

Tomasz ZARĘBSKI¹, Piotr CIERZNIIEWSKI¹

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny,
Katedra Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych, Oddział Szczeciński SEP (1)

Analiza skuteczności mediów transmisyjnych w systemach automatyki budynkowej

Streszczenie. *W referacie omówiono różne typy mediów transmisyjnych stosowanych w systemach automatyki budynkowej. W obiekcie rzeczywistym zbadano zachowanie się całego systemu przy symulacji różnych zakłóceń. Zebrano również opinie wśród instalatorów tego typu systemów dotyczące funkcjonalności stosowanych rozwiązań.*

Słowa kluczowe: oświetlenie miejsc pracy, natężenia oświetlenia, efektywność energetyczna, LENI

Wstęp

Obecnie na rynku jest dostępnych wiele systemów automatyki budynkowej wykorzystujących do swojej wewnętrznej komunikacji różnego rodzaju media transmisyjne. Do niedawna najbardziej popularnym rozwiązaniem były systemy automatyki, w których komunikacja odbywała się poprzez różnego rodzaju okablowanie. Jednak wraz z rozwojem technologii oraz mentalności ludzi, na rynku coraz częściej pojawiają się rozwiązania, które jako medium transmisji danych wykorzystują fale radiowe [1].

Standardy oraz protokoły komunikacyjne

Media transmisyjne są nośnikami informacji, jednak bez odpowiedniego protokołu komunikacyjnego nie miałyby żadnego wykorzystania. Te dwa zagadnienia są nieodzowne, ponieważ to protokoły determinują jakie medium będzie wykorzystane w danym rozwiązaniu. Analogicznie wykorzystane medium stanowi ograniczenia w stosunku do możliwości zastosowanego protokołu i standardu komunikacyjnego.

Wśród systemów wykorzystywanych oraz produkowanych w Polsce najbardziej popularne są trzy rozwiązania:

- interfejs RS 485 oraz wszystkie jego odmiany,
- PLC,
- Z-Wave.

Standard RS-485 powstał w latach 80'tych i szybko znalazł zastosowanie w aplikacjach przemysłowych, z czasem jednak znalazł wielu zwolenników w typowo komercyjnych zastosowaniach takich jak inteligentne budynki. Standard ten opiera się o sygnał różnicowy działający w trybie półdupleksowym, gdzie nadawanie i odbieranie danych odbywa się naprzemiennie. RS-485 umożliwia podłączenie do swojej magistrali do 32 modułów nadawczo-odbiorczych. Zasięg magistrali to około 1200 m, natomiast prędkość transmisji to nawet 35 Mbit/s. Architektura tego rozwiązania jest odporna na działanie czynników zewnętrznych, ponieważ wszelkie zakłócenia indukujące się na linii A i B są od siebie odejmowane, a w rezultacie mamy sygnał pozbawiony zakłóceń. W celu zapewnienia kompatybilności pomiędzy produktami dostarczonymi przez różnych producentów oraz w celu osiągnięcia poprawnej transmisji danych na

określonym odcinku przy danej szybkości transferu zostały utworzone normy. Towarzystwo Przemysłu Elektronicznego (EIA - Electronics Industry Association) stworzyło normy dla RS485, RS-422, RS-232 oraz RS423, które są związane z przesyłaniem danych. Dobór linii przesyłowej dla RS485 jest uzależniony od długości przewodu oraz prędkości, z jaką ma przebiegać transmisja danych. W budynkach do 1000 m² standardowo stosuje się skrętkę ekranowaną aby dodatkowo zabezpieczyć układ przed niekorzystnymi oddziaływaniami z zewnątrz. Zgodnie ze standardem nadajnik RS-485 powinien mieć wyjście różnicowe o poziomie napięcia minimum 1,5 V, podczas gdy odbiornik powinien odbierać sygnały różnicowe o wartości przynajmniej 200 mV. Wartości te pozwalają zrealizować niezawodną transmisję nawet w przypadku znacznych strat sygnału w poszczególnych elementach toru transmisyjnego.

Standard PLC (Power Line Connection) jest jednym z najmniej popularnych standardów. Wynika to z faktu cen systemów opartych o komunikację po liniach zasilających. Wśród polskich producentów systemów automatyki domowej to rozwiązanie jest całkowicie niepraktykowane ze względu na konieczność zastosowania odpowiednich filtrów na wejściach sygnałowych urządzeń. Sam standard i medium, które wykorzystuje także jest podatne na wszelakie zakłócenia, w rezultacie przy źle zaprojektowanym systemie może spowodować, że budynek zacznie żyć własnym życiem.

Standard Z-Wave został opracowany przez duńską firmę Zen-Syn pod koniec lat 90'tych i szybko zdobył bardzo dużą popularność w USA. Pierwsze chipy Zen-Syn zostały wprowadzone na rynek w 2003 roku. Ich bazą był wówczas mikrokontroler Atmel. Niedługo potem zawiązało się stowarzyszenie Z-Wave Alliance, które zrzeszało producentów różnych urządzeń, w których wykorzystano chipy Z-Wave.

Komunikacja w Z-Wave jest podzielona na warstwy, jest to niezbędne do zapewnienia uniwersalności rozwiązania. Każda z warstw pełni odrębną funkcję:

- warstwa radiowa – określa sposób w jaki komunikują się urządzenia czyli nadajniki i odbiorniki, obejmuje zagadnienia takie jak częstotliwości, kodowanie, dostęp do sprzętu, itd.,
- warstwa sieciowa – określa, jak dane kontrolne są wymieniane pomiędzy dwoma urządzeniami, obejmuje ona kwestie takie jak adresowanie, organizację sieci, routingu itp.,
- warstwa aplikacji – określa, które komunikaty powinny być wykorzystane do specyficznych zastosowań, takich jak przełączanie światła lub podwyższenie temperatury urządzenia grzewczego.

Analiza skuteczności mediów transmisyjnych

W ramach badań przeprowadzonych przy realizacji pracy dyplomowej omówiono różne rodzaje mediów transmisyjnych stosowanych w systemach automatyki budynkowej. Przeprowadzono wśród instalatorów tego typu systemów nieformalną ankietę dotyczącą najczęściej mediów transmisyjnych, awaryjności rozwiązań, stabilności, odporności na zakłócenia oraz mobilności i uniwersalności. W budynku mieszkalnym o powierzchni użytkowej około 150 m² zainstalowano dwa systemy automatyki budynkowej:

- system przewodowy NEXO,
- system bezprzewodowy FIBARO.

Każdy z systemów zapewniał obsługę funkcji:

- sterowanie ogrzewaniem,
- sterowanie bramą garażową,
- sterowanie bramą wjazdową,

IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

- sterowanie oświetleniem wewnętrznym,
- sterowanie oświetleniem ogrodu,
- sterowanie podlewaniem ogrodu,
- zdalne zarządzanie przez Internet,
- monitoring CCTV,
- wizualizacja pracy systemu na panelu dotykowym,
- sterowanie systemem za pomocą wiadomości SMS.

Sprawdzono odporność systemów na generowane zakłócenia oraz pojawienie się ewentualnych przeszkód. Ponadto w warunkach laboratoryjnych przebadano również system Local Control Network [2].

Charakterystyka badanych systemów.

System Nexo jest systemem przewodowym, który może pracować w topologii gwiazdy lub typowo magistralnej. Sercem systemu jest płyta główna która zawiąduje wszystkimi funkcjami logicznymi odbywającymi się w obrębie systemu. Płyta główna Nexo ma ograniczenia hardwarowe wynikające z jej gabarytów, dlatego też większość funkcji jest możliwe do podłączenia poprzez karty rozszerzeń. Karty rozszerzeń połączone są z płytą główną za pomocy taśmy przewodowej, nazywanej magistralą wewnętrzną. Odległość montażu pomiędzy kartami rozszerzeń a płytą główną jest znacznie ograniczona ze względu na zastosowane medium i wynosi zaledwie 0.5-1.5m. Istnieje możliwość zwiększenia tej odległości stosując konwertery oraz światłowody, jednak wiąże się to ze znacznym wzrostem kosztów całej inwestycji.

Wśród różnych kart rozszerzeń dostępnych w ofercie firmy Nexwell, jedna karta jest najbardziej znacząca w kwestii możliwości rozbudowy systemu, mianowicie Karta Magistrali TUKAN. Odpowiedzialna jest ona za galwaniczną separację magistrali przewodowej z płytą główną systemu. Jako medium transmisyjne, wykorzystywany jest przewód symetryczny lub zwykły przewód YtDY $6 \times 0.5 \text{ mm}^2$. Magistrala TUKAN jest oparta o standard RS-485, posiada więc jego ograniczenia, mianowicie może obsłużyć do 32 urządzeń. Długość magistrali nie powinna przekraczać 100 m, ze względu na straty w transmisji. Przewód wykorzystywany, może być przewodem ekranowanym FTP lub STP, jednak gdy długość magistrali jest niewielka, dopuszcza się możliwość wykorzystania przewodu nieekranowanego UTP. Płyta główna Nexo X2 daje możliwość podłączenia do 4 kart Magistrali TUKAN, każda obsługuje do 32 modułów.

System Fibaro jest systemem bardzo młodym, został wprowadzony na rynek w 2011r., ale bardzo szybko zdobył ogromne zainteresowanie wśród instalatorów. Technologia Z-Wave, na której opiera się system, jest rozwojowym protokołem i standardem dostępnym obecnie na rynku. Wszystkie urządzenia w technologii Z-Wave wykorzystują technologię sieci kratowych tzw. "MESH", gdzie każde urządzenie jest w stanie wysłać i odbierać komendy sterujące. Tak jak systemy prezentowane we wcześniejszych rozdziałach, system Fibaro opiera swoją komunikację o półduplex. Jednostką zarządzającą jest centrala systemu HC – Home Center. Działa ona jako master. Pozostałe urządzenia ustawione są jako slave, oczekują na polecenia od jednostki centralnej lub od innego modułu a po wykonaniu zadania raportują jednostkę centralną o jego wykonaniu.

System Local Control Network wykorzystuje jedną dodatkową żyłę z instalacji elektrycznej o przekroju $1,5 \text{ mm}^2$ - $2,5 \text{ mm}^2$, poprzez żyłę danych i żyłę neutralną następuje transmisja danych pomiędzy modułami systemu. Dzięki temu zastosowaniu koszty okablowania inwestycji są niewiele większe od standardowej instalacji elektrycznej. Ma to też dodatkowy atut w postaci udogodnienia w rozplanowaniu

umieszczenia modułów, gdyż magistrala bazuje na konwencjonalnej instalacji elektrycznej. System LCN umożliwia przygotowanie instalacji w różnych typach topologii jej magistrali. Topologia sieci LCN może być realizowana w formie gwiazdy, drzewa lub w formie magistralnej. Najważniejszą zasadą jest zakaz zapętlania magistrali w formie pierścienia, gdyż może to doprowadzić nawet do uszkodzenia modułów podłączonych do takiej magistrali. Żył danych nie jest prowadzona jako osobny przewód, więc nie można jej zakwalifikować do magistrali zewnętrznej. To rozwiązanie zawiera te same wady jak i zalety co standard PLC. Zatem można je zakwalifikować do tej samej gałęzi mediów oraz standardów komunikacyjnych.

Niska awaryjność

Niska awaryjność jest cechą, którą chwali się praktycznie każdy producent niezależnie od standardu, z jakiego korzysta. W praktyce sprawdzenie tej cechy jest niemalże niemożliwe, ponieważ wymagałoby to uzyskania od producenta informacji na temat procentowej ilości zwrotów gwarancyjnych. Taka informacja jest zazwyczaj objęta tajemnicą firmy i nie jest udostępniana do zewnętrznej informacji. Zdaniem instalatorów najbardziej awaryjne są rozwiązania bazujące na komunikacji bezprzewodowej, na drugim miejscu znalazły się systemy, których komunikacja odbywa się za pośrednictwem zewnętrznej magistrali przewodowej o architekturze zbliżonej do RS-485. Instalatorzy stwierdzili, że najmniej awaryjne są systemy wykorzystujące standard PLC.

Ciężko jest jednoznacznie potwierdzić lub zaprzeczyć hipotezie postawionej przez instalatorów w temacie awaryjności. Dlatego ten aspekt można rozważyć pod kątem ewentualnych skutków awarii na przykładzie wcześniej wytypowanych systemów, jako reprezentantów danego standardu.

W przypadku awarii w systemie Nexo w najgorszym wypadku mamy nieszkodliwą automatykę, czyli wszystkie powiązania logiczne. Taki przypadek może wystąpić, gdy awarii ulegnie magistrala zewnętrzna lub płyta główna systemu. Plussem w tym rozwiązaniu jest fakt, iż wszystkie moduły, które sterowane są z różnego rodzaju łączników i przycisków dalej będą pełniły swoje podstawowe funkcje.

W przypadku awarii w systemie Fibaro, analogicznie jak w systemie Nexo, w najgorszym wypadku, gdy uszkodzeniu ulegnie serce systemu, czyli HC2, system nie wykona wszystkich funkcji logicznych. Awaria poszczególnego modułu, niezależnie od jej przyczyny nie wpływa na działanie pozostałych komponentów. HC2 wykonuje N retransmisji podczas komunikacji testowej do uszkodzonego modułu, gdy ten nie odpowie sieć Mesh zostaje przebudowana i zmienia się droga routingu poszczególnych punktów.

W przypadku awarii w systemie LCN, system dalej wykonuje zaplanowane funkcje logiczne, ponieważ architektura pozbawiona jest punktu centralnego. W przypadku zwarcia magistrali może to spowodować paraliż podłączonych do niej modułów.

Reasumując, teza wystosowana poprzez analizę odpowiedzi instalatorów może zostać potwierdzona. Jednak dokładne informację na temat awaryjności nie są zależne od wytypowanego rozwiązania. Główny wpływ na awaryjność ma jakość wykonania danego rozwiązania, nie natomiast jego architektura.

Stabilność

Stabilność rozwiązania jest jedną z najważniejszych cech, która jest brana pod uwagę przy wyborze danego systemu. W przypadku domku jednorodzinne skutki braku stabilności oprócz zmęczenia psychicznego lokatorów nie niosą za sobą większych konsekwencji. Jednak w przypadku większych rozwiązań, gdzie system odpowiada za życie jego użytkowników, skutki niestabilności systemu mogą nieść za sobą bardzo poważne konsekwencje.

IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

Zdaniem instalatorów do najbardziej stabilnych rozwiązań należą te bazujące na standardzie przewodowym z interfejsem RS-485 i podobne. Najmniej stabilne są rozwiązania bezprzewodowe.

Sprawdzenie tej tezy polegało na eksploatacji systemów Fibaro i Nexo w istniejącym budynku. System LCN jako reprezentant standardu PLC został sprawdzony w mniejszej skali na stanowisku laboratoryjnym. Podczas pierwszego etapu prac w domu modelowym kilkakrotnie było odłączane zasilanie budynku. System Nexo przechodził wówczas na zasilanie akumulatorowe. Operację tą powtarzano kilkadziesiąt razy, system zachowywał się za każdym razem prawidłowo. Kilkakrotnie moduły były odpinane od karty magistrali Tukan a także od samej magistrali. To także nie powodowało zachwiania stabilności systemu.

Drugi etap prac w domu modelowym polegał na montażu bezprzewodowego systemu Fibaro. Pomimo obaw opisanych we wcześniejszych rozdziałach, odnośnie do ekranowania sygnału przez metalowe przesłony system zachowywał się poprawnie i nie odnotowano żadnych przejawów niestabilności. Po dwóch tygodniach od czasu zamontowania i oprogramowania systemu, użytkownicy systemu nie zgłosili żadnych uwag w stosunku do niestabilnej pracy systemu. Jako trzeci został sprawdzony system LCN na stanowisku laboratoryjnym.

W trakcie testowania stanowiska laboratoryjnego podczas pisania pracy inżynierskiej *System Local Control Network w budynku jednorodzinny ze zdalnym sterowaniem i wizualizacją*, a także podczas jego budowy, system LCN był narażony na wiele pomyłek, których skutkiem mogło być zachwianie stabilności systemu. Jednak pomimo wielu przeprogramowań, modyfikacji, przełączeń itp. działań, system za każdym razem nie przejawiał oznak niestabilnej pracy.

Wobec powyższych odpowiedzi jednoznaczna na temat, które rozwiązanie jest bardziej lub mniej stabilne nie może zostać rozstrzygnięte na bazie przeprowadzonych doświadczeń. Informacje zebrane wśród instalatorów na chwilę obecną stanowią jedyną miarodajną informację na temat stabilności danego rozwiązania.

Odporność na zakłócenia

W trakcie komunikacji media transmisyjne narażone są na oddziaływanie różnych czynników zewnętrznych. W rezultacie może to powodować opóźnienia w działaniu lub całkowity paraliż systemu. Odporność na zakłócenia jest bardzo ważną cechą, która ma wpływ na stabilność systemu.

Według firm instalatorskich najmniejszym zaufaniem pod kątem odporności na zakłócenia cieszą się systemy bezprzewodowe oraz systemy opierające swoją komunikację o standard Power Line Connection. Zakłócenia mogą mieć różny charakter, a każde rozwiązanie może różnie radzić sobie z poszczególnym typem zakłóceń. Dla PLC, zakłócenia radiowe nie będą miały tak wielkiego wpływu jak dla systemów bezprzewodowych. Dlatego test odporności na zakłócenia został przygotowany pod kątem najbardziej prawdopodobnych dla danego rozwiązania.

Test systemu bezprzewodowego pod kątem zakłóceń polegał na ingerencji innego sygnału o dużej mocy. W pomieszczeniach domu modelowego rozstawiono kilka radiotelefonów wypożyczonych z budowy. Nadajniki radiotelefonów mają dużą moc, która mogła unieszkodliwić działanie systemu Fibaro.

Przez kilkanaście minut naprzemiennie wzbudzano radiotelefony, nie powodowało to żadnych anomalii w działaniu systemu. Później zmierzono czas zadziałania modułu nie zakłócanego, czas ten wyniósł w przybliżeniu $t=0,3$ ms. Po wprowadzeniu zakłóceń czas nieznacznie się wydłużył, w najgorszym wypadku wyniósł $t=0,8$ ms. Drugi test polegał na przysłonięciu odbiornika przez metalową obudowę. Z poprzednich doświadczeń

wynikało, że blacha o grubości 2 mm skraca zasięg do kilku metrów, jednak puszka wykonana z kilku mm blachy mogła całkowicie zredukować zasięg modułu.

Podczas kolejnego testowego odpytywania modułów, moduł zasłonięty metalową obudową nie został wykryty przez centralę. Po kilkunastu retransmisjach został uznany jako martwy węzeł. Zakrywanie modułów ciężko zakwalifikować do zakłóceń które mogą wystąpić w trakcie normalnej eksploatacji, dlatego problemy spowodowane przez wszelkiego rodzaju przegrody i zasłony są wykrywane już na poziomie montażu systemu i nie mają wpływu na jego dalsze działanie.

Test systemu Nexo polegał na oddziaływaniu różnego rodzaju urządzeń takich jak silniki elektryczne, transformatory. Urządzenia te są nieodzowne na placach budów a ich obecność nie wprowadzała żadnych zauważalnych uchybień w działaniu systemu. Drugi test polegał na bezpośrednim oddziaływaniu na medium transmisyjne zakłóceniem wynikającym z obecności transformatora w jego bezpośrednim pobliżu.

Za pomocą podłączonych opraw ze źródłem żarowym do uzwojeń wtórnych transformatora, obciążono go do 50% wartości znamionowej, tak aby charakter obciążenia był rezystancyjny. Jako medium komunikacyjne zastosowano trzy rodzaje przewodu:

- skrętka ekranowana FTP,
- skrętka nieekranowana UTP,
- przewód YtDY.

Wyniki testów dla poszczególnych przewodów były zgodne z założeniami, mianowicie zarówno dla skrętki ekranowanej jak i nieekranowanej obecność transformatora nie powodowała żadnych zakłóceń. Zgodnie z deklaracją producenta systemu Nexo, zakłócenia symetrycznie indukowały się zarówno na linii A i B, wypadkowy sygnał zakłóceniuowy wyniósł 0, dlatego nie miało to znaczenia dla poprawnego działania systemu. Jednak dla przewodu YtDY, obecność transformatora miała znaczenie. Moduł podłączony za pomocą tego przewodu, co kilka chwil gubił komunikację, a opóźnienia w jego działaniu miejscami przekraczały czas 1s.

Mobilność i uniwersalność

Mobilność oraz uniwersalność są to cechy, które nie są najważniejszymi przy wyborze systemu. Jednak mogą mieć istotne znaczenie w jego dalszym rozwoju. Zdaniem instalatorów mobilność to główna cecha systemów bezprzewodowych. Najmniej mobilne natomiast są rozwiązania bazujące na zewnętrznych magistralach komunikacyjnych. Użytkownicy często w pierwszym etapie prac nie wiedzą do końca, jakie funkcje ma spełniać ich system. Dlatego w trakcie montażu a nawet eksploatacji, konieczne są zmiany i modyfikacje rozłożenia systemu. W tym wypadku systemy bezprzewodowe nie mają sobie równych, ponieważ w większości przypadków ich działanie nie jest w żaden sposób uzależnione od normalnej instalacji elektrycznej. W przypadku systemu Fibaró, moduły wykonawcze mogą być zamontowane niemalże wszędzie tam gdzie mogą być zasilone. Systemy które swoją komunikację opierają o rozwiązania przewodowe, nie są na tyle elastyczne. Jeżeli na etapie projektowania nie zaplanuje się ewentualnych modyfikacji ich późniejsze wcielenie w życie jest niemożliwe lub wiąże się z bardzo dużym nakładem finansowym. Podobnie do systemów bezprzewodowych, dużą mobilność posiadają moduły które komunikacje opierają o standard PLC. Jednak tyczy się to głównie aktorów, sensory często montowane są w miejscach gdzie bezpośredni dostęp do zasilania jest ograniczony. W systemach bezprzewodowych, sensory często posiadają zasilanie bateryjne, dlatego ich mobilność jest niemalże nieograniczona w obrębie systemu.

IX Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2016

Uniwersalność niesie za sobą informację o ewentualnych możliwościach poszerzenia działania systemu o komponenty zewnętrznych firm. W tym wypadku jest to uzależnione o wykorzystanym standardzie. Dla testowanych systemów, najbardziej uniwersalnym jest zdecydowanie system Fibaro. Ponieważ w przeciwieństwie do swoich konkurentów wykorzystuje protokół otwarty. System LCN daje możliwość dołączenia adapterów do systemu KNX, jednak to znacznie podraża całą inwestycję.

Wnioski

Na bazie przeprowadzonych doświadczeń nie można jednoznacznie wytypować rozwiązania idealnego czy też najlepszego w stosunku do pozostałych. Każdy z omawianych standardów posiada szereg zalet i wad, każdy z nich ma inne zastosowanie. Dużym zaufaniem cieszą się systemy, których architektura opiera się o zewnętrzne magistrale np. Nexo. Jednak każde rozwiązanie oparte o „statyczne” medium transmisyjne wymaga od inwestora dużego nakładu finansowego na samym początku inwestycji lub konieczność kosztownej modernizacji architektury kablowej w przypadku zmian w systemie. Systemy automatyki domowej, które komunikują się poprzez przewody instalacji elektrycznej jak np. system LCN w teorii narażone są na różnego rodzaju zakłócenia. W praktyce jednak na bazie zamontowanych systemów nie udało mi się potwierdzić tej hipotezy. System LCN pracował zawsze stabilnie, nie powodując żadnych utrudnień w jego eksploatacji. Systemy bezprzewodowe w stosunku do pozostałych rozwiązań w opinii instalatorów są najbardziej narażone na zakłócenia. Tej hipotezy także nie potwierdziły przeprowadzone doświadczenia, zwłaszcza przy instalacjach w obiektach do 200m². Niestety podczas pisania pracy nie miało możliwości przeprowadzenia doświadczeń w obiekcie większym niż 250m². Istnieje prawdopodobieństwo, że na inwestycjach o większej powierzchni, ilość różnorodnych barier, przegród itp. destabilizowałoby pracę systemu. Systemy bezprzewodowe mają bardzo dużą zaletę w postaci mobilnych modułów, dzięki czemu wszelkie zmiany w systemie są bezinwazyjne. Ta cecha jest bardzo ceniona u klientów, którzy coraz częściej sięgają właśnie po takie rozwiązania. Wymuszając tym samym na producentach systemu ciągły rozwój ich technologii.

Systemy automatyki budowane na bazie komunikacji bezprzewodowej idealnie sprawdzają się w niewielkich obiektach np. domkach jednorodzinnych. W przypadku gdy system ma zarządzać większym obiektem, pewniejszym rozwiązaniem wydaje się system przewodowy budowany w oparciu o zewnętrzną magistralę .

Literatura

1. *Budynek inteligentny. Tom 1. Potrzeby użytkownika, a standard budynku inteligentnego* pod red. Elżbiety Niezabitowskiej, Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2005 r.
2. Rodacki D.: *Analiza porównawcza funkcjonalności mediów transmisyjnych w systemach automatyki budynkowej*. Praca dyplomowa magisterska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin, 2013 r.

Autorzy: dr inż. Tomasz Zarębski; Katedra Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych, Wydział Elektryczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: tomasz.zarebski@zut.edu.pl; dr inż. Piotr Cierzniewski; Katedra Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych, Wydział Elektryczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: piotr.cierzniewski@zut.edu.pl;