



**SEWERYN LIPIŃSKI<sup>1</sup>, TOMASZ OLKOWSKI<sup>2</sup>, PATRYK PYCH<sup>3</sup>**

## **Opracowanie dydaktyczne układu sterowania i kontroli parametrów pracy kotła parowego z zastosowaniem sterownika programowalnego**

---

### **Didactic Development of Control System and Monitoring of Steam Boiler Operation Parameters Using a Programmable Controller**

<sup>1</sup> Doktor inżynier, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki, Polska

<sup>2</sup> Doktor inżynier, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki, Polska

<sup>3</sup> Inżynier, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Elektrotechniki, Energetyki, Elektroniki i Automatyki, Polska

#### **Streszczenie**

W artykule podjęto temat opracowania układu sterowania i kontroli parametrów pracy kotła parowego z wykorzystaniem sterownika programowalnego. Podstawowym założeniem projektu była jego przydatność dydaktyczna. Stąd pomysł, by zaprezentować możliwość automatyzacji wspomnianego układu na istniejącym stanowisku laboratoryjnym – z łatwą dostępnością oraz widocznością elementów składowych. Drugim założeniem wstępnym było osiągnięcie możliwie największego poziomu zautomatyzowania projektowanego układu. System został opracowany dla sterownika programowalnego LOGO! firmy Siemens, z wykorzystaniem darmowego oprogramowania LOGO! Soft Comfort, pozwalającego m.in. na łatwą symulację projektowanych układów sterowania, co jest szczególnie istotne w kontekście dydaktycznym.

**Słowa kluczowe:** opracowanie dydaktyczne, sterownik programowalny, kocioł parowy, sterowanie i kontrola parametrów pracy

#### **Abstract**

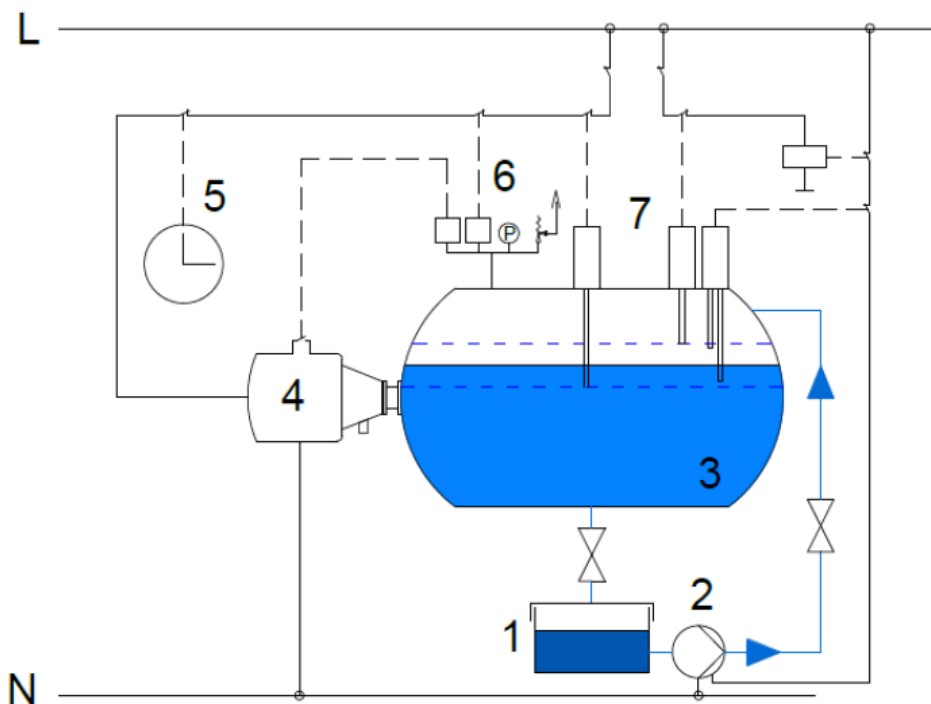
The work deals with the development of control system and monitoring of steam boiler operation parameters using a programmable controller. The basic assumption of the project was its didactic usefulness. Hence the idea to present the possibility of automation of the system on an existing laboratory stand – with easy accessibility and visibility of constituent elements. The second preliminary assumption was to achieve the highest possible level of automation of the designed system. The system has been developed for the LOGO! programmable controller by Sie-

mens, using the free LOGO! Soft Comfort environment, allowing, among other things, for an easy simulation of designed control systems, which is especially important in the didactic context.

**Keywords:** didactic preparation, programmable controller, steam boiler, control and monitoring of work parameters

## Wstęp

W artykule podjęto temat dydaktycznego opracowania układu sterowania i kontroli parametrów pracy kotła parowego z wykorzystaniem sterownika programowalnego. Projekt oparto na dwóch założeniach. Pierwszym było wykorzystanie dydaktycznego stanowiska laboratoryjnego ET 860 produkcji Gunt (ET 860 – Safety Devices on Steam Boilers, rys. 1).



**Rysunek 1. Stanowisko laboratoryjne ET860 Gunt – Safety Devices on Steam Boilers:**  
1 – zbiornik wody zasilającej, 2 – pompa wody zasilającej, 3 – zbiornik z pleksiglasu,  
4 – palnik, 5 – moduł czasowy, 6 – system monitorowania ciśnienia,  
7 – czujniki monitorowania poziomu wody

Źródło: opracowanie własne.

Stanowisko to wyposażone jest w czujniki monitorujące poziom wody oraz ciśnienia i ma ono za zadanie pokazać nie tylko zasadę działania kotła, lecz także zademonstrować układy zabezpieczające kocioł (stanowisko pozwala na symula-

cję piętnastu różnego typu usterek). Bazowanie na opisanym stanowisku laboratoryjnym ma dodatkowy walor dydaktyczny, tj. pozwala zaprezentować możliwość automatyzacji układu sterowania i kontroli parametrów pracy kotła parowego na stanowisku istniejącym i z łatwą dostępnością oraz widocznością elementów składowych. W ten sposób student może zintegrować wiedzę uzyskiwaną na kursach różnych przedmiotów (np. energetyka cieplna i automatyka/elektronika), co ma duże znaczenie z uwagi na to, że niektóre z najważniejszych korzyści edukacyjnych są uzyskiwane poprzez scenariusze symulujące rzeczywiste zadania i warunki przemysłowe (Ostojic, Stankovski, Tarjan, Senk, Jovanovic, 2010).

Drugim założeniem wstępnym było osiągnięcie możliwie największego poziomu zautomatyzowania projektowanego układu. System został opracowany dla sterownika programowalnego LOGO! Firmy Siemens (Nowakowski, 2006). Powodem takiego wyboru jest dostępność darmowego oprogramowania LOGO! Soft Comfort, pozwalającego m.in. na intuicyjną symulację projektowanych za jego pomocą układów sterowania, co jest szczególnie istotne we wspomnianym już kontekście dydaktycznym, jak też ekonomicznym.

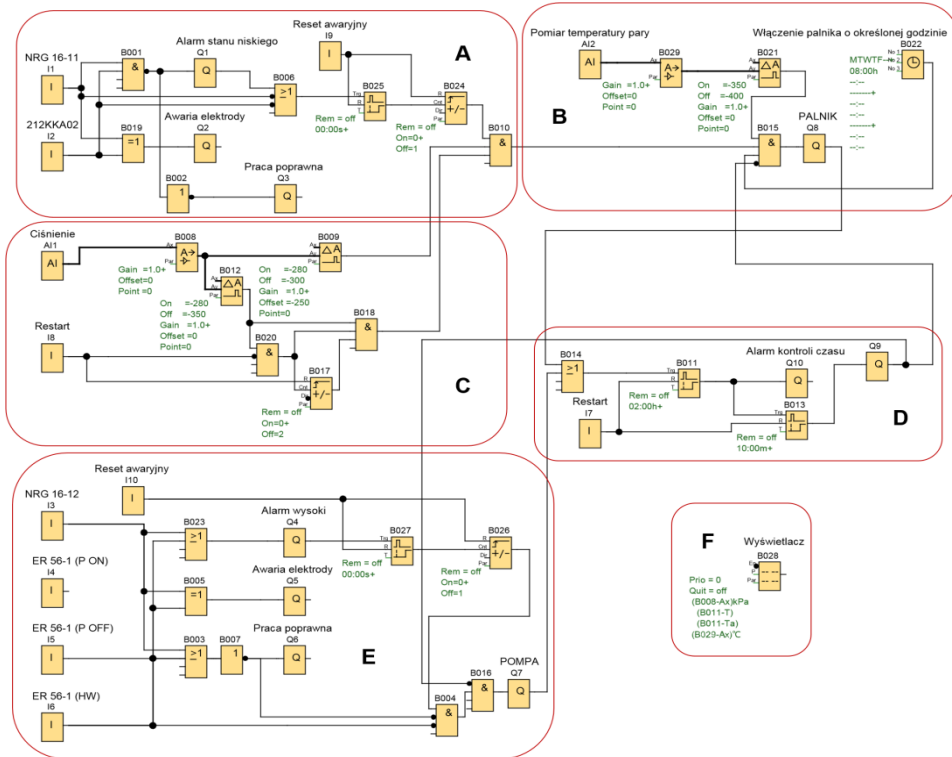
### **Opis projektu**

Zrealizowany układ steruje ciśnieniem pary wodnej w kotle oraz działaniem pompy na podstawie sygnałów pozyskiwanych z elektrod monitorujących poziom wody w zbiorniku oraz kontroli pracy palnika. Ze względów bezpieczeństwa zaimplementowany został też moduł kontroli czasu.

Na rys. 2 pokazano całość zaprojektowanego układu sterowania z zaznaczeniem bloków realizujących kluczowe funkcje (każdy z oznaczonych bloków został bliżej pokazany i opisany w dalszej części pracy).

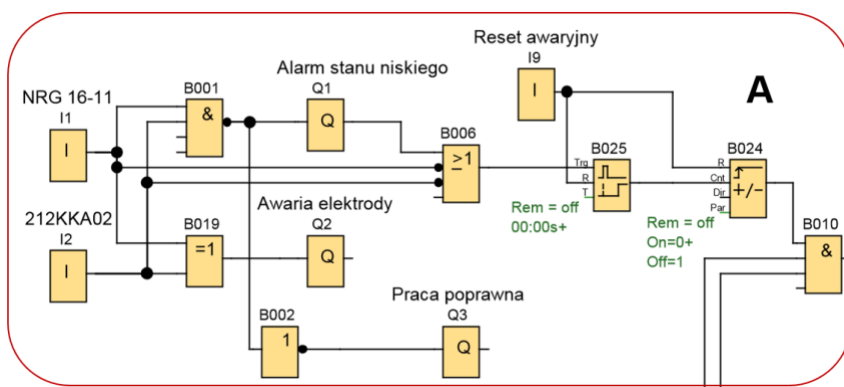
W porównaniu do oryginalnego stanowiska laboratoryjnego zostały wprowadzone dodatkowe układy zabezpieczające, przykładowo przycisk restartu nie jest aktywny, do momentu aż ciśnienie pary nie spadnie poniżej pewnej ustalonej wartości; dodano także wyświetlacz pokazujący wybrane parametry pracy układu. W projekcie wyróżnić można sześć podstawowych modułów, które pełnią następujące funkcje:

A – moduł kontroli stanu niskiego – odwzoruje on działanie ogranicznika poziomu niskiego wody. Źródłem sygnałów wejściowych są elektroda pomiaru poziomu cieczy NRG 16-11 oraz pojemnościowy czujnik poziomu Elobau 212KKA02. Moduł ten odpowiada nie tylko za wyłączenie palnika w przypadku alarmu, ale też sygnalizuje wadliwą pracę elektrod i zapewnia funkcję resetu awaryjnego.



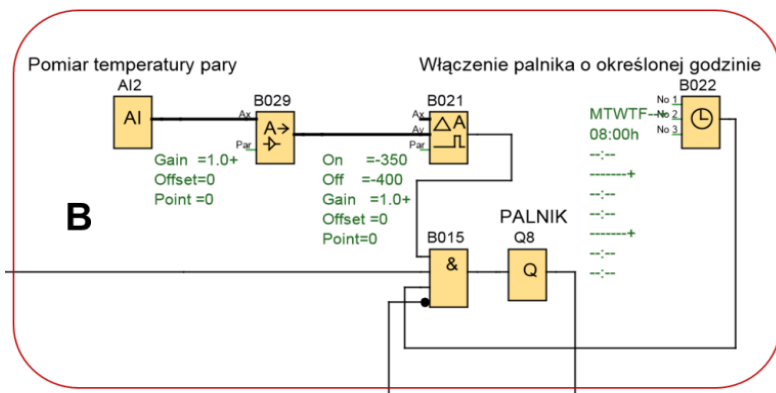
**Rysunek 2. Projekt układu sterowania i kontroli parametrów pracy kotła parowego: A – moduł kontroli stanu niskiego, B – moduł kontroli pracy palnika, C – moduł kontroli wartości i sterowania ciśnieniem, D – moduł kontroli czasu, E – moduł sterowania pracą pompy, F – wyświetlacz**

Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 3. Moduł kontroli stanu niskiego**

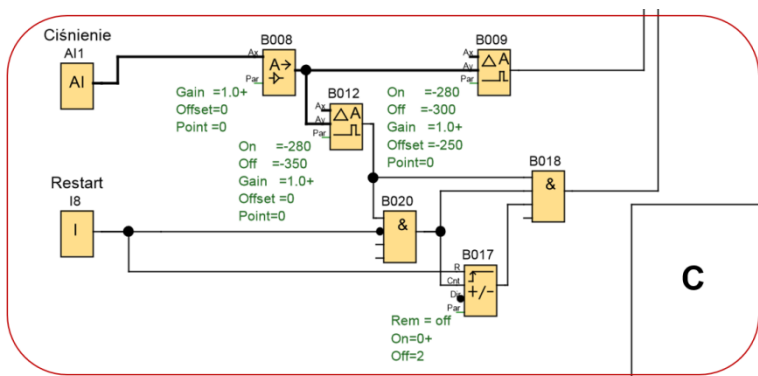
Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 4. Moduł kontroli pracy palnika**

Źródło: opracowanie własne.

B – moduł kontroli pracy palnika – uzależnia działanie palnika od poziomu wody w kotle, ciśnienia i temperatury pary (utrzymywanej w granicach od 350 do 400°C) oraz niewystąpienia stanów alarmowych. Dodatkowo zaimplementowano układ timera pozwalający automatycznie włączyć/wyłączyć palnik o określonych godzinach, oczywiście z uwzględnieniem wszystkich pozostałych warunków.

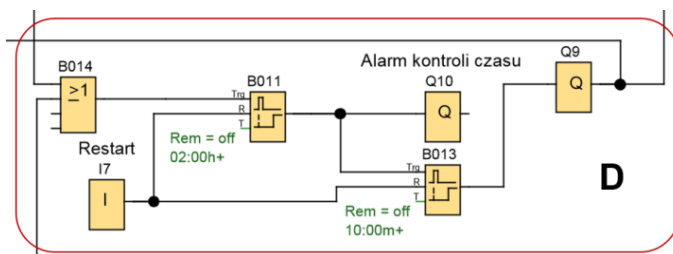


**Rysunek 5. Moduł kontroli wartości i sterowania ciśnieniem**

Źródło: opracowanie własne.

C – moduł kontroli wartości i sterowania ciśnieniem – sterowanie ciśnieniem w kotle możemy uzyskać poprzez kontrolę pracy palnika. W omawianym przykładzie założono, że palnik ma być włączony, gdy nadciśnienie jest w zakresie od 0 kPa do 300 kPa. W momencie osiągnięcia wartości 300 kPa palnik ma się wyłączyć i pozostać w tym stanie do momentu, gdy ciśnienie spadnie do warto-

ści 280 kPa i przy tej wartości ponownie się włączyć, do momentu powrotu do wartości 300 kPa. W odniesieniu do stanowiska laboratoryjnego moduł ten wzbogacono o dodatkowe zabezpieczenie – jeżeli wciśnięty zostanie przycisk restart, ale ciśnienie nie spadnie poniżej 280 kPa, palnik się nie włącza. Ponadto zaimplementowano układ ochrony kotła przed niekontrolowanym wzrostem ciśnienia (jako krytyczną wartość przyjęto 350 kPa). Oczywiście wszystkie zadane wartości można dowolnie zmieniać.

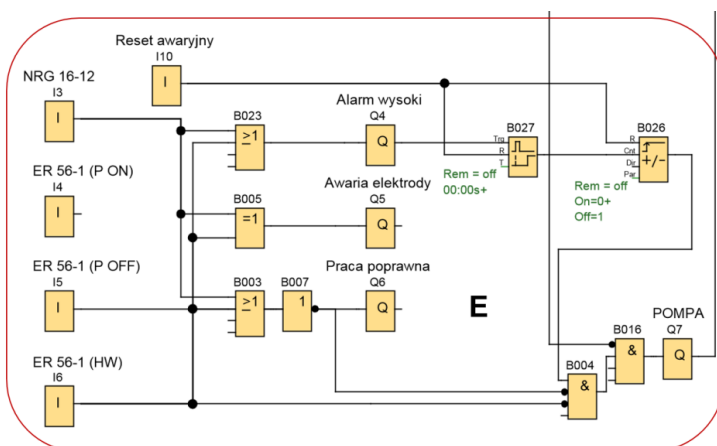


Rysunek 6. Moduł kontroli czasu

Źródło: opracowanie własne.

D – moduł kontroli czasu – jego zadaniem jest włączenie alarmu na 10 minut przed upływem 2 godzin od ostatniego restartu albo pierwszego uruchomienia palnika lub pompy oraz wyłączenie palnika i pompy po upływie tego czasu, o ile nie zostanie aktywowane wejście Restart.

E – moduł sterowania pracą pompy – uzależnia pracę pompy od poziomu wody w zbiorniku. Moduł ten odpowiada też za alarm poziomu wysokiego wody i sygnalizuje awarię elektrod.



Rysunek 7. Moduł sterowania pracą pompy

Źródło: opracowanie własne.

F – wyświetlacz – jego zadaniem jest wyświetlenie wybranych parametrów pracy układu. Dane wyświetlane przez wyświetlacz mogą być dowolnie modyfikowane. Przykładowo, wyświetlacz pokazać może ciśnienie pary wodnej w zbiorniku, czas, po którym włączy się alarm kontroli czasu, czas odmierzony od uruchomienia pompy lub palnika oraz temperaturę pary.

### **Podsumowanie**

Sterowniki programowalne są szeroko wykorzystywane w systemach automatyki w niemal wszystkich gałęziach przemysłu (Kwaśniewski, 2008). W tym kontekście niezwykle istotne wydaje się to, by absolwenci różnych kierunków, nie tylko automatyki i pokrewnych, w ramach swoich kursów mieli okazję zapoznać się z podstawami ich programowania. Każdy z modułów składowych opisanego projektu, dany jako problem do rozwiązania na laboratorium, może stanowić oddzielne wyzwanie dydaktyczne.

### **Literatura**

- Kwaśniewski, J. (2008). *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*. Legionowo: BTC.
- Nowakowski, W. (2006). *LOGO! w praktyce*. Legionowo: BTC.
- Ostojic, G., Stankovski, S., Tarjan, L., Senk, I., Jovanovic, V. (2010). Development and Implementation of Didactic Sets in Mechatronics and Industrial Engineering Courses. *International Journal of Engineering Education*, 26 (1), 2–8.