

Paweł GLEŃ

BADANIA LABORATORYJNE ZMODERNIZOWANEGO REGULATORA PRZEPIYU 2FRM-16 STOSOWANEGO W PRZEMYŚLE

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych, których zadaniem było sprawdzenie poprawności działania utworzonego modelu komputerowego opisanego w artykule pod tytułem „Badania symulacyjne modernizowanego regulatora przepływu 2FRM-16” oraz weryfikacji konstrukcji regulatora 2FRM-16. Na podstawie badań modelowych (symulacyjnych) opracowana została konstrukcja elementów oraz wyznaczono parametry regulatora. Wykonane na podstawie dokumentacji technicznej elementy konstrukcyjne zostały zamontowane w korpusie seryjnego regulatora oraz przebadane.

Słowa kluczowe: ciśnienie sterujące, natężenie przepływu, charakterystyka statyczna, zawory hydrauliczne.

1. WPROWADZENIE

W technice regulacyjnej a dokładniej w technice sterowania przepływem medium, występuje szeroki wachlarz stosowanych urządzeń i elementów. Obiektem niniejszych badań jest regulator przepływu 2FRM-16 o maksymalnym natężeniu przepływu $100\text{dm}^3/\text{min}$. Takie regulatory pozwalają stabilizować na przykład prędkość silnika hydraulicznego, niezależnie od zakłóceń wynikających ze zmian obciążenia silnika lub pompy. Omawiany regulator przepływu jest dwudrogowym, nastawnym zaworem sterującym natężeniem przepływu. Regulatory takie są stosowane m.in. w wyrobie MS-20 (Most Samochodowy) do stabilizowania przepływu oleju w układzie hydraulicznym rozkładania przęsła mostu.



Rys. 1. Przykłady regulatorów przepływu serii 2FRM... [3]

Do grupy zaworów sterujących natężeniem przepływu zalicza się także synchronizatory, których zadaniem jest podział strumienia zasilającego, w określonym stosunku - na dwa równocześnie pracujące, różnie obciążone odbiorniki.

Obecnie dzięki zaawansowanym sterowaniom elektroniczno-hydraulicznym, synchronizatory nazywane również dzielnikami strumienia, wychodzą z praktycznego użycia [1].

2. ISTOTA DZIAŁANIA REGULATORA PRZEPIYWU

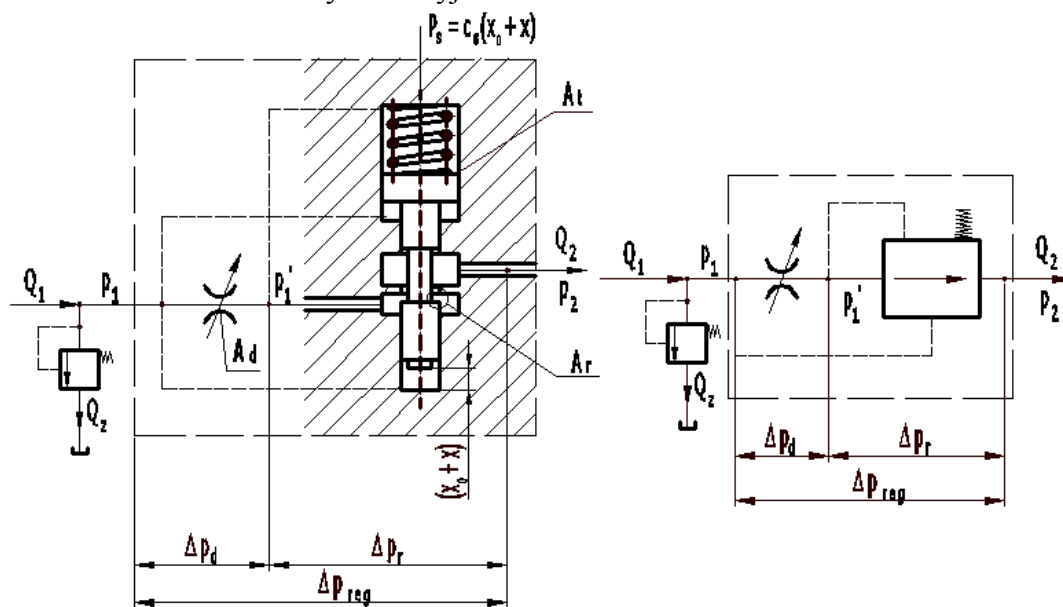
W każdym nastawnym regulatorze można wyróżnić dwa współpracujące zawory:
 - zawór dławiący zasadniczy (dławik), nastawiany na żądany przepływ (nastawa może być wykonywana ręcznie lub zdalnie),
 - zawór dławiący pomocniczy – zwany różnicowym, którego zadaniem jest kompensacja zmian ciśnienia za zaworem, tak aby utrzymać stały wydatek Q_2 (rys.2). Tym sposobem następuje stabilizacja pracy odbiornika (np. silnika hydraulicznego).

Działanie regulatora przepływu polega na utrzymaniu z jak największą dokładnością nastawionego przepływu cieczy. Dokonać tego można wbudowując w układ zawór różnicowy, który będzie utrzymywał stały spadek ciśnienia na dławiku. Stabilizowanie wydatku następuje przez utrzymanie stałego spadku ciśnienia na dławiku, bez względu na zmiany ciśnienia przed odbiornikiem (obciążeniu odbiornika).

2.1. Przypadki usytuowania zaworów dławiącego i różnicowego

W praktycznych zastosowaniach regulatory przepływu wykorzystywane w napędach hydraulicznych mogą być usytuowane w dwojaki sposób.

Pierwsze rozwiązanie, którego schemat przedstawiony jest na rysunku 2 przedstawia regulator z zaworem różnicowym na wyjściu.

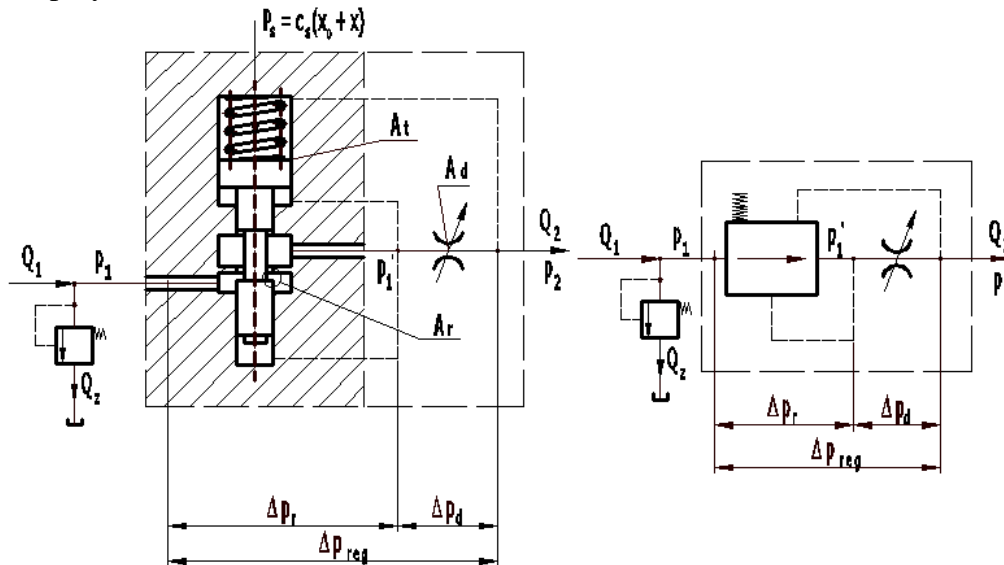


Rys. 2. Dwudrogowy regulator przepływu z zaworem różnicowym na wyjściu [2]

W rozwiązaniu tym stałe ciśnienie p_1 , utrzymywane przez zawór przelewowy doprowadzane jest do zaworu dławiącego. Natomiast zawór różnicowy utrzymuje stałą wartość ciśnienia p_1' za dławikiem, niezależnie od zmian ciśnienia p_2 za regulatorem przepływu. Układy tego typu cechuje niewrażliwość na zakłócenia pochodzące od zjawisk cieplnych, ponieważ na temperaturę cieczy doprowadzanej do zaworu dławiącego nie wpływają zmiany ciśnienia p_2 .

Rozwiązania te stosuje się w przypadku, kiedy regulator pracuje przy znacznych wahaniami ciśnienia p_1 przed regulatorem.

Rysunek 3 przedstawia drugi sposób, w jaki można zabudować zawór różnicowy w układzie hydraulicznym. Niestety rozwiązanie to, polegające na odwrotnym zamontowaniu zaworu dławiącego i różnicowego, powoduje wzrost zakłóceń wynikające z występowania zjawisk cieplnych.



Rys. 3. Dwudrogowy regulator przepływu z zaworem różnicowym na wejściu [2]

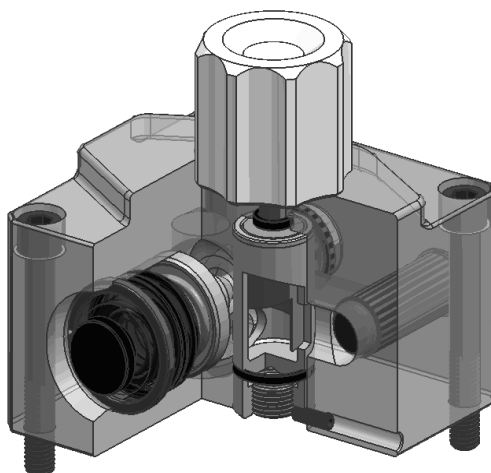
Olej rozgrzany przez dławienie w zaworze różnicowym wpływa do dławika, w którym zmiana lepkości oleju powoduje zmiany w natężeniu przepływu, również przy stałym spadku ciśnienia na dławiku Δp_d . Tego typu rozmieszczenie zaworów dławiącego i różnicowego sprawdza się bardzo dobrze w sytuacji wahań ciśnienia p_2 za regulatorem.

3. BADANIA LABORATORYJNE

W trakcie badań modelowych należało dokonywać rejestracji wartości ciśnienia przed i za regulatorem, przemieszczenia liniowego tłoczka zaworu różnicowego oraz natężenia przepływu medium roboczego za regulatorem. W przypadku badań doświadczalnych na stanowisku dokonywano pomiarów ciśnienia na wejściu i wyjściu regulatora, natężenia przepływu medium na wyjściu regulatora, przemieszczenia tłoczka zaworu różnicowego oraz dodatkowo rejestrowana była wartość ciśnienia sterującego podawanego ze źródła zewnętrznego.

3.1. Cel badań

Celem badań była przede wszystkim modernizacja regulatora poprzez wprowadzenie hydraulicznego sposobu sterowania suwakiem zaworu różnicowego zamiast dotychczasowego mechanicznego (zestaw sprężyn). Wersja katalogowa regulatora 2FRH posiada wprawdzie hydrauliczny sposób sterowania jednak na stopniu dławiącym, natomiast opisana w tym artykule, nowatorska koncepcja sterowania hydraulicznego polega na zastosowaniu tego sterowania na stopniu zaworu różnicowego. Poprzez zastosowanie takiego rozwiązania możliwe było uzyskanie większego zakresu regulacji natężenia przepływu.

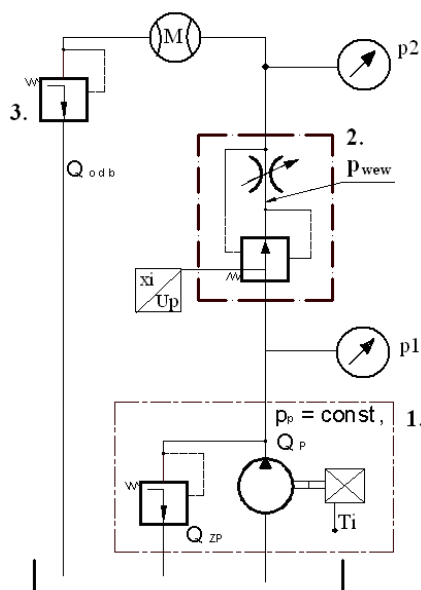


Rys. 4. Model fizyczny regulatora 2FRM-16 wykonany w programie Unigraphics NX 4.0

3.2. Układ pomiarowy dla badań doświadczalnych

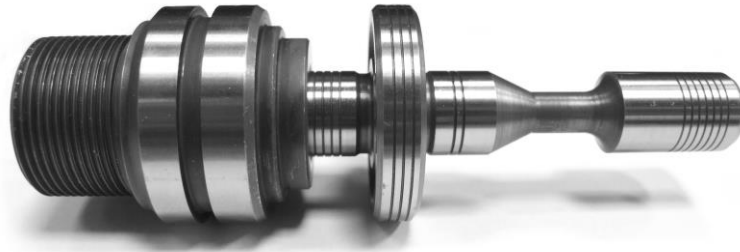
W skład układu pomiarowego stosowanego przy badaniach doświadczalnych wchodzi:

- tensometryczne czujniki ciśnienia p_1 , p_2 firmy Special Instrument;
- przepływomierz turbinowy PMB 60000;
- czujnik przemieszczenia IW18-03-01 128 firmy Hydronorma;
- czujnik ciśnienia sterującego;
- mostek tensometryczny HBM KWS 503C;
- karta pomiarowa Advantech CL818L.



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego dla badań laboratoryjnych

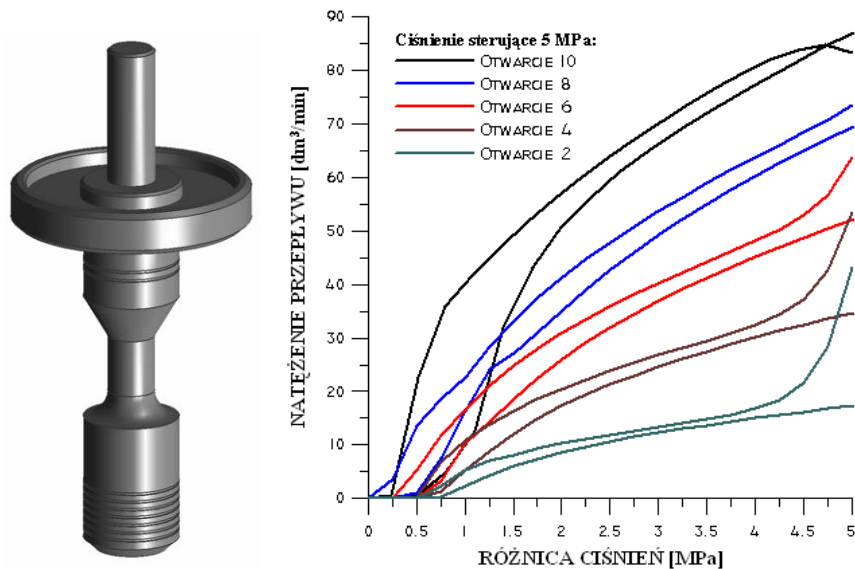
Dla realizacji podania ciśnienia sterującego do komory zaworu różnicowego, konieczne było przekonstruowanie modułu, w którym poprzednio montowane były sprężyny. Konstrukcję nowego modułu z możliwością podłączenia przewodu hydraulicznego w celu dostarczenia ciśnienia sterującego wraz z suwakiem zaworu różnicowego pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Widok fizycznego modelu suwaka i głowicy zaworu różnicowego

3.3. Wynikowe charakterystyki statyczne

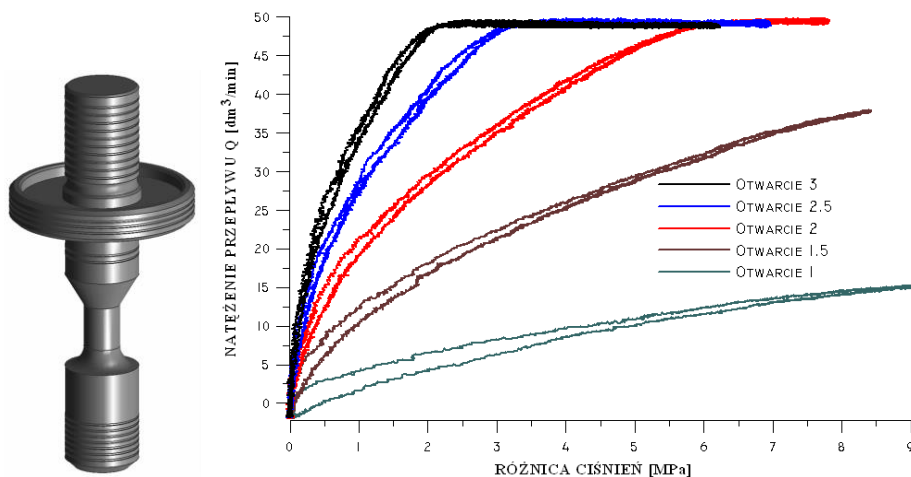
Modyfikacji w regulatorze przepływu poddany został zawór różnicowy. Analizowana w pracy modyfikacja regulatora przepływu typu 2FRM-16, polegała na zastąpieniu siły pochodzącej od układu dwóch sprężyn na siłę pochodzącą od dodatkowego, zewnętrznego ciśnienia sterującego pracą zaworu różnicowego. Rozwiązanie to wymagało wykonania nowej konstrukcji suwaka zaworu różnicowego, poprzez wprowadzenie dodatkowego trzpienia o przekroju kołowym $\varnothing 8$ [mm], na którego powierzchnię czołową działało ciśnienie sterujące o odpowiedniej wartości. Konstrukcję nowego suwaka oraz charakterystykę statyczną uzyskaną z pomiarów przedstawiono na rys.7.



Rys. 7. Konstrukcja suwaka zaworu różnicowego i charakterystyka statyczna w modyfikacji pierwotnej

Otrzymane ze zmodyfikowanego pierwotnie regulatora przepływu charakterystyki są znacznie nieliniowe, co znaczy, że regulator nie działa poprawnie (podobnie jak w modelu komputerowym) – jego zachowanie przypomina działanie zaworu dławiącego.

Ostatnim etapem było powiększenie średnicy trzpienia suwaka zaworu różnicowego na $\varnothing 16$ [mm], co spowodowało wyrównanie pól powierzchni suwaka. Dzięki temu nastąpiło zrównoważenie ciśnienia p_{wew} z ciśnieniem odbiornika p_{odb} czego wynikiem była prawidłowa praca zaworu różnicowego i w konsekwencji odpowiednia regulacja natężenia przepływu przy zmiennym obciążeniu. Przyjęta ostatecznie konstrukcja suwaka zaworu różnicowego oraz charakterystyka statyczna pokazane są na rys. 8.



Rys. 8. Konstrukcja i charakterystyka statyczna zmodernizowanego regulatora

Powyższa charakterystyka ze względu na dużą nieliniowość wymusiła dalsze prace nad zmodernizowanym regulatorem przepływu 2FRM-16, które dotyczyły badań dla innej pary głowicy i suwaka zaworu różnicowego.

4. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Dzięki zastosowaniu rozwiązania w postaci odpowiedniej konstrukcji suwaka zaworu różnicowego oraz zastąpienia siły pochodzącej od sprężyn siłą hydrostatyczną, możliwe jest uzyskanie bardzo dobrych własności regulacyjnych, czyli nastawionej, stałej wartości natężenia przepływu przy zmiennym obciążeniu.

Pomiar przemieszczenia suwaka zaworu różnicowego dokonywany był w celu zbadania jak zmienia się szczelina dławiąca pod wpływem zmian ciśnienia.

Na podstawie analizy charakterystyk statycznych oraz cech konstrukcyjnych modelowanego zaworu było możliwe wyznaczenie kierunku rozwoju, mającego na celu poprawę dokładności regulacji natężenia przepływu.

5. LITERATURA

- [1] Tomasiak E.: Napędy i sterowanie hydrauliczne i pneumatyczne. Gliwice 2001.
- [2] Stryczek S.: Napęd hydrostatyczny. Elementy. Tom I. WNT, Warszawa 1984,1995.
- [3] Katalog F.E.H. „PONAR-WADOWICE” S.A.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF MODERNIZED THE FLOW CONTROLLER 2FRM-16 APPLIED IN INDUSTRY

Abstract: In the paper the experimental research has been presented. The task of the research was a verification of correctness of operation of created computer model and verification of construction of regulator 2FRM-16. Construction of elements has been processed on basis of model research and parameters of regulators. The executed design elements have been installed on base of engineering documentation in serial body of regulator and they have been tested.

Key words: pressure control, flow rate, static characteristic, hydraulic valves.

Recenzent: Dr inż. Andrzej SZAFRANIEC