

Tomasz JARMUDA*

DWUSTANOWE STEROWANIE OGRZEWANIEM W ZAUTOMATYZOWANYM „BUDYNKU INTELIGENTNYM” NA PRZYKŁADZIE SYMULACJI KOMPUTEROWYCH W PROGRAMIE LOGO! SOFT COMFORT V6.0

Artykuł przedstawia możliwości aplikacyjne sterownika LOGO! firmy Siemens w zakresie sterowania ogrzewaniem w zautomatyzowanym „budynku inteligentnym”. Szerokie spektrum możliwości sterownika logicznego znajduje odzwierciedlenie w rzeczywistości, na przykładzie symulacji komputerowych w programie LOGO! Soft Comfort v6.0. W pracy dokonano analizy porównawczej dwóch programów realizujących dwustanowe sterowanie ogrzewaniem: z histerezą i bez histerezy, a także przedstawiono program sterowania „inteligentnym” domem letniskowym. W artykule zaprezentowano także wyniki obliczeń parametrów dla wzmacniacza analogowego B007, na przykładzie charakterystyk przykładowych krzywych grzania.

1. WSTĘP

W ciągu ostatnich kilku lat wzrosło zużycie energii elektrycznej. Tradycyjne rozwiązania infrastruktury elektrycznej zostały zastąpione w postaci nowych elektrowni, nowych linii przesyłowych, podstacji i związanych z nimi urządzeń. Jednakże proces lokalizacji i budowy nowych linii przesyłowych stał się niezwykle trudny, kosztowny i czasochłonny. W rezultacie, odbiorcy energii elektrycznej z sieci energetycznej znajdują się pod wpływem stresu, związanego z naruszoną niezawodnością i wyższymi kosztami energii [4].

Pomimo powyższych problemów, niezawodność systemu energetycznego ma kluczowe znaczenie i nie może być naruszona. Utrata linii powoduje przeciążenie, które w konsekwencji prowadzi do nieefektywnego funkcjonowania rynku energii [3].

Stąd, uzasadniona potrzeba wdrażania nowoczesnych, inteligentnych instalacji elektrycznych, powinna być oparta przede wszystkim o bezpieczeństwo, energooszczędność i niezawodność systemów energetycznych, zaopatrujących zautomatyzowane kompleksy inteligentnych budynków w energię elektryczną, pochodzącą z odnawialnych źródeł energii [13].

Istotne znaczenie ma przekształcenie obecnego systemu elektroenergetycznego EPS (z ang. Electrical Power System) w system inteligentnej sieci energii

*Politechnika Poznańska.

elektrycznej SEEN (z ang. Smart Electrical Energy Network). Przyszłość SEEN zapowiada się bardzo dobrze ze względu na większą elastyczność, niezawodność, samokontrolę i pełne zautomatyzowanie systemu. SEEN będzie platformą, umożliwiającą współistnienie inteligentnej sieci z dużą liczbą odbiorców generacji rozproszonej DG (z ang. Distributed Generation) wraz z rozwijanymi na dużą skalę scentralizowanymi elektrowniami wiatrowymi i słonecznymi [5-7].

Potrzeba zmian wymaga usunięcia przeszkód, związanych z wykorzystaniem na dużą skalę generacji rozproszonych DG. Będzie to wymagało badań i rozwoju nowych innowacyjnych technologii wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej w odniesieniu do narzędzi komunikacyjnych, z dużo większą liczbą czujników niż obecnie. Dlatego przewiduje się, że elementarne systemy, takie jak: Elastyczny System Przesyłowy Prądu Przemianowego FACTS (z ang. Flexible Alternating Current Transmission System), System Zasilania CUPS (z ang. Custom Power Systems), System Magazynowania Energii ESS (z ang. Energy Storage Systems), System Generacji Rozproszonej DG (z ang. Distributed Generation) oraz inteligentne urządzenia użytkownika końcowego wraz z komunikacją będą sercem przyszłości SEEN [8, 9].

W systemie przesyłowym SEEN większość urządzeń elektronicznych systemów: CUPS, ESS, DG oraz inteligentnych urządzeń użytkownika końcowego, może być stosowane do systemów dystrybucji energii w celu zwiększenia niezawodności i jakości dostaw energii do klientów [10-12]. Dzięki zastosowaniu nowych technologii można poprawić niezawodność i jakość dostarczanych mocy poprzez redukcję liczby przerw w dostawach energii. Właściwe stosowanie nowoczesnych technologii będzie korzystne dla wszystkich odbiorców przemysłowych, komercyjnych i gospodarstw domowych [3].

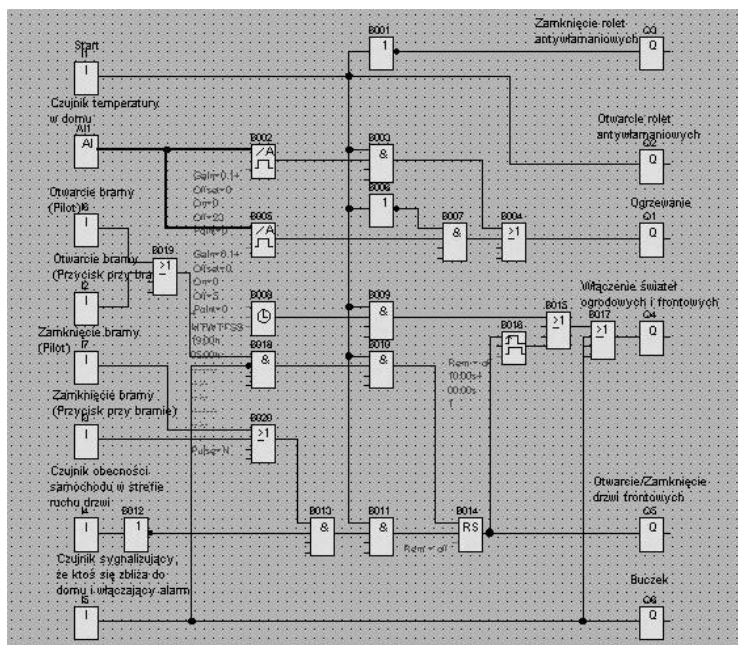
W „budynkach inteligentnych” wykorzystuje się wszelkie możliwe sposoby oszczędzania energii. Oferuje się wysoki poziom jakości komfortu mikroklimatu środowiska przy maksymalnie niskim zużyciu energii na ten cel. W przyszłości planuje się działania, zmierzające do ochrony środowiska w procesach eksploatacji budynków. Aspekt ten prowadzi do tworzenia następnej generacji „budynku inteligentnego”, tzw. „sustainable building”, czyli budynku zrównoważonego, przyjaznego środowisku. Obecnie realizowane budynki typu „green building” i „eko-building” stanowią zapowiedź inteligentnego budynku zrównoważonego [2].

Sterowniki LOGO! firmy Siemens należą do grupy sterowników małych (mikro), czasami nazywanych również przekaźnikami inteligentnymi lub programowalnymi. Pozwalają one zrealizować sterowanie, czyli takie poprawne zachowanie się obiektu, aby mogło się ono odbywać automatycznie bez ingerencji człowieka i dotyczy tylko małych obiektów. Małymi obiektami nazywa się takie, których łączna liczba wejść i wyjść, inaczej nazywanych punktami, nie przekracza 64. Do takich obiektów można zaliczyć dom mieszkalny [1].

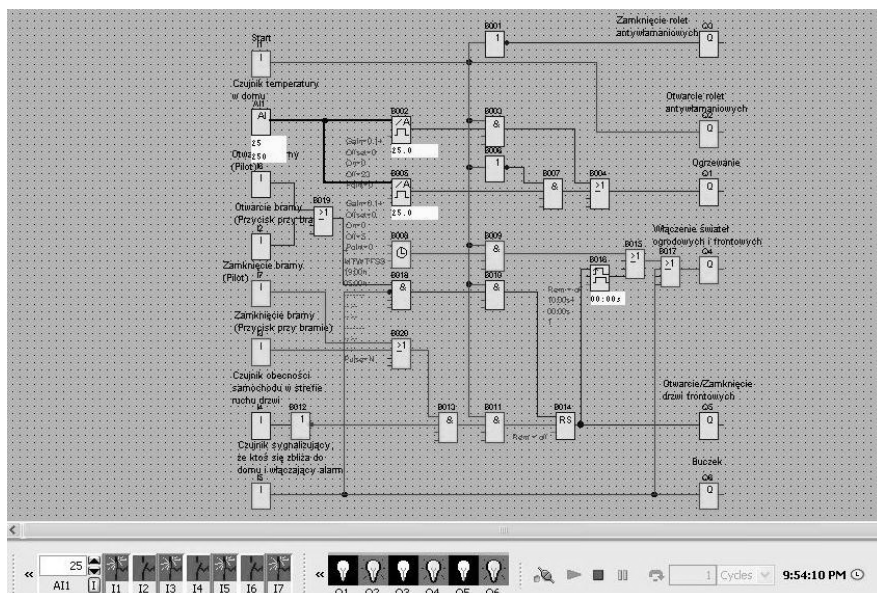
2. AUTOMATYZACJA „BUDYNKU INTELIGENTNEGO”

2.1. Sterowanie „inteligentnym” domem letniskowym

Program sterowania „inteligentnym” domem letniskowym przedstawiono na rys. 1, natomiast na rys. 2 przedstawiono symulację działania tego programu. Działanie systemu sterującego inicjuje się za pomocą przycisku dołączonego do wejścia I1, czego jednym z objawów jest otwarcie rolet antywłamaniowych. Wyłączenie systemu sterującego powoduje automatyczne zamknięcie rolet antywłamaniowych. Czujnik temperatury dołączony do wejścia AI1 mierzy temperaturę wewnątrz domu. Jeśli temperatura spadnie poniżej 23,0°C, włączane jest ogrzewanie sterowane z wyjścia Q1. Zegar B008 steruje włączaniem i wyłączaniem świateł ogrodowych i frontowych. Światła włączane są na noc w godzinach od 19.00 do 5.00. Otwarcie drzwi frontowych powoduje jednocześnie włączenie świateł na 10 sekund, w celu oświetlenia drogi od domu do samochodu. Czujnik dołączony do wejścia I5 (w postaci kabla ułożonego pod ogrodzeniem) wykrywa potencjalnego włamywacza usiłującego sforsować ogrodzenie. Włączany jest sygnalizator akustyczny (z wyjścia Q6) i oświetlenie alarmowe, a także blokowana jest możliwość otwarcia bramy wjazdowej. System działa bez względu na stan przycisku dołączonego do I1, włączającego lub wyłączającego sterowanie [1].



Rys. 1. Program sterowania „inteligentnym” domem letniskowym [1]



Rys. 2. Symulacja działania programu sterowania „inteligentnym” domem letniskowym

3. OGRZEWANIE „BUDYNKU INTELIGENTNEGO”

3.1. Dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (bez histerezy)

Temperatura jest wielkością fizyczną, która towarzyszy w życiu każdego dnia. Zwykle oczekuje się, aby była ona w miarę ustabilizowana. Popularną metodą stabilizacji temperatury jest sterowanie dwustanowe. Metoda ta polega na tym, że temperatura zewnętrzna oraz temperatura medium grzewczego są mierzone przez dwa czujniki (PT100) dołączone do wejść AI3 i AI4, co zostało przedstawione na rys. 4. Zasada działania sterownika LOGO! polega na tym, że jeżeli temperatura na zewnątrz spada, temperatura medium grzewczego zostanie zwiększona i na odwrót [1]. Symulację działania programu realizującego dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (bez histerezy) przedstawiono na rys. 5.

Ta zależność jest realizowana za pomocą bloku komparatora analogowego B004. Jeżeli próg został osiągnięty, ogrzewanie wyłącza się. Na nachylenie krzywej ogrzewania wpływ mają parametry analogowego wzmacniacza B007. Do wyznaczania parametrów analogowego wzmacniacza B007, tzn.: wzmocnienia i przesunięcia, należy sporządzić krzywe grzania. Wyznacza się je na podstawie dwóch punktów granicznych (na podstawie tabeli 1 i rys. 3) przez które prowadzi się prostą. Po naniesieniu prostej na wykres, na podstawie rys. 3, wyznacza się te dwa parametry potrzebne do wzmacniacza analogowego B007 [1].

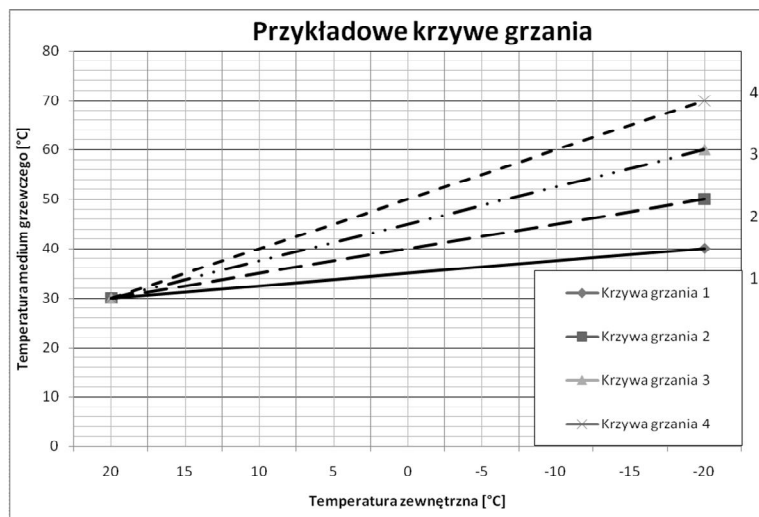
Tabela 1. Obliczenie parametrów dla wzmacniacza analogowego B007[1]

Lp.	Krzywa grzania	Temp. zewnętrzna	Temp. medium grzewczego	Wzmocnienie	Przesunięcie
		°C	°C		
1.	1	20,0	30,0	-0,25	350
		-20,0	40,0		
2.	2	20,0	30,0	-0,50	400
		-20,0	50,0		
3.	3	20,0	30,0	-0,75	450
		-20,0	60,0		
4.	4	20,0	30,0	-1,00	500
		-20,0	70,0		

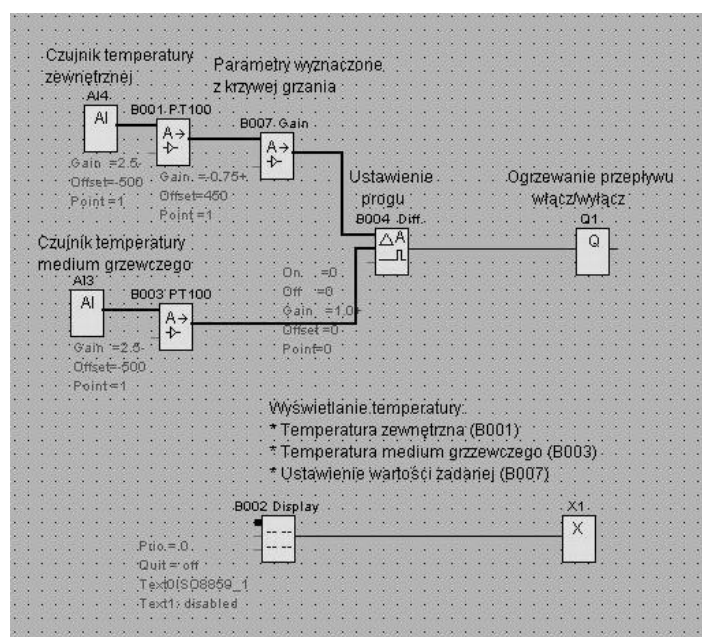
Parametry dla wzmacniacza analogowego, tzn. wzmocnienie i przesunięcie wyznacza się w następujący sposób. Wzmocnienie określa stosunek zmiany temp. medium grzewczego do zmiany temp. zewnętrznej, natomiast przesunięcie zostało określone dla temperatury 0°C na podstawie charakterystyki przykładowych krzywych grzania.

Wnioski, wynikające z obliczenia parametrów dla wzmacniacza analogowego B007, są następujące (rys. 3, tabela 1):

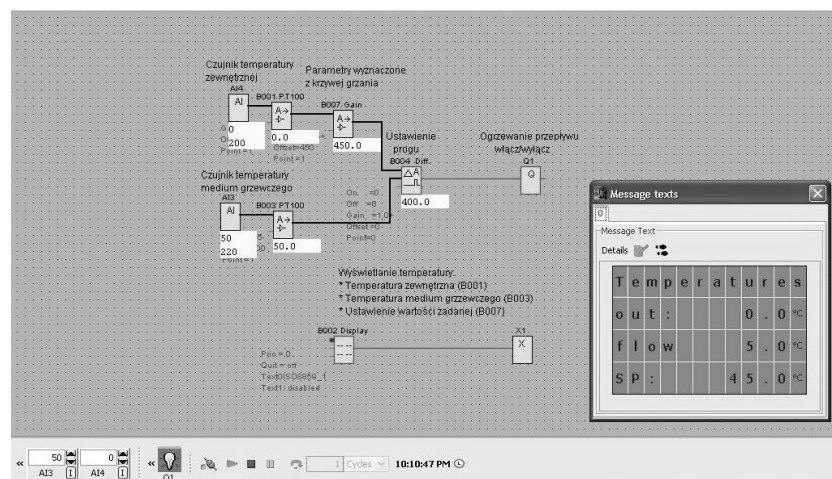
- Krzywa grzania 1
Dla temp. zewnętrznej równej 20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 30,0°C, a dla temp. zewnętrznej równej -20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 40,0°C.
- Krzywa grzania 2
Dla temp. zewnętrznej równej 20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 30,0°C, a dla temp. zewnętrznej równej -20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 50,0°C.
- Krzywa grzania 3
Dla temp. zewnętrznej równej 20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 30,0°C, a dla temp. zewnętrznej równej -20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 60,0°C.
- Krzywa grzania 4
Dla temp. zewnętrznej równej 20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 30,0°C, a dla temp. zewnętrznej równej -20,0°C, temp. medium grzewczego wynosi 70,0°C.



Rys. 3. Przykładowe krzywe grzania [1]



Rys. 4. Program realizujący dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (bez histerezy) [1]



Rys. 5. Symulacja działania programu realizującego dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (bez histerezy)

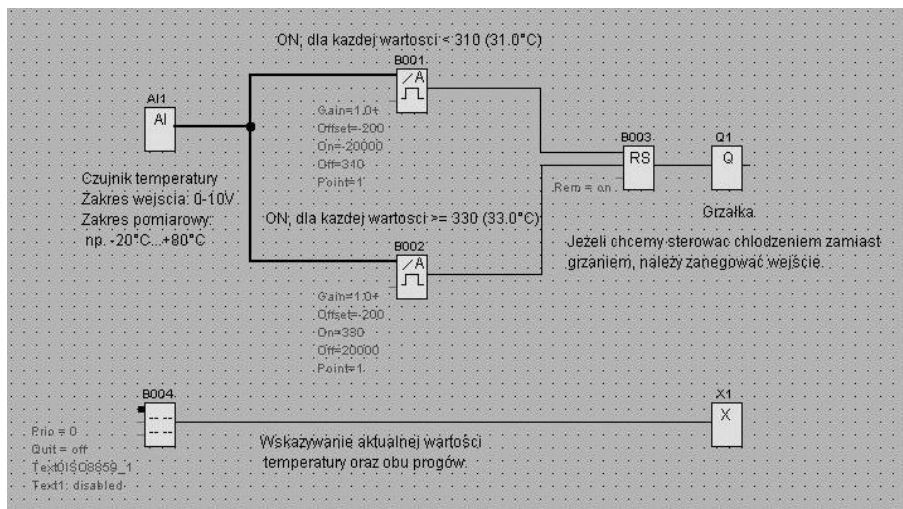
3.2. Dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (z histerezą)

Program przedstawiony na rys. 6 realizuje dwustanowe sterowanie ogrzewaniem z histerezą, czyli z pewnym opóźnieniem reakcji układu w stosunku do rzeczywistej temperatury otoczenia (w przedziale od 31,0°C do 33,0°C). Podczas nagrzewania grzałka jest włączona tak długo, aż osiągnie temperaturę 33,0°C. Gdy ta temperatura zostanie przekroczona, stan progowego przełącznika analogowego B002 zmieni się na wysoki, co spowoduje, że przekaźnik B003 zostanie wyzerowany. Temperatura zacznie spadać i gdy spadnie poniżej 31,0°C, przełącznik progowy B001 zostanie załączony i grzałka zostanie ponownie uruchomiona. W ten sposób zmniejsza się liczbę załączeń i wyłączeń przekaźnika, jeżeli aktualna wartość temperatury mieści się w przedziale działania histerezy [1]. Symulację działania programu realizującego dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (z histerezą) przedstawiono na rys. 7.

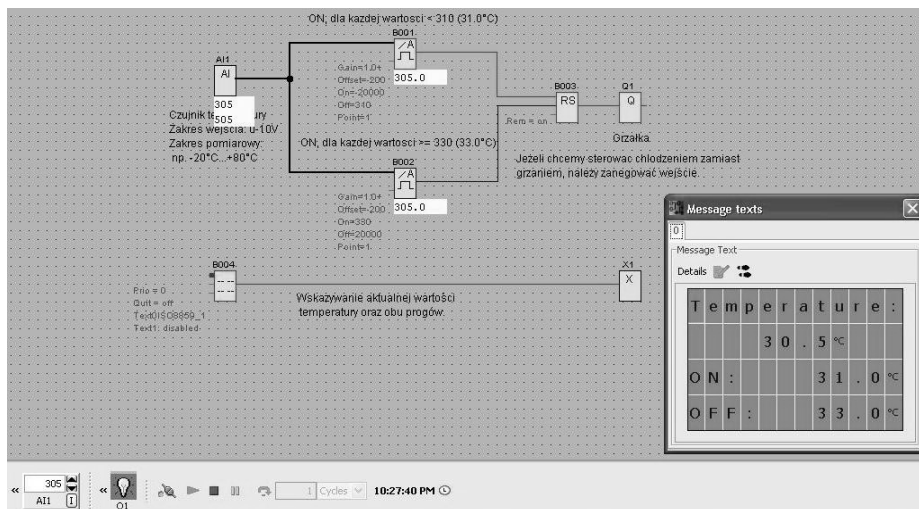
Najważniejsze parametry sterowników LOGO! [14]:

- zakres temp. pracy: 0°C...+55°C,
- poziom ochrony: IP20,
- wersje napięciowe: 12/24 VDC lub 230 VAC,
- maksymalna liczba wejść dwustanowych: 24,
- maksymalna częstotliwość wejść dwustanowych: 5kHz,
- maksymalna liczba wyjść: 16,
- maksymalna liczba wejść analogowych: 8,
- maksymalna liczba wyjść analogowych: 2,
- wbudowany regulator PI,

- wirtualne wyjścia: 16,
- wbudowany zegar czasu rzeczywistego,
- wyświetlacz: LCD 12 znaków x 4 wiersze,
- klawisze kursorów: 4,
- maksymalna liczba bloków w programie: 200, a w REM: 250,
- średni czas wykonania funkcji bloku: mniej niż 0,1ms.



Rys. 6. Program realizujący dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (z histerezą) [1]



Rys. 7. Symulacja działania programu realizującego dwustanowe sterowanie ogrzewaniem (z histerezą)

4. PODSUMOWANIE

Dwustanowe sterowanie ogrzewaniem w „budynku inteligentnym”, przy użyciu sterownika logicznego LOGO!, może znacząco wpłynąć na optymalizację zużycia energii elektrycznej i ciepłej w aspekcie energooszczędności. Największy udział, w całkowitym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych, należy do ogrzewania – 41,5%, stąd uzasadniona potrzeba znaczącej redukcji zużywanej na ten cel energii elektrycznej i ciepłej. W związku z tym faktem, w pracy dokonano analizy porównawczej dwóch programów realizujących dwustanowe sterowanie ogrzewaniem: z histerezą i bez histerezy. Na podstawie przeprowadzonej analizy, można stwierdzić, że oba programy cechuje duża funkcjonalność i elastyczność działania. Program z opóźnieniem czasowym, w znaczący sposób zmniejsza liczbę załączeń i wyłączeń przełącznika, jeżeli aktualna wartość temperatury mieści się w przedziale działania histerezy. Z kolei program bez opóźnienia czasowego, natychmiast reaguje na wszelkie zmiany rzeczywistej temperatury otoczenia, na podstawie parametrów wzmacniacza analogowego. Ważne jest to, że oba programy doskonale sprawdzą się w rzeczywistości, przy sterowaniu ogrzewaniem w „budynku inteligentnym”, przy użyciu sterownika logicznego LOGO!. Można zatem z powodzeniem stosować je do zaprogramowania systemu, który zredukuje lub całkowicie wyłączy ogrzewanie w budynku podczas nieobecności domowników. System może wyłączyć ogrzewanie, oświetlenie i wszystkie urządzenia elektryczne, pracujące w domu, oszczędzając w ten sposób energię elektryczną i ciepłą.

Energooszczędność jest największym wyzwaniem współczesnej cywilizacji. Oznacza to, że w przyszłości dużą rolę odegrają badania nad energooszczędnością w budynkach pasywnych, co związane jest z odpowiednim zaprojektowaniem, umiejscowieniem, a także uszczelnieniem „budynku inteligentnego”. Aspekty te pozytywnie wpłyną na odpowiednie nasłonecznienie wewnątrz budynku, w pomieszczeniach, które szczególnie tego wymagają, a jednocześnie jest szansa na zatrzymanie ciepła w budynku na dłuższy czas. W budynkach pasywnych, oprócz ciepła, pochodzącego od słońca i ludzi, uwzględnić należy także ciepło wytwarzane przy okazji oświetlenia pomieszczeń czy też pracujących w nich urządzeń elektrycznych. Energooszczędność może być zatem uzyskiwana drogą pasywną poprzez odpowiednie projektowanie budynków, a także poprzez systemy aktywne, wykorzystujące nowe technologie budynkowe, jak kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, generatory wiatrowe, układy technologiczne na biomasę [13].

Globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrasta szybko na całym świecie. Zakłada się, że jego tempo wynosi około 2,2% rocznie, co oznacza, że obecnie światowa konsumpcja energii elektrycznej w ilości 20300TWh wzrośnie w 2030 roku do 33000TWh. Już wkrótce niezbędny będzie inteligentny system, który będzie kierować energią dokładnie tam, gdzie jest ona potrzebna. Takim rozwiązaniem jest Inteligentna Sieć Energetyczna – Smart Grid [15].

Ideą Smart Grid jest komunikacja między wszystkimi uczestnikami rynku energii. Sieć integruje elektrownie, duże i małe, oraz odbiorców energii w jedną całościową strukturę. Smart Grid może istnieć i funkcjonować dzięki dwóm elementom: automatyce zbudowanej na zaawansowanych czujnikach oraz systemowi teleinformatycznemu. Dodatkowo umożliwia użytkownikom końcowym na aktywne uczestniczenie w rynku energii i tym samym świadome przyczynianie się do ochrony klimatu. Smart Grid jest obecnie ideą i sprawą przyszłości, ale przyszłości bardzo niedalekiej. Technologie potrzebne do budowy takiej inteligentnej sieci już istnieją [15].

LITERATURA

- [1] Kwaśniewski J., Inteligentny dom i inne systemy sterowania w 100 przykładach, Wydawnictwo BTC, Legionowo, 2011, s. 144-147.
- [2] Niezabitowska E., Sowa J., Staniszewski Z., Winnicka – Jasłowska D., Boroń W., Niezabitowski A., Budynek Inteligentny, [w] Niezabitowska E. (red.) Potrzeby użytkownika a standard budynku inteligentnego, Tom I, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010, s. 319-324.
- [3] Strzelecki R., Benysek G., Power Electronics In Smart Electrical Energy Networks, Springer, London, 2008, p.8.
- [4] Benysek G., Improvement in the quality of delivery of electrical energy using power electronics systems, Springer-Verlag, London, 2007.
- [5] Gellings C., Smart power delivery: a vision for the future, EPRI Journal, June, 2003.
- [6] GridWise Alliance, Rethinking energy from generation to consumption, Brochure, 2003.
- [7] Kannberg L. GridWise - transforming the energy system, Pacific Northwest National Laboratory, Conference Presentation, 2003.
- [8] Mazza P. The smart energy network – electricity's third great revolution, <http://www.climatesolutions.org>, 19.11.2011, 22:00, 2003.
- [9] Massoud S., Wollenberg B., Toward a smart grid – power delivery for the 21st century, IEEE Power and Energy Magazine, vol.3, 2005, pp. 34-41.
- [10] Thomsen P., Application and control of CUPS in the distribution grid, Institute of Energy Technology, Aalborg University, vol.3, 1999, pp. 2-11.
- [11] Strzelecki R., Benysek G., Conceptions and properties of the arrangements in distributed electrical power systems, MITEL Conference, 2004, pp. 241-248.
- [12] Strzelecki R., Jarnut M., Benysek G., Active electrical energy conditioners for individual customers, PES Conference, Warsaw University of Technology Press, vol.1, 2003, pp. 27-34.
- [13] Jarmuda T., Zdecentralizowane systemy automatyzacji w energooszczędnym „budynku inteligentnym”, miesięcznik naukowo-techniczny „Napędy i Sterowanie”, Nr 12 (152), ISSN 1507-7764, Wydawnictwo „Druk-Art” SC, Sosnowiec, grudzień 2011, s. 87-89.
- [14] Pomoc w oprogramowaniu LOGO! Soft Comfort 6.1 (polska wersja językowa).
- [15] <http://elektroinzynieria.pl/newsItem>, dn. 09.01.2012r, godz. 14:00.

**TWO CONTROL HEATING IN AUTOMATED "INTELLIGENT BUILDING"
ON THE BASIS OF COMPUTER SIMULATIONS
IN LOGO! SOFT COMFORT V6.0**

The article presents the application possibilities of Siemens LOGO! controller in the heating control in an automated "intelligent building". Broad possibilities spectrum of logic controller is reflected in the fact, for example on the basis of computer simulations in LOGO! Soft Comfort v6.0. The paper presents a comparative analysis of two programs implementing the heating digital control: with hysteresis and no hysteresis, and also shows the control program of "intelligent" cottage. The article presents the results of calculations of parameters for an B007 analog amplifier on the basis of the sample heating curves.