

## SAMOCZYNNNE REGULATORY BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA DLA POTRZEB CIEPŁOWNICTWA OPRACOWANE W SPEC W OPARCIU O TYPOWE KORPUSY ZAWORÓW DWUDROGOWYCH ŻELIWYCH I ZWIĄZANE Z NIMI PROBLEMY TECHNOLOGICZNE

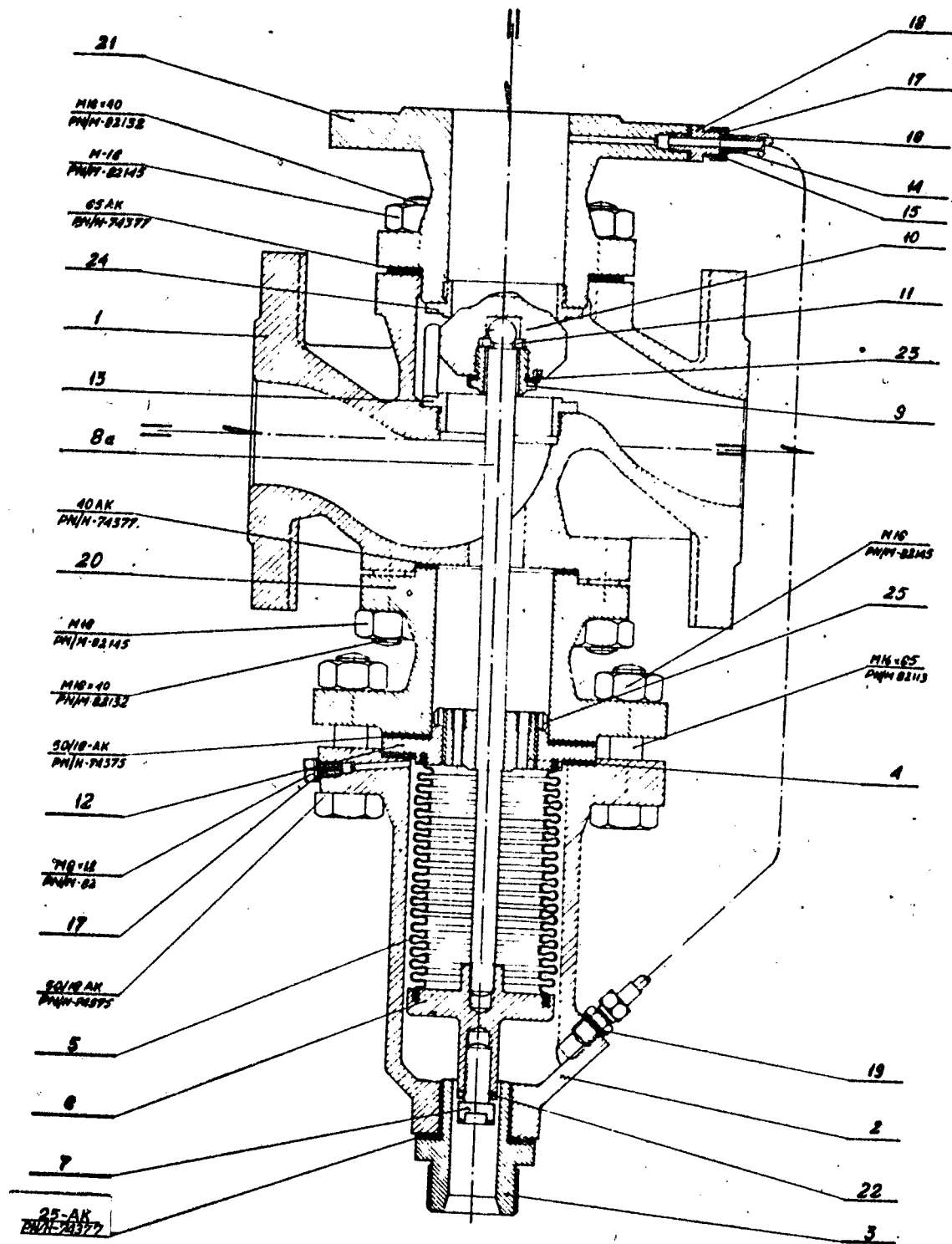
KD:536.58:681.421.8  
IP:3.2.1.4: 3.2.3.1

W artykule omówiono w skrócie podstawowe cechy i funkcje konstrukcyjne opracowanych w SPEC /wg koncepcji autora/ bezpośredniego działania regulatorów: temperatury /jedno- i dwudrogowych/, natężenia przepływu, ciśnienia, a także dostrzeżone w trakcie realizacji serii prototypowej problemy technologiczne.

Na przestrzeni lat 1957 - 1967 w Stołecznym Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej opracowano szereg konstrukcji samoczynnych regulatorów bezpośredniego działania, przeznaczonych do stabilizacji pracy instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody gospodarczej w budynkach zaopatrywanych w energię ciepłą z komunalnych sieci ciepłowniczych. Prace nad konstrukcjami własnymi poprzedziły opracowane przez autora w 1957 r. "Wytyczne samoczynnej regulacji węzłów ciepłych w budynkach przyłączonych do warszawskiej sieci ciepłowniczej". Wskazywały one na możliwość opracowania rodziny regulatorów: regulatora temperatury, natężenia przepływu i ciśnienia, gdzie dla każdego rodzaju regulatora występowałby ten sam organ wykonawczy - zawór, wykonany na bazie typowego korpusu zaworu dwudrogowego, produkowanego w kraju dla przemysłu okrętowego. Rozwiązania konstrukcyjne tej grupy regulatorów i problemy technologiczne z nią związane zostaną tu omówione w dużym skrócie.

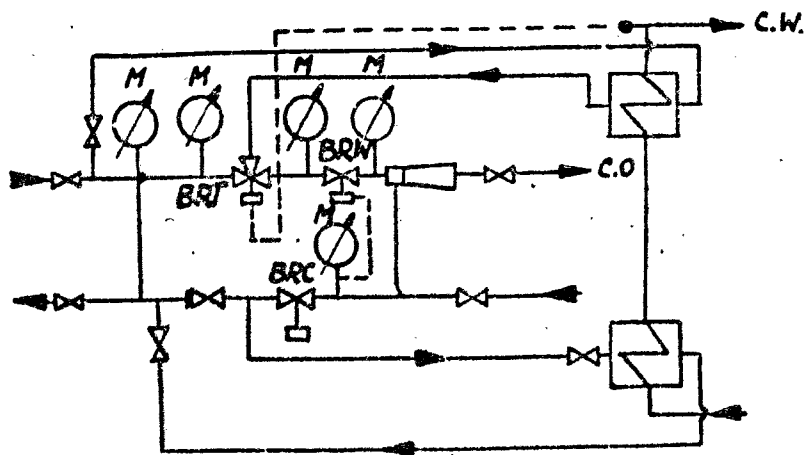
Pierwszą konstrukcję stanowił dwudrogowy regulator temperatury jednogrzybkowy /rys. 1/ dla stabilizacji temperatury c.w.g. przy zasilaniu podgrzewaczy wody gospodarczej, szeregowym lub szeregowo-szeregowym z instalacją c.o. umożliwiającym wykorzystanie akumulacyjności cieplnej ogrzewanego budynku do pokrycia szczytowego zapotrzebowania c.w.g. Ideowy schemat współpracy tego regulatora z instalacją c.o. i c.w.g. przedstawia rys. 2.

Jak wynika z rysunku regulator spełnia rolę mieszacza. Mimo że stosowanie regulatora działającego jako rozdzielacz /przy zmianie usytuowania organu wykonawczego z przewodu powrotnego wody grzejnej na zasilający/ byłoby korzystniejsze, gdyż czujnik regulatora



Rys. 1. Dwudrogowy zawór regulatora temperatury bezpośredniego działania

- 1 - korpus zaworu, 2 - kołpak, 3 - śruba redukcyjna, 4 - tuleja prowadząca, 5 - mieszek sprężysty, 6 - dno mieszka sprężystego, 7 - śruba regulacyjna, 8 - wrzeciono, 9 - śruba osadcza, 10 - grzybek, 11 - półpierścień osadczy, 12 - tuleja osadcza, 13 - tuleja uszczelniająca, 14 - rurka odciążająca, 15 - nasadka, 16 - nakrętka łączna, 17 - uszczelnienie, 18 - śruba dwustronna redukcyjna, 19 - uszczelnienie, 20 - króciec drogi bocznej, 21 - króciec drogi bocznej, 22 - przeciwnakrętka, 23 - podkl.odginana, 24 - tuleja uszczelniająca, 25 - przeciwnakrętka



Rys. 2. Schemat ideowy węzła cieplnego z szeregowo-szerogowym połączeniem, z instalacją c.o. wymiennika ciepła do podgrzewania c.w.g.

nie byłby narażony na zniszczenie wskutek przegrzania przy ewentualnym przebiciu wody grzejnej do wody ogrzewanej, to warunki hydrauliczne pracy grzybka zaistniałe przy tej konstrukcji zaworu predestynują go do pracy w układzie mieszającym.

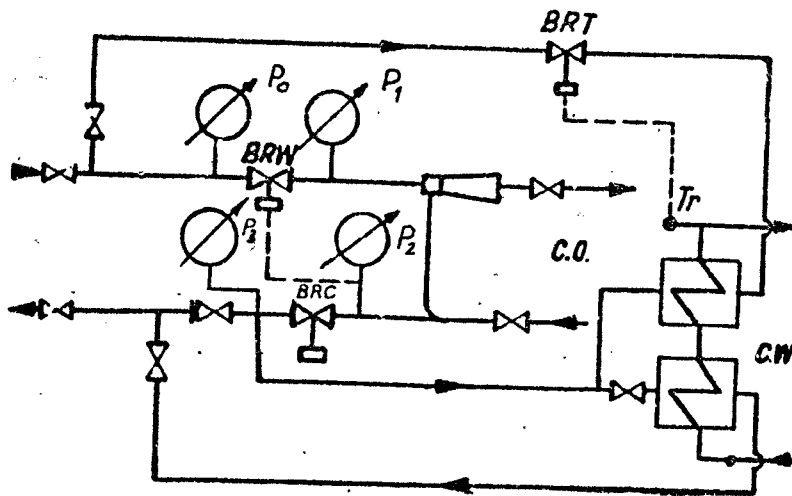
Przy pracy tego regulatora w układzie rozdzielającym ciecz napływa na grzybek, wskutek czego już przy różnicy ciśnień powyżej 1 atn występuje wibracja grzybka i kłapanie o gniazdo drogi bocznej. Podobne usterki wykazały opracowane dwa lata później analogiczne konstrukcje firmy "Samson" NRF i ZAP w Ostrowiu Wielkopolskim. Wady tej pozbawiony jest dwudrogowy regulator temperatury z dwoma grzybkami konstrukcji mgr inż. J. Kwapisza, który autor omawia w artykule pt. "Nowa konstrukcja termoregulatora dwudrogowego z dwucieczowym zespołem termometrycznym".

Różnice w poglądach na celowość szeregowego łączenia podgrzewaczy szczytowych c.w.g. z instalacją c.o. przyczyniły się do szerszego wprowadzenia układu mieszanego, stanowiącego połączenie szeregowe z instalacją c.o. podstawowego wymiennika c.w.g., natomiast połączenie równoległe - wymiennika szczytowego /rys. 3./.

Układ ten wyłonił zapotrzebowanie na regulatory temperatury jednodrogowe. Stąd na bazie powyższej konstrukcji regulatora dwudrogowego wykonano regulator jednodrogowy, różniący się odwrotnym zamontowaniem układu odciążającego i zastąpieniem króćca drogi bocznej zaślepką /rys. 4/.

Przedstawione regulatory temperatury są regulatorami proporcjonalnymi bezpośredniego działania, w których zmiana stopnia otwarcia zaworu następuje w sposób ciągły, proporcjonalnie do zmiany regulowanej temperatury c.w.g.

Do przemykania drogi przepływu czynnika grzejnego wykorzystywana jest energia powstała w czujniku ze zmiany wielkości parametru re-



Rys. 3. Schemat ideowy węża ciepłego z szeregowo-równoległym połączeniem z instalacją c.o. wyławnika ciepła do podgrzewania c.w.g.

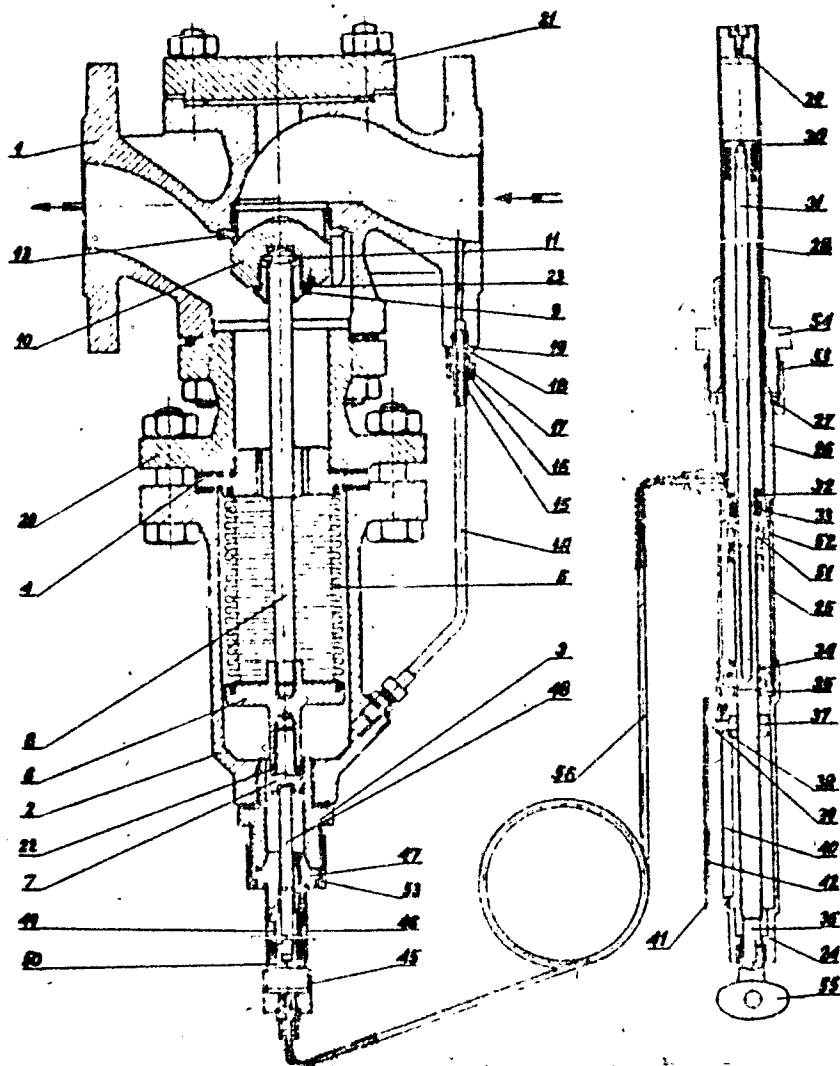
BR-T - regulator temperatury; BRW - regulator natężenia przepływu; BRC - regulator ciśnienia;  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  i  $P_3$  - ciśnienie statyczne; T - temperatura c.w.g.

gulowanego, tj. rozszerzenia i sprężania cieczy termometrycznej na skutek przyrostu temperatury c.w.g., w której zanurzony został czujnik regulatora. Energia ta zostaje zużyta na pokonanie sprężystości mieszka siłownika, i mieszka odciążający grzybek, odciążający zaworu oraz parcia nie pełni odciążonego grzybka przy domknięciu zaworu.

Przy spadku temperatury c.w.g. ciecz termometryczna w czujniku się kurczy, popychacz siłownika się cofa, a za nim nadąża grzybek zaworu, odciągany od gniazda siłą sprężystości mieszka odciążającego oraz parciem nie w pełni odciążonego grzybka.

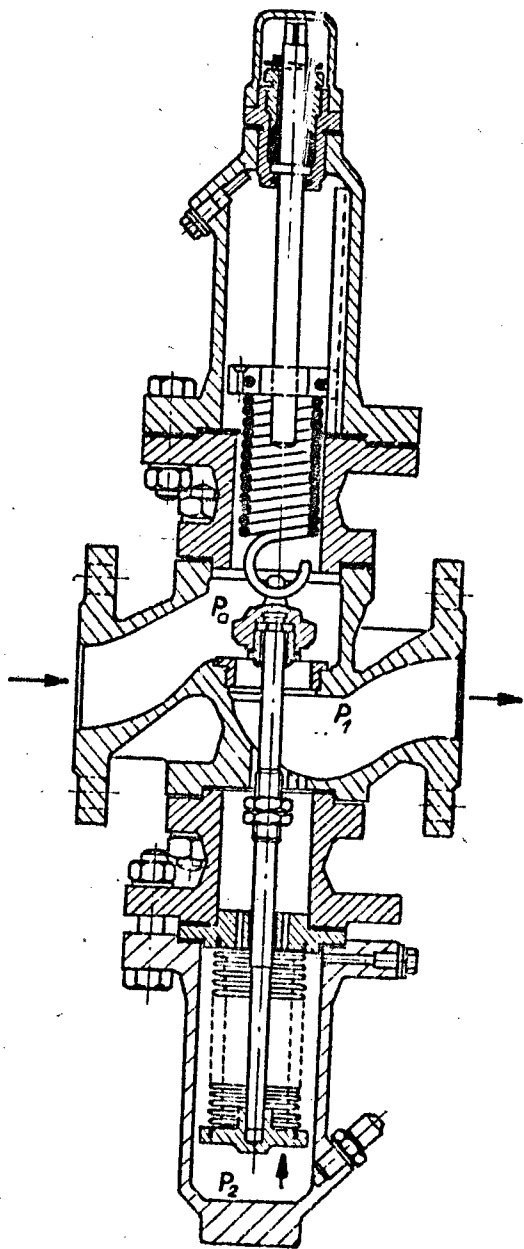
Jako ciecz termometryczną zastosowano toluen. Zmiany punktu pracy regulatora dokonuje się przez zwiększenie lub zmniejszenie objętości komory termometrycznej czujnika w wyniku zmiany długości mieszka zamykającego komorę termometryczną, ponad kapilarą, za pośrednictwem śruby i nakrętki regulacyjnej /poz. 31 i 36 na rys. 4/. Zakres regulacji punktu pracy regulatora w przedstawionym wykonaniu wynosi od  $30 \pm 100^\circ\text{C}$ .

Do zabezpieczenia przed przeciążeniem mieszek układu termometrycznego czujnika służy sprężyna dociskająca określoną siłą nakrętkę regulacyjną do łożyska oporowego kulkowego /poz. 51 i 52/. Prototypy tych regulatorów w typoszeregu od  $\phi 25 \div 50$  mm, tak jednokomorowe jak i dwudrogowych zostały przebadane laboratoryjnie, a uzyskane wyniki w zasadzie potwierdziły założenia projektowe. Jednak dla pełnej oceny ich użyteczności potrzebne są wyniki badań trwałości, których prowadzenie podczas pracy w warunkach eksploatacyjnych rozciągnęłoby się na lata. Toteż niezależnie od badań eksploatacyjnych na kilku obiektach prowadzi się równoległe przyspieszone badania zmęczeniowe na stanowiskach laboratoryjnych, o czym informują w swych artykułach mgr inż. M. Sikorski i mgr inż. J. Kwapisz.

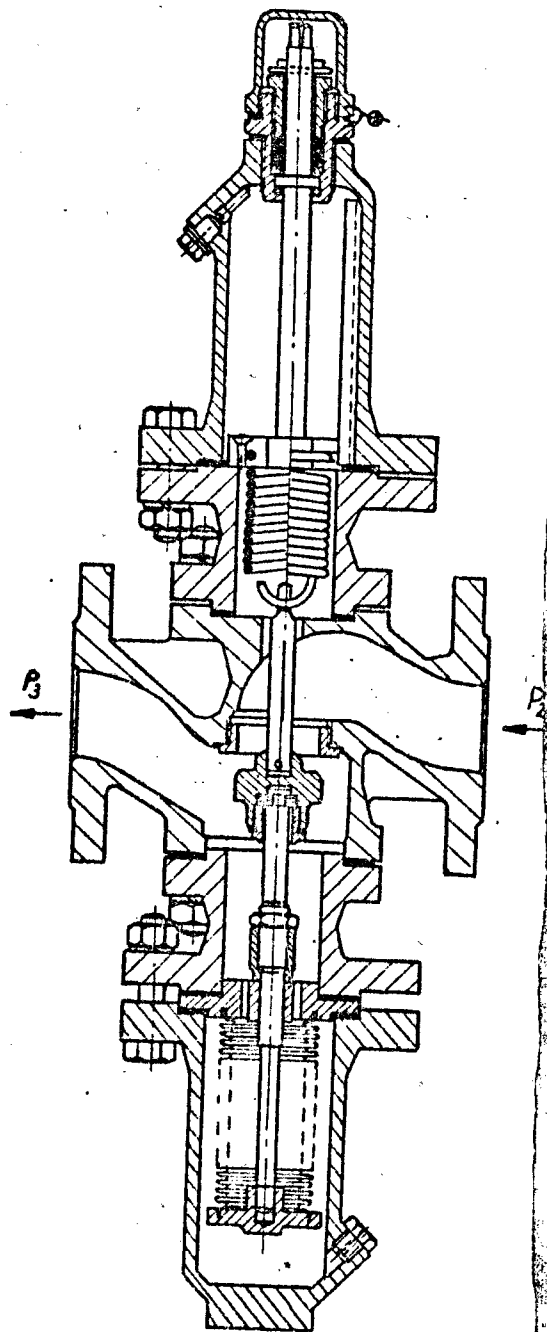


Rys. 4. Jednoodrogowy zawór termoregulacyjny D<sub>n</sub> - 50

1 - korpus zaworu, 2 - kołpak, 3 - śruba redukcyjna, 4 - tuleja prowadząca, 5 - worek sprężysty, 6 - dno worka sprężystego, 7 - śruba regulacyjna, 8 - wrzeciono, 9 - śruba osadczą, 10 - grzybek, 11 - półpięścień osadczą, 13 - tuleja uszczelniająca, 14 - rurka  $\varnothing$  8 x 1,5x205, 15 - nasadka, 16 - nakrętka złączona, 17 - uszczelnienie, 18 - śruba dwustronna redukcyjna, 19 - uszczelnienie, 20 - króciec drogi bocznej, 21 - pokrywa, 22 - przeciwnakrętka, 23 - podkładka odginacza, 24 - głowica nastawnika, 25 - tuleja, 26 - korpus czujnika, 27 - pierścień zaporowy, 28 - płaszcz czujnika, 29 - dno czujnika, 30 - tłok czujnika, 31 - drążek tłokowy czujnika, 32 - worek czujnika, 33 - wieko czujnika, 34 - sprężyna, 35 - gniazdo sprężyny, 36 - wrzeciono nastawnika, 37 - nakrętka nastawnika, 38 - kamień nastawnika, 39 - wskazówka nastawnika, 40 - tarcza z podziałką, 41 - ramka, 42 - szybka, 45 - pokrywa popychacza, 46 - płaszcz popychacza, 47 - dno popychacza, 48 - drążek tłokowy popychacza, 49 - worek popychacza, 50 - tłok popychacza, 51 - tuleja łożyska oporowego, 52 - kulki łączne, 53 - nakrętka złączna, 54 - śruba dwustronna redukcji, 55 - klucz nastawnika, 56 - rurka kapilarna.



Rys. 5. Regulator natężenia przepływu bezpośredniego działania /BRW/



Rys. 6. Regulator ciśnienia prz. sobą "bezpośredniego działania /

Na podstawie dotychczasowych wyników badań można stwierdzić, że:

- problemy trwałości regulatora koncentrują się na jego czujniku termometrycznym i wiążą się ściśle z problemem utrzymania szczelności,
- na trwałość czujnika, oprócz staranności wykonania warsztatowego, bardzo istotny wpływ posiada stopień obciążenia jego mieszek sprężystych, określony wypadkową stosunków:

$$k_p = \frac{p_r}{p_{\max}} < 1 \quad \text{i} \quad k_h = \frac{h_r}{h_{\max}} < 1$$

gdzie:

- $p_r$  - robocze ciśnienie w komorze termometrycznej czujnika, działające na mieszek,
- $p_{\max}$  - maksymalne ciśnienie wewnętrzne dopuszczalne dla mieszka /podaje producent/,
- $h_r$  - maksymalne robocze ugięcie fali mieszka w komorze siłownika,
- $h_{\max}$  - maksymalne dopuszczalne ugięcie fali mieszka podane przez ich producenta.

Spośród w/w 4-ch parametrów największe ograniczenia przyniosły konstruktorowi 2 pierwsze. Ponieważ przemysł krajowy nie produkował wówczas tego typu mieszek z konieczności trzeba było oprzeć się na mieszkach produkcji firm zachodnich, o parametrach niższych, uniemożliwiających obniżenie współczynnika  $k_p$  dla wymaganej wartości  $p_r$ . Stąd ze względu na występującą szeroką rozpiętość panujących warunków ciśnieniowych wykonane przez nas czujniki mają ograniczony zakres stosowania. Ponadto powszechne stosowanie wymienników przeciwprądowych o bardzo małej pojemności wodnej w stosunku do wydajności cieplnej powoduje, że nie zawsze czujnik nadąża reagować za zmianami temperatury regulowanej i występuje często przegrzewanie czujników prowadzące do przeciążania układu termometrycznego.

Zjawiska te zupełnie nie występują, jeżeli instalacja zapewnia:

- mniej dynamiczne zmiany poboru c.w.g., np. tłumione poprzez zasobnik albo
- utrzymanie chociażby minimalnego przepływu c.w.g. przez wymiennik /np.: poprzez czynną cyrkulację/.

Próbujemy je usunąć również przez zastosowanie uszczelnienia gumowego na grzybku, celem zmniejszenia wymaganych nacisków na powierzchniach uszczelniających lub przez zastosowanie odpowiednio wyprofilowanego grzybka, umożliwiającego zmniejszenie przepływu czynnika grzejącego w końcowej fazie zamykania zaworu termoregulatora, licząc się przy tym ze zwiększeniem obszaru proporcjonalności jego pracy.

Jak już wspomniano wyżej, trwałość czujnika zależy również od jakości wykonania warsztatowego, a ta znowu w dużej mierze od przyjętej technologii. W tej grupie problemów na czoło wysuwa się problem trwałej szczelności połączeń lutowanych i gwintowanych układu termometrycznego czujnika, który można sprowadzić do zagadnień:

- minimalizacji ilości połączeń lutowanych,
- technologii ich wykonania,
- międzyoperacyjnej kontroli poprawności wykonania,
- korozji mieszków sprężystych na skutek oddziaływania materiałów stosowanych dla przygotowania powierzchni do lutowania,
- materiału na uszczelnienia.

Obecnie na podstawie doświadczeń warsztatowych widzimy możliwość zmniejszenia ogólnej liczby połączeń, w szeregu połączeniach zmiany lutowia a nawet wprowadzenia klejów typu epidian.

Szczególną trudność widzimy w rozwiązaniu międzyoperacyjnej kontroli warsztatowej dla sprawdzenia szczelności połączeń. Obecnie praktycznie poprawność wykonania połączeń sprawdzamy dopiero po montażu całego czujnika i napełnieniu cieczą termometryczną, poddając go próbie na stanowisku badawczym dla badań zmęczeniowych.

Oprócz opisanych wyżej regulatorów temperatury w 1962 r. opracowano w SPEC prototypy samoczynnego regulatora natężenia przepływu /rys. 5/ i regulatora ciśnienia przed sobą /rys. 6/, na bazie tych samych elementów konstrukcyjnych, uzyskując w ten sposób dużą unifikację rodziny regulatorów.

Działanie przedstawionego tu regulatora natężenia przepływu zamontowanego w węźle cieplnym budynku podłączonego do sieci ciepłowniczej, jak pokazano na rys. 2 i 3, polega na uzależnieniu stopnia otwarcia zaworu regulatora od oporu hydraulicznego przepływu przez instalację czynnika regulowanego, względnie od ustawionej za regulatorem przegrody spiętrzającej, ponieważ od strony wlotu do zaworu jest on odciążony całkowicie. Wypadkowa siła od ciśnień działających na grzybek i mieszek sprężysty jest równoważona napięciem wstępnym sprężyny i mieszka sprężystego.

Działanie regulatora ciśnienia /jego usytuowanie na węźle cieplnym podają schematy na rys. 2 i 3/ uzależnione jest od ciśnienia przed regulatorem, ponieważ grzybek od strony wylotu jest całkowicie odciążony mieszkem sprężystym, na który z zewnątrz oddziałuje stałe ciśnienie otoczenia.

Uzyskane charakterystyki pracy prototypów tych regulatorów są na tyle korzystniejsze od analogicznych regulatorów konstrukcji ZAP w Ostrowiu Wlkp. że zachęcają do prowadzenia dalszych prac nad wdrożeniem ich do produkcji. I tak np. w regulatorach BRC - ZAP obszar proporcjonalności wynosi zależnie od średnicy regulatora od 300 ± 40%, gdy w regulatorze prototypowym SPEC obszar ten wynosi 12,5%.

W regulatorach tych zasadniczym problemem technologicznym była dotąd trudność należytego dotarcia powierzchni uszczelniających zespołu gniazda - grzybek w układzie metal - metal. Po wprowadzeniu na grzybku uszczelnienia z gumy odpornej na działanie wysokich temperatur zawory wykazały całkowitą szczelność. Należy jednak zaznaczyć, że za wcześnie jest jeszcze na wnioski o trwałości gumy użytej do tego uszczelnienia.

### W n i o s k i

1. Ogólny wniosek wynikający z dotychczasowych prac nad regulatorami dla potrzeb ciepłownictwa sprowadza się do tego, że o ile opracowywanie pierwszej wersji konstrukcyjnej regulatorów następowało szybko, to czas kolejnych faz realizacji konstrukcji bardzo się wydłużał, powodując tym samym zestarzenie konstrukcji przed jej przygotowaniem do wdrożenia.

Trzeba stwierdzić, że dotąd nie było dostatecznego zainteresowania tą tematyką przemysłu, a prace podejmowane były raczej amatorsko. Na dobre wyniki można liczyć wówczas, gdy nastąpi jak najdalej idąca koncentracja wysiłków przy wszystkich fazach realizacji konstrukcji. Każda bardziej złożona konstrukcja zawsze będzie nastroczać szereg problemów technologicznych, których szybkie rozwiązanie w szerszym zespole fachowców daje szanse wdrożenia danej konstrukcji.

2. Spośród omówionych wyżej regulatorów ciepłownictwo najdotkliwiej odczuwa brak regulatorów temperatury c.w.g. Prezentowane tu rozwiązania regulatorów bezpośredniego działania uzależnione są od dostawy mieszeków sprężystych do czujników. Wydaje się za celowe podjęcie produkcji tych mieszeków przez przemysł krajowy, tym bardziej, że zapotrzebowanie na nie istnieje również i poza dziedziną automatyki.