



Na początku bieżącego roku, będącego Międzynarodowym Rokiem Dziecka, ogłosiliśmy konkurs pod hasłem „Młodzi technicy dzieciom”, który miał zachęcić naszych Czytelników do projektowania i wykonywania zabawek. Największą ze zgłoszonych na konkurs prac jest sterowany z pulpitu dyspozytorskiego model górskiej kolejki, tak pomysłany, aby mali jego użytkownicy mogli go uzupełniać i zmieniać. Zabawkę wykonał instruktor modelarstwa przy Młodzieżowym Domu Kultury w Gnieźnie, pan Krzysztof Borowiak przy pomocy pani Hanny Duszyńskiej i swojego brata Mariusza Borowiaka.

Na fotografii: wykonawca zabawki i jego pomocnicy oraz nasza redakcyjna ekspertka Joasia, która dokonała wstępnej oceny modelu.

Wyniki konkursu „Młodzi technicy dzieciom” podamy w końcu roku.

NA WAPSTACIE NA PAROŚLIACIE

MODEL REGULATORA TEMPERATURY

Samoczynne regulatory należą do elementarnych urządzeń automatyki. Istnieje wiele typów regulatorów, ale cechuje je wspólna zasada działania. W regulatorach wykorzystuje się tak zwane sprzężenie zwrotne, dające możliwość utrzymywania prawie niezmiennych warunków pracy danej maszyny bądź układu, w zakresie przewidywanych zmian warunków zewnętrznych. Zadaniem regulatora może być, np. utrzymywanie stałego poziomu ciśnienia, temperatury, obrotów, wysokości słupa cieczy, wilgotności itp.

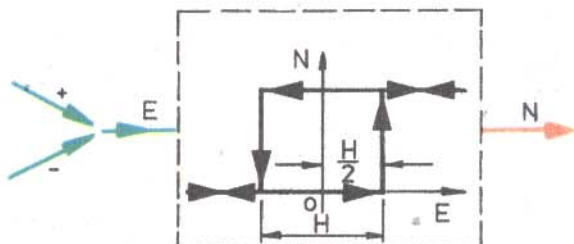
Na rys. 1 zamieszczony został schemat wyjaśniający ogólną zasadę działania regulatorów. Na skutek wpływu czynników zakłócających zostaje zachwiany stan równowagi. Wówczas pętla sprzężenia zwrotnego wysyła sygnał do wejścia czynników korygujących, co zmienia ich przepływ do obiektu tak, aby przywrócić stan równowagi. Weźmy za stan równowagi ciśnienie w zbiorniku gazu, np. w zbiorniku sprężarki. Celowe pobieranie gazu jak i jego wypływ przez nieszczelności stanowią tu czynniki zakłócające. Czynnikiem korygującym jest dopływ gazu ze sprężarki. Zadanie sprzężenia zwrotnego polega na odpowiednim dozowaniu gazu dopływającego ze sprężarki, prowadzącym do kompensacji jego ubytków. Nieodzownym elementem regulatora ciśnienia będzie czujnik, reagujący na zmiany ciśnienia w zbiorniku i sterujący na ich podstawie pracą sprężarki.

Warto zwrócić uwagę, że automatyczne utrzymywanie ciśnienia powoduje sam gaz, uruchamiający silnik, pośrednio przez manometr, jeśli tylko ciśnienie jest mniejsze od przyjętego stanu równowagi, bądź wyłączający silnik, jeśli ciśnienie osiąga właściwą wartość. Zbyt duży pobór gazu ze zbiornika nie zostanie skompensowany przez sprężarkę. W takim przypadku urządzenie przestanie poprawnie funkcjonować.

Bliższe rozpatrzenie działania regulatorów prowadzi do wniosku, iż w zależności od sposobu oddziaływania na wejście czynników korygujących



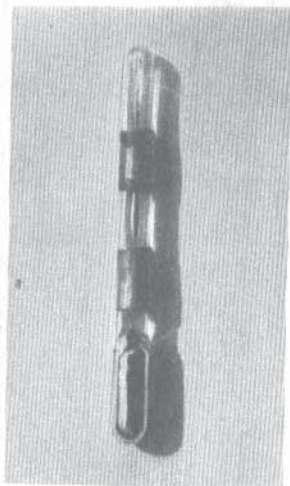
RYS. 1



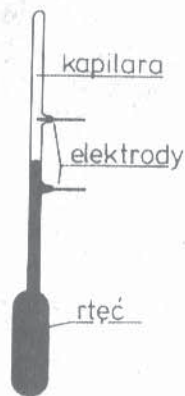
RYS. 2

wynik regulacji będzie mniej lub bardziej zbliżony do założonego, czyli należy się liczyć z odchyleniami stanu obiektu od poziomu równowagi. Nawet najdoskonalszy regulator nie zapewnia idealnego poziomu na wyjściu, gdyż właśnie zmiana tego poziomu (odchylenie) jest warunkiem wystąpienia sygnału sterującego. Na przykład, czułość manometru decyduje o wahaniami ciśnienia w zbiorniku, ale nawet najbardziej czuły manometr może zareagować tylko na zmianę tegoż ciśnienia.

W bardzo zróżnicowanych okolicznościach, jakie stwarzają wymogi techniczne stosuje się różną dokładność regulacji, a w związku z nią odmienne typy regulatorów. Do celów dydaktycznych wystarczy zbudować model regulatora zwanego dwupołożeniowym. Tym bardziej, że regulatory tego typu znajdują najszersze zastosowanie praktyczne. Spo-



Wygląd zewnętrzny termometru kontaktowego z ustalonym punktem temperatury

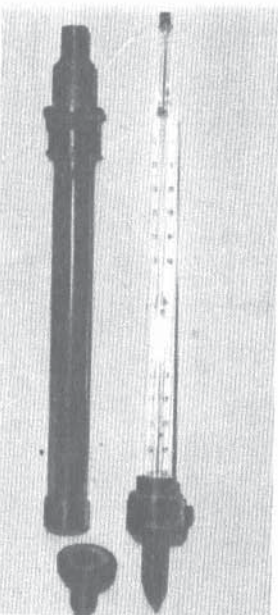


RYS. 3

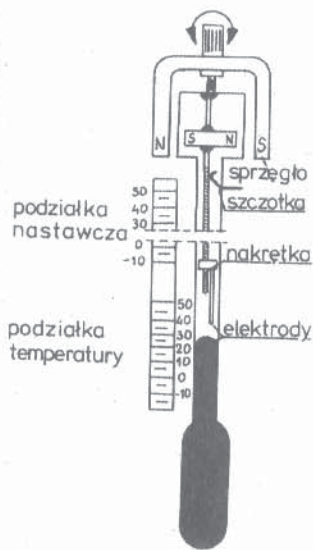
leży od uchybu regulacji ϵ . Dla uchybu $-\frac{H}{2} < \epsilon < \frac{H}{2}$ gdzie H jest szerokością histerezy, możliwe są dwa stany wyjściowe: $N = N_{\max}$ albo $N = 0$. Oczywiście w danym momencie regulator znajduje się w konkretnym określonym stanie. Zmiana stanu regulatora, to znaczy przejście od $N = N_{\max}$ do $N = 0$, albo od $N = 0$ do $N = N_{\max}$ jest możliwa w chwili przyjęcia przez ϵ wartości z przedziału $\epsilon > \frac{H}{2}$. Na przykład, po przyjęciu przez ϵ wartości mniejszej od $-\frac{H}{2}$ zostaje załączony silnik sprężarki. Wówczas ϵ rośnie do wartości równej $\frac{H}{2}$. Po przekroczeniu przez uchyb tej wartości silnik zostaje odłączony. Na skutek upływu gazu, po pewnym czasie uchyb znowu osiąga wartość $\epsilon < -\frac{H}{2}$ i cykl powtarza się.

Tak więc ciśnienie gazu w zbiorniku nie jest stałe, jednak nie zmienia się więcej niż o bezwzględną wartość uchybu ϵ . Można powiedzieć, że ciśnienie gazu jest stałe z dokładnością do ϵ . Zupełnie analogicznie działają inne regulatory dwupołożeniowe, w szczególności dwupołożeniowy regulator temperatury.

Zmiany temperatury wywołują szereg zjawisk, które można wykorzystać do konstruowania czujników. Większość produkowanych czujników temperatury pracuje wykorzystując zjawisko rozszerzalności cieplnej płynów i ciał stałych. Na ogół są to odpowiednio skonstruowane termometry, tzw. termometry kontaktowe. Wykonanie termometru kontaktowego sposobem amatorskim nie jest łatwe ani bezpieczne, ze względu na konieczność użycia silnie toksycznej rtęci. W handlu spotyka się niedrogi termometry kontaktowe dwóch typów. Na rys. 3 pokazano termometr do regulacji temperatury powietrza w pomieszczeniach, wycechowany na stałą wartość, natomiast na rys. 4 termometr nastawny. W termometrze z rys. 3 słupek rtęci zwiera lub rozwiera dwie elektrody stalowe. (Elektrody muszą być stalowe ponieważ z innymi metalami niż żelazo rtęć tworzy amalgamaty). Nieco bardziej złożona jest konstrukcja z rys. 4. Jedna ze stalowych elektrod kontaktuje z dolną częścią słupa rtęci, zaś położenie drugiej może być zmieniane za pomocą sprzęgła magnetycznego. Sprzęgło magnetyczne napędza gwintowany pręt ze stali. Po gwincie pręta przesuwa się (ale nie obraca) stalowa nakrętka z przymocowaną elektrodą, którą można nastawić na określoną temperaturę – zbliżyć lub oddalić od słupa rtęci. Wykorzystanie sprzęgła magnetycznego umożliwia bezstykowe przeniesienie napędu, a tym



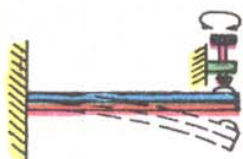
Wygląd zewnętrzny termometru kontaktowego z nastawnym punktem temperatury



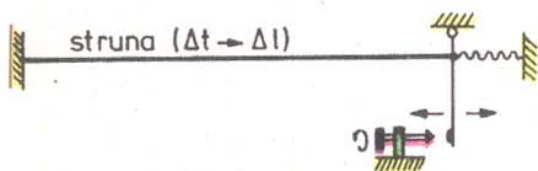
RYS. 4

tyka się je nawet w urządzeniach domowych. Wadą tych regulatorów jest stosunkowo mała dokładność regulacji. Nie ma ona jednak większego wpływu na użyteczność, tym bardziej, że w wielu przypadkach uzasadnione bywa zmniejszenie dokładności na rzecz trwałości regulatora.

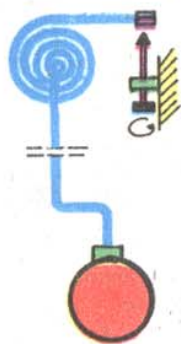
Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę regulatora dwupołożeniowego. Sygnał nastawiający N za-



RYS. 5



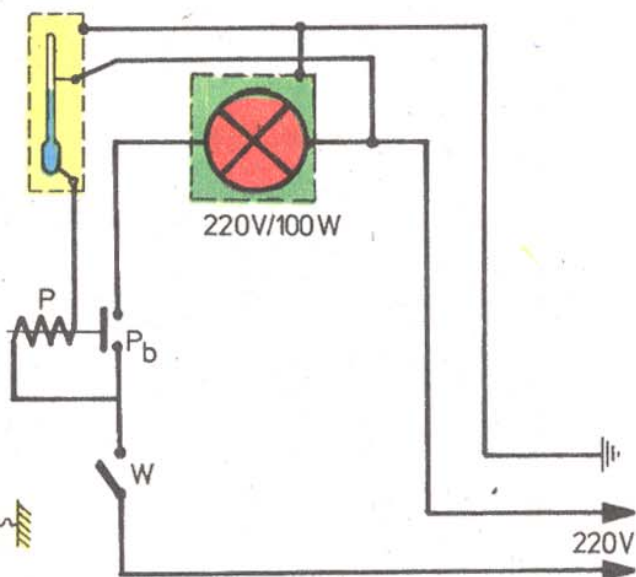
RYS. 6



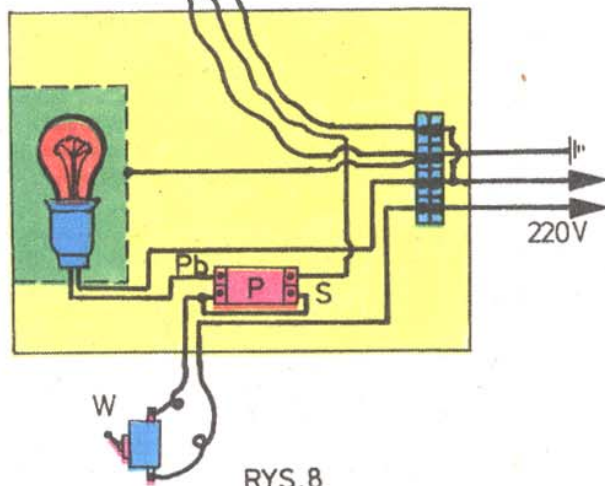
RYS. 7

samym nie stwarza poważnego utrudnienia w utrzymaniu wymaganej próżni w rurze.

Kontaktowe termometry rtęciowe mają niewielką histerezę. Mogą one sterować przekaźnikami na napięcia 200–400 V, pobierającymi prąd około kilkudziesięciu miliamperów. Bardzo rozpowszechnione są także czujniki bimetaliczne, zbudowane z dwóch spojonych pasków metalowych (rys. 5) o różnych współczynnikach rozszerzalności linowej. Pod wpływem wzrostu temperatury następuje



do termometru



RYS. 8

wydłużanie obu pasków, powodujące wygięcie czujnika w kierunku metalu o mniejszym współczynniku rozszerzalności.

Czujniki tego typu nadają się do utrzymywania nawet znacznych temperatur rzędu 673K (300°C), ale mają dość dużą histerezę. Wielką zaletą praktyczną bimetalu jest zdolność załączania i rozłączania większych prądów. Ze względu na specyfikę materiałową i technologię wykonania, sporządzenie dobrego czujnika bimetalicznego w warunkach ama-

torskich wydaje się wątpliwe. Można natomiast bez większego kłopotu zakupić czujnik np. do żelazka elektrycznego.

Z części spotykanych czujników warto jeszcze wymienić czujniki dylatacyjne i czujniki manometryczne. W czujnikach dylatacyjnych długa struna (lub pręt) z materiału o dużym współczynniku rozszerzalności liniowej zmienia swą długość wraz ze zmianami temperatury. Zmiany długości struny powodują zamykanie bądź rozwieranie styków wyłącznika.

Czujniki manometryczne funkcjonują na zasadzie rozkręcania spirali z rurki kapilarnej (delikatna rurka o przekroju eliptycznym stosowana w manometrach wynalezionych przez Bourdona) połączonej ze zbiorniczkiem gazu. Zmiany temperatury powodują zmiany ciśnienia gazu zamkniętego w układzie kapilara-zbiornik, a te z kolei wywołują rozkręcanie bądź skręcanie spirali zaopatrzonej w ruchomy zestyk wyłącznika. Zasadę działania czujnika dylatacyjnego obrazuje rys. 6, a rys. 7 ilustruje działanie czujnika manometrycznego.

Prostotą konstrukcji wymienionych czujników rokuje szanse ich wykonania w warunkach amatorskich, jednak łatwiej będzie po prostu zakupić odpowiednie czujniki.

Do celów dydaktycznych warto mieć zbiór kilku czujników odmiennych typów, chociażby dla pokazania ich budowy. Nie opłacalne byłoby natomiast wykonywanie różnych układów regulacji temperatury. Przyjmijmy zatem jedną poglądową konstrukcję regulatora, z której nietrudno będzie wyodrębnić poszczególne elementy oraz zrozumieć na podstawie jej funkcjonowania bardziej skomplikowane rozwiązania techniczne.

Do budowy układu regulatora będą potrzebne:

1. Żarówka o mocy 100–200 W na napięcie 220 V,
2. Termometr kontaktowy nastawny w zakresie temperatury pokojowej (typ dowolny),
3. Przekaznik prądu przemiennego – napięcie sterujące 220 V, pobór prądu do 30 mA, obciążenie styków roboczych około 1 A (styki bierne – normalnie załączone),
4. Wyłącznik sieciowy dowolnego typu,
5. Łączówka zaciskowa 250 V/1 A,
6. Przewód sieciowy z wtykiem zerującym (około 5 m),
7. Komora ogrzewana wg opisu.

Schemat elektryczny regulatora przedstawia rys. 8. Wszystkie elementy układu należy zamocować w komorze o wymiarach podstawy 300×400 mm

i wysokości około 250 mm. Komorę można wykonać z przezroczystego metapleksu grubości 3–5 mm. Spodnia płyta komory może być nieprzezieralna, zrobiona np. ze sklejki grubości 10 mm. Boczne ścianki komory i pokrywę trzeba połączyć za pośrednictwem delikatnych kątowników, przy czym pokrywa musi być przykręcana na wkręty.

Istotnym elementem układu jest grzejnik żarówkowy, który powinien być wykonany z cienkiej blachy. Wymiary grzejnika trzeba dostosować do wymiarów żarówki wraz z oprawką. W przedniej części grzejnika wykonamy podłużne otwory i przysłonimy je półprzezroczystym czerwonym papierem (imitowanie pracy normalnego grzejnika i sygnalizacja). Boczne ścianki grzejnika zaopatrzymy w podłużne otwory wentylacyjne ułatwiające swobodny obieg powietrza. Otwory wentylacyjne należy przysłonić tak, aby światło wysyłane przez żarówkę trafiało jedynie na przednią ściankę, zaopatrzoną w czerwoną przysłonę.

Termometr kontaktowy najwygodniej będzie zamocować pionowo do pokrywy komory tak, aby zbiornik rtęci znalazł się mniej więcej w połowie wysokości pudła. Wyłącznik sieciowy powinien być dostępny z zewnątrz komory. Przekaznik ze zdjętej obudowy (możność obserwacji pracy), listwa zaciskowa, grzejnik i przewód zasilający przymocujemy do płyty spodniej.

Niezmierna prostota układu nie stwarza konieczności bliższych objaśnień, tym bardziej, że nawet przy zupełnie dowolnym rozmieszczeniu prawidłowo połączonych elementów regulator będzie działał niezawodnie. Warto wszakże zwrócić uwagę na estetykę, dokładność połączeń, bezwarunkową konieczność połączenia metalowej obudowy termometru kontaktowego z przewodem zerującym, jak również na porządek zamknięcie komory, zabezpieczające „ciekawskie ręce” przed porażaniem. Za przezroczystą obudową komory powinien się też znaleźć schemat elektryczny regulatora.

Demonstrowanie modelu regulatora należy poprzedzić wprowadzeniem teoretycznym i zapoznaniem z zasadami działania różnych czujników temperatury. Uczniowie powinni umieć samodzielnie objaśnić jego pracę, po wcześniejszej obserwacji kilku cykli załączania i wyłączania grzejnika, sporządzić wykres temperatury komory w funkcji czasu, oszacować wielkość uchybu, a także znaleźć takie warunki zewnętrzne, w których wpływ czynników zakłócających będzie niemożliwy do skompensowania przez regulator.

(w.a.)