

Marek SUPRONIUK¹, Michał PIZON¹, Andrzej STACHNO², Antoni IZWORSKI², Edyta KOCYK³

¹ WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA, INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa 49

² POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, INSTYTUT INFORMATYKI, AUTOMATYKI I ROBOTYKI, ul. Janiszewskiego 11/17, 50-370 Wrocław

³ SZKOŁA GŁÓWNA HANDLOWA, KOLEGIUM ANALIZ EKONOMICZNYCH, Al. Niepodległości 162, 02-554 Warszawa

Układ do diagnostyki automatyki budynkowej w systemie KNX

Dr inż. Marek SUPRONIUK

Pracownik Instytutu Systemów Elektronicznych Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Zainteresowania naukowe związane są z badaniem struktury defektowej w materiałach półprzewodnikowych, badaniem fotoprzewodnictwa, opisem kinetyki zjawisk zachodzących w materiałach półprzewodnikowych. Dodatkowo zainteresowania związane są z automatyką budynkową.



e-mail: msuproniuk@wat.edu.pl

Inż. Michał PIZON

Magistrant Wydziału Elektroniki WAT na specjalizacji Systemy Informacyjno-Pomiarowe. Absolwent studiów I stopnia na Wydziale Elektroniki WAT (Inżynieria Systemów Bezpieczeństwa). Student Wydziału Cybernetyki WAT. Stażysta w Instytucie Systemów Elektronicznych WAT. Zainteresowania: automatyka budynkowa oraz telematyka medyczna. Współzałożyciel start-upu „SiDLY”, nagradzany w ogólnopolskich konkursach. Stypendysta Rektora WAT. Laureat Studenckiego Nobla 2014.



e-mail: michal.pizon@sidly.eu

Mgr inż. Andrzej STACHNO

Pracownik Instytutu Informatyki, Automatyki i Robotyki Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Zainteresowania naukowe związane z analizą szeregowych czasowych obrazujących dane pomiarowe w systemach automatyki budynkowej ze szczególnym uwzględnieniem systemu KNX.



e-mail: andrzej.stachno@pwr.wroc.pl

Dr inż. Antoni IZWORSKI

Pracownik Instytutu Informatyki, Automatyki i Robotyki Politechniki Wrocławskiej. Zainteresowania naukowe związane są z modelowaniem dynamiki obiektów sterowania oraz badaniem stabilności zamkniętych układów regulacji. Jest autorem wielu projektów systemów automatyki wdrożonych w instalacjach militarnych, przemysłowych i badawczych.



e-mail: antoni.izworski@pwr.wroc.pl

Mgr Edyta KOCYK

Doktorantka Kolegium Analiz Ekonomicznych Szkoły Głównej Handlowej (obszar badawczy: architektura korporacyjna). Absolwentka: Wydziału Cybernetyki WAT, European Academy of Diplomacy, Uniwersytetu Warszawskiego. Stypendystka: Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Generalnego Inspektora Danych Osobowych, Rektora WAT, Rektora SGH, Fundacji im. K. Pułaskiego. Laureatka Studenckiego Nobla 2012, 2013. Współzałożycielka start-up'u SiDLY działającego w branży telematyka medyczna.



e-mail: edyta.kocyk@doktorant.sgh.waw.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono układ do diagnostyki inteligentnych instalacji elektrycznych w systemie KNX. Zadaniem układu jest określenie stanu pracy instalacji za pomocą zarejestrowanych w magistrali komunikacyjnej telegramów. Schemat układu pomiarowego służącego do pomiaru telegramów transmisyjnych w systemie KNX przedstawiony jest na rys. 1. Przeprowadzone badania pozwoliły opracować komplementarny algorytm służący do pomiaru oraz szczegółowej analizy telegramów transmisyjnych. W efekcie końcowym program generuje macierz o wymiarach $[m, 8]$, gdzie m jest to liczba ramek w telegramie, która jest uwarunkowana od długości słowa użytecznego. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić skuteczność działania algorytmu oraz efektywność działania programu oraz wypracować podstawy do zaprojektowania uniwersalnego urządzenia służącego do diagnostyki systemów KNX.

Słowa kluczowe: system KNX, diagnostyka inteligentnych instalacji elektrycznych, algorytm diagnostyczny systemu KNX.

A diagnostic module for building automation in the KNX system

Abstract

The paper presents a diagnostic system for intelligent electrical installations KNX. The purpose of the system is to determine the status of the installation by registered communication telegram. The schematic diagram of the measurement system used to measure the transmission of telegrams KNX is shown in Figure 1. Measuring

and testing the transmission of telegrams KNX requires special measurement systems, responsive to rapidly changing signals with average values of amplitude. This is because recording in the telegram large number of bits. The study made it possible to develop a complementary algorithm for measurement and detailed analysis of the transmission of telegrams. As the final effect, the program generates a matrix of dimensions $[m, 8]$, where m is the number of frames in the telegram, which is determined by the useful word length. The study enabled determining the effectiveness of the algorithm and the program as well as developing the basis for prototyping a universal device for the diagnosis of KNX.

Keywords: system KNX, diagnosis of intelligent electrical installations, KNX diagnostic algorithm.

1. Wstęp

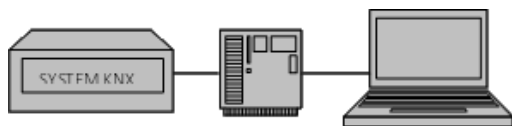
Systemy automatyki są obecne w praktycznie we wszystkich dziedzinach życia, przemysłu czy nauki. W ostatnich latach zauważalny jest również rozwój systemów automatyki budynkowej. Głównym zadaniem systemów automatyki budynkowej jest integracja, kontrola, monitoring i optymalizacja różnych funkcji w budynku. Na rynku istnieje wiele systemów automatyki budynkowej (inteligentnych instalacji elektrycznych) mających różne zastosowania, począwszy od prostego sterowania oświetleniem, czy temperaturą a skończywszy na skomplikowanym zarządzaniu wieloma systemami w rozbudowanych zespołach budynków. Jednym z najpopularniejszych systemów automatyki budynkowej występującej na rynku polskim jest system KNX. System KNX jest europejskim standardem zarządzania i kontroli automatyką budynku. Powstał on w 1999r z połączenia trzech europejskich systemów: EIBA (European Installation Bus Association), EHSA (European Home Systems Association) oraz BCI (BatiBUS Club International).

Założeniem poprawnej pracy każdego systemu lub urządzenia znajdującego się w systemie jest poprawne działanie oraz realizacja wszystkich funkcji zagwarantowanych przez producenta lub projektanta. Ze względu na implementowanie systemów automatyki w budynkach mieszkalnych, biurach, obiektach użyteczności publicznej, urządzenia wykorzystywane w celu realizacji zadekla-

rowanych funkcji, muszą charakteryzować się bezpieczeństwem użytkownika i niezawodnością działania. Niestety w wyniku zaników napięcia, przerwania obwodów okablowania magistralnego lub zakłóceń występujących na magistrali może zostać przerwana komunikacja pomiędzy urządzeniami. Projektanci automatyki budynkowej wykorzystujących system KNX, zmuszeni są do przewidywania takich sytuacji i zapobiegania nim jeszcze zanim one nastąpią, ponieważ konsekwencje nie zadziałania którejkolwiek elementu układu mogą być bardzo poważne.

Pomimo rozwoju branży technologicznej, procedury diagnozowania urządzeń nie są identyczne dla różnych systemów. Wymusza to na inżynierach, technikach oraz serwisantach poznawania nowych metod, spójnych dla danego systemu. W artykule przedstawiono prototyp systemu pomiarowego wraz z zaimplementowanym algorytmem identyfikacji, diagnozy oraz analizy transmisji sygnałowej w magistrali KNX (jednym z mediów transmisyjnych systemu).

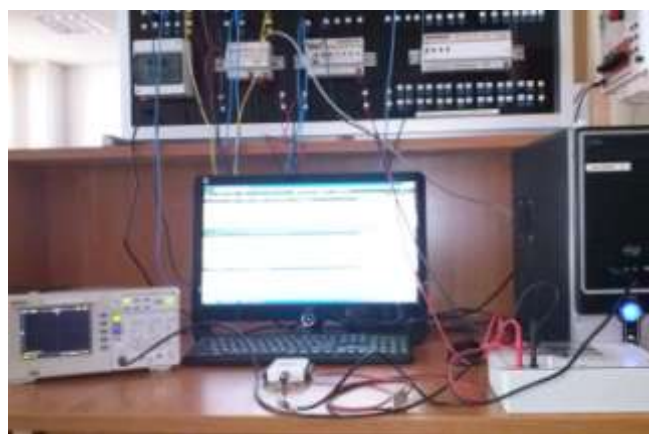
Opracowanie algorytmu do identyfikacji oraz interpretacji telegramów odbyło się na podstawie przeprowadzonych badań magistrali komunikacyjnej [5]. Zebranie informacji o telegramach przeprowadzone zostało na podstawie pomiarów sygnałów generowanych przez medialną jednostkę dodaną (MAU) poszczególnych urządzeń magistralnych według schematu pomiarowego przedstawionego na rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego wykorzystywanego do pomiaru telegramów w systemie KNX

Fig. 1. Schematic of the measurement system used to measure the KNX telegrams

Pomiary zostały przeprowadzone przy użyciu karty pomiarowej NI – USB 6004 firmy National Instruments, która umożliwia zapis sygnałów szybkozmiennych o dużej częstotliwości transmisji. Do karty pomiarowej zainstalowano układ kondycjonowania sygnału, którego zadaniem było dostosowanie rejestrowanych pomiarów do wymogu toru pomiarowego. Poprawna transmisja telegramu świadczy o właściwej pracy urządzeń magistralnych oraz samej magistrali.



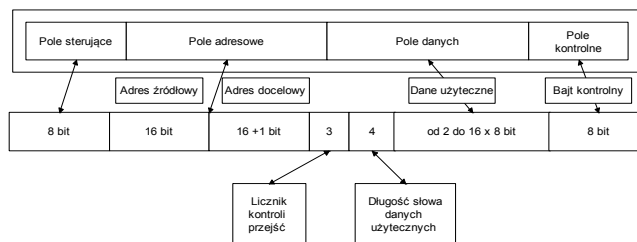
Rys. 2. Stanowisko laboratoryjne inteligentnych instalacji elektrycznych w systemie KNX

Fig. 2. The laboratory stand of intelligent electrical installations in the KNX system

Następnie przeprowadzono badania, które polegały na analizie telegramów oraz sprawdzeniem ich poprawności. Wygenerowane telegramy były następstwem awarii lub zakłóceń pracy systemu. Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko laboratoryjne inteligentnych instalacji elektrycznych w systemie KNX na którym symulowane były awarie systemu.

Standard KNX definiuje system wymiany informacji oparty na telegramie jako strukturze komunikacyjnej pomiędzy urządzeniami

wykonawczymi i sensorami. Telegram jest to kompletny, zestawiony pakiet informacji (zbiór impulsów – bitów) przesyłanych magistralą [5]. Poszczególne pola schematycznego telegramu przedstawionego na rys. 3 wymagają dodatkowych bitów obsługujących transmisję poszczególnej ośmiobitowej ramki. Strukturę kompletnej pojedynczej ramki zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 3. Graficzna ilustracja struktury telegramu wraz z podaną wielkością poszczególnych pól [5]

Fig. 3. Graphic illustration of the telegram structure with the specified size of individual fields



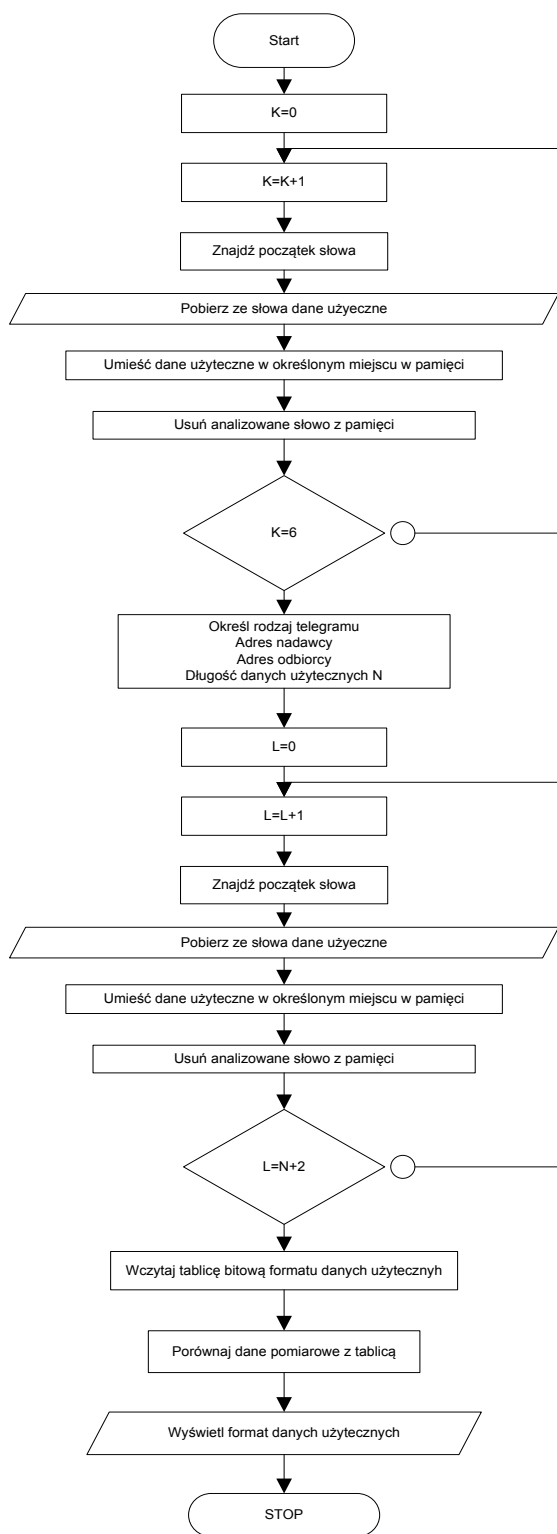
Rys. 4. Struktura bitowa pojedynczego słowa telegramu w systemie KNX [5]

Fig. 4. The bit structure of a single word telegram in the KNX system

Pojedyncza paczka telegramu musi zaczynać się od bitu startu – ST, która jest logicznym zerem. Następnie w ramce danych nadpisane zostają dane użyteczne transmisji na pozycjach D7-D0. Kolejną pozycją jest bit kontroli parzystości – P. Jest to najprostsza forma sprawdzenia poprawności przekazywanej informacji i wykrycia ewentualnych błędów w wysyłanym telegramie. Po bicie kontroli parzystości transmitowany jest bit stopu, którym jest logiczna jedynka. Ośmiobitową ramkę informacji kończy podwójny bit przerwy nadawczej „PAUZA”, reprezentowany przez stan logicznej jedynki. Szczegóły dotyczące opisu poszczególnych pól telegramu komunikacyjnego w systemie KNX zaprezentowane zostały w pracach [2, 5].

2. Działanie algorytmu diagnozującego magistralę w systemie KNX

Diagnozowanie poprawności działania magistrali KNX może opierać się na badaniu poprawności adresowania urządzeń magistralnych, badaniu poprawności zapisu i odczytu danych użytecznych, tzw. formatów danych oraz kontroli parzystości poszczególnych ramek telegramu i nieparzystości całego telegramu transmitowanego. W celu przeprowadzenia skutecznej oraz jednoznacznej diagnozy systemu wymagane jest zbadanie transmitowanych telegramów pomiędzy urządzeniami magistralnymi. Zgromadzone pomiary czasu oraz amplitudy sygnału są niezbędne do dalszej analizy transmitowanego telegramu. Algorytm analizy telegramu przedstawiony jest na rys. 5. Program do analizy telegramu transmitowanego w systemie KNX w pierwszej kolejności wyznacza pojedynczy czas trwania jednego bitu. Następnie odrzuca bity obsługujące ramkę transmisyjną i zapisuje ośmiobitową informację użyteczną do macierzy o wymiarach 6 x 8. W pierwszym wierszu powstałej macierzy zapisane jest pole sterujące telegramu, w następnych dwóch wierszach informacje o adresie fizycznym urządzenia nadającego telegram. Kolejne dwa wiersze macierzy zawierają informacje o adresie docelowym. W pierwszym bicie szóstego wiersza zapisana jest informacja o tym czy adres (docelowy) odbiorcy jest adresem grupowym czy fizycznym. Jeśli tym bitem będzie logiczna jedynka, to adres docelowy jest adresem grupowym i telegram jest odbierany przez wszystkie urządzenia posiadające ten adres grupowy. Jeśli natomiast pierwszym bitem w szóstym wierszu będzie logiczne zero, to adres docelowy jest adresem indywidualnym i instrukcję zawartą w telegramie realizuje tylko jedno urządzenie.



Rys. 5. Algorytm analizy telegramu w systemie KNX
Fig. 5. The algorithm for analysis of the KNX telegram

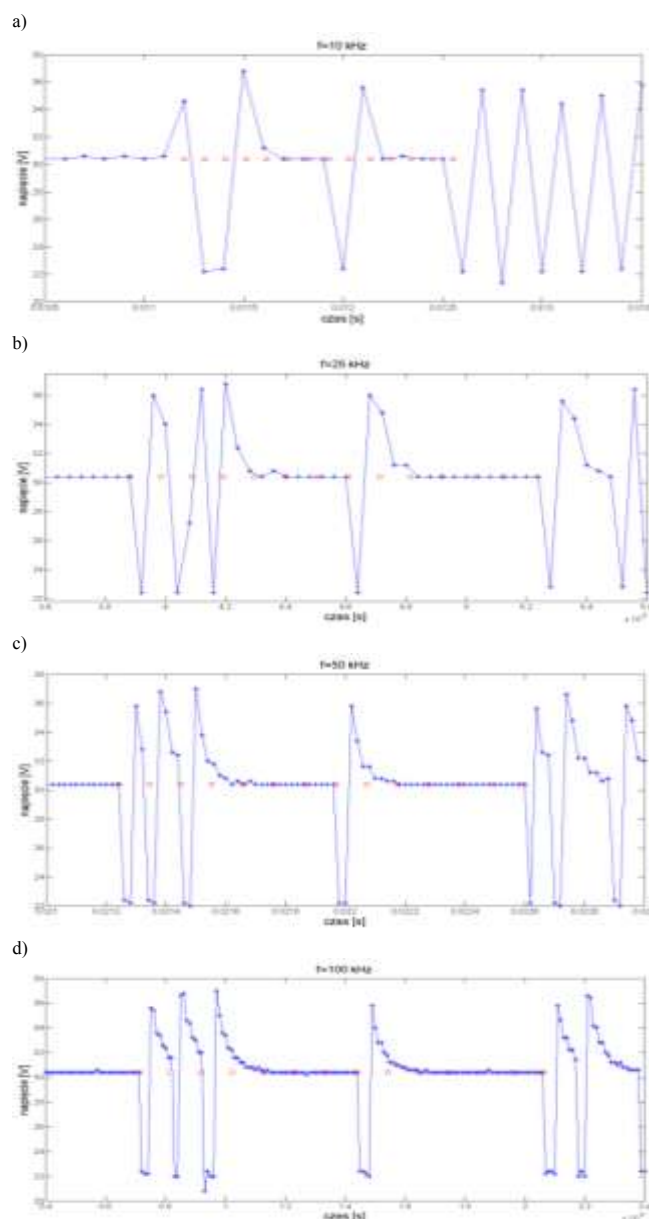
W szóstym wierszu dodatkowo zapisane są informacje dotyczące licznika przejść telegramu, gdzie dekrementowana jest liczba przejść jednego telegramu przez magistralę oraz długości danych użytecznych w transmitowanym telegramie.

W zależności od odczytanej długości danych użytecznych telegramu algorytm programu rejestruje $N+2$ bajty danych, gdzie N odpowiada długości danych użytecznych. Dane użyteczne mogą mieć długość od 2 do 16 bajtów. Ostatni bajt transmitowany w telegramie jest potwierdzeniem odbioru. Informacje o danych użytecznych i potwierdzeniu odbioru są dopisywane do utworzonej wcześniej macierzy.

W ostatniej części algorytmu przetwarzania informacji pomiarowej następuje identyfikacja poszczególnych elementów macierzy oraz porównanie ich z normami obowiązującymi w systemie KNX, dzięki temu możliwe jest jednoznaczne wyznaczenie poszczególnych części telegramu. Dodatkowo algorytm zaimplementowany w programie wskazuje poprawność transmisji telegramu.

3. Analiza wybranych telegramów komunikacyjnych

Istotnym elementem pomiaru oraz identyfikacji telegramu w systemie KNX jest wykorzystanie urządzeń pomiarowych o bardzo dobrych parametrach próbkowania sygnału pomiarowego. Dobre próbkowanie przebiegu w efekcie zwiększy dokładność mierzonego sygnału elektrycznego, a transmisji bitowej jest to bardzo istotne aby obserwować sygnały szybkozmiennne. Zwiększenie częstotliwości próbkowania mierzonego sygnału w efekcie spowoduje dokładniejszą analizę pojedynczego bitu, ramki transmisyjnej oraz całego telegramu.

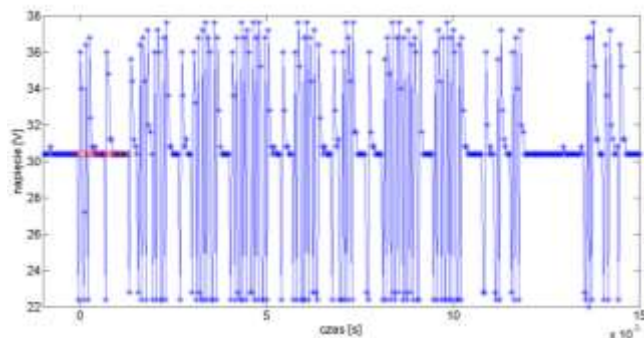


Rys. 6. Fragment telegramu magistrali KNX zarejestrowany przy dla częstotliwości próbkowania: 10kHz a), 25kHz b), 50kHz c) i 100kHz d)
Fig. 6. Fragment of the KNX telegram registered at a sampling rate: 10kHz a) 25 kHz b) 50kHz c) and 100kHz d)

Na rysunku 6 zaprezentowano fragment telegramu na magistrali KNX będący polem sterującym transmisją danych. Prezentowane telegramy zarejestrowane zostały dla czterech częstotliwości próbkowania tj. 10 kHz, 25 kHz, 50 kHz oraz 100 kHz. Dla zarejestrowanych telegramów sprawdzono czy częstotliwość próbkowania sygnału wpływa na odtwarzanie transmitowanych telegramów przy zaproponowanym algorytmie analizy. Prostokątami zostały zaznaczone poszczególne bity telegramu. Z prezentowanych przebiegów wynika, że dla częstotliwości próbkowania 10 kHz nie jest możliwa analiza zarejestrowanych telegramów. Wiąże się to z tym że na jeden bit zarejestrowanego (104 μ s) sygnału przypada tylko jedna próbka.

Jedna ramka transmitowanego telegramu zawiera 13 bitów. Przed danymi użytecznymi, które zawarte są między 2 a 9 bitem telegramu, zawarty jest bit startu (logiczne zero). Po transmisji danych użytecznych transmitowany jest bit kontroli parzystości, bit stopu (logiczna jedynka). Po bicie stopu urządzenie czeka jeszcze 2 bity w celu wyciszenia magistrali, tak żeby móc rozpocząć nadawanie kolejnej ramki bitem startu. Dane użyteczne transmitowane są od bitu D0 do D7 natomiast rozkodowywać je należy w sposób odwrotny. W prezentowanych na rysunku 6 (a,b,c,d) przykładach po bicie startu mamy sekwencję „0011 1101₂”. Podczas analizy odczytane bity telegramu należy odwrócić („1011 1100₂”). Porównując wynik pomiaru z teorią (rys. 6) rozszyfrowujemy, iż transmitowany telegram jest nadawany w trybie normalnym z niskim priorytetem oraz nie jest retransmitowany.

Sprawdzenie poprawności działania algorytmu analizy telegramów wykonano dla sygnałów zarejestrowanych z częstotliwością 25 kHz. W prezentowanym na rysunku 7 telegramie przesyłany jest rozkaz załączenia urządzenia. Czerwonymi markerami zaznaczono poszczególne bity fragmentu telegramu inicjującego jego początek.



Rys. 7. Telegram w magistrali KNX realizujący funkcję wyłącz
Fig. 7. KNX telegram in executing the Switch off function

Po fazie inicjacji transmitowane są dwa bajty informacji o adresie fizycznym urządzenia nadającego telegram oraz dwa bajty kodujące adres docelowy. W następnym bajcie transmitowane są informacje m.in. o długości telegramu w którym przesyłane będą dane użyteczne. W telegramie pokazanym na rys. 7 zakodowane są dwa bajty danych, które są rozkazem powodującym wyłączenie urządzenia („0000 0000 1000 0000₂”). W tym przypadku informacja o tym jaka funkcja ma być realizowana zawarta jest w ostatnim bicie. Gdyby ostatnim bitem była „jedyńska” to rozkaz zawarty w telegramie powodowałby załączenia urządzenia.

Identyfikację telegramów przeprowadzono dla sygnałów zmierzonych z różną częstotliwością próbkowania. Minimalną częstotliwość próbkowania dla której algorytm zaimplementowany w prototypie systemu pomiarowego bezbłędnie rozpoznawał nadawane telegramy jest równa 25 kHz. W tabeli 1 umieszczono wyniki działania algorytmu w układzie pomiarowym do badania transmisji danych w inteligentnych instalacjach elektrycznych wraz z zapisanym w kodzie szesnastkowym telegramem.

Tab. 1. Wyniki działania algorytmu w układzie pomiarowym wraz z zapisanym w kodzie szesnastkowym telegramem

Tab. 1. Results of the algorithm in the measurement system with a hexadecimal telegram

Lp	Telegram	Interpretacja
1.	BC C1 02 00 01 E3 00 80 0C 1A	Urządzenie nadające: 12.1.2 Urządzenie odbiorcze: 0/0/1 Przesyłane dane (temperatura): 21°C
2.	BC C1 02 00 01 E4 00 80 2F 34 03	Urządzenie nadające: 12.1.2 Urządzenie odbiorcze: 0/0/1 Przesyłane dane (dzień tygodnia i godzina): <i>poniedziałek 15:52:03</i>
3.	BC C1 02 00 01 E4 00 80 18 03 0E	Urządzenie nadające: 12.1.2 Urządzenie odbiorcze: 0/0/1 Przesyłane dane (data): 2014 – 03 – 24
4.	BC C1 02 00 01 EF 00 80 4D 61 72 65 6B 53 75 70 72 6F 6E 69 75 6B	Urządzenie nadające: 12.1.2 Urządzenie odbiorcze: 0/0/1 Przesyłane dane (tekst): <i>MarekSuproniuk</i>

4. Wnioski

Diagnozowanie systemu KNX jest bardzo istotnym zagadnieniem z punktu metrologicznego. Transmisja sygnałowa oparta na szybkozmiennych przebiegach jest bardzo wymusza wykorzystanie urządzeń pomiarowych o bardzo dobrych parametrach czasowo-amplitudowych. Bardzo ważnym aspektem w identyfikowaniu telegramów transmisyjnych w systemie KNX jest znajomość przyjętych norm transmisyjnych – zarówno czasowych jak i elementarno-bitowych. Wykorzystanie odpowiednich przetworników analogowo-cyfrowych oraz mikrokontrolerów z zaimplementowanym algorytmem przetwarzania danych pozyskanych z pomiaru telegramu transmisyjnego możliwe jest skonstruowanie urządzenia służącego do ciągłego monitorowania magistrali KNX. Monitorowanie magistrali online pozwala na bieżące wykrywanie awarii poszczególnych elementów systemu oraz całego systemu. Zagadnienie monitorowania systemu KNX ma szczególne znaczenie w sytuacji gdy na rozwiązaniach powyższego systemu realizowane są systemy alarmowe lub układu o podwyższonym ryzyku użytkowania, tj. windy, systemu grzewczo-wentylacyjne oraz kontrola dostępu.

5. Literatura

- [1] Bielówka M., Klajn A.: Instalacja elektryczna w systemie KNX/EIB, INPE, Warszawa, 2006.
- [2] KNX Association, Serial Data Transmission and KNX Proto-col, 2014.
- [3] Merz H.: Building Automation. Signals and Communication Technology, Sprongers 2009.
- [4] Skoczylas M.: Inteligentne systemy zarządzania budynkiem, INPE 2011.
- [5] Suproniuk M., Stachno A., Pizon M., Pawłowski M.: Diagnostyka inteligentnych instalacji elektrycznych w systemie KNX, Przegląd Elektrotechniczny R. 89 NR 9/2013, str. 169-172.