

BADANIE ZADANIA BEZPIECZNEJ PRACY OBIEKTU NA PRZYKŁADZIE STANOWISKA BADAWCZEGO ZBUDOWANEGO W OPARCIU O ELEMENTY AUTOMATYKI FIRMY JUMO

W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badań właściwości dynamicznych układów regulacji na bazie elementów firmy JUMO. Opisano szczegółowo dwukanałowy, programowy uniwersalny regulator procesowy JUMO DICON touch, ogranicznik temperatury bezpieczeństwa STB wraz z monitorem temperatury bezpieczeństwa STW oraz jednofazowy tyrystorowy sterownik mocy JUMO TYA 201. W artykule zaprezentowano przykład badania laboratoryjnego zadania bezpiecznej temperatury pracy obiektu. Układ laboratoryjny pozwala między innymi zadawać bezpieczne temperatury pracy obiektu, symulować awarie grzałek i obserwować zachowanie się regulatora w czasie pracy.

WSTĘP

Regulator, będący jednym z elementów obwodu regulacji, to urządzenie, którego zadaniem jest sterowanie procesem, tak aby obiekt sterowany zachowywał się w pożądanym sposób [1], [2], [4], [10], [13], [16], [17], [18] oraz [19]. W układach z ujemnym sprzężeniem zwrotnym regulator wyznacza zadaną wartość wielkości sterującej na podstawie uchybu regulacji, czyli różnicy pomiędzy wartością pomiarzoną a wartością zadaną tej wielkości. Sygnał wyjściowy z regulatora podawany jest na urządzenie wykonawcze, takie jak zawór, sinik elektryczny, siłownik hydrauliczny lub pneumatyczny. Urządzenie wykonawcze dokonuje przestawienia punktu pracy obiektu, stosownie do sygnału sterującego po to, aby sygnał wyjściowy pokrywał się z sygnałem zadanym. Czujnik lub element pomiarowy jest urządzeniem, które przetwarza zmienną wyjściową na inną odpowiednią zmienną, taką jak przesunięcie, ciśnienie lub napięcie, które może zostać użyte do porównania wyjścia z wejściowym sygnałem zadanym [3], [12], [20]. Element ten znajduje się w pętli sprzężenia zwrotnego układu regulacji. Zastosowanie regulatorów przemysłowych umożliwia automatyzację wielu procesów technologicznych. Wymaga to jednak sprzężenia regulatora z obiektem regulacji i źródłem wielkości zadanej oraz doboru odpowiednich nastaw regulatora, gwarantujących prawidłową pracę całego układu regulacji [18].

W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badań właściwości dynamicznych elementów i układów regulacji [1], [2], [13], [14], [15], [16], [17], [18] oraz [19]. Stanowisko pozwala zadawać bezpieczne temperatury pracy obiektu, symulować awarie grzałek i obserwować zachowanie się regulatora w czasie faktycznej pracy [21].

Głównym elementem stanowiska jest uniwersalny dwukanałowy regulator procesowy i programowy JUMO DICON touch (Rys. 1.) [7]. Współpracuje on z tyrystorowym sterownikiem mocy TYA201 oraz ogranicznikiem temperatury bezpieczeństwa z monitorem temperatury bezpieczeństwa JUMO STB/STW [8]. Zabudowane pod panelem 3 żarówki spełniają funkcję grzałek, za pomiar temperatury odpowiada czujnik temperatury PT-100 [11].

Stanowisko wyposażone jest także w wentylator pozwalający na szybsze schładzanie układu i router umożliwiający zdalne sterowanie. Układ umożliwia skorzystanie z 3 wejść: Ethernet, Interface

i USB Stick. Całość zabudowana jest w aluminiowej walizce narzędziowej i zasilana przewodem kablowym.



Rys. 1. Widok stanowiska laboratoryjnego do badania właściwości dynamicznych układów sterowania [opracowanie własne]

1. REGULATOR JUMO DICON TOUCH

JUMO DICON touch (Rys. 2.) [7] to dwukanałowy uniwersalny regulator procesowy i programowy, który wyświetla informacje na wyrazistym ekranie. Urządzenie można z łatwością obsługiwać dzięki ekranowi dotykowemu. Obydwa kanały sterujące wykorzystują niezawodny algorytm JUMO i dwie możliwe funkcje optymalizacji. Pozwalają one na prosty i dokładny rozruch. Urządzenie oferuje również sterowanie wielostrefowe, regulację kaskadową i inne kompleksowe zadania regulacyjne. Schemat blokowy ilustruje różne opcje sprzętowe oferowane przez wielomodułową koncepcję sprzętu. Cztery uniwersalne wejścia analogowe i osiem wejść zewnętrznych może rejestrować wiele mierzalnych wartości fizycznych z dużą precyzją. Urządzenia wykonawcze mogą być bezpośrednio kontrolowane przez urządzenie poprzez konfigurację wejść analogowych lub cyfrowych. Mogą one zostać dodatkowo rozszerzone o zewnętrzne wyjścia cyfrowe. Interfejsy takie jak Modbus (typu master/slave), PROFIBUS lub Ethernet z serwerem www mogą być używane do komunikacji z systemami wyższego rzędu. W celu zapewnienia bezpiecznego przebiegu procesu, urządzenie oferuje chronioną hasłem

administrację użytkownika z indywidualnym przydziałem praw na różnych poziomach użytkowania oraz różne możliwości wydawania komend.

Dostępne są maski ekranu dla regulatorów, generatora programów, nagrań oraz dla ekranów poglądowych. Można utworzyć indywidualny ekran procesowy przy pomocy oprogramowania konfiguracyjnego. Korzystając z funkcji rejestracji, stanowiącej kod dodatkowy, ważne cyfrowe lub analogowe wartości procesu mogą być zapisywane i zabezpieczone w celu ich graficznej wizualizacji oraz możliwości bezpiecznej eksportacji poprzez interfejs lub urządzenie USB na komputer. Oprogramowanie konfiguracyjne zapewnia łatwą możliwość programowania regulatora procesowego, opis formuł logicznych i matematycznych oraz możliwość tworzenia linearyzacji według potrzeb klienta. Ponadto, urządzenie zawiera narzędzia do symulacji sygnałów zewnętrznych i ścieżek regulacyjnych. Narzędzia te mogą być również używane do zapisywania danych podczas trwania rozruchu. Kompleksowe funkcje alarmowe i wartości dopuszczalnych oraz administracja sygnałów cyfrowych dopełniają to urządzenie, które stanowi "wszystko w jednym".



Rys. 2. Widok regulatora JUMO DICON touch [7]

Funkcje regulatora JUMO DICON touch:

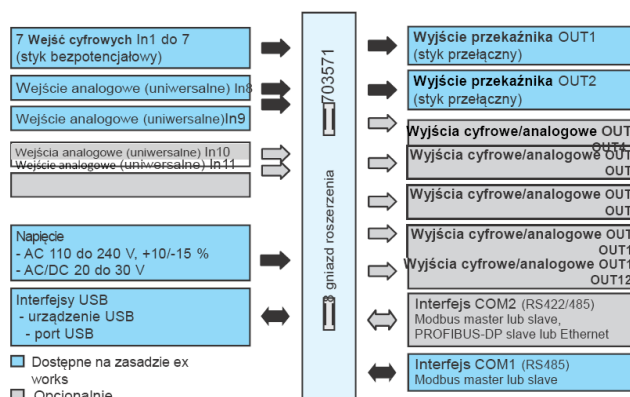
- Pomiar wartości
- Przekształcanie wartości
- Regulacja
- Alarmowanie
- Rejestracja
- Wizualizacja
- Komunikacja

Obsługa i regulacja odbywa się poprzez wyświetlacz 3,5" TFT, ¼ VGA 320 x 240 pixeli 256 kolorów z rezystancyjnym ekranem dotykowym. Umożliwia on 5-cyfrowe wyświetlanie wartości analogowych, przełączanie trybu pracy na ekranie, sygnalizację włączenia zasilania poprzez LED, automatyczne przełączanie między kanałami a także blokadę ekranu za pomocą wejścia binarnego.

Urządzenie posiada IP 66 (z ang. „International Protection Rating”, lub „IngressProtection Rating”) – stopień ochrony zapewnianej poprzez obudowę urządzenia elektrycznego przed:

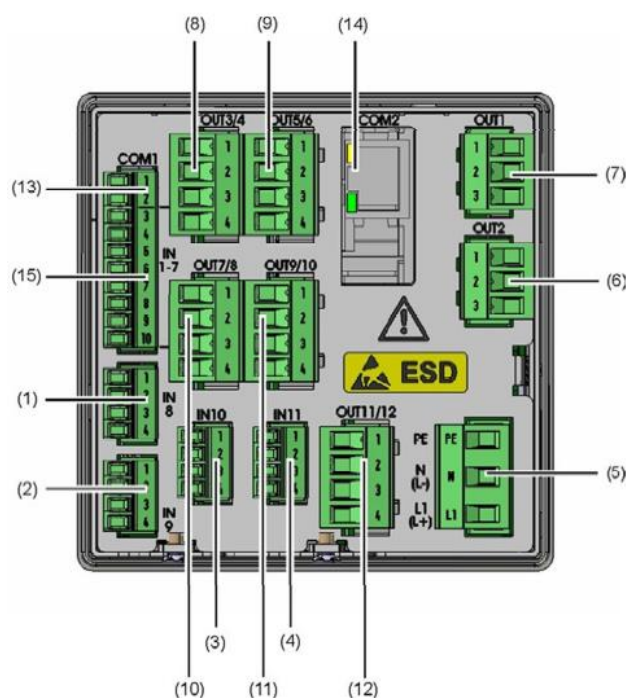
- wnikaniem obcych ciał stałych,
- dostępem do niebezpiecznych części wewnątrz obudowy,
- szkodliwymi skutkami przenikania wody.

Z poziomu obsługi mamy dostęp do obrazu procesowego (animowane tapety z ikonami, wartości procesowe, teksty, liczniki, bargrafy, przyciski), regulatora, przeglądu regulacji, regulacji programowej, rejestracji, listy alarmów i zdarzeń z podaną datą czasem i opisem np.: załączenie/wyłączenie napięcia zasilania, przerwa czujnika, nowa konfiguracja, błąd urządzenia, przekroczenia wartości pomiarowych.



Rys. 3. Schemat blokowy regulatora JUMO DICON touch [7]

Cztery uniwersalne wejścia analogowe (Rys. 3. oraz Rys. 4.) pozwalają na podłączenie czujników rezystancyjnych, termopar oraz sygnałów standardowych automatyki procesowej.

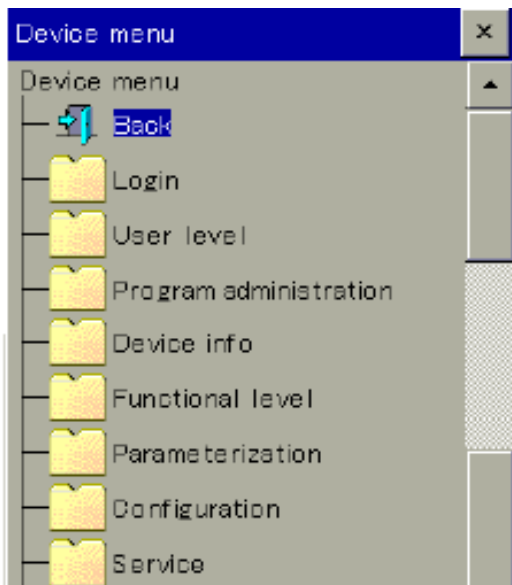


Rys. 4. Elementy połączeniowe regulatora JUMO DICON touch: (1) Wejście analogowe IN8; (2) Wejście analogowe IN9; (3) Gniazdo rozszerzenia dla wejścia analogowego IN10; (4) Gniazdo rozszerzenia dla wejścia analogowego IN11; (5) Napięcie: AC 240 V od +10 do -15 %, 48 do 63 Hz, maks. 38.1 VA AC/DC 20 do 30 V, 48 do 63 Hz, maks. 21.9 VA / 11.5 W; (6) Wyjście przyłączeniowe OUT2; (7) Wyjście przyłączeniowe OUT1; (8) Gniazdo rozszerzenia dla wyjść OUT3/4; (9) Gniazdo rozszerzenia dla wyjść OUT5/6; (10) Gniazdo rozszerzenia dla wyjść OUT7/8; (11) Gniazdo rozszerzenia dla wyjść OUT9/10; (12) Gniazdo rozszerzenia dla wyjść OUT11/12; (13) Interfejs COM1 RS485; (14) Gniazdo rozszerzenia dla interfejsu COM2; (15) Wejścia cyfrowe IN1 do 7 [7]

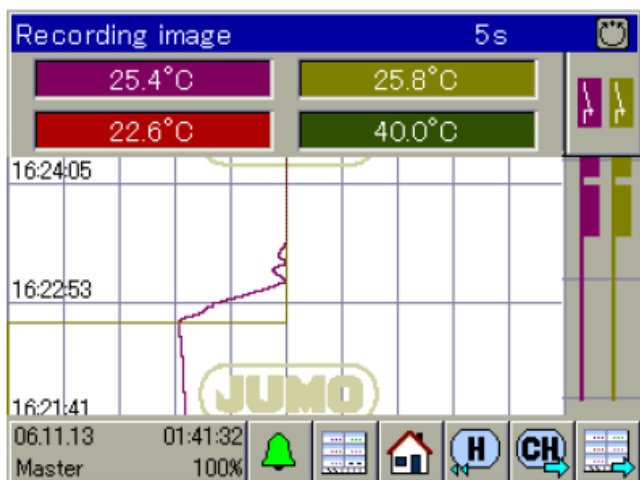
Maksymalnie 8 wejść zewnętrznych wraz z wejściami uniwersalnymi pozwala na pomiar różnych wielkości fizycznych z dużą dokładnością. Regulator może być zasilany napięciem zarówno zmiennym AC/DC od 20-30V jak i stałym AC od 110-240V. Wysterowanie urządzeń wykonawczych następuje bezpośrednio z regulatora przy wykorzystaniu różnych wariantów konfiguracji wyjść w postaci analogowej lub binarnej. Wyjścia binarne mogą być rozbudowywane przy zastosowaniu modułów zewnętrznych. W celu komunikacji z systemami

nadrzędnymi wykorzystywane są różne interfejsy komunikacyjne, w tym Modbus (Master/Slave), Profibus-DP lub Ethernet z serwerem internetowym typu Webserver.

Wszystkie funkcje w menu urządzenia (Rys. 5.), takie jak np.: logowanie, logowanie użytkownika, administracja programu, poziom funkcjonalny, parametryzacja, konfiguracja itp. są dostępne z ekranu dotykowego. Komfortowe i dobrze skonstruowane oprogramowanie konfiguracyjne zapewnia możliwość prostej konfiguracji regulatora. Pozwala również na tworzenie reguł matematyczno-logicznych i linearyzacji. Oprogramowanie to zawiera również narzędzia do symulacji zewnętrznych sygnałów i układów regulacji oraz ich zapisu na czas uruchomień.

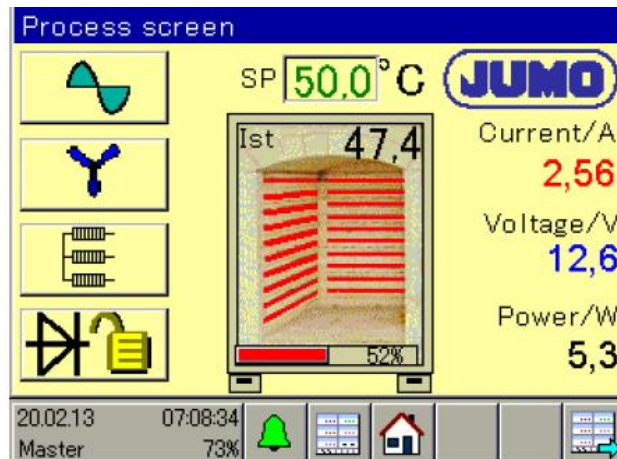


Rys. 5. Wygląd menu regulatora JUMO DICON touch [21]



Rys. 6. Wygląd rejestrowanego obrazu przez regulator JUMO DICON touch [22]

Urządzenie wyświetla (Rys. 6.) do czterech analogowych i trzech cyfrowych kanałów, jak np.: rejestrator linii. Pozwala również wyświetlić dane historyczne z poprzednich zapisów.



Rys. 7. Ekran procesu regulacji JUMO DICON touch [22]

Ekran ten może być dowolnie konfigurowany (Rys. 7.), jako że domyślnie jest pusty. Użytkownik może w prosty sposób tworzyć własne indywidualne obrazy procesowe przy użyciu oprogramowania konfiguracyjnego, które może być zanimizowane wartościami procesowymi urządzenia. Do zmiany grafiki wymagany jest program setup.

2. OGRANICZNIK TEMPERATURY BEZPIECZEŃSTWA Z MONITOREM TEMPERATURY BEZPIECZEŃSTWA JUMO STB/STW

Ogranicznik temperatury bezpieczeństwa (STB) oraz monitor temperatury bezpieczeństwa (STW) [8] są urządzeniami wykorzystywanymi w celu wczesnego wykrywania i zapobiegania zagrożeniom związanym z procesami termicznymi (Rys. 8.). Zadaniem urządzenia jest kontrola procesu oraz przełączenie systemu w tryb bezpiecznej pracy w przypadku wystąpienia awarii.

Jako sygnał wejściowy istnieje możliwość podłączenia szerokiej gamy czujników temperatury oraz sygnałów standardowych. Przekroczenie zadanych wartości granicznych jest sygnalizowane przez czerwone diody LED K1 oraz K2 dla każdego kanału, a wbudowane alarmowe wyjście przekaźnikowe pozwala na przełączenie systemu w tryb pracy bezpiecznej (zakres alarmu).

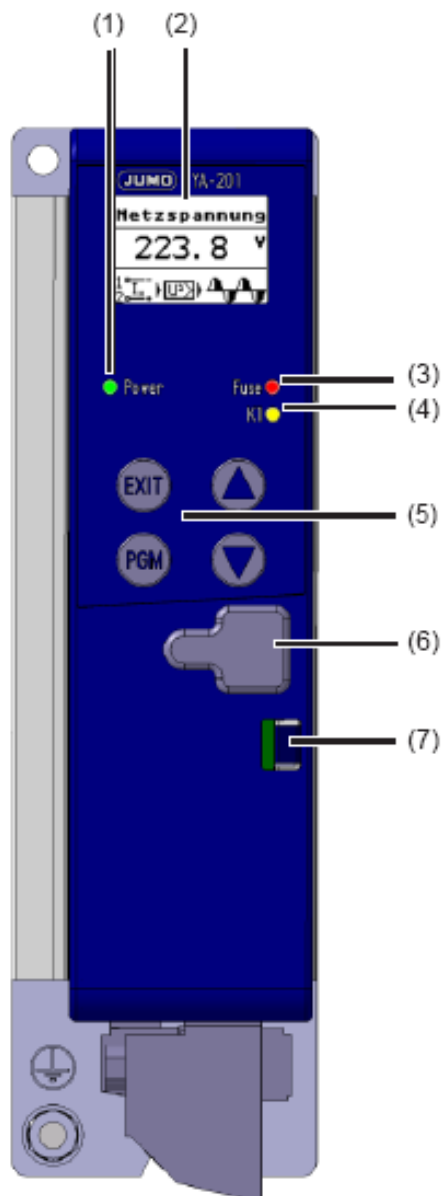


Rys. 8. Widok zabezpieczeniowego ogranicznika z monitorem temperatury JUMO STB/STW [8]

UMO STB/STW spełnia wysokie standardy według norm DIN EN 61508 oraz DIN ISO 13849. Posiada strukturę dwukanałowa z kanałem diagnostycznym - 1oo2D. Urządzenie może być również wykorzystywane w aplikacjach spełniających nową dyrektywę maszynową 2006/42/EC.

3. TYRYSTOROWY STEROWNIK MOCY TYA201

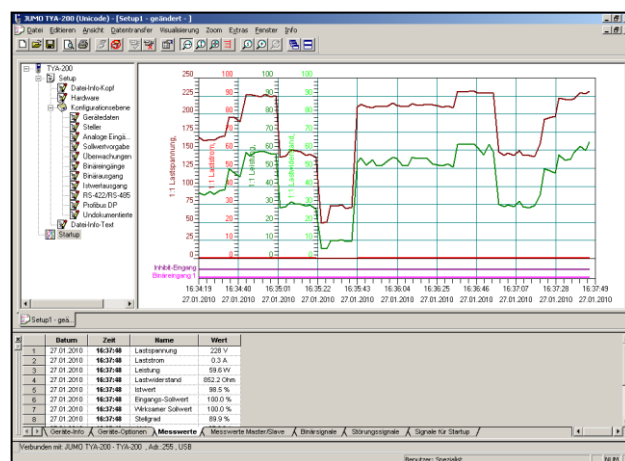
Sterownik JUMO TYA 201 [9] jest konsekwencją ciągłego rozwoju technologii sterowników mocy JUMO (rys. 9.).



Rys. 9. Wyświetlacz i elementy obsługi jednofazowego tyrystorowego sterownika mocy JUMO TYA 201: (1) LED Power (zielona) świeci się ciągle przy podłączonym zasilaniu, miga periodycznie przy wyłączonym podświetleniu ekranu, (2) Wyświetlacz (96 x 64 pikseli) z białym podświetleniem tła Wiersz komunikatów u dołu wskazuje aktualne ustawienia i komunikaty błędów, (3) LED Fuse (czerwona) świeci się przy uszkodzeniu zabezpieczenia półprzewodnikowego, (4) LED K1 (żółta) wyjście sygnału zakłócenia, (5) Przyciski: zwiększenie wartości / poprzedni parametr, zmniejszenie wartości / następny parametr, wyjście / jeden poziom do tyłu, programowanie / poziom głębiej, (6) Interfejs konfiguracyjny USB-Setup, (7) Sprężyna zatrzaskowa do zdejmowania obudowy z tworzywa [9]

Tyrystorowe sterowniki mocy mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie występuje konieczność łączenia dużych prądów obciążenia o charakterze rezystancyjno-indukcyjnym, np. w piecach przemysłowych lub w przemyśle tworzyw sztucznych. Sterownik tyrystorowy jest zbudowany z dwóch włączonych antyrównolegle tyrystorów, izolowanego radiatora i układów elektroniki sterującej. Sterowniki tyrystorowe o obciążalności prądowej do 100 A mogą być mocowane na płycie montażowej lub na szynie DIN. Sterowniki tyrystorowe o obciążalności prądowej powyżej 100 A mogą być mocowane wyłącznie na płycie montażowej. W zależności od konfiguracji wykonanej za pomocą programu Jumo Setup sterowniki tyrystorowe pracują w trybie regulacji kąta fazowego z ograniczeniem prądowym lub w trybie regulacji grupami impulsów. W trybie pracy z regulacją grupowo-impulsową kąt fazowy pierwszej połówki sinusoidy może być przesunięty w celu przystosowania do pracy w układach transformatorowych.

W czasie regulacji wahania napięcia sieciowego nie mają wpływu na regulowany układ. Jako algorytmy regulacji stosowane są algorytmy z priorytetem U, U2, I, I2 lub P. Istnieje także możliwość zdefiniowania wartości obciążenia podstawowego. Przy pracy w trybie regulacji kąta fazowego wymagana wartość kąta fazowego przy starcie (przy 180°) osiągana jest stopniowo, w celu uniknięcia wystąpienia dużych prądów rozruchowych (softstart). Tyrystorowe sterowniki mocy spełniają wymagania przepisów VDE 0160 5.5.1.3 (5/88) i VDE 0106 Teil 100 (3/83). Natomiast uziemienia powinny być wykonywane zgodnie z wymogami lokalnych dostawców energii elektrycznej.



Rys. 10. Oprogramowanie jednofazowego tyrystorowego sterownika mocy JUMO TYA 201 [22]

Przy pomocy klawiatury lub programu Setup możliwy jest wybór trybu pracy ze zmianą kąta fazowego i ustalalnym ograniczeniem prądowym, trybu pracy ze sterowaniem grupą impulsów lubysterowaniem półfalowym (wysterowanie dodatknych połówek sinusoidy). W trybie sterowania impulsowego grupowego kąt fazowy pierwszej połówki może być przycięty w celu umożliwienia wysterowania obciążeń transformatorowych. W przypadku trybu pracy z wysterowaniem fazowym kąt fazowy jest wolno zmniejszany ze 180 stopni do wartości ustalonej w regulatorze w celu uniknięcia dużych prądów rozruchowych (Softstart). Istnieje możliwość wprowadzenia wielkości obciążenia podstawowego lub wprowadzenia ograniczenia prądowego, lub ograniczenia wartości rezystancji obciążenia, zależnie od typu urządzenia.

Właściwości tyrystorowego sterownika mocy TY A201:

- prosta konfiguracja urządzenia, wyświetlacz z tekstem jawnym;
- program Jumo Setup do konfiguracji sterownika TYA 201 przez interfejs USB;

- transfer danych konfiguracyjnych do urządzenia możliwy bez podłączenia zasilania (zasilanie przez port USB);
- optymalizacja obciążenia sieci zrealizowana przez dualne zarządzanie energią;
- interfejs RS-422/485 lub Profibus DP;
- praca z regulacją kąta fazowego, grupowo-impulsowa, z wystrojeniem połówek sinusoidy;
- funkcja softstartu z ograniczeniem wartości prądu;
- monitoring wartości rezystancji w przypadku elementów grzejnych wykonanych z krzemku molibdenu MoSi₂;
- funkcja samouczenia „Teach-In” do wykrywania spadków mocy;
- zintegrowany system diagnostyczny, np. obecności pola wirowego.

Zastosowanie tyrystorowego sterownika mocy pozwala na krótki czas uruchomienia, zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych, regulację mocy dla wszystkich rodzajów obciążeń, precyzyjną diagnozę urządzenia i przegląd zużycia energii.

4. BADANIE LABORATORYJNE ZADANIA BEZPIECZNEJ TEMPERATURY PRACY OBIEKTU

W stanie początkowym obiekt nie pracuje (Rys. 11. oraz Rys. 12.); ma temperaturę otoczenia ok. 23°C, parametry pracy: prąd/A, napięcie/V i moc/W równe 0. Możemy to zaobserwować zarówno w oknie procesowym jak i w rejestrach graficznych. Grzałki są wyłączone.

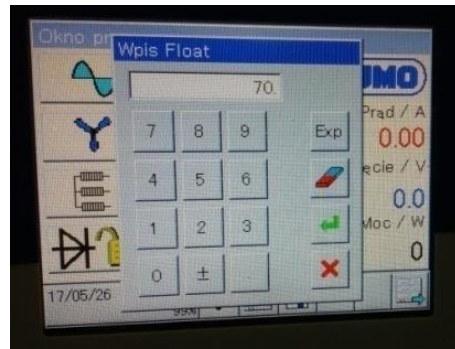


Rys. 11. Okno procesowe parametry początkowe [opracowanie własne]



Rys. 12. Rejestry graficzne początkowe [opracowanie własne]

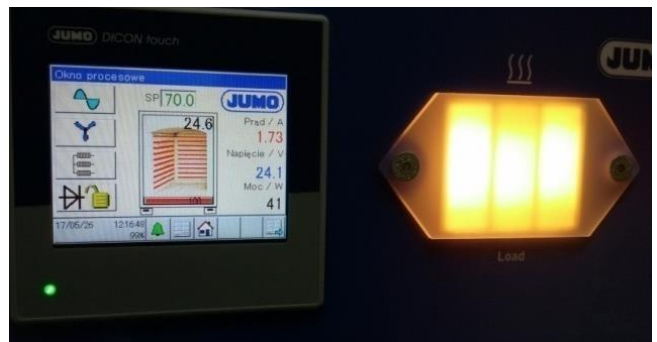
Po wyborze na panelu regulatora okna wpisu wartości zadanej nastawiamy temperaturę pracy grzałek na 70°C (Rys. 13.). Będzie to w tym przypadku temperatura docelowa, do której dążyć powinien regulator.



Rys. 13. Okno wpisu z wartością zadaną [opracowanie własne]

Po zatwierdzeniu nastawy uruchomiamy układ regulacji. Zegar procesowy wskazuje nam godzinę startu procesu: 12:16:48.

W początkowej fazie nagrzewania na regulatorze JUMO DICON touch (Rys. 14. oraz Rys. 15.) zauważamy pełne 100% obciążenie grzałek, wartość pobieranego prądu - 1,73A, napięcie - wynosi 24,1V a moc - 41W. Widzimy też wzrost temperatury na 24,6°C. Wszystkie 3 grzałki pracują pełną mocą.



Rys. 14. Wartości w 1-ej fazie grzania [opracowanie własne]



Rys. 15. Wzrost wartości temperatury w 1-ej fazie grzania [opracowanie własne]

Na ekranie regulatora istnieje możliwość obserwacji wartości bieżących, wskaźników, wartości zadanej i procentowego obciążenia grzałek.

Wraz z upływem czasu (12:17:49), czyli po około 1 minucie od startu procesu i wzrostem temperatury (54,7°C) zauważamy redukcję mocy grzałek do 82% (spadek do 38W) co spowodowane jest dostrajaniem regulatora PID.

Wiąże się to ze spadkiem poboru prądu (1,66A) i napięcia (23V).



Rys. 16. Okno procesowe - środkowa faza grzania [opracowanie własne]

W środkowej fazie grzania (Rys. 16.) obserwujemy działanie regulatora polegające na rozsądnym gospodarowaniu mocą, napięciem i prądem. Dobra on poszczególne wartości w stopniu pozwalającym na dokładne prowadzenie procesu.

Procesy te możemy również zobaczyć na graficznej rejestracji dostępnej w menu regulatora JUMO DICON touch (Rys. 17.).



Rys. 17. Rejestry graficzne – środkowa faza grzania [opracowanie własne]

Im bliżej osiągnięcia wartości zadanej w oknie ekranu regulatora JUMO DICON touch widzimy coraz mniejsze % zapotrzebowanie mocy niezbędne do osiągnięcia żądanej temperatury. Po około 2 minutach o startu operacji (Rys. 18.) osiągamy już temperaturę 68,5°C (bardzo blisko docelowej), regulator redukuje moc (15W) i prąd (1,10A) a co za tym idzie spadek napięcia (13,8V). Pozwala to na łagodne osiągnięcie zaplanowanej temperatury w końcowym etapie wygrzewania. Obserwujemy także widoczny spadek intensywności świecenia grzałek.



Rys. 18. Okno procesowe – końcowa faza grzania [opracowanie własne]

Po osiągnięciu nastawy 70°C (Rys. 19.) regulator PID utrzymuje temperaturę dobierając optymalne parametry pracy: 22% mocy początkowej (11W), natężenie prądu 0,95A i napięcie 11,6V. Grzałki wyraźnie tylko się żarzą (Rys. 5.9):



Rys. 19. Okno procesowe po osiągnięciu żądanej temperatury [opracowanie własne]

Historię całej operacji (Rys. 20.) można prześledzić w oknie rejestracji. Widzimy na niej wartości początkowe, wzrost w 1-jej fazie wygrzewania, powolne wyhamowanie i końcowe ustabilizowanie parametrów pracy.



Rys. 20. Rejestr historii wygrzewania [opracowanie własne]

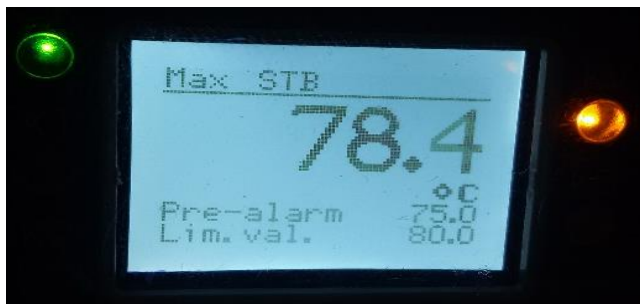
Ochronę przed przegrzaniem, możliwe w przypadku błędnej nastawy przez operatora, zapewnia nam zabezpieczeniowy monitor temperatury z zabezpieczeniowym ogranicznikiem temperatury STB/STW widoczny na Rys:



Rys. 21. Zabezpieczeniowy monitor temperatury z zabezpieczeniowym ogranicznikiem temperatury STB/STW [opracowanie własne]

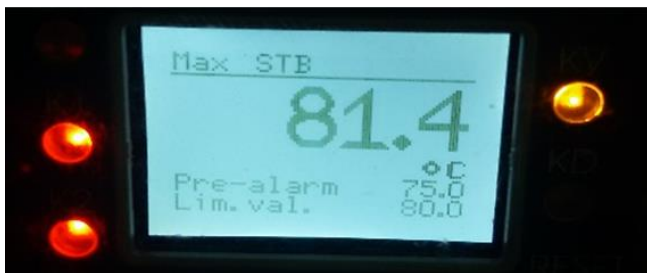
W czasie normalnej pracy (Rys. 21.) widać wskazanie wartości mierzonej - 70,3°C oraz alarmowe i blokadowe nastawy zabezpieczające - 75°C i 80°C. Układ pracuje prawidłowo i nie generuje żadnych zakłóceń.

Rys. 22. obrazuje sytuację alarmową z osiągniętą temperaturą i wygenerowanym alarmem sygnalizowanym świecąca się na pomarańczowo dioda:



Rys. 22. Sygnalizacja wartości alarmowej [opracowanie własne]

W przypadku przekroczenia zabezpieczeniowej nastawy 80°C, po którym następuje zapalenie kolejnych czerwonych diod sygnalizujących, zabezpieczeniowy ogranicznik temperatury STB wyłącza układ (Rys. 23.). Zresetowanie blokady możliwe tylko poprzez światło, ręczne działanie operatora:



Rys. 23. Sygnalizacja zadziałania blokady [opracowanie własne]

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badań właściwości dynamicznych elementów i układów regulacji. Stanowisko to pozwala na zadawanie bezpiecznych temperatur pracy obiektu, symulowanie awarii grzałek oraz obserwację rzeczywistej pracy regulatora.

Stanowisko wykonane zostało z godnie z przyjętymi założeniami oraz spełnia postawione zadania i funkcje. Budując stanowisko laboratoryjne wykonano poręczną i funkcjonalną obudowę zapewniającą bezpieczne przechowywanie i przenoszenie a w czasie pracy efektywne i ergonomiczne wykonanie planowanych zadań. Przyjęte rozwiązanie jest zgodne z wymogami bezpieczeństwa. Konstrukcja zapewnia modułowość, łatwe uruchomienie, serwis, ewentualną rozbudowę układu oraz bezproblemową wymianę w przypadku awarii. Stanowisko zapewnia możliwość połączenia układu ze standardowymi urządzeniami peryferyjnymi pozwalającymi na zdalne sterowanie typu komputer, laptop, tablet czy najnowsze telefony. Konstrukcja umożliwia ewentualną rozbudowę układu.

Stanowisko laboratoryjne można uruchomić na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, w dowolnym laboratorium, o profilu elektrotechnicznym. Studenci, pracując na w/w stanowisku, mogliby weryfikować i poszerzać zdobytą wiedzę z zakresu: układów automatycznej regulacji; zaawansowanych systemów sterowania i wizualizacji; montażu i uruchomienia nowo zaprojektowanych układów; umiejętności obsługi najnowszych produktów różnych światowych producentów oraz wykonywania analiz wpływu zakłóceń na przebieg procesów sterowania.

Autorzy artykułu oświadczają, że używając w pracy znaku towarowego: JUMO (firma: JUMO), zrobili to z myślą tylko o tej publikacji i z taką intencją, aby było to z korzyścią dla właściciela znaku, bez zamiaru naruszania znaku towarowego.

BIBLIOGRAFIA

1. Amborski K., Jaworska I., Kietliński Z., Kocięcki M., Żydanowicz W., *Laboratorium teorii sterowania. Część 1*, ISBN 978-83-7207-678-6, Wyd. IV, stron 202, OWPW, Warszawa 2007.
2. Amborski K., Żydanowicz W., *Laboratorium teorii sterowania. Część II*, ISBN 83-7207-598-0, Wyd. IV, stron 94, OWPW, Warszawa 2006.
3. Barzykowski J. i inni, *Współczesna metrologia. Zagadnienia Wybrane*, WNT, Wyd. I, stron 574, ISBN 978-83-204-3353-1, Warszawa 2007.
4. Brzózka J., *Regulatory i układy automatyki*, Wydawnictwo MIKOM, ISBN 83-7279-380-8, Warszawa 2004.
5. Chwaleba A., Luft M., *Właściwości i projektowanie wybranych przetworników mechano-elektrycznych*, Zakład Poligraficzny Politechniki Radomskiej, Wyd. II popr. i uzup., ISBN 83-88001-00-0, Radom 1998.
6. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., *Metrologia elektryczna*. WNT, Wyd. X, stron 600, ISBN 978-83-204-3650-1, Warszawa 2010.
7. *Dokumentacja techniczna: Regulator JUMO DICON touch*, JUMO, Polska, Wrocław 2014.
8. *Dokumentacja techniczna: Ogranicznik temperatury bezpieczeństwa z monitorem temperatury bezpieczeństwa JUMO STB/STW*, JUMO, Polska, Wrocław 2011.
9. *Dokumentacja techniczna: Tyrystorowy sterownik mocy TYA 201*, JUMO, Wrocław 2012.
10. Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R.: *Podstawy teorii sterowania*. WNT, Wyd. III, stron 498, ISBN 978-83-204-3556-6, Warszawa 2009.
11. *Karta katalogowa: Ogranicznik temperatury bezpieczeństwa z monitorem temperatury bezpieczeństwa JUMO STB/STW*, JUMO, Polska, Wrocław 2012.
12. Lesiak P., *Inteligentna technika pomiarowa*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, stron 375, ISBN 83-88001-68-X, Radom 2001.
13. Luft M., Chameła W., Pietruszczak D., *Examination of automatic elements and systems utilising Lucas-Nülle's modules*, Logistyka nr 6/2009.
14. Luft M., Krzysztozek K., Podsiadły D., *Zadania projektowe z teorii sterowania. Część I – Układy liniowe*, Wydawnictwa Politechniki Radomskiej, Wydanie II popr., stron 110, ISBN 83-7331-068-0, Radom 2006.
15. Luft M., Krzysztozek K., Podsiadły D., Pietruszczak D., *Zadania projektowe z teorii sterowania. Część 2 – Układy wielowymiarowe, liniowe układy impulsowe, nieliniowe układy sterowania*, Wydanie II poprawione, stron 230, ISBN 978-83-7351-480-5, Zakład Poligraficzny UTH w Radomiu, Radom 2012.
16. Luft M., Łukasik Z., *Laboratorium Automatyki*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2007, Wydanie V pop., ISBN 978-83-7351-272-6, Radom 2007.
17. Luft M., Łukasik Z., *Podstawy Teorii Sterowania*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej 2007, Wydanie IV pop. i uzup., stron 560, ISBN 83-7351-232-2, Radom 2007.
18. Luft M., Łukasik Z., Krzysztozek K., Pietruszczak D., Podsiadły D., *Laboratorium Automatyki i Mechatroniki*, stron 327, Wydawnictwo UTH w Radomiu, Wydanie popr. ISBN 978-83-7351-811-7, Radom 2016.
19. Mazurek J., Vogt H., Żydanowicz W., *Podstawy automatyki*, OWPW, ISBN 83-7207-311-2, Wyd. VII, stron 316, Warszawa 2006.

20. Ratyńska J., *Zarys miernictwa elektrycznego i elektronicznego*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Wyd. III popr. i uzup., stron 322, ISBN 978-83-7351-331-0, Radom 2009.
21. Wojdaszka T., *Wykonanie i uruchomienie stanowiska laboratoryjnego do badań właściwości dynamicznych elementów i układów regulacji*, Praca dyplomowa magisterska, Wydział Transportu i Elektrotechniki UTH w Radomiu, Radom 2017, (Promotor: dr inż. Daniel Pietruszczak; Recenzent: dr hab. inż. Marcin Chrzan, prof. UTH)
22. www.jumo.pl (dostęp: 25.07.2017)

Investigation of safe operation of the object on the example of a test stand built on the basis of JUMO automation elements

The paper presents a laboratory station for testing dynamic properties of control systems based on JUMO components. Properties of the two-channel process and Program controller, STB/STW safety temperature limiter/monitor and JUMO TYA 201 single-phase thyristor power controller are

described. The paper depicts an example of laboratory testing of the task of safe working temperature of an object. The laboratory system allows to set safe working temperatures, simulate heater failures, and observe the behavior of the regulator during actual operation.

Autorzy:

dr hab. inż. Marcin Chrzan, prof. UTH – Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, e-mail: m.chrzan@uthrad.pl

dr inż. Daniel Pietruszczak – Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, e-mail: d.pietruszczak@uthrad.pl

mgr inż. Tomasz Wojdaszka – Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, e-mail: to74mek@op.pl – absolwent Wydziału Transportu i Elektrotechniki UTH w Radomiu (2017 r.), nr albumu: 104684