

ZASTOSOWANIE CZUJNIKÓW W UKŁADACH ELEKTROPNEUMATYCZNYCH

W układach sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego skuteczne działanie uzależnione jest od możliwości użycia czujników i ich poprawnego działania. Powszechnie znalazły zastosowanie czujniki działające bezdotykowo.

Artykuł przedstawia opis stanowiska laboratoryjnego firmy FESTO DIDACTIC, składającego się ze stołu montażowego, zestawu elementów wykonawczych (siłowników), zaworów elektropneumatycznych, komponentów zbliżeniowych oraz oprogramowania FluidSim-P.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE I RODZAJE CZUJNIKÓW

1.1. Czujniki indukcyjne

Źródłem zmiennego pola magnetycznego w czujnikach indukcyjnych jest cewka indukcyjna. Jeżeli prąd przepływający przez cewkę zmienia się w czasie, to strumień magnetyczny w cewce też jest zmienny. W elektrycznych układach rezonansowych LC całkowita energia jest zgromadzona w postaci energii pola magnetycznego cewki indukcyjnej i energii pola elektrycznego naładowanego kondensatora. W każdej chwili suma tych energii jest taka sama. W początkowej fazie cała energia zmagazynowana jest na okładkach naładowanego kondensatora. Po zamknięciu obwodu kondensator zaczyna się rozładowywać, a w obwodzie rozpocznie płynąć prąd i cała energia kondensatora zostaje zmagazynowana w cewce.

Część aktywną czujnika indukcyjnego stanowi cewka nawinięta na ferrytowym rdzeniu kubkowym, wytwarzająca zmienne pole magnetyczne. Zadaniem rdzenia kubkowego, o otwartym obwodzie magnetycznym, jest wzmocnienie strumienia magnetycznego cewki oraz skierowanie go w kierunku strefy pomiarowej czujnika.

Układ elektroniczny czujnika określa odległość przedmiotu od cewki, na podstawie stopnia tłumienia amplitudy i generuje sygnał wyjściowy. Najczęściej jest to sygnał dwustanowy: obiekt jest w zasięgu czujnika lub go nie ma. Może też być to sygnał analogowy, wówczas jest on odwrotnie proporcjonalny do odległości przedmiotu.

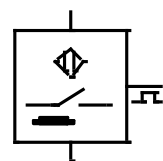
Generatory LC w czujnikach indukcyjnych wytwarzające zmienne pole magnetyczne, są generatorami wysokiej częstotliwości (HF) o typowych zakresach 100kHz – 1 MHz. Ze wzrostem średnicy cewki maleje maksymalna częstotliwość pracy czujnika. Zasięg działania typowych czujników indukcyjnych nie przekracza 60mm. Czujniki mają zróżnicowane obudowy zarówno cylindryczne metalowe, jak i prostopadłościennie wykonane z tworzywa sztucznego. Umożliwia to optymalne zamocowanie czujników w miejscach pomiaru. W czujnikach z wyjściami dwu stanowymi identyfikowane są tylko stany wykrycia przedmiotu lub jego nie wykrycia. Indukcyjne czujniki z wyjściem analogowym rejestrują natomiast położenie przedmiotu w całym zakresie pomiarowym czujnika. Zmianie położenia przedmiotu z odległości równej S_n do zera, odpowiada zmiana sygnału wyjściowego od 0 do 20 mA. Indukcyjne czujniki analogowe składają się z głowicy z cewką, generatora, układu linearyzacji oraz układu wyjściowego o zakresie 0-20mA.



Rys.1 Czujnik zbliżeniowy indukcyjny (FESTO DIDACTIC)

Wyjścia czujników zasilanych prądem stałym wykonywane są w konfiguracji NPN lub PNP. Dla konfiguracji NPN oznacza to, że obciążenie włączane jest pomiędzy wyjściem czujnika a plus (+) zasilania, a dla PNP pomiędzy wyjściem a minus (-) zasilania. Czujniki zasilane prądem stałym w konfiguracji PNP i NPN wykonane z funkcją wyjściową NO (normalnie otwarty) włączają. Czujniki z funkcją NC (normalnie zamknięty) wyłączają prąd w obciążeniu dołączonym do wyjścia czujnika.

Indukcyjny czujnik zbliżeniowy składa się z elektronicznego układu rezonansowego, przerzutnika oraz wzmacniacza. Po podaniu napięcia na czujnik, obwód rezonansowy wytwarza wysokie zmienne pole magnetyczne, które emitowane jest przez powierzchnię czynną czujnika.



Rys.2 Symbol indukcyjnego czujnika zbliżeniowego

Za pomocą tych czujników można wykryć wszystkie materiały, będące dobrymi przewodnikami.

1.2. Pojemnościowy czujnik zbliżeniowy

Czujniki pojemnościowe mogą oprócz obiektów metalowych wykrywać, też obiekty nieprzewodzące np. tworzywa sztuczne. Czujnik pojemnościowy jest także w stanie reagować na obiekty znajdujące się za nieprzewodzącą warstwą, co czyni go klasycznym czujnikiem do wykrywania obecności płynów czy granulatu poprzez ścianki pojemnika. Są one używane zazwyczaj jako czujniki zbliżeniowe, choć mogą generować również sygnał proporcjonalny do

odległości przedmiotu od czoła czujnika. Czujnik pojemnościowy wykryje: stal, miedź, gumę, ebonit, wodę.

Głównymi składnikami czujnika pojemnościowego są: głowica z elektrodami, potencjometr, oscylator, układ detekcji i układ wyjściowy. Aktywnymi elementami czujnika pojemnościowego są dwie metalowe elektrody, tworzące kondensator otwarty. Gdy obiekt zbliży się do czujnika to jego pojemność zmienia się. Całkowita pojemność kondensatora, od której zależy poziom sygnału wyjściowego, jest sumą podstawowej pojemności czujnika i zmiany pojemności, spowodowanej działaniem obiektu wykrywanego. Zakres działania czujników pojemnościowych jest stosunkowo mały, w zakresie do 30mm, chociaż zdarzają się też wykonania specjalne o zakresie do 60mm.

Łatwiej wykrywane przez czujnik pojemnościowy są przedmioty przewodzące od nieprzewodzących. Przedmioty nieprzewodzące takie jak tworzywa, papier czy szkło, zwiększają tylko pojemność własną czujnika, poprzez oddziaływanie na jego stałą dielektryczną. Wzrost tej pojemności, uzależniony od wartości stałej dielektrycznej obiektu, jest jednak niewielki i dlatego odległość działania jest również mała. W przypadku przedmiotów przewodzących, nieuziemionych tworzą się dwa dodatkowe kondensatory ułożone szeregowo, jeden między obiektem a elektrodą czujnika i drugi między obiektem a elektrodą zewnętrzną. Odległość działania czujnika jest w tym przypadku znacznie większa.



Rys. 3 Łącznik zblizeniowy pojemnościowy z ochroną przed zamięaniem biegunów, przeciążeniem i zwarciem (FESTO DIDACTIC)

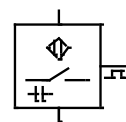
Czujniki pojemnościowe są zazwyczaj dostępne w postaci cylindrycznych lub prostokątnych czujników zblizeniowych, z częścią aktywną na jednym z końców. Występują również specjalne konstrukcje elastyczne. Czujniki takie mogą być przyklejane do poziomych jak i zakrzywionych powierzchni. Czujniki cylindryczne występują w dwóch odmianach. Jedne są ekranowane, tak że mają strefę działania tylko od czoła czujnika i montuje się je powierzchniowo w metalu lub tworzywie. Drugie mają dodatkową strefę działania w niewielkiej odległości od cylindrycznej powierzchni czujnika. Są one stosowane w przypadkach, kiedy czujnik ma kontakt z medium wykrywanym jak np. płyny czy granulaty. Strefa działania tych czujników jest o 50% większa, gdyż większe pole elektryczne czujnika zamyka się na jego bokach.

Pojemnościowy czujnik zblizeniowy zbudowany jest z kondensatora i opornika elektrycznego, tworzących wspólnie obwód rezonansowy RC, jak też układu elektronicznego, mierzącego drgania w obwodzie elektrycznym.

Urządzenie wykrywa obecność przedmiotów przewodzących prąd – przez pomiar pojemności.

Czujniki pojemnościowe reagują nie tylko na materiały o dużej przewodności elektrycznej (np. metale), ale także na wszystkie

izolatory o dużym współczynniku dielektrycznym, np. tworzywa sztuczne, szkło, ceramikę, ciecze czy drewno



Rys.4 Symbol pojemnościowego czujnika zblizeniowego

1.3. Optyczny czujnik zblizeniowy

W czujnikach fotoelektrycznych najczęściej stosowane jest światło widzialne czerwone lub też podczerwień. Światło widzialne to ta część promieniowania elektromagnetycznego, która jest odbierana przez oko ludzkie. Zawiera się ona w przybliżeniu w zakresie długości fal 380-770 nm. Fale o długości powyżej 770nm, zalicza się już do promieniowania podczerwonego. Sposób odbijania się światła od różnych powierzchni zależy od ich własności refleksyjnych jak: chropowatość, struktura, kolor, połysk. Dla powierzchni metalowych lustrzanych lub lusterek, występuje odbicie kierunkowe, przy którym kąt odbicia jest równy kątowi padania światła. Od powierzchni chropowatych światło odbija się we wszystkich kierunkach. Jest to odbicie rozproszone. Powierzchnie o małej chropowatości, lecz nie lustrzane mogą odbijać światło częściowo w sposób kierunkowy, a częściowo w sposób rozproszony. Odbicie takie kierunkowo-rozproszone występuje tylko przy określonych kątach padania promieni światła na powierzchnię.

Refrakcja jest to załamanie światła przy jego przejściu pomiędzy ośrodkami o różnej gęstości. W szczególnych przypadkach, zamiast załamania może nastąpić całkowite wewnętrzne odbicie światła od powierzchni oddzielającej oba ośrodki.

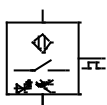


Rys. 5 Czujnik optyczny (FESTO DIDACTIC)

W czujnikach fotoelektrycznych stosowane są trzy rodzaje źródeł światła (emiterów). Są to diody elektroluminescencyjne LED emitujące promieniowanie w zakresie widzialnym, diody elektroluminescencyjne emitujące promieniowanie podczerwone IR o długości fali powyżej 780nm i lasery półprzewodnikowe LD, pracujące w zakresie światła widzialnego lub podczerwieni. Zjawisko elektroluminescencji polega na emitowaniu przez półprzewodnik promieniowania elektromagnetycznego pod wpływem czynnika pobudzającego, którym jest prąd elektryczny dostarczony z zewnątrz. Intensywność świecenia diody LED zależy od wartości prądu doprowadzonego do niej. Zależność ta jest liniowa w dużym zakresie zmian prądu przewodzenia.

Barwę świecenia diody LED wyznacza dominująca długości fali świetlnej, która zależy od rodzaju materiału półprzewodnikowego. Materiał półprzewodnikowy może mieć różny skład i domieszki, powodujące świecenie określonym kolorem. Najczęściej stosowane jest światło czerwone, rzadziej niebieskie i białe. Światło widzialne ułatwia odpowiednie ustawienie czujnika, natomiast impulsy podczerwieni, są preferowane ze względu na mały pobór mocy, dokład-

ność i możliwość detekcji przy większych odległościach. Wiązka światła emitowanego przez diodę ma sporą rozbieżność i wymaga skupienia. Dlatego obudowy diód LED zawierają dodatkowo soczewki skupiające strumień świetlny. Pozwala to uzyskać optymalny kształt charakterystyki kątowej promieniowania.



Rys.6 Symbol optycznego czujnika zbliżeniowego

2. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO TP 201

Firma Festo z siedzibą a Jankach k/Warszawy jest producentem elementów automatyki z zakresu pneumatyki jak i elektropneumatyki. Jest dużym dostawcą dla zastosowań przemysłowych, jak i również dostarcza gotowe zestawy laboratoryjne dla potrzeb dydaktyki dla szkół średnich i wyższych. Stanowisko laboratoryjne TP 201 to zestaw kilkunastu elementów automatyki w skład którego wchodzi m.in.:

- kompresor (sprężarka) 0-4 bar,
- zespół przygotowania sprężonego powietrza,
- zawory elektropneumatyczne różnego typu,
- czujniki pojemnościowe, indukcyjne, ciśnieniowe i zbliżeniowe,
- wyłączniki krańcowe lewy i prawy,
- elementy wykonawcze – siłowniki jednostronnego i dwustronnego działania,
- płyta montażowa aluminiowa,
- zestaw styków zwiernych i rozwiernych bez podtrzymania i z podtrzymaniem umieszczonych w bloku,
- zestaw włączników i przełączników, lampek sygnalizacyjnych umieszczonych w bloku,
- przewody pneumatyczne oraz przewody elektryczne.

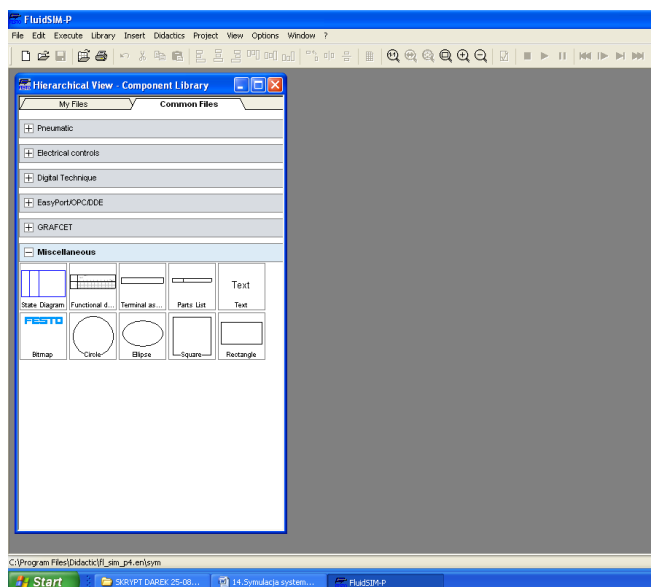


Rys.7 Widok stanowiska laboratoryjnego ELEKTROPNEUMATYKA TP 201 firmy FESTO DIDACTIC

3. PRZYKŁAD REALIZACJI W PROGRAMIE FLUIDSIM-P

Oprogramowanie FluidSIM pozwala projektować układy oraz instalacje wykonawcze pneumatyczne (FluidSIM-P) lub hydrauliczne (FluidSIM-H) wraz z układami sterowania np. elektrycznego. Bogata biblioteka symboli elementów pneumatycznych (hydraulicznych) oraz układów elektrycznych wzbogacona o moduły reprezentujące sterowniki programowalne umożliwia zaprojektować oraz stworzyć dokumentację dowolnego układu instalacji płynowej. Stosowane symbole korzystają z symboliki zawartej w odpowiednich normach pneumatycznych, hydraulicznych i elektrycznych. Dzięki znormalizowanym symbolom stworzone układy stają się w pełni funkcjonalnymi schematami stosowanymi w szeregu dokumentacjach przemysłowych maszyn produkcyjnych. Ucząc się rysowania schematów wykorzystując dydaktyczne oprogramowanie FluidSIM kursant nabiera wprawy w rozpoznawaniu symboli komponentów układów wykonawczych pneumatyki i hydrauliki, odpowiedniego ich doboru oraz tworzenia prawidłowych układów sterowania.

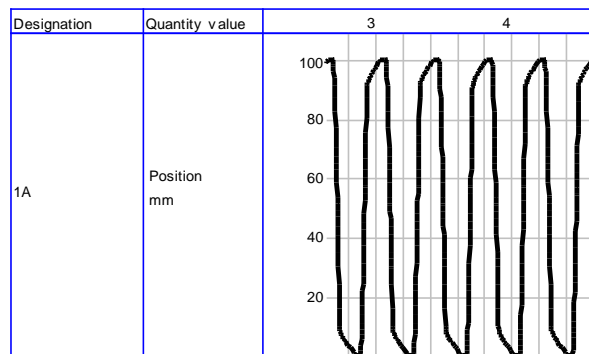
Oprócz biblioteki symboli oprogramowanie posiada bogatą bibliotekę schematów (pakiety układów dla poszczególnych zestawów z zakresu pneumatyki, elektropneumatyki, hydrauliki i elektrohydrauliki) i zdjęć gotowych elementów wykonawczych pneumatyki (hydrauliki) produkowanych przez firmę Festo wraz z opisem ich działania. Dodatkowo na dołączonej do oprogramowania płycie CD znajduje się szereg filmów pokazujących działanie komponentów oraz ich przemysłową implementację w rzeczywistych maszynach produkcyjnych.



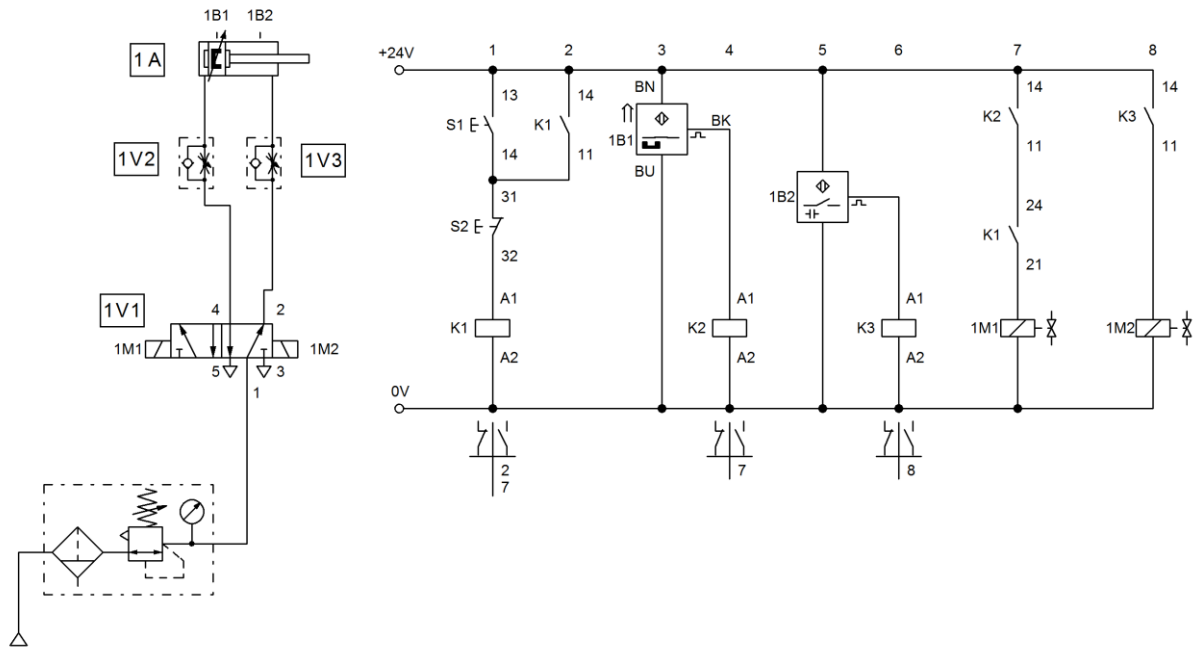
Rys.8 Okno programu FluidSIM-P (V 4.2)

Na rysunku 10 przedstawiono projekt układu sterowania siłownikiem dwustronnego (1A) działania z zastosowaniem dwóch czujników: indukcyjnego i pojemnościowego. Siłownik wysterowany jest poprzez zawór 5/2 (1V1) sterowany elektropneumatycznie z dwoma cewkami (1M1 i 1M2). Dodatkowo umieszczono dwa zawory dławiąco-zwrotne (1V2 i 1V3) umożliwiające zmianę prędkości ruchu tłoczyska.

Czujnik (1B1 i 1B2) poprzez ruch siłownika powodują działanie oscylacyjne układu. Pracę załącza przycisk (S1), wyłącza zaś (S2).



Rys. 9 Cyklogram pracy siłownika dwustronnego działania. $S=f(t)$



Rys.10 Przykładowy układ elektropneumatyczny z czujnikami indukcyjnym i pojemnościowym

PODSUMOWANIE

Oferowane przez Festo Didactic urządzenia, oprogramowanie i sprzęt pozwalają na wyposażenie pracowni, począwszy od wirtualnej pracowni projektowania, do rzeczywistego, kompletnego laboratorium.

Ćwiczenia realizowane w Laboratorium Mechatroniki z udziałem pakietu FluidSim P oraz elementów elektropneumatycznych pozwalają studentom na poznanie budowy i zasady działania elementów oraz układów elektropneumatycznego. Program umożliwia tworzenie znormalizowanych schematów sterowania a przy tym istnieje możliwość symulacji działania projektowanych układów.

Jednym z ćwiczeń opracowanych przez pracowników Zakładu Automatyki i Inżynierii Pomiarowej jest zastosowanie czujników różnego typu w układach sterowania z wykorzystaniem przedstawionego powyżej specjalistycznego oprogramowania oraz stołu montażowego firmy Festo Didactic.

BIBLIOGRAFIA

1. Baier A., Kost G., Świder J., Zdanowicz R., - Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2008
2. Luft M., Łukasik Z., Krzysztozek K., Pietruszczak D., Podsiadły D., - „Laboratorium automatyki i mechatroniki”, Wydawnictwo UTH Radom 2015
3. Heimann B i in., Mechatronika. Komponenty, metody, przykłady.”, PWN 2001
4. <http://www.festo-didactic.com/pl-pl/sprz-t-dydaktyczny/>

5. Winnicki A.: *FluidSIM 4 Pneumatics. User’s Guide. Podręcznik użytkownika*, Wersja polska, Janki k/Warszawy 1995-2004, stron 133
6. Opracowanie zbiorowe FESTO DIDACTIC GmbH&Co Esslingen-Denkendorf: Materiały szkoleniowe – P111 – Eksploatacja układów pneumatycznych i elektropneumatycznych

Sensors usage in electro-pneumatic systems

The article presents a description of the FESTO DIDACTIC laboratory stand, consisting of a assembly table, a set of actuators, electro-pneumatic valves, proximity components and FluidSim-P software.

In pneumatic and electro-pneumatic control systems, effective operation depends on the possibility of using sensors and their correct operation. Sensors that work without contact have been widely used.

Autorzy:

dr inż. **Konrad KRZYSZTOZEK** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Zakład Automatyki i Inżynierii Pomiarowej, k.krzysztozek@uthrad.pl

mgr inż. **Dariusz PODSIADŁY** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Zakład Automatyki i Inżynierii Pomiarowej, d.podsiadly@uthrad.pl

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.126

Data zgłoszenia: 2018.05.23 Data akceptacji: 2018.06.15