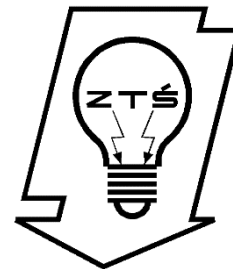


Ćw. 3. Systemy sterowania elektrycznych źródeł światła

Opracował: dr inż. Andrzej Wiśniewski



1. Wprowadzenie teoretyczne

1.1. Informacje ogólne

Systemy sterowania oświetleniem są coraz częściej stosowane w oświetleniu ogólnym wewnątrz, oświetleniu zewnętrznym, oświetleniu drogowym i w oświetleniu prywatnym (domy i mieszkania). Sterowanie oświetleniem stosowane jest coraz częściej głównie z dwóch powodów. Pierwszym powodem jest chęć oszczędzania kosztów eksploatacji oświetlenia poprzez możliwość redukcji mocy opraw oświetleniowych, przy zachowaniu spełnienia wymagań oświetleniowych. Drugim powodem jest uzyskanie atrakcyjnego i komfortowego oświetlenia umożliwiającego na przykład możliwość zmiany barwy światła (system RGB i RGBW). W oświetleniu gospodarstw domowych stosuje się różnorodne systemy sterowania oświetleniem, w zastosowaniu których, nie zawsze głównym celem jest chęć oszczędzania energii elektrycznej. Użytkownicy domów i mieszkań coraz częściej stosują sterowanie mocą modułów LED lub opraw LED w celu uzyskania dodatkowych efektów świetlnych np.: sterowanie barwą światła za pomocą systemów RGB lub RGBW. W tym obszarze dynamicznie rozwija się tak zwana technologia „smart home”, w której sterowanie odbywa się za pomocą aplikacji.

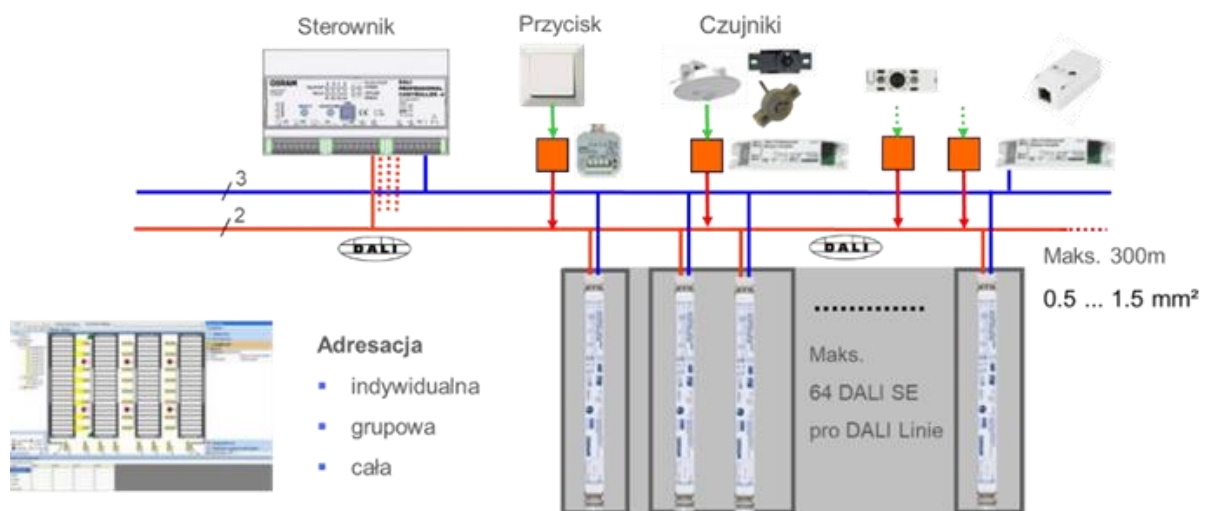
W oświetleniu wewnętrznym obiektów użyteczności publicznej, w oświetleniu drogowym i oświetleniu zewnętrznym sterowanie oświetleniem stosuje się głównie w celu obniżenia kosztów eksploatacji oświetlenia. W oświetleniu iluminacyjnym sterowanie oświetleniem stosuje się często w celu uzyskania efektów świetlnych (zmiana barwy światła), choć kwestie związane z oszczędnością energii elektrycznej są również istotne. Systemy sterowania oświetleniem, umożliwiają obniżenie kosztów eksploatacji oświetlenia głównie poprzez redukcję mocy opraw oświetleniowych lub/i czasowe wyłączenie opraw oświetleniowych. Redukcja mocy opraw oświetleniowych (uzyskiwana poprzez obniżenia wartości strumienia świetlnego opraw) może być realizowana, przez zastosowanie czujników światła, które realizują utrzymanie stałej wartości natężenia oświetlenia na oświetlanej powierzchni (polu pracy) objętej ich polem detekcji. Prawidłowy dobór typu czujników i ich rozmieszczenie w realizowanym projekcie oświetlenia wewnętrznego, drogowego i zewnętrznego ma ważne znaczenie. Czasowe wyłączenie opraw oświetleniowych realizowane jest przez czujniki obecności lub ruchu. Ich zastosowanie umożliwia wyłączenie oprawy lub grupy opraw nad stanowiskiem pracy w przypadku braku obecności osób. Takie rozwiązanie stosuje się często na przykład w oświetleniu stanowisk pracy w biurach, oświetleniu korytarzy i dróg komunikacyjnych w halach magazynowych i obiektach

przemysłowych. W przypadku oświetlenia drogowego czujniki ruchu / obecności są stosowane na przykład przy realizacji oświetlenia współbieżnego. Sterowanie oświetleniem musi zapewniać spełnienie wymagań oświetleniowych. Z tego powodu projekt oświetlenia i projekt sterowania oświetleniem (dobór urządzeń sterujących) muszą być zrealizowane kompleksowo. Ważnym aspektem jest ocena poziomu redukcji zużycia energii elektrycznej i obliczenie możliwie dokładnie potencjalnych oszczędności w zużyciu energii elektrycznej przy zastosowaniu zaprojektowanego systemu sterowania oświetleniem.

System sterowania oświetleniem, niezależnie od obszaru zastosowania, składa się z elementów sterujących (sterowniki), których zadaniem jest przetwarzanie sygnałów zewnętrznych w celu sterowania mocą układów zasilających źródła światła oraz układów zasilających (stateczników lub zasilaczy), których rolą jest włączenie lub wyłączenie źródła światła oraz ustalenie mocy źródła światła (strumienia świetlnego) na zadanym poziomie. Elementy sterujące pełnią zwykle rolę nadrzędną w systemie sterowania. Dzięki elementom sterującym można realizować różne opcje sterowania, do najczęściej stosowanych można zaliczyć:

- wykorzystywanie manualnej regulacji mocy opraw oświetleniowych, dzięki podłączonym przyciskom lub innym regulatorom ręcznym (np. pilot),
- wykorzystywanie czujników światła, które umożliwiają dostosowywanie poziomu natężenia oświetlenia w pomieszczeniu, w zależności od ilości dostępnego światła dziennego,
- wykorzystywanie czujników ruchu / obecności osób w pomieszczeniu, w celu wyłączania oświetlenia podczas nieobecności osób.

Na rysunku 1 przedstawiony jest ogólny schemat systemu sterowania oświetleniem z wykorzystaniem sterownika i dodatkowych elementów sterujących.



Rys. 1. Ogólny schemat systemu sterowania oświetleniem [2]

Systemy sterowania oświetleniem mogą być zróżnicowane pod względem zestawu stosowanych elementów sterujących. Zestaw elementów sterujących uzależniony jest od zaprojektowanego urządzenia oświetleniowego (typów źródeł światła, układów zasilających i opraw oświetleniowych) i zadań jakie ma spełniać system sterowania oświetleniem (sterowanie ręczne, sterowanie w zależności od ilości dostępnego światła dziennego lub obecności osób).

W zależności od wymagań dotyczących sterowania oświetleniem można podzielić systemy sterowania na systemy indywidualne (lokalne) i systemy otwarte. Do indywidualnych systemów sterowania można zaliczyć proste systemy składające się z niewielkiej liczby układów zasilających (oprav oświetleniowych) do kilkudziesięciu oprav oświetleniowych. Systemy te zwykle mają ograniczoną możliwość rozszerzenia opcji sterowania (dołączania dodatkowych urządzeń sterujących np. dodatkowych czujników ruchu lub światła). W systemach otwartych istnieje możliwość zmiany konfiguracji systemu sterowania na przykład dołączanie nowych urządzeń sterujących, wyłączanie lub włączanie dodatkowych czujników ruchu lub światła, zmianę grupowania oprav oświetleniowych. Otwarty system sterowania oświetleniem jest bardziej elastyczny pod względem zmiany konfiguracji sterowania oświetleniem.

1.2. Przykłady lokalnych i otwartych systemów sterowania

Na potrzeby tego ćwiczenia laboratoryjnego liczba przykładowych systemów sterowania została ograniczona do dwóch:

A) TOUCH-DIM

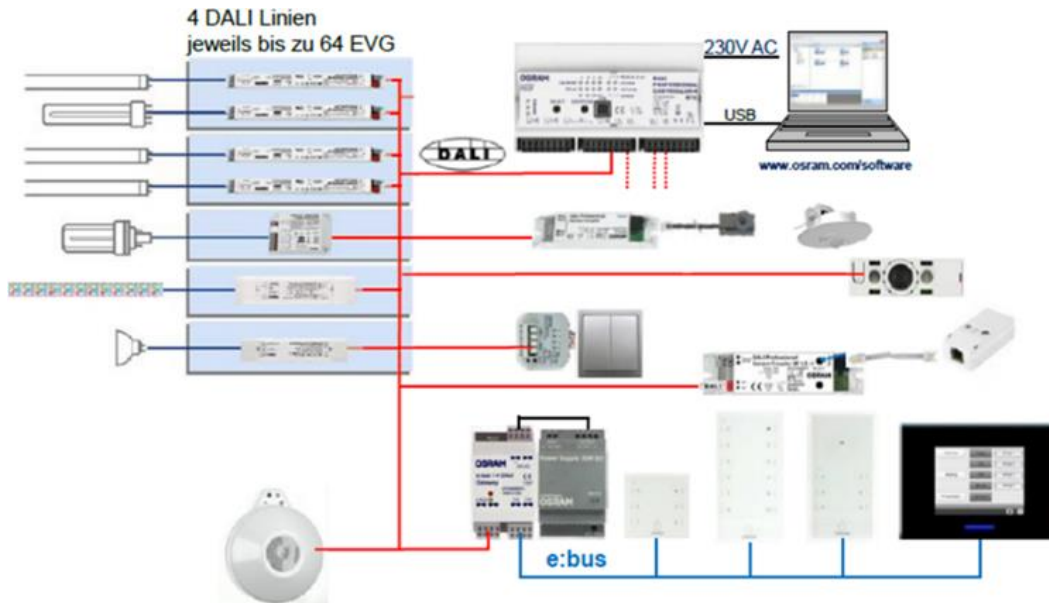
Najprostszy sposób regulacji mocy źródeł światła. Dotyczy wyłącznie układów zasilających sterowanych systemem DALI. Nie wymaga dodatkowych urządzeń sterujących. Odpowiednie połączenie elektryczne statecznika umożliwia sterowanie mocą źródeł światła za pomocą przycisku. Możliwe jest podłączenie do systemu czujnika światła i ruchu. Schemat elektryczny systemu Touch – Dim przedstawiony jest na rysunku 2.



Rys. 2. Ogólny schemat systemu Touch Dim [2].

B) DALI PROFESSIONAL

Przykładem otwartego systemu sterowania, może być DALI PROFESSIONAL. System umożliwia podłączenie różnych układów sterujących (czujniki ruchu / światła, konsole sterujące), sterowanie za pomocą aplikacji. System jest elastyczny, konfiguracja sterowania wykonywana jest za pomocą programu komputerowego. Zapisane ustawienia i sceny świetlne można praktycznie dowolnie konfigurować. Ogólny schemat systemu sterowania DALI PROFESSIONAL przedstawiony jest na rysunku 3.

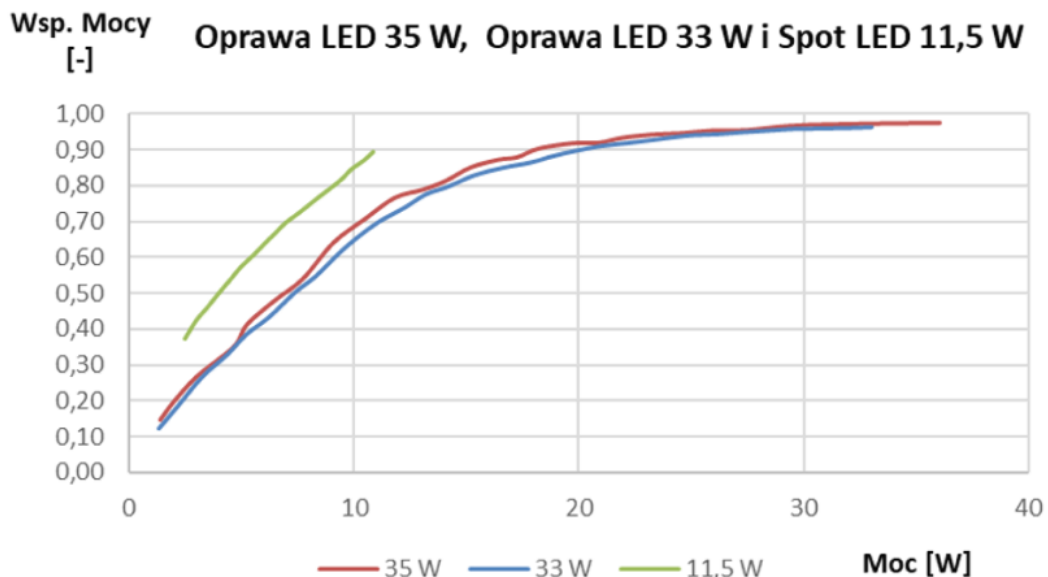


Rys. 3. Ogólny schemat systemu DALI PROFESSIONAL [2].

1.3. Wpływ regulacji mocy źródeł światła na parametry sieci zasilającej

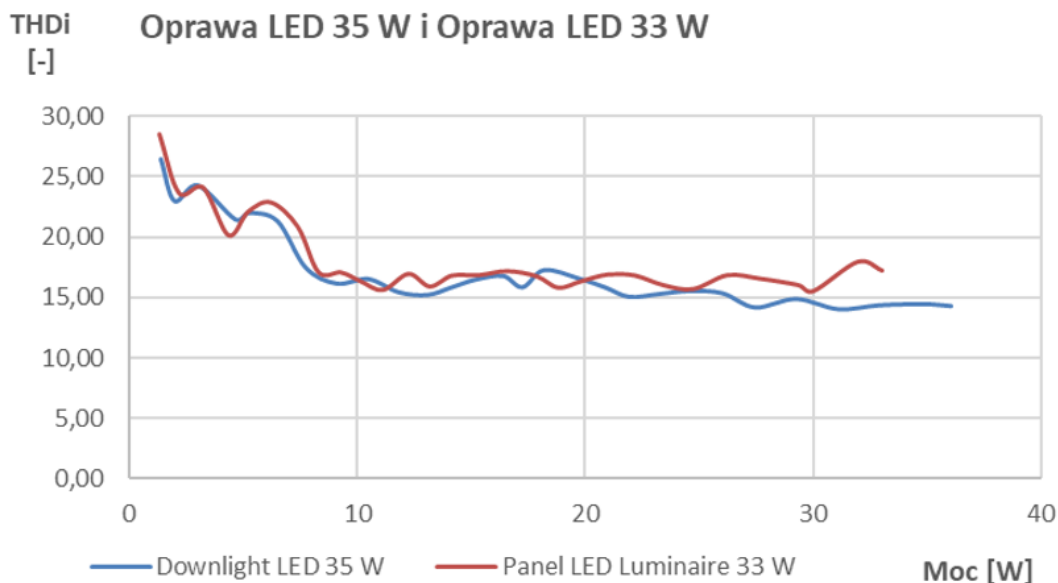
Stateczniki i zasilacze do źródeł światła stosowane w systemach sterowania oświetleniem mają duży wpływ na efektywność systemu sterowania. Regulacja mocy źródeł światła ma wpływ na parametry sieci zasilającej, głównie na wartość współczynnika mocy i zawartości harmonicznego prądu, których wartości muszą być ograniczane do odpowiedniej wartości [1,3,4,5,6]. Podczas regulacji mocy różnych typów źródeł światła zmienia się wartość współczynnika mocy i zawartości harmonicznego prądu.

Na rysunku 4 przedstawione są przykładowe zmiany wartości współczynnika mocy w funkcji zmian wartości mocy (wysterowania) wybranych typów opraw



Rys. 4. Zmiany wartości współczynnika mocy w funkcji mocy oprawy

Na rysunku 5 przedstawione są przykładowe zmiany zawartości harmonicznych prądu (THDi) w funkcji zmian mocy (wysterowania) wybranych typów opraw.

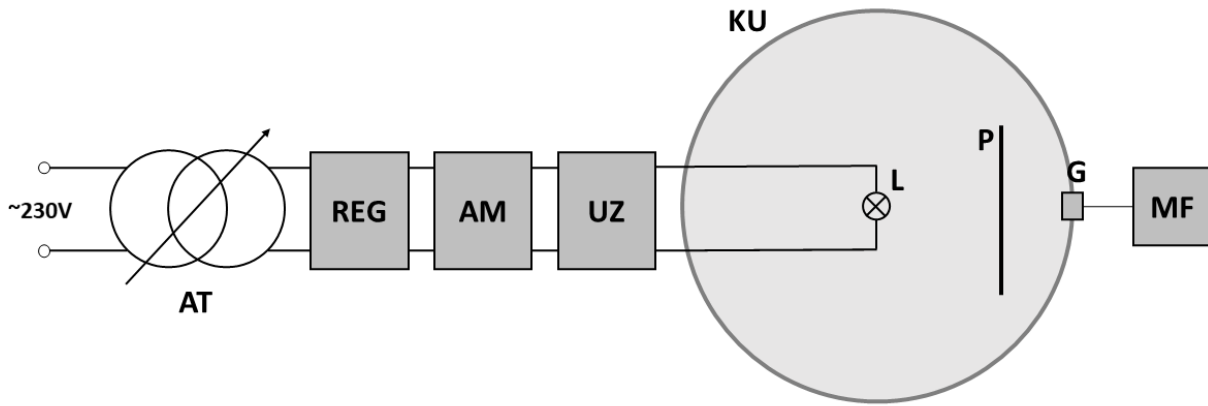


Rys. 5. Zmiany wartości THDi w funkcji mocy opraw LED 35W i 33 W

Ważnymi elementami wpływającymi na zużycie energii elektrycznej w systemie sterowania oświetleniem są stateczniki i zasilacze. Elementy zasilające mają bezpośredni wpływ na redukcję zużycia energii elektrycznej i wpływają na parametry sieci zasilającej. Przy analizowaniu oszczędności w kosztach eksploatacji oświetlenia, przy zastosowaniu systemów sterowania oświetleniem, należy brać pod uwagę wpływ elementów sterowania na parametry sieci zasilającej, między innymi wartość współczynnika mocy oraz poziom harmonicznych wprowadzanych do sieci zasilającej.

2. Cel i opis ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest analiza wpływu regulacji mocy źródeł światła lub/i opraw oświetleniowych na wartość podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych. Do analizowanych parametrów elektrycznych należą: moc, napięcie, prąd, współczynnik mocy, harmoniczne prądu i napięcia. Do analizowanych podstawowych parametrów świetlnych należy strumień świetlny. Ćwiczenie polega na określeniu zmian wartości podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych źródła światła lub/i opraw w funkcji mocy przy zastosowaniu systemu sterowania oświetleniem. Należy wyznaczyć wpływ regulacji mocy na podstawowe parametry elektryczne i świetlne źródeł światła lub/i opraw oświetleniowych a także wyznaczyć charakterystyki regulacji strumienia świetlnego źródeł światła lub opraw oświetleniowych. Charakterystyka regulacji strumienia świetlnego obrazuje zmiany wartości strumienia świetlnego źródeł światła lub opraw oświetleniowych w funkcji mocy. Poglądowy schemat układu pomiarowego przedstawiony jest na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego: AT – autotransformator, REG – regulator, AM – analizator mocy, UZ – układ zasilania źródła światła z możliwością regulacji mocy, KU – kula Ulbrichta, L – źródło światła, P – przesłona, G – głowica fotometryczna, MF – miernik fotoprądu.

3. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać krótki opis teoretyczny realizowanych pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych typów źródeł światła lub/i opraw oświetleniowych. W tabelach powinny być przedstawione wyniki pomiarów i obliczeń. Wyniki pomiarów i obliczeń podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych powinny być zaprezentowane w postaci wykresów. W sprawozdaniu należy zawrzeć analizę wyników i wnioski wynikające z otrzymanych wyników pomiarów i obliczeń.

UWAGA:

Wstępu teoretycznego do sprawozdania nie należy przygotowywać na podstawie informacji zawartych w tej instrukcji laboratoryjnej.

4. Pytania weryfikacyjne

Jaki jest cel ćwiczenia?

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyki regulacji oprawy oświetleniowej lub/i źródła światła LED. Charakterystyka regulacji określa zmiany wartości strumienia świetlnego wytwarzanego przez oprawę LED lub źródło światła LED w funkcji zmian wartości mocy.

Na jakie parametry elektryczne może mieć wpływ regulacja mocy źródła światła lub oprawy oświetleniowej?

Regulacja mocy źródeł światła ma wpływ na następujące parametry elektryczne i świetlne: współczynnik mocy, zawartość harmonicznego prądu i napięcia (THD_i , THD_u) i skuteczność świetlną źródła światła. Wartość współczynnika mocy układu zasilającego oprawy LED i źródła LED jest uzależniona od poziomu wysterowania (mocy oprawy lub źródła LED). Wraz ze zmniejszeniem mocy oprawy LED i źródła LED wartość współczynnika mocy obniża się. Ten efekt spowodowany jest głównie przez sposób regulacji mocy oprawy i źródła LED. W praktyce wykorzystywane są dwa sposoby regulacji mocy opraw LED i źródeł LED: PWM

i regulacja fazowa. Obydwa sposoby regulacji powodują zmianę kształtu prądu zasilającego źródło w funkcji czasu. Zmiany kształtu prądu i napięcia zasilającego, które odbiegają swoim kształtem od przebiegu sinusoidalnego wpływają na zmiany wartości współczynnika mocy i wartości harmonicznych prądu THDi i harmonicznych napięcia THDv.

Proszę narysować spodziewane zmiany wartości współczynnika mocy oprawy oświetleniowej w funkcji mocy?

Przykładowe zmiany współczynnika mocy oprawy w funkcji zmian mocy znajdują się na rysunku 4 instrukcji. Obniżenie mocy oprawy oświetleniowej lub źródła światła LED powoduje zmniejszenie wartości współczynnika mocy. Jest to typowe zjawisko towarzyszące procesowi regulacji mocy opraw oświetleniowych LED i źródeł światła LED. Głównym powodem zmian wartości współczynnika mocy układu jest sposób regulacji mocy (strumienia świetlnego) opraw LED i źródeł LED. Dwa typowe sposoby regulacji mocy opraw oświetleniowych LED i źródeł LED, czyli regulacja fazowa i PWM zmieniają kształt prądu zasilającego źródło. Odkształcenie prądu zasilającego w obwodzie elektrycznym od przebiegu sinusoidalnego i przesunięcie fazowe między prądem a napięciem zasilającym powoduje zmiany wartości współczynnika mocy.

Proszę narysować spodziewane zmiany wartości THDi oprawy oświetleniowej w funkcji mocy?

Przykładowe zmiany wartości THDi w funkcji mocy znajdują się na rysunku 5 instrukcji. Wartość zawartości harmonicznych prądu w obwodzie zasilającym oprawy LED i źródła LED zmienia się w funkcji ich wysterowania (wartość mocy, strumienia świetlnego). Zwiększenie wartości THDi wraz ze zmniejszeniem mocy opraw LED i źródeł LED wynika z faktu odkształcenia przebiegu prądu zasilającego od kształtu sinusoidalnego przez urządzenia regulujące. Powszechnie stosowane systemy regulacji mocy opraw LED i źródeł LED oparte są na dwóch systemach: PWM i regulacji fazowej. Taki sposób regulacji mocy opraw LED i źródeł LED powoduje zmiany kształtu prądu zasilającego w czasie i odkształcenie przebiegu prądu od sinusoidalnego. Takie zmiany powodują zwiększenie zawartości harmonicznych prądu.

5. Literatura

- [1] A. Wisniewski, Oprawy oświetleniowe LED z możliwością regulacji mocy. PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 94 NR 7/2018
- [2] Application hints for OSRAM Touch DIM function. Dali Professional.
- [3] Norma PN-EN IEC 61000-3-1, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3-1: Limits - Overview of emission standards and guides. Technical Report
- [4] Norma PN-EN IEC 61000-3-2, Electromagnetic (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)
- [5] Norma PN-EN IEC 61000-3-3, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection
- [6] Norma PN-EN 50160. Voltage Characteristics in Public Distribution Systems. Voltage Disturbances. 2010.