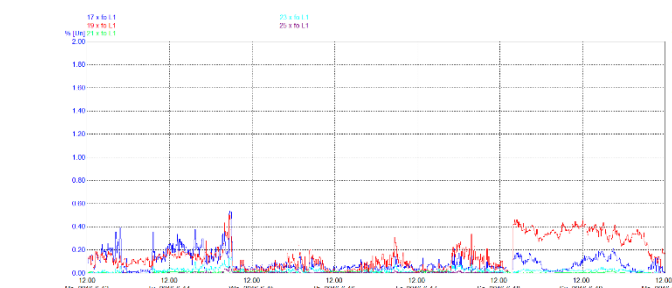


Rys. 14. Zmiany współczynnika odkształcenia harmonicznymi THD zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów – fazy L1,L2,L3

Zmiany zawartości harmonicznych w sieci związane są ze zmianami typowego dobowego obciążenia systemu elektroenergetycznego.

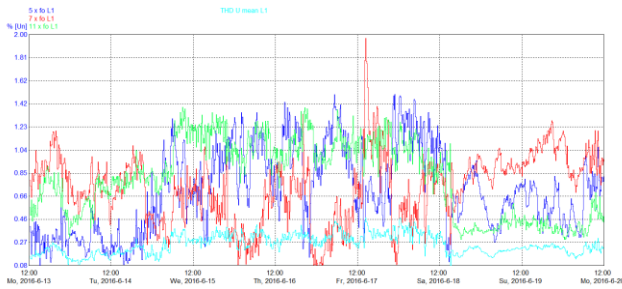


Rys. 15. Zmiany wyższych harmonicznymi napięcia zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów uh3 – uh15 – faza: L1



Rys. 16. Zmiany wyższych harmonicznymi napięcia zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów uh17 – uh25 – faza: L1

Największy wpływ na odkształcenie napięcia mają piąta, siódma i jedenasta harmoniczna, przy czym nie przekraczają one granicznych wartości podanych w Rozporządzeniu – rysunek 17.



Rys. 17. Zmiany zawartości piątej, siódmej i jedenastej harmonicznej napięcia oraz THD zarejestrowane w czasie jednego tygodnia pomiarów – faza: L1

4. Ocena zagrożenia awarii w układzie zasilania szpitala

W celu przeanalizowania zagrożeń oraz ich przeciwdziałaniu należy na początku przeanalizować schemat układu elektroenergetycznego obiektu. Blok operacyjny zasilany jest z dwóch niezależnych źródeł energii elektrycznej (pobliskie: stacja transformatorowa oraz złącze średniego napięcia). W przypadku awarii jednej z linii zasilających druga przejmuje całe obciążenie szpitala. Oba transformatory (jednakowe parametry znamionowe) znajdują się cały czas pod napięciem, jeden w stanie obciążenia, a drugi w stanie jałowym. Należy tu zwrócić uwagę na istotną rolę Rejonu Energetycznego, który powinien prowadzić bieżące prace nad utrzymaniem obu transformatorów w dobrym stanie technicznym oraz kontrolować, czy utrzymują one swoje parametry znamionowe.

Zanik napięcia na linii podstawowej

Na tym poziomie zasilania uwidacznia się pierwsze zagrożenie, czyli zanik napięcia na linii podstawowej. Przy analizie tego problemu przyjmujemy, że prawdopodobieństwo awarii obu linii jest bliskie zeru. W momencie zaniku napięcia na linii podstawowej, zainstalowany układ automatyki przeanalizuje problem i uruchomi przełączenie w układzie SZR zainstalowanym po stronie niskiego napięcia na pracę z agregatu prądotwórczego. Agregat zaprojektowano tak, aby pod pełnym obciążeniem pozwolił szpitalowi funkcjonować przez czas minimum 8-iu godzin. Czas ten należy wykorzystać na przełączenie stacji na pracę na transformatorze rezerwowym.

Awaria generatora prądotwórczego

W celu zapobiegania takiemu zdarzeniu, należy przestrzegać szczegółowych wytycznych producenta co do konserwacji takiego urządzenia. Bardzo istotna jest bieżące nadzorowanie parametrów agregatu wyświetlanych na ekranie automatyki. Każdy opisany w nim parametr posiada swoje górne i dolne granice, których nie można przekraczać, a w przypadku zaistnienia takiego problemu niezwłocznie mu przeciwdziałać.

Każdy generator jest zaprojektowany do pracy, czy ciąglej czy też dorywczej (awaryjnej). W przypadku, gdy awarie zasilania są rzadkością i tak należy wprowadzać urządzenie w tryb pracy raz w miesiącu na okres około 10-iu minut i kontrolować jego bieżące parametry. Takie działania zminimalizują nam niebezpieczeństwo niezadziałania urządzenia w kryzysowej sytuacji do oczekiwanego minimum.

Awaria generatora prądotwórczego oznacza dla zasilanego obiektu duże wyzwanie. Sam przebieg informacji o takim problemie musi być błyskawiczny ponieważ osoby wykonujące zabiegi na salach operacyjnych poprzez zastosowanie kolejnego zabezpieczenia w postaci UPS nie będą świadome niebezpieczeństwa zaistniałej sytuacji.

Awaria UPS

Ostatnim elementem zabezpieczającym zdrowie i życie pacjenta na wypadek zaniku napięcia jest urządzenie typu UPS. W analizowanym przypadku zastosowano urządzenie z podtrzymaniem 30 minutowym. Urządzenie jest skonstruowane tak, aby w przypadku zaniku napięcia przejść z zasilania sieciowego na tryb pracy bateryjny, bez widocznej przerwy w zasilaniu. W badanym problemie najistotniejszym parametrem jest czas, który został wyliczony jako minimalny, pozwalający lekarzom dokończyć, lub przerwać w sposób kontrolowany zabieg, który nie zagraża zdrowi operowanego pacjenta i unormować wszystkie jego parametry życiowe.

Czynniki losowe

Innymi czynnikami mogącymi powodować zanik napięcia mogą być czynniki, które są bardzo ciężkie do wyeliminowania i mają one charakter losowy, bądź są spowodowane ingerencją osób trzecich.

Do czynników losowych zaliczymy:

- pożar stacji transformatorowej,
- pożar w budynku,
- katastrofy budowlane,
- zagrożenia terrorystyczne.

Do czynników spowodowanych ingerencją osób trzecich zaliczymy:

- uszkodzenie, dewastacja linii elementów układu zasilania,
- wywołanie zaniku napięcia poprzez uszkodzenie przycisku wyłącznika pożarowego (zbitcie „szybki” i zwolnienie przycisku ma za zadanie pozbawienie szpitala wszelkich źródeł zasilania, tak z sieci jak i z generatora oraz baterii).

W celu zminimalizowania niebezpieczeństwa wyłączenia zasilania poprzez zbitcie przycisku wyłącznika pożarowego stosuje się oddzielne przyciski powodujące zanik napięcia z sieci oraz generatora oraz umieszczone w oddzielnych pomieszczeniach (nieodstępnych dla osób postronnych) wyłączników odłączających zasilanie z układów bateryjnych.

Podsumowanie

Pewność zasilania jest podstawowym wymogiem stawianym systemom elektroenergetycznym. W przypadku zasilania odbiorców, takich jak szpitale, brak zasilania w energię elektryczną stwarza bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia pacjentów.

Stosowane obecnie urządzenia podtrzymujące życie pacjentów wymagają również zasilania napięciem o określonych parametrach. Zaburzenia napięcia, takie jak zapady, wahania, odkształcenia przebiegu prowadzić mogą do zakłóceń w pracy urządzeń podtrzymujących życie pacjentów lub do ich uszkodzenia.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wskaźników jakości energii elektrycznej można stwierdzić, że wszystkie parametry charakteryzujące jakość dostarczanego napięcia nie przekraczały wartości granicznych określonych w Rozporządzeniu [2] – rysunek 4.

Urządzenia stosowane w środowisku szpitalnym wymagają jednak zasilania bezprzerwowego oraz odpowiedniej jakości napięcia zasilającego. Uruchomienie agregatów prądotwórczych stanowiących główne źródło zasilania rezerwowego zajmuje od kilku do kilkudziesięciu sekund. W tym czasie najważniejsze odbiorniki zasilane są poprzez urządzenia UPS. Zgromadzona w nich energia powinna być wystarczająca do podtrzymania zasilania do czasu uruchomienia agregatów prądotwórczych lub przywrócenia zasilania podstawowego.

Bibliografia:

1. PN-EN 50160:2010 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z 2003 r. Nr 33, poz. 270 oraz z 2004r. Nr 109, poz. 1156).
3. Dołęga W., Kobusiński M., Projektowanie instalacji elektrycznych w obiektach przemysłowych. Zagadnienia wybrane, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
4. PRO-MAC, Inteligentny system kontroli, nadzoru i zasilania dla pomieszczeń i obiektów użytkowanych medycznie, Łódź, PRO-MAC 2009.
5. Wojciechowski J., Lorek K., Nowakowski W., An Influence of a Complex Modernization of the DC Traction Power Supply on the Quality Parameters of the Electrical System's Electrical Energy. MATEC Web of Conferences, vol. 180 (2018), 13th International Conference Modern Electrified Transport – MET'2017, Warsaw, Poland.
6. Olczykowski Z., Kozyra J., Wojciechowski J., Awaria systemu elektroenergetycznego zagrożeniem dla sprawnego funkcjonowania transportu samochodowego, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 6.
7. Łukasik Z., Nowakowski W., Kuśmińska-Fijałkowska A., Zarządzanie bezpieczeństwem infrastruktury krytycznej, „Logistyka” 2014, nr 4.
8. Bernaś S., Systemy elektroenergetyczne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.
9. Dołowy K, Kraszewski A, Różycki S., Linie elektroenergetyczne najwyższych napięć Informator dla administracji publicznej i społeczeństwa, Politechnika Warszawska.
10. Dołęga W., Stacje elektroenergetyczne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
11. Wiatr J., Poradnik projektanta elektryka systemów zasilania awaryjnego i gwarantowanego, Eaton, Warszawa 2008.
12. Wojciechowski J., Stelmach Ł., Wójtowicz M., Młyńczak J., Quality of Electrical Energy Power Supply of Railway Traffic Control Devices. Directions of Development of Transport Networks and Traffic Engineering, 15th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory and Practice 2018", Katowice, Poland, 2018.
13. Kozyra J., Olczykowski Z., Wojciechowski J, Dziocha R., Przyłączanie odbiorców energii elektrycznej do sieci dystrybucyjnej, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2016, nr 12.
14. Łukasik Z., Kozyra J., Kuśmińska-Fijałkowska A., Efektywne ograniczanie zużycia energii elektrycznej w zakładach przemysłowych, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2015, nr 12.

Reliability and quality of power supply to public utilities - case study

The article discusses the problem of supplying electricity to public utilities. Presented are the most important ways of powering objects, ensuring adequate levels of reliability. The results of measurements of electric energy quality parameters carried out at the municipal hospital facility are presented. The possibility of power supply failure in the analyzed public facility was analyzed.

Keywords: reliability of power supply to electricity, power quality, public buildings.

Autorzy:

mgr inż. **Zbigniew Kolbus** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.

dr inż. **Jerzy Wojciechowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.
j.wojciechowski@uthrad.pl

dr inż. **Zbigniew Olczykowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.
z.olczykowski@uthrad.pl