

## Stanowisko dydaktyczne do pomiaru parametrów środowiskowych w systemie LCN

**Streszczenie:** W artykule zawarte są informacje dotyczące stanowiska dydaktycznego opierającego się na systemie LCN. Wskazywane są czujniki stosowane w instalacjach automatyki budynkowej. Przedstawione są również zagadnienia przeprowadzania zdalnych wizualizacji pomiarów parametrów środowiskowych.

**Abstract:** The article contains information about the didactic stand based on LCN system Sensors used in building management system are indicated. Also presented the issues of environmental parameter measurements. (The stand based on LCN system Sensors used in building management system)

**Słowa kluczowe:** automatyka budynkowa, LCN, inteligentny budynek, zdalne badania

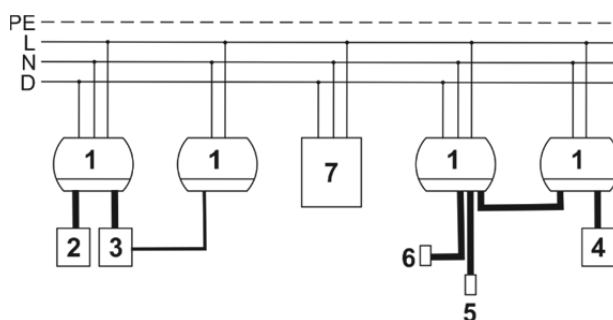
**Keywords:** building automation, LCN, smart building, remote research

### Wprowadzenie

Automatyka budynkowa jest stale rozwijającą się gałęzią budownictwa oraz elektrotechniki. Na rynku można obserwować znaczny wzrost ilości proponowanych rozwiązań w tej dziedzinie. Aktualnie najczęściej wdrażana jest wśród inwestycji związanych z budownictwem wysokokubaturowym, m.in. nowoczesnych biurowców czy apartamentowców. Wraz z normalizowaniem ilości zużycia energii elektrycznej w obiektach, automatyka zyskuje

znaczną popularność dzięki możliwości realizowania energooszczędnych budynków. Ważną kwestią w tych instalacjach są pomiary parametrów środowiskowych. Pełnią kluczową rolę w bieżących regulacjach, ale również magazynowanie tych danych może umożliwić prognozowanie przyszłych wskaźników środowiskowych. Dogłębna analiza zbiorów wartości parametrów może pozwalać zareagować na daną sytuację zanim się ona wydarzy. Daje to ogromne możliwości, które w połączeniu z sieciami neuronowymi mogą umożliwić tworzenie inteligentnych budynków. Dla przykładu znajomość rozkładu temperatury w ciągu danego dnia przez okres kilku miesięcy czy lat daje możliwość optymalnej jej regulacji znacząco podnosząc komfort osób przebywających w pomieszczeniu. Zabieg ten może przyczynić się do ograniczenia zużycia energii elektrycznej na potrzeby ogrzewania tego obiektu. [1] Treść referatu przedstawia sposób realizacji pomiarów w systemie automatyki budynkowej LCN, który jest powszechnie dostępny oraz posiada dużą liczbę podzespołów do wyboru. Dodatkowym atutem jest fakt, że nie potrzebuje on tworzenia oddzielnych instalacji elektrycznych. Umożliwia wykorzystanie jej klasycznej wersji stosowanej w budownictwie, rozbudowanej jedynie o żyłą transmisyjną. Zastosowanie filtrów w systemie LCN może pozwolić na ograniczenie wyższych harmonicznym wprowadzanych do całej instalacji elektrycznej. [2] System ten posiada również całą gamę czujników oraz sensorów dzięki którym przeprowadzane są pomiary. Najważniejszymi podzespołami w strukturze LCN są moduły, a o ich uniwersalności świadczy fakt, że nie są one wstępnie zaprogramowane do pełnienia danej funkcji. To projektant takiej instalacji poprzez podłączenie urządzeń peryferyjnych oraz konfigurację nadaje im docelowe przeznaczenie w systemie automatyki budynkowej.

System LCN umożliwia łączenie w jedną instalację ponad 30000 modułów, które łączone są w odpowiednie segmenty. Dzięki temu realizowana może być automatyka rozległych obiektów. [3].



Rys. 1. Schemat stanowiska regulacyjno-pomiarowego w systemie automatyki budynkowej

### Stanowisko do przeprowadzania pomiarów w systemie LCN

Realizacja tytułowego stanowiska dydaktycznego była odpowiedzią na sytuację epidemiologiczną spowodowaną chorobą COVID-19. Edukacja została przeniesiona w tryb zdalny co poskutkowało wieloma ograniczeniami rozwojowymi dla uczniów oraz studentów. Modyfikacja stanowiska umożliwiająca pracę zdalną polegała na dołączeniu do niego minikomputera Raspberry Pi. Jego odpowiednia konfiguracja umożliwiła akwizycję oraz wizualizację danych pobieranych z całej instalacji systemu LCN. Katalogi danych typu Big Data dają możliwość ich analizy w przyszłości w celu stworzenia optymalnych warunków pracy systemu automatyki budynkowej. Rysunek numer 1 przedstawia schemat tego stanowiska

W skład którego wchodzi linie zasilające (L, N, D oraz PE), komplet żarówek, elektrozawór oraz:

1. Dedykowane moduły systemu LCN,
2. Szklany panel sterujący z 6 przyciskami; LCN-GT6,
3. Czujnik zawartości dwutlenku węgla w powietrzu; LCN-CO2,
4. Panel z kolorowym wyświetlaczem i 4 przyciskami; LCN-GT4D
5. Czujnik temperatury; LCN-TS,
6. Czujnik ruchu; LCN-BMI,
7. Sekcja komunikacji zdalnej składająca się z DomiQ/Base, Raspberry Pi oraz kamery internetowej.

Raspberry Pi wraz z systemem LCN połączony jest poprzez moduł DOMIQ/Base poprzez sieć lokalną. Jest to możliwe przy wykorzystaniu skonfigurowanego routera, z którym oba podzespoły łączone są w komunikacji Ethernet. Minikomputer nie jest zasilany bezpośrednio z sieci, w tym

celu wykorzystywany jest dedykowany przez producenta zasilacz. Głównym celem stanowiska jest integracja czujników temperatury, ruchu oraz CO<sub>2</sub> z modułami oraz regulatorami w systemie LCN. Obsługa stanowiska możliwa jest z dowolnego miejsca na świecie za pośrednictwem dowolnego komputera podłączonego do Internetu. Zdalne połączenie przez Raspberry Pi pozwala na kontrolę wszystkich elementów instalacji poprzez analizę wizualizowanych parametrów systemu, a kamera internetowa daje podgląd na fizyczne zmiany odbywające się na stanowisk, np. włączanie żarówek.

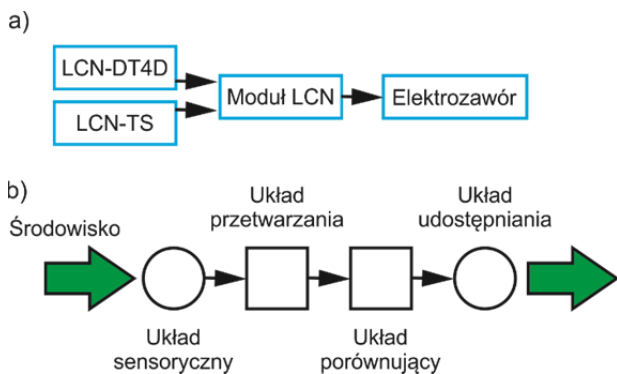
### Pomiar oraz regulacja temperatury

Regulacja temperatury wewnątrz danego pomieszczenia czy budynku, nie jest możliwa bez stałej kontroli tego parametru. Istnieje wiele rodzajów czujników temperatury, m.in. termopary, czujniki rezystancyjne, a nawet istnieją metody pomiaru temperatury za pomocą akustycznych fal powierzchniowych. [4] Dla systemu LCN istnieje dedykowany cyfrowy czujnik temperatury LCN-TS. [5] Posiada wbudowany procesor, dzięki któremu ustala wartości niemalże bezszumowych pomiarów oraz transmituje te informacje do przyłączonego modułu LCN. W celu odpowiedniej komunikacji rzeczywista wartość temperatury podawana jest w sztucznie wykreowanej skali LCN. Poprawny sposób przeliczenia tej wartości na skalę Celsjusza przedstawia wzór nr. 1.

$$T_c = \frac{T_{LCN} - 1000}{10} \quad (1)$$

Czujnik ten przystosowany jest do funkcjonowania w temperaturach od -40°C do 120°C, z zachowaniem rozdzielczości na poziomie 0,1°C. Dokładność dla optymalnych warunków pracy wynosi 0,3°C.

Dzięki ciągłej kontroli wartości temperatury w danym obiekcie możliwa jest jej regulacja do optymalnych poziomów. Rysunek nr 2 przedstawia schemat takiej regulacji.



Rys. 2. a) Schemat układu regulacji temperatury w systemie LCN, b) schemat ideowy regulacji parametrów w automatyce budynkowej

Algorytm przebiega w sposób następujący: poprzez przycisk LCN-GT4 zadawana jest pożądana temperatura przez użytkownika, rozkaz ten zostaje przesłany do modułu. Procesor zestawia podaną wartość z tą zmierzoną przez czujnik. Jeżeli wykryta zostanie różnica zostanie wysłany rozkaz do elektrozaswora, który uruchomi piec grzewczy w celu wyrównania poziomu temperatur. Do procesora na bieżąco docierają informacje o wartości temperatury mierzonej. W momencie, gdy nie będzie różnicy w ich poziomie, zostanie wysłany rozkaz wyłączający piec.

### Pomiar ruchu w systemie LCN

Wszelkiego rodzaju czujniki ruchu wykorzystywane w obiektach mieszkalnych czy przemysłowych umożliwiają funkcjonowanie SSWiN oraz sterowanie oświetleniem. W

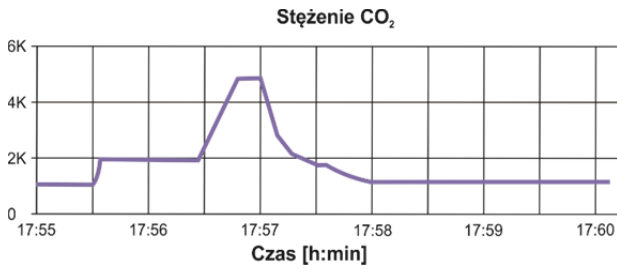
pierwszym rozwiązaniu wykrycie ruchu może skutkować uruchomieniem się alarmu czy przekierowaniem kamer na miejsce jego wykrycia. [6] W referowanym stanowisku czujnik ruchu wykorzystywany jest do optymalizacji natężenia światła w obiekcie. Integracja z systemem LCN odpowiedzialnym za regulację oświetlenia umożliwiła zmniejszenie zużycia energii elektrycznej na uruchamianie sztucznego światła w miejscach, gdzie nie jest to wymagane. Dedykowanym czujnikiem dla stanowiskowego systemu jest bierny czujnik ruchu na podczerwień LCN-BMI. [7] Pracuje on wykorzystując zasadę biernej podczerwieni (ang. Passive Infra Red). [8] Specjalny system elektroniczny analizuje sygnały czujnika piroelektrycznego, który wykrywa zmiany promieniowania cieplnego w zakresie podczerwieni. Każdy obiekt posiadający temperaturę własną wyższą od zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania termicznego. Zasięg skutecznej pracy tego czujnika to 10 metrów. Skomunikowany czujnik z systemem LCN informuje, w którym miejscu został wykryty ruch. Informacja ta pozwala na wysłanie rozkazu w celu uruchomienia w tym obszarze oświetlenia.

### Pomiary zawartości dwutlenku węgla w powietrzu

W zamkniętych pomieszczeniach w celu utrzymania komfortowych warunków dla funkcjonowania organizmów ludzkich istotną rolę odgrywa wentylacja. Jest to znaczące zwłaszcza w obiektach, w których przebywa znaczna ilość osób, ale również w miejscach takich jak szpitale. [9] Najprostszym sposobem na utrzymanie odpowiednich warunków jakościowych powietrza jest wietrzenie pomieszczeń. Stanowisko laboratoryjne wyposażone jest w czujnik dwutlenku węgla LCN-CO<sub>2</sub>. [10] Wykorzystuje on metodę spektroskopowego pomiaru IR, oznacza to pracę bazującą na analizie zakresu absorpcji promieniowania podczerwonego. Różne substancje można wykryć na podstawie ich drgania charakterystycznego, czyli częstotliwości, przy której absorbują promieniowanie IR. [11] Integracja czujnika CO<sub>2</sub> umożliwia skuteczną sygnalizację po przekroczeniu wartości progowej, dzięki czemu w odpowiednim momencie zostanie wysłany rozkaz mający na celu otwarcie okien. Umożliwi to zmniejszenie poziomu zawartości tego związku w powietrzu.

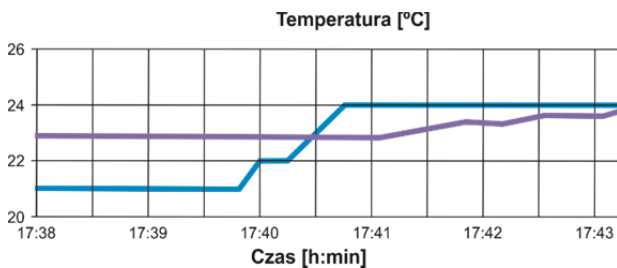
### Raspberry Pi i wizualizacja pomiarów

Każde pomiary mogą być wartościowe, jeżeli zostaną dobrze wykorzystane. Raspberry Pi jest minikomputerem umożliwiającym akwizycję oraz wizualizację danych typu BigData. Komunikacja z systemem LCN odbywa się dzięki sieci lokalnej oraz połączeniu z DOMIQ/Base. Wszystkie dane, nie tylko te z czujników, mogą być zapisywane w bazach danych programu Prometheus. [12] Jest on zainstalowany oraz odpowiednio skonfigurowany do pracy z systemem LCN. W czasie rzeczywistym następuje transmisja oraz akwizycja wybranych danych ze stanowiska laboratoryjnego. Takie bazy danych są skutecznym narzędziem umożliwiającym dogłębną analizę zmian parametrów środowiskowych na przestrzeni nie tylko godzin czy dni, ale również miesięcy i lat. Długotrwałe monitorowanie zmian pozwala wyciągać wnioski oraz skutkuje lepszą optymalizacją warunków do życia oraz oszczędności wody czy energii elektrycznej. Grafana jest drugim wykorzystywanym programem, służy on do wizualizacji danych z wcześniej tworzonej bazy danych. Najczęściej wybieraną opcją przedstawienia graficznego parametrów są wykresy. Rysunek nr. 3 przedstawia wykres zawartości dwutlenku węgla w powietrzu, charakterystyczny pik na tym wykresie jest wynikiem wydechu powietrza w pobliżu czujnika. Skutkowało to uruchomieniem się systemu wentylacji pomieszczenia.



Rys. 3. Wykres zawartości dwutlenku węgla w powietrzu.

Narzędzie wizualizacyjne umożliwia również kontrolę poprawności pracy systemów regulacji. Program Grafana umożliwia nanoszenie wielu parametrów na jeden wykres. Zestawienie ze sobą wartości temperatury zadawanej przez użytkownika oraz mierzonej przez czujnik LCN-TS pozwala weryfikować pracę całego systemu sterowania temperaturą. Wykres taki przedstawiony jest na rysunku nr 4.



Rys. 4. Wykres porównawczy temperatury mierzonej przez LCN-TS (fioletowy) oraz temperatury zadanej (niebieski)

Zgodnie z legendą wykresu, fioletowa linia jest temperaturą podawaną z czujnika temperatury. Natomiast niebieska informuje nas o wartości zadanej. Schodkowe jej wzrosty sugerują, że zostaje zwiększony jej poziom. Przecięcie się obu linii jest momentem, w którym moduł LCN wysyła rozkaz do elektrozaworu i rozpoczynana jest praca pieca. Można zauważyć rozpoczęcie narastania temperatury mierzonej. Wnioskować z tego można, że cały system regulacji jest skuteczny.

### Podsumowanie

Automatyka budynkowa to jedna z wielu dziedzin inżynierii, która nie mogłaby funkcjonować bez możliwości pomiaru parametrów środowiskowych. Istnieje realna potrzeba kontroli rzeczywistych wartości parametrów w procesie ich regulacji. Im dłużej pomiary są prowadzone, tym więcej wniosków można wyciągnąć z ich analizy, ale również wykorzystać je do jeszcze lepszej optymalizacji warunków życia jak i ilości zużywanej energii elektrycznej. Dlatego też, Raspberry Pi jest świetnym narzędziem do pracy z danymi typu BigData, które w przyszłości mogą być wykorzystane do nieznanych nam jeszcze celów. Komunikacja minikomputera ze stanowiskiem laboratoryjnym i wizualizacja parametrów z systemu LCN umożliwia kontrolowanie poprawności funkcjonowania systemów regulacji czy sterowania. Do stanowiska zamontowana jest również kamera internetowa połączona z komputerem stacjonarnym. Umożliwiając zdalny dostęp do pulpitu takiego komputera możemy uzyskać możliwość

kontroli nad całym systemem LCN z dowolnego miejsca na Świecie. Rozwój aktualnie oparty na ograniczeniach kontaktów międzyludzkich wskazuje, tylko i wyłącznie na możliwość sukcesu wprowadzenia zdalnych narzędzi monitorujących pracę systemów automatyki budynkowej.

### Podziękowania

Autorzy składają podziękowania dla Pana Mariusza Szafrąńskiego z LCN Polska za konsultacje związane z napisaniem tego artykułu.

**Autorzy:** inż. Sebastian Kiciak, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, 00-001 Warszawa, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, E-mail: [sebastian.kiciak@student.wat.edu.pl](mailto:sebastian.kiciak@student.wat.edu.pl); dr inż. Marek Suproniuk, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, 00-001 Warszawa, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, E-mail: [marek.suproniuk@wat.edu.pl](mailto:marek.suproniuk@wat.edu.pl); mgr inż. Piotr Paziewski, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, 00-001 Warszawa, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, E-mail: [piotr.paziewski@wat.edu.pl](mailto:piotr.paziewski@wat.edu.pl); dr inż. Bogdan Perka, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, 00-001 Warszawa, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, E-mail: [bogdan.perka@wat.edu.pl](mailto:bogdan.perka@wat.edu.pl); mgr inż. Karol Piwowarski, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, 00-001 Warszawa, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, E-mail: [karol.piwowarski](mailto:karol.piwowarski)

### LITERATURA

- Suproniuk, M., Paś, J., Analysis of electrical energy consumption in a public utility building, *Przegląd Elektrotechniczny*, 11, 2019, pp.97-100, <https://doi.org/10.15199/48.2019.11.22>.
- Paś, J., & Rosiński, A. Selected issues regarding the reliability-operational assessment of electronic transport systems with regard to electromagnetic interference. *Eksploatacja i Niezawodność*, 19(3), 2017, pp.375-381. <https://doi.org/10.17531/ein.2017.3.8>
- Książkiewicz A. Automatyka budynkowa w rozległych obiektach na przykładzie systemów KNX i LCN, *Wiadomości Elektrotechniczne*, 12, 2014
- Perka B., Suproniuk M., Piwowarski K., Application of acoustic surface wave to measure busbar temperature, 11, 2019, pp.120-123, <https://doi.org/10.15199/48.2019.11.3>
- <https://lcnpolska.pl/dokumentacja/czujniki/ts.pdf>
- Stachno A., Suproniuk M., Skibko Z. Identification of a personal profile based on neural analysis of environmental parameters in a smart building, *Przegląd Elektrotechniczny*, 11, 2019, pp.97-100, <https://doi.org/10.15199/48.2019.11.3>
- <https://lcnpolska.pl/dokumentacja/czujniki/bmi.pdf>
- <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/understanding-active-and-passive-infrared-sensors>
- Suproniuk M., Skibko Z., Stachno A., Work disruptions of electronics devices in hospital objects, *Proceedings of SPIE*, 1105503, 2019, <https://doi.org/10.1117/12.2564709>
- <https://lcn.wroclaw.pl/lcn-co2-%E2%80%93-detektor-dwutlenku-wegla-co2-podlacznany-do-portu-i-p-255.html>
- R.M. Silverstein, F.X. Webster, D.J. Kiemle „Spektroskopowe metody identyfikacji związków organiczny.
- Kiciak S., Suproniuk M., Remote laboratory station for building automation system, *Elektronika konstrukcje technologie zastosowania*, 1, 2021, pp.19-24