

PROBLEM KOMPENSACJI TEMPERATURY W REGULATORACH TEMPERATURY O BEZPOŚREDNIM DZIAŁANIU

XD: 62-533.6 - Regulacja wielkości termicznych
XD: 62-533.65 - Regulacja temperatury
IF: 4.7.0.1 - Urządzenia automatycznej regulacji i sterowania oraz elementy tych urządzeń
Regulacja temperatury

W konstrukcjach regulatorów temperatury bezpośredniego działania niewiele uwagi poświęcono dotąd kompensacji wpływa temperatur zewnętrznych. Niniejszy artykuł pragnie wykazać wagę tego zagadnienia oraz konieczność zajęcia się nim w szerszym zakresie.

Automatyzacja w bardzo krótkim okresie czasu opanowała podstawowe gałęzie przemysłu, a zwłaszcza przemysł ciężki i chemiczny. Jednakże ekspansja automatyki nie poprzestaje na tym, obejmując coraz to nowe dziedziny zarówno przemysłu jak i życia codziennego. Szereg gałęzi przemysłowych domaga się zastosowania automatycznej regulacji do sterowania procesem technologicznym. Należy do nich:

- przemysł lekki, a zwłaszcza tkalnie, garbarnie, i farbiarnie,
- przemysł spożywczy wprowadzający automatykę w cukrowniach, piekarniach, suszarniach, piwowarstwie, drożdżowniach, krochmalniach, przetwórnictwach mięsnych i owocowo-warzywnych.
- budownictwo i przemysł materiałów budowlanych, gdzie istnieje pilna potrzeba automatyzacji cementowni, wytwórni prefabrykatów, cegielni itp.
- przemysł okrętowy stosujący w/w regulatory do regulacji silnika, instalacji okrętowych i urządzeń pomocniczych.
- przemysł taboru kolejowego stosujący regulację bezpośredniego działania do silników trakcyjnych i klimatyzacji.

Warunkiem wprowadzenia układów automatycznej regulacji do w/w gałęzi przemysłu jest ich niewielki koszt, łatwość obsługi oraz niezawodność działania. Dlatego w krajach wysoko uprzemysłowionych w wielu przypadkach wraca się do starej koncepcji stosowania regulatorów o bezpośrednim działaniu, których koszt w stosunku do układów regulacyjnych pracujących przy wykorzystaniu energii pomocniczej jest 5 - 10-krotnie niższy.

O dynamice rozwoju produkcji regulatorów o bezpośrednim działaniu świadczy pojawienie się na rynku zachodnim coraz to nowszych rozwiązań konstrukcyjnych oraz powstanie nowych firm, które niemal wyłącznie zajmują się produkcją regulatorów o bezpośrednim działaniu.

W dziedzinie regulatorów temperatury i przepływu ZSRR i Polska zobowiązały się zabezpieczyć potrzeby pozostałych krajów bloku socjalistycznego.

Krajowym producentem regulatorów o bezpośrednim działaniu są Zakłady Automatyki Przemysłowej w Ostrowiu Wlkp., produkujące obecnie regulatory temperatury. Jednostką naukowo-badawczą w tej dziedzinie jest Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów z wyodrębnionym Zakładem Regulatorów Bezpośredniego Działania i Automatyki Klimatyzacji.

Te dwie jednostki zobowiązane są w zasadzie do pokrycia potrzeb rynku krajowego i eksportu, z uwzględnieniem wysokiej jakości i szerokiego asortymentu wyrobów.

Do podstawowych rozwiązań konstrukcyjnych w dziedzinie regulatorów bezpośredniego działania należą:

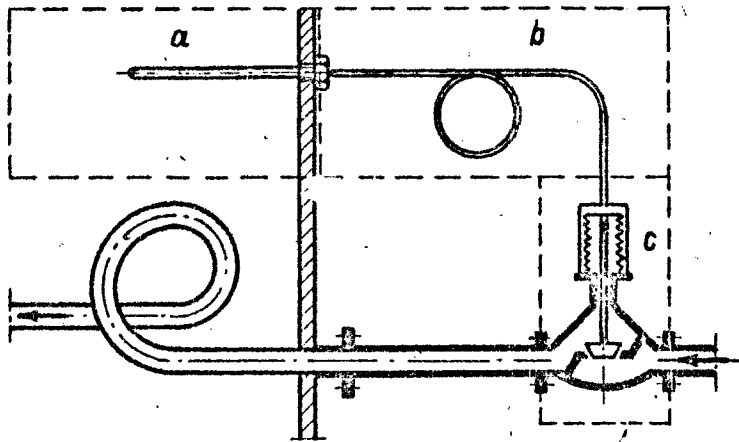
- regulatory temperatury,
 - a/ proste
 - b/ ze wzmocnieniem własnym
- regulatory różnicy ciśnień /przepływu/,
- regulatory ciśnienia,
- regulatory poziomu.

Z powyższej grupy najszerszej stosowane są regulatory temperatury o bezpośrednim działaniu. Zapotrzebowanie przemysłu na te regulatory kształtuje się w wysokości około 10.000 szt. rocznie. Dlatego też to one w pierwszym rzędzie stają się przedmiotem zainteresowania Zakładów Automatyki Przemysłowej w Ostrowiu Wielkopolskim.

Rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych firm nie różnią się zasadniczo między sobą. Regulatory temperatury pracują na zasadzie rozszerzalności cieplnej cieczy zamkniętej w szczelnych naczyniach.

Pod względem konstrukcyjnym regulator temperatury można podzielić na 3 zasadnicze elementy: czujnik, organ wykonawczy i kapilarę łączącą /patrz rys. 1/.

Poza tymi trzema zasadniczymi elementami regulatory temperatury wyposażone są ponadto w zadajnik i zabezpieczenie przeciw przegrzaniu /przeciążeniu/. Elementy te są w zależności od firmy różnie umiejscawiane: albo przy czujniku albo jako oddzielne elementy na odcinku kapilary lub przy organie wykonawczym.



Rys. 1. Prosty układ regulacji temperatury

a/ strefa czynnika regulowanego, b/ strefa wpływów zewnętrznych, c/ strefa czynnika regulującego

I tak regulatory krajowej produkcji posiadają urządzenie zadające i urządzenie przeciążeniowe nabudowane na organ wykonawczy. Większość firm zagranicznych wbudowuje te elementy w czujnik. W pewnych przypadkach kiedy dostęp do czujnika i do organu wykonawczego jest utrudniony, elementy te umieszcza się osobno w miejscu dostępnym, co jednak wymaga na ogół wydłużenia kapilary. Cały układ jest napełniony cieczą manometryczną o dużej rozszerzalności cieplnej.

Na podstawie rys. 1 cały regulator można podzielić na 3 strefy:

strefa "a" - część regulatora /czujnik/ zanurzona w czynniku regulowanym,

strefa "b" - część regulatora podlegająca wpływom temperatury otoczenia,

strefa "c" - część regulatora podlegająca wpływom temperatury czynnika regulującego.

Jak z powyższego wynika, regulator poddany jest działaniu trzech różnych temperatur, przy czym działanie dwóch z nich jest szkodliwe i ujemnie wpływa na własności regulacyjne.

Idealnym rozwiązaniem w tym przypadku byłoby napełnienie części czujnikowej, zanurzonej w czynniku regulowanym cieczą o dobrej rozszerzalności cieplnej, a pozostałych elementów cieczą nie podlegającą rozszerzalności cieplnej w granicach od 0 - 220°C. Ponieważ uzyskanie takiej cieczy w podanym zakresie temperatur jest praktycznie nieosiągalne należy szukać innej drogi rozwiązania tego problemu.

Sposobem, który poważnie pozwoliłby zmniejszyć błąd regulatora powstały pod wpływem działania temperatury otoczenia i temperatury czynnika regulującego, mogłoby być maksymalne zmniejszenie objętoś-

ci komór tych części regulatora, które nie są ogrzewane przez czynnik regulowany. Praktyka wykazała, jednak, że ta metoda w poważnym stopniu skomplikowałaby konstrukcję regulatora. W przypadku pozostania przy prostszej konstrukcji część cieczy manometrycznej będzie ulegał wpływom temperatury otoczenia. W znanych konstrukcjach wynosi ona 10 - 15% całej objętości czujnika. Na to istotny wpływ na właściwe działanie regulatora i z błędem tym trzeba się poważnie liczyć. Należy dążyć do tego, aby cała ciecz znajdująca się w czujniku była otoczona przez czynnik regulowany.

W przypadku kapilary należy dążyć do zmniejszenia jej średnicy wewnętrznej w granicach 1 - 2 mm. Większe przewężenia nie są wskazane ze względu na powstawanie zbyt dużych oporów cieczy przepływającej przez kapilarę, co może pociągnąć za sobą zwiększenie się stałej czasowej regulatora.

Pewną poprawę sytuacji mogłoby dać skrócenie kapilary, jednakże ze względów eksploatacyjnych w zależności od tego, w jakim urządzeniu regulatory są instalowane, długość ta musi wynosić od 2 do 12 mm, a w szczególnych przypadkach powyżej 16 mm.

Ponieważ cała kapilara, a wraz z nią i zadejnik z urządzeniem przeciążeniowym /o ile jest wydzielony z czujnika i siłownika/ znajdują się pod wpływem temperatury otoczenia obarczone są one również błędem wynikającym ze zmian objętości cieczy znajdującej się pod wpływem tejże temperatury.

Ostatnim elementem regulatora temperatury o bezpośrednim działaniu, który daje błędy spowodowane wpływami innych temperatur /ubocznych/ jest organ wykonawczy regulatora. Wpływ tych temperatur na jakość działania regulatora jest bardzo trudny do ustalenia, ponieważ mamy tu do czynienia jednocześnie z temperaturą otoczenia i temperaturą, czynnika regulującego.

W organie tym znajduje się stosunkowo duża ilość cieczy manometrycznej, ponieważ cały przyrost cieczy manometrycznej z czujnika przetłaczany jest do mieszka wykonawczego.

Spróbujmy na podstawie regulatora temperatury o bezpośrednim działaniu typu BRT-o-Z40 produkcji Zakładów Automatyki Przemysłowej w Ostrowiu Wlkp. przeanalizować wpływ temperatur ubocznych na jego działanie.

Na wstępie należy ustalić zakresy temperatur, w których pracują poszczególne elementy regulatora. A więc czujnik. Zasadnicza jego część zanurzona jest w cieczy regulowanej, tj. poddana temperaturze, której przyrost powinien wyłącznie wpływać na ustawienie grzybka w zaworze regulatora. Jednak w rozwiązaniu BRT-o-Z40 około 10% cieczy z czujnika podlega wpływom temperatury zewnętrznej. Wahania temperatury można przyjąć w granicach $+5 \div 40^{\circ}\text{C}$. Ten sam zakres temperatury dotyczy kapilary. Długość jej może wynosić, jak już wspomniano $2 \div 12$ m. Do obliczeń można przyjąć wartość średnią, tj. 7 m.

Zakres temperatury czynnika regulującego, który zależy od rodzaju zastosowania regulatora, można przyjąć w granicach $50 \div 120^{\circ}\text{C}$. Z obliczeń uwzględniających wymagania konstrukcyjne regulatora wynika, że objętość cieczy manometrycznej, znajdującej się pod wpływem temperatury cieczy regulowanej wynosi ok. 250 cm^3 . Objętość cieczy znajdującej się w kapilarze wynosi $15,75 \text{ cm}^3$. Wreszcie objętość cieczy znajdującej się w organie wykonawczym $47,5 \text{ cm}^3$. Po przeliczeniu okazuje się, że przyrost cieczy manometrycznej podlegającej działaniu temperatury otoczenia w granicach $5 \div 40^{\circ}\text{C}$ wynosi $0,55 \text{ cm}^3$, a przyrost cieczy podlegającej zmianom temperatury medium regulującego w granicach $50 \div 120^{\circ}\text{C}$ wynosi $3,3 \text{ cm}^3$.

Ponieważ sprężysty mieszek wykonawczy ma powierzchnię czynną równą 2 cm^2 , można stwierdzić, że całkowity przyrost przesunięcia grzybka spowodowany szkodliwymi dla regulatora temperaturami może wynieść $1,2 \text{ cm}$. Całkowity skok grzybka dla tego typu regulatora wynosi $0,55 \text{ cm}$. Tak więc błąd spowodowany wahaniami temperatury otoczenia i czynnika regulującego może dojść do 210% .

Doszliśmy tutaj do ciekawego wniosku, że szkodliwe wpływy temperatury przekroczyły dwukrotnie zakres proporcjonalności regulatora, dyskwalifikując go całkowicie jako układ regulacyjny. Jednakże regulatory tego typu pracują w przemyśle i chociaż niezbyt dokładnie, jednak regulują temperaturę. Czym można to wytłumaczyć?

Otóż zmiany temperatur otoczenia podane powyżej odnoszą się i do zimy i lata i nie są procesami szybkozmiennymi. Pozwala to na okresowe podregulowanie zadajnika i uzyskanie przy pomocy układu regulacji wymaganej temperatury.

Po wtóre czynnikiem posiadającym olbrzymi wpływ na dokładność regulacji w wypadku regulatorów o bezpośrednim działaniu jest temperatura czynnika grzewczego przepływającego przez zawór regulatora. W większości przypadków dla układów podgrzewanych wodą, temperatury te wahają się w granicach 20°C . Gorzej przedstawia się sprawa, gdy w grę wchodzi para nasycona. W takim przypadku wahania ciśnienia medium ogrzewającego poważnie wpływają na zmiany temperatury cieczy znajdującej się w organie wykonawczym regulatora. Chwilowe zmiany tej temperatury mogą dochodzić do kilkudziesięciu stopni.

Uniknięcie wpływów zmian temperatury uzależnionych od zmian ciśnienia pary nasyconej jest trudne. Jedynym praktycznie możliwym tego sposobem, jest zastosowanie na przewodzie doprowadzającym parę do regulatora o bezpośrednim działaniu reduktora ciśnienia pary nasyconej. Rozwiązanie takie tylko częściowo może wyeliminować szkodliwe wpływy temperatur zewnętrznych na właściwe działanie regulatorów.

Aby regulatory temperatury o bezpośrednim działaniu mogły być szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu i innych dziedzinach życia codziennego, wymaga się od nich regulacji zgodnej z wartością nastawioną na zadajnik. Warunku tego jak dotąd nie spełniają ani regulatory krajowe ani zagraniczne. Jedynym obecnie dostępnym rozwiązaniem technicznym jest wprowadzenie urządzeń kompensujących zarówno wpływy temperatur zewnętrznych jak i temperatur czynnika ogrzewającego.

Należy stwierdzić, że zmiany temperatury czynnika przepływającego przez zawór wywierają w zasadzie mniej szkodliwy wpływ na własności regulacyjne zaworów. Wynika to stąd, że wzrost temperatury cieczy ogrzewającej powoduje podgrzanie cieczy manometrycznej znajdującej się w zaworze regulacyjnym, a ta rozszerzając się powoduje z kolei przemykanie zaworu. Tak więc w przypadku przepływu przez zawór cieczy bardziej podgrzanej zachodzi dodatkowe przemyknięcie zaworu, a w przypadku cieczy chłodniejszej - dodatkowe otwarcie zaworu.

Przy odpowiednim doborze objętości cieczy manometrycznej w zaworze, geometrii kształtów komór i mieszków wykonawczych można by pokusić się o skompensowanie wpływu temperatury medium ogrzewającego na regulator i w ten sposób uporać się z częścią w/w problemu.

Problemem kompensacji szkodliwych temperatur zamierza zająć się w PIAP Zakład Regulatorów Bezpośredniego Działania i Automatyki Klimatyzacji. Zaznaczyć należy, że uzyskanie pozytywnych wyników badań pozwoliłoby w przyszłości na szersze stosowanie tego typu regulatorów.