

PRZYŁĄCZANIE ODBIORCÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ DO SIECI DYSTRYBUCYJNEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia przyłączania odbiorców energii elektrycznej do dystrybucyjnej sieci elektroenergetycznej. Autorzy skupili się na procedurze przyłączania odbiorcy do sieci dystrybucyjnej oraz zaproponowali konieczność wykonywania pomiarów jakości energii elektrycznej dla wykonanego przyłączania odbiorców. Na podstawie wykonanych pomiarów przeprowadzono analizę rzeczywistej jakości energii elektrycznej dostarczanej do przyłączonego odbiorcy.

WSTĘP

Stale rosnąca liczba odbiorców i przyłączonych do sieci urządzeń sprawia, że ciągle poszukuje się nowych rozwiązań zarówno na etapie produkcji i przesyłu. Przy budowie sieci przesyłowych i dystrybucyjnych wykorzystywane są coraz to nowsze rozwiązania w dziedzinie konstrukcji, izolacji i przewodów. Powoduje to zwiększenie niezawodności i pewności dostaw energii do odbiorców.

Coraz większe znaczenie zaczyna mieć nie tylko obecność napięcia u odbiorcy i pewność zasilania, ale także jego jakość. Trudno sobie dziś wyobrazić funkcjonowanie gospodarstwa domowego, sklepu, małego zakładu czy dużej firmy produkcyjnej bez oświetlenia, komputera czy maszyn produkcyjnych. Niemal wszystkie dostępne dziś urządzenia wykorzystują energię elektryczną. Aby umożliwić ich normalne działanie konieczne jest połączenie ich ze źródłem zasilania, co w większości przypadków wiąże się z technicznym podłączeniem do sieci elektroenergetycznej. Rosnąca liczba odbiorników szczególnie nieliniowych sprawia że jakość napięcia, ulega znacznemu pogorszeniu. Stawia to nowe wyzwania nie tylko przed dostawcami energii elektrycznej, którzy muszą zapewnić jak najlepsze parametry dostarczanej energii, ale również przed projektantami odbiorników. Zmieniający się charakter obciążenia sieci wymusza też odpowiednie projektowanie sieci i instalacji odbiorczych, które muszą spełniać coraz wyższe wymagania jakości dostarczanej energii. Wszystkie te czynniki sprawiają, że typowe podłączenie odbiorcy energii elektrycznej do sieci elektroenergetycznej nie jest już jedynie połączeniem ze sobą dwóch obwodów elektrycznych. Koniecznym staje się sprawdzenie parametrów jakościowych energii elektrycznej już na etapie wstępnej analizy technicznej warunków przyłączenia odbiorcy do sieci.

W niniejszej publikacji przedstawiono zagadnienia dotyczące problematyki przyłączania odbiorców do sieci elektroenergetycznej. Oprócz technicznych procedur zaprezentowano przykład pomiarów jakości energii elektrycznej, które wykonano po obiekcie do sieci.

1. PRZYŁĄCZENIE ODBIORCÓW DO SIECI DYSTRYBUCYJNEJ

Przyłączanie odbiorców do sieci odbywa się według klasyfikacji odbiorców usankcjonowanej przez rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Zgodnie z § 3 ust. 1 tego rozporządzenia, podmioty ubiegające się o przyłączenie do sieci dzieli się na grupy zwane „grupami przyłączeniowymi”. Podział na grupy przyłączeniowe zależy od sieci, do której bezpośrednio są przyłączane urządzenia, instalacje i sieci podmiotu ubiegającego się

o przyłączenie oraz mocy przyłączeniowej, a także zabezpieczenia przelicznikowego [1]. Wyróżnia się sześć grup przyłączeniowych:

- grupa I – podmioty przyłączane bezpośrednio do sieci przesyłowej, czyli o napięciu wyższym niż 110 kV,
- grupa II – podmioty przyłączane bezpośrednio do sieci rozdzielczej o napięciu znamionowym 110 kV oraz podmioty przyłączone do sieci rozdzielczej, które wymagają dostaw energii elektrycznej o parametrach innych niż standardowe, albo podmioty posiadające własne jednostki wytwórcze współpracujące z siecią,
- grupa III – podmioty przyłączane do sieci rozdzielczej o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, lecz niższym niż 110 kV,
- grupa IV – podmioty przyłączane bezpośrednio do sieci rozdzielczej o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV oraz o mocy przyłączeniowej większej niż 40 kW lub prądzie znamionowym zabezpieczenia przelicznikowego w torze prądowym większym niż 63 A
- grupa V – podmioty przyłączane bezpośrednio do sieci rozdzielczej o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV oraz mocy przyłączeniowej nie większej niż 40 kW i prądzie znamionowym zabezpieczenia przelicznikowego nie większym niż 63 A.
- grupa VI – podmioty przyłączane do sieci poprzez tymczasowe przyłączenie, które będzie, na zasadach określonych w umowie, zastąpione przyłączeniem docelowym, lub podmioty przyłączone do sieci na czas określony, lecz nie dłuższy niż rok.

Procedura przyłączenia do sieci dystrybucyjnej OSD (Operator Sieci Dystrybucyjnej) obejmuje:

- pozyskanie przez podmiot od Operatora wzoru wniosku o określenie warunków przyłączenia,
- złożenie przez podmiot u OSD wniosku o określenie warunków przyłączenia wraz z wymaganymi załącznikami, zgodnego ze wzorem określonym przez OSD,
- pisemne potwierdzenie przez OSD złożenia wniosku przez wnioskodawcę, określające w szczególności datę złożenia wniosku,
- wydanie przez OSD warunków przyłączenia oraz przekazanie ich podmiotowi wraz z projektem umowy o przyłączenie,
- zawarcie umowy o przyłączenie,
- realizację przyłączenia, tj. realizację przyłącza(y) oraz niezbędnych zmian (dostosowania) w sieci i prac dla realizacji przyłączenia,
- przeprowadzenie prób oraz odbiorów częściowych, prób końcowych i ostatecznego odbioru rozbudowywanej sieci i przyłącza – OSD zastrzega sobie prawo dokonania sprawdzenia przyłączanych instalacji, urządzeń i sieci,

- zawarcie przez podmiot umowy o świadczenie usług dystrybucji lub umowy kompleksowej.

Procedura przyłączenia odbiorcy do sieci dystrybucyjnej rozpoczyna się od momentu złożenia przez odbiorcę wniosku o określenie warunków przyłączenia.

Poprawnie wypełniony wniosek powinien zawierać dane adresowe obiektu, rodzaj i przeznaczenie obiektu. Aby operator mógł właściwie określić warunki przyłączenia do sieci należy podać moc przyłączeniową czynną zasilania podstawowego (w kW), przewidywane roczne zużycie energii elektrycznej (w kWh), przewidywany termin rozpoczęcia poboru energii elektrycznej oraz, opcjonalnie, moc przyłączeniową czynną zasilania rezerwowego (w kW) [1].

Kolejnym krokiem, który wymaga sprecyzowania przy określaniu warunków przyłączeniowych to wymagania dotyczące parametrów jakościowych energii lub parametrów jej dostarczania. Należy zaznaczyć standardowe, jeżeli obiekt wymaga standardowych parametrów jakościowych energii elektrycznej lub parametrów jej dostarczania w rozumieniu aktualnego, wydanego przez ministra właściwego dla spraw gospodarki na podstawie art. 9 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo Energetyczne (tj. Dz. U. z 2006 r. nr 89, poz. 625, z późniejszymi zmianami) rozporządzenia w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. W przypadku, kiedy wymagania jakościowe odbiegają od standardowych należy to zaznaczyć we wniosku i opisać różnice względem standardowych. Parametrami jakości energii elektrycznej, które podlegają kontroli są [1]:

- częstotliwość,
- wartość napięcia,
- szybkie zmiany napięcia – migotanie (flicker),
- zapady napięcia,
- krótkie i długie przerwy w zasilaniu,
- przebiegi dorywcze i przejściowe,
- asymetria napięcia,
- harmoniczne napięcia,
- interharmoniczne napięcia,
- sygnały napięciowe wykorzystywane do transmisji.

W kolejnym punkcie wniosku należy podać informacje techniczne dotyczące wprowadzanych do sieci zakłóceń przez urządzenia mające znajdować się w przyłączanym obiekcie. Zakłócenia jakości energii są powodowane przez wzajemne oddziaływanie systemu elektroenergetycznego i odbiorników energii, ale najczęściej przyczyną leży po stronie odbiorników energii, co wynika z coraz większej liczby odbiorników nieliniowych przyłączonych do sieci (przetwornice częstotliwości i napięcia, zasilacze impulsowe, energooszczędne oświetlenie, itp.), a także z używania odbiorników nieliniowych dużej mocy (zgrzewarki, spawarki) lub nie spełniających norm kompatybilności elektromagnetycznej. Możliwe są także zakłócenia powodowane przez urządzenia służące do dystrybucji energii. Kiedy wszystkie szczegóły dotyczące przyłączanego obiektu są już jednoznacznie określone OSD przygotowuje umowę o przyłączenie do sieci elektroenergetycznej. Po podpisaniu umowy o przyłączenie do sieci dystrybucyjnej OSD tworzy niezbędną dla wykonania przyłącza dokumentację budowlaną – wykonawczą [3].

Po wykonaniu przyłącza i zgłoszeniu tego faktu przez wykonawcę do OSD w obecności przyłączanego odbiorcy przeprowadza kontrolę wykonanego przyłącza, połączeń układu pomiarowego, oraz niezbędne próby i pomiary pozwalające stwierdzić, że wykonane przyłącze nadaje się do przekazania do użytku. Po komisyjnym stwierdzeniu braku uwag możliwe jest załączenie napięcia na wybudowanym odcinku sieci i/lub przyłącza oraz rozpoczęcie dostarczania energii [1].

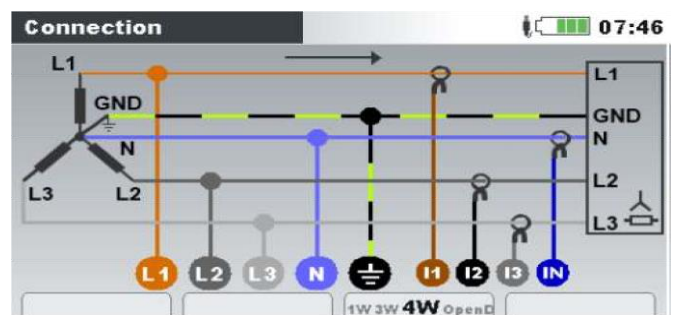
2. JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ U ODBIORCY

Aktualnie stosowne urządzenia odbiorcze wymagają wysokiej jakości energii elektrycznej. Wymusiło to wprowadzenie regulacji i jasnych zasad wartości parametrów jakości energii elektrycznej. Dokumentami, które aktualnie regulują zagadnienia związane z jakością energii elektrycznej w Polsce są:

- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne,
 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2000r. (rozporządzenie przyłączeniowe),
 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 grudnia 2000r. (rozporządzenie taryfowe),
 - Polska Norma PN-EN 50160 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych,
 - Polska Norma PN – IEC 60038 – Napięcia znormalizowane IEC
- Wymienione akty prawne sankcjonujące jakość energii elektrycznej regulują wymagania dotyczące:
- częstotliwości,
 - dopuszczalnych odchyłeń napięcia,
 - odkształceń napięcia oraz zawartości poszczególnych harmonicznych,
 - łączny czas trwania wyłączeń awaryjnych w ciągu roku.
- Najbardziej szczegółowe wymagania dotyczące jakości energii elektrycznej zawarte są w normie PN-EN 50160.

3. PRZYKŁAD POMIARU JAKOŚCI PARAMETRÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ U ODBIORCY PRZYŁĄCZONEGO DO SIECI DYSTRYBUCYJNEJ

Pomiar przeprowadzono na wewnętrznej linii zasilającej budynku mieszkalnego jednorodzinne zlokalizowanego na podmiejskim osiedlu. Sondy oraz cęgi miernika podłączono do żył kabla zasilającego rozdzielnice główną budynku, który zasilany jest z sieci trójfazowej o napięciu 400/230 V. Sieć dystrybucyjna osiedla zbudowana jest linią kablową z przyłączami ziemnymi, a budynek jest przyłączony do sieci kablem YKY 5x10mm². Sposób podłączenia miernika przedstawia Rys. 1.



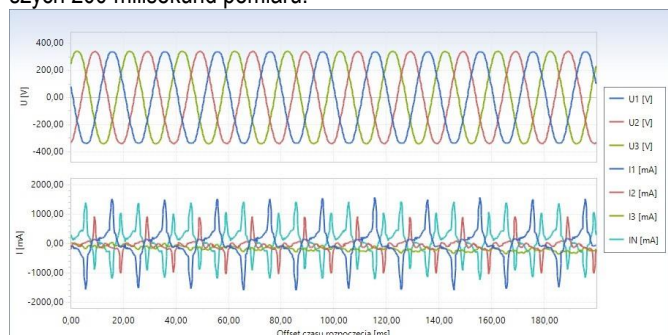
Rys. 1. Podłączenie miernika MI 2892 do sieci zasilającej

Rejestracja została przeprowadzona za pomocą miernika MI 2892 wyprodukowanego przez firmę Metrel. Do miernika przyłączone zostały sondy napięciowe oraz cęgi prądowe typu A1227 (Metrel) o zakresach pomiarowych 30/300/3000 A. Rejestracja polegała na zapisie w czasie rzeczywistym parametrów napięcia w przedziałach 10-minutowych przez okres jednego tygodnia, zgodnie z normą PN-EN 50160. Wyniki rejestracji opracowane zostały za pomocą oprogramowania Metrel Power View w wersji v.3.0.0.1995 64 bit oraz przedstawione w postaci wykresów i tabel, zależnie od prezentowanych wyników [2].

3.1. Wyniki pomiarów

Przebieg napięć i prądów fazowych

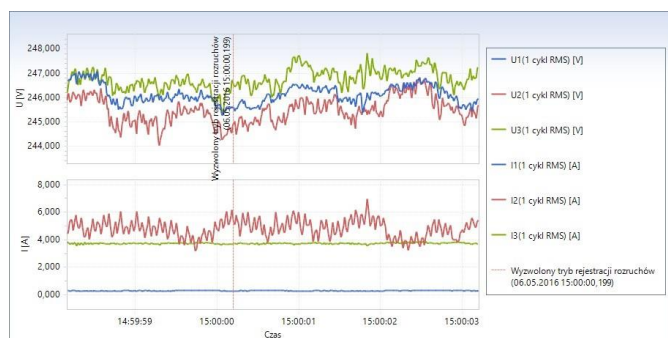
Pomiary przebiegu prądów i napięć fazowych przedstawia Rys.2. zaprezentowane przebiegi zarejestrowano w ciągu pierwszych 200 milisekund pomiaru.



Rys. 2. Przebieg prądów i napięć fazowych zarejestrowanych w sieci dystrybucyjnej

Na Rys. 2 widoczna jest niezaburzona sinusoida napięcia zasilającego oraz przebieg prądów pobieranych przez pracującą w tym czasie odbiorniki. Zarejestrowany przebieg prądu w poszczególnych fazach jest silnie zniekształcony przez niesymetryczne obciążenie. Zauważalne jest również duże odkształcenie prądu w przewodzie neutralnym a jego wartość znacznie przekracza zarejestrowane prądy fazowe. Taki wynik pomiarów jednoznacznie wskazuje, że przyczyną takich odkształceń jest znaczna ilość jednofazowych odbiorników nieliniowych pracujących w obwodach przyłączonego odbiorcy. Jednocześnie należy stwierdzić że przyłączony do sieci odbiorca będzie potencjalnym źródłem odkształceń i prądów niesymetrii.

W celu sprawdzenia odkształcenia przebiegu wartości skutecznej napięcia podczas rozruchu skorzystano z opcji miernika tzw. trybu wyzwalania rozruchu. Przedstawiony na Rys.3 przebieg wartości skutecznej napięcia dla trzech faz wykazuje obniżenie napięcia oraz prognozowany wzrost prądu wywołany rozruchem odbiornika.



Rys. 3. Przebieg napięcia i prądów podczas rozruchu odbiornika

Odchylenia napięć

Na Rys.4 przedstawiono przebieg wartości skutecznej napięć fazowych zarejestrowanych u przyłączonego odbiorcy podczas 7 dniowego okresu rejestracji.



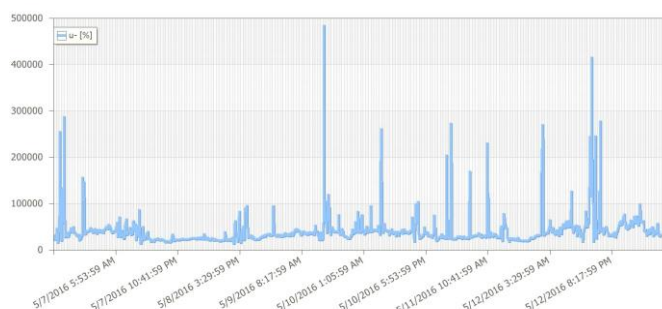
Rys. 4. Przebieg odchylenia napięcia w poszczególnych fazach w czasie 7 dni pomiarowych

Na zarejestrowanym obrazie widoczne są znaczne i gwałtowne zmiany napięcia na wszystkich trzech fazach. Zmiany te nie przekraczają dopuszczalnych wartości co świadczy o dotrzymaniu odpowiedniego poziomu napięcia u przyłączonego odbiorcy.

Asymetria napięć

Przedstawiony na Rys.5 wykres wartości współczynnika asymetrii napięcia w czasie pomiaru uśredniony jest do wartości 10 – minutowych. Na zarejestrowanym wykresie widoczne jest wyraźne zaburzenie symetrii napięcia zasilającego. Zauważalne jest również kilkunastokrotne przekroczenia wartości współczynnika asymetrii nawet o 20000%, a w jednym przypadku nawet o blisko 50000%.

Może mieć to bardzo negatywny wpływ na pracę urządzeń. Oznacza to, że aby wyeliminować takie przypadki zachodzi konieczność wykonania większej liczby pomiarów u innych odbiorców oraz w wybranych punktach sieci dystrybucyjnej.



Rys. 5. Przebieg wartości współczynnika asymetrii napięcia

Długookresowy współczynnik migotanie światła

Zgodnie z normą PN-EN 50160 długookresowy wskaźnik migotania światła powinien być mniejszy od jedności przez 95% interwałów z tygodnia pomiarów. Przebieg tego współczynnika oraz jego wartości przedstawiono na Rys.6.



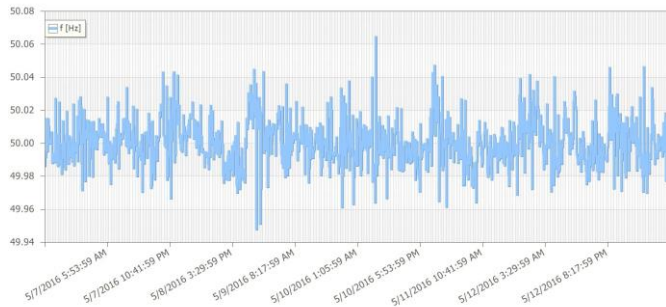
Rys. 6. Przebieg długookresowego współczynnika migotania światła

Na podstawie przedstawionego przebiegu można stwierdzić krótkotrwałe przekroczenia długookresowego współczynnika migotania światła, szczególnie w początkowej fazie rejestracji. Może

mieć to związek ze częstym załączaniem i wyłączaniem odbiorników, których rozruch powoduje obniżenie wartości napięcia zasilającego. W tym konkretnym przypadku takie zaburzenie mogło być spowodowane pracą odkurzacza lub żelazka.

Częstotliwość napięcia zasilającego

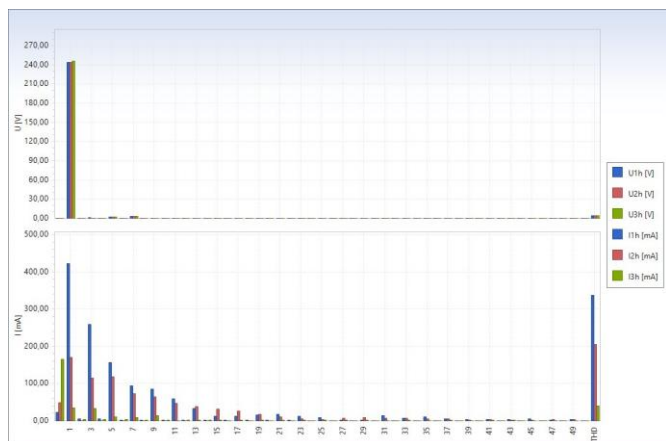
Na Rys.7. przedstawiono wartości częstotliwości napięcia zasilającego, które nieznacznie wykazują odchylenia od częstotliwości znamionowej 50 Hz. Największe odchylenie podczas 7 dniowych pomiarów przekroczyło zaledwie +0,06 Hz.



Rys. 7. Przebieg częstotliwości napięcia zasilającego w czasie wykonywanych pomiarów.

Harmoniczne napięcia i prądu

Pomiar poszczególnych harmonicznnych napięcia i prądu przedstawia wykres słupkowy na Rys.8.



Rys. 8. Wykres harmonicznnych napięcia i prądu.

Na przedstawionym powyżej rysunku widoczny jest brak zaburzeń harmonicznnych napięcia, natomiast pracujące w obwodach nieliniowe odbiorniki powodują udział harmonicznnych od 3 do 15 w pobieranym prądzie. Widoczne są znacznie większe wartości harmoniczne nieparzyste. Szczególnie duża wartość występuje dla 3 harmonicznnej w pierwszej fazie prądu, jednak zarówno jej wartość jak i współczynnik THD nie przekraczają dopuszczalnych wartości. W okresie jednego tygodnia rejestracji wartość współczynnika THD wyniosła 1,96%. Oznacza to, że wartości współczynnika THD wg normy PN-EN 50160 nie przekracza 8 procentowej maksymalnej wartości.

PODSUMOWANIE

Rozbudowa sieci dystrybucyjnych jest nieuchronna i postępuje w szybkim tempie. Coraz więcej przyłączonych do sieci urządzeń to

odbiorniki wykorzystujące układy elektroniczne i energoelektroniczne o dużej czułości na wahania napięć i częstotliwości. Rosnąca liczba odbiorników nieliniowych sprawia jednak, że jakość napięcia, na którą są bardzo czułe, ulega znacznemu pogorszeniu przez ich pracę i wprowadzane do sieci zakłócenia. Stawia to nowe wyzwania przed dostawcami energii elektrycznej, którzy muszą zachować jak najlepsze parametry dostarczanej energii, ale też przed projektantami nowych odbiorników i urządzeń elektrycznych. Zmieniający się charakter obciążeń sieci wymusza też odpowiednie projektowanie sieci i instalacji odbiorczych. Obecnie rozwijane są konfiguracje sieci dystrybucyjnej w celu zapewnienia odpowiednich parametrów jakości dostarczanej energii. Wszystkie te czynniki sprawiają, że podłączenie odbiorcy energii elektrycznej do sieci elektroenergetycznej nie jest jedynie połączeniem ze sobą dwóch obwodów elektrycznych i uzyskaniem możliwości odbioru energii. Jak wykazała analiza przeprowadzonych pomiarów stają się one koniecznością dla przyłączanych odbiorców. Uzyskane w ten sposób informacje są niezbędne w dalszej eksploatacji dla potencjalnego odbiorcy jak również Operatora Sieci Dystrybucyjnej.

BIBLIOGRAFIA

1. Poradnik odbiorcy, Urząd Regulacji Energetyki, <http://www.ure.gov.pl>
2. Metrel Power View w wersji v.3.0.0. 1995 64 bit. Measuring and Regulation Equipment Manufacturer
3. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej PGE, Zatwierdzona 14.01.2014

CONNECTING TO CUSTOMERS OF ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK

Abstract

The article presents issues connecting consumers of electricity to the power grid distribution. The authors focused on the procedure for connecting the recipient to the distribution network, and suggested the need for measuring the quality of electricity made to connect customers. On the basis of measurements carried out an analysis of the actual quality of the electricity supplied to the connected receiver.

Autorzy:

Dr inż. **Jacek Kozyra** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu Wydział Transportu i Elektrotechniki.

Dr inż. **Zbigniew Olczykowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu Wydział Transportu i Elektrotechniki.

Dr inż. **Jerzy Wojciechowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu Wydział Transportu i Elektrotechniki.

Inż. **Ryszard Dziocha** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu Wydział Transportu i Elektrotechniki.