ENGINEERING
TOMORROW

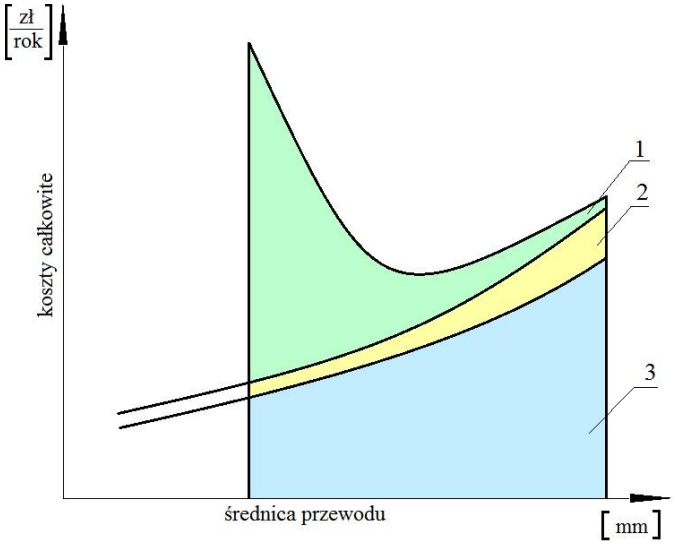
Korzyści płynące z zastosowania regulatorów **różnicy ciśnień dP** i **przepływu Q** w ciepłownictwie

www.danfoss.pl

Żyjemy w czasach, w których w każdej technologii poszukuje się rozwiązań energooszczędnych.

Gospodarka cieplna wykorzystywana do celów ogrzewania budynków, na potrzeby wentylacji i klimatyzacji oraz przygotowania CWU oparta na centralnej dystrybucji ciepła z sieci ciepłowniczych jest szczególnym obszarem wymagającym udoskonalania systemu.

Koszty dostawy ciepła w zależności od średnicy przewodu rozkładają się jak poniżej (przykład dla rur preizolowanych)



Całkowity koszt transportu ciepła w zależności od średnicy przewodu:
1 – koszt pompowania, 2 – koszt strat ciepła, 3 – koszt amortyzacji.
Źródło: J. Górecki „Sieci cieplne"

Z załączonego wykresu widać jak istotny wpływ na koszty dostawy mają przepływy limitujące wielkość przewodu, koszt pompowania, koszt strat ciepła oraz w przypadku nowych inwestycji koszt amortyzacji.

Wprowadzenie do umów o dostawę ciepła opłaty za gotowość dostawy od mocy zamówionej u części odbiorców ciepła wywołuje tendencję obniżania mocy zamówionej w celu obniżenia kosztów za zakupione ciepło. Zadaniem dostawcy ciepła jest zapewnienie prawidłowych dostaw ciepła do każdego użytkownika końcowego.
Zarówno dostawcę ciepła jak i odbiorcę ciepła interesuje dostarczenie/ pozyskanie ciepła w jak najbardziej ekonomiczny sposób a to prowadzi do stworzenia systemów ciepłowniczych jak najbardziej efektywnych.

Co rozumiemy przez system ciepłownicze wysokiej efektywności (w rozumieniu dystrybucja/ odbiór ciepła)

Jest to system, w którym:
- każdy odbiorca otrzyma tyle ciepła ile potrzebuje , nie więcej;
- strumień czynnika grzewczego w sieci ciepłowniczej będzie dostosowany do chwilowej mocy cieplnej zużycia ciepła w danym czasie przez odbiorców końcowych. To oznacza, że koszty pompowania czynnika będą możliwie najniższe;
- schłodzenie powracającego czynnika grzewczego będzie duże przy jednoczesnej możliwie niskiej temperaturze dostawy, dzięki czemu straty ciepła dystrybuowanego w sieci ciepłowniczej będą niskie;
- każdy odbiorca ciepła będzie miał zapewniony komfort tj. będzie utrzymana prawidłowa temperatury ogrzewania, CWU lub wentylacji.

Jak to zrobić?
Z pewnością ten cel jest bardzo złożony i wymaga wielu działań aby osiągnąć optymalne i ekonomiczne działanie sieci ciepłowniczej. Jest to wyzwanie dla projektantów poczynając od prawidłowego bilansu zapotrzebowania ciepła oraz prawidłowego doboru układu technologicznego, działów inwestycyjnych sieci ciepłowniczej w zakresie modernizacji i wyposażenia sieci ciepłowniczych w odpowiednią armaturę (odcinającą, zabezpieczającą, regulacyjną i pomiarową), dopasowanie do zmiennych warunków pracy sieci ciepłowniczej pomp z możliwością wyboru /zmiany parametrów pracy, prawidłowym ustawieniem charakterystyk regulacji dla sieci. Od strony użytkownika końcowego jest to właściwy dobór technologii węzła cieplnego z wyposażeniem w urządzenia automatycznej regulacji gwarantujących uzyskanie oczekiwanego komfortu cieplnego.

Obecnie powszechne stosowanie zaawansowanych elektronicznych regulatorów temperatury w węzłach cieplnych powoduje to, że w sieci ciepłowniczej mamy regulację jakościowo – ilościową. To wiąże się z dużą zmiennością ciśnień i przepływów w sieci ciepłowniczej. Wahania ciśnień i przepływów są to czynniki , które stanowią zakłócenia dla układów regulacji w węzłach cieplnych, które utrudniają utrzymanie prawidłowej i efektywnej regulacji regulowanych instalacji.

Jak nad tym zapanować?
Do wyregulowania hydraulicznego sieci ciepłowniczej oraz węzłów cieplnych wskazane jest zastosowanie regulatorów różnicy ciśnień i regulatorów przepływu.

Dla zobrazowania możliwości oddziaływania tych komponentów na stabilizację regulacji układów ciepłowniczych Danfoss przygotował zamknięty układ symulujący pracę sieci i węzłów cieplnych Demo Panel. Demo Panel umożliwia porównanie pracy układu regulowanego w takich samych warunkach przy różnym wyposażeniu układu w automatykę ciepłowniczą.

Schemat technologiczny Demo Panela z zaznaczonym wariantem wyboru wyposażenia w automatykę do testowania możliwości regulacyjnych.

Demo Panel wyposażony jest w 2 bloki układów podłączone równolegle do instalacji rozprowadzającej, symulującej pracę sieci ciepłowniczej.

Każdy z tych bloków posiada do wyboru 3 układy z opcjonalnym wyposażeniem w komponenty automatyki ciepłowniczej.

Warianty komponentów w układzie to:
- zawór regulacyjny VM2 DN15/ kvs=1,6 z siłownikiem AME 33 ze sterowaniem sygnałem analogowym oraz zaworem równoważącym MSV-B DN15 / kvs=2,5
- zawór regulacyjny VM2 DN15/ kvs=4 z regulatorem różnicy ciśnień AVP DN15/ kvs=2,5 m3/h z siłownikiem AME 33 ze sterowaniem sygnałem analogowym
- regulator z siłownikiem elektrycznym AME33 ze zintegrowanym ogranicznikiem przepływu AVQM DN15/kvs=4

Układ wyposażony jest w 5 przetworników ciśnienia różnicowego, a na każdym z 2 bloków na rurociągach powrotnych zainstalowane są 2 przetworniki przepływu.

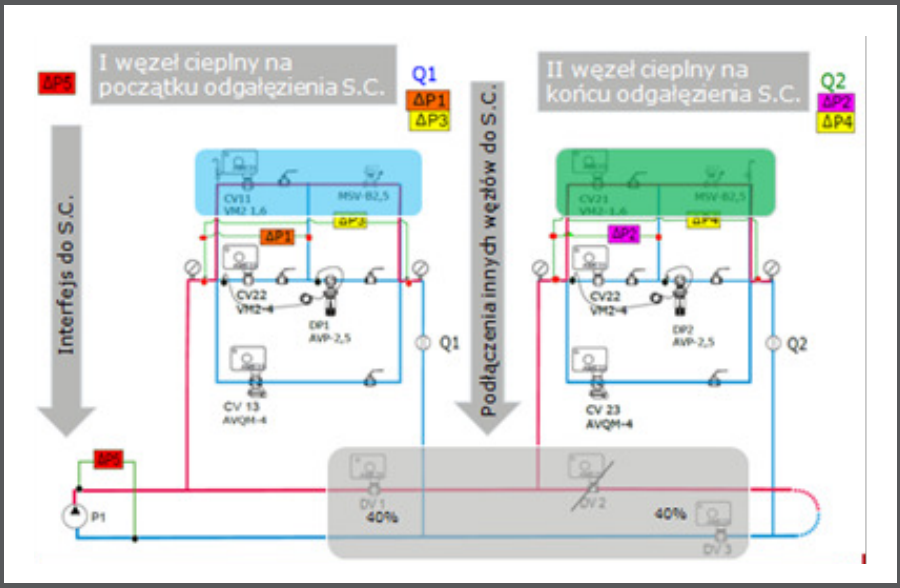
Pompa obiegowa P1wyposażona w przetwornicę częstotliwości pozwala zasymulować pracę sieci ciepłowniczej przy zmiennych przepływach i zmiennej wysokości podnoszenia.

Cały układ jest regulowany regulatorem proporcjonalno całkująco różniczkującym PID.

Symulacja pracy sieci ciepłowniczej z podłączonymi do niej dwoma odbiorcami ciepła odbiorca I (zlokalizowany na początku sieci) i odbiorca II (zlokalizowany na końcu sieci) oraz symulacją wpływu odbioru ciepła przez innych odbiorców zlokalizowanymi pomiędzy nimi umożliwia:

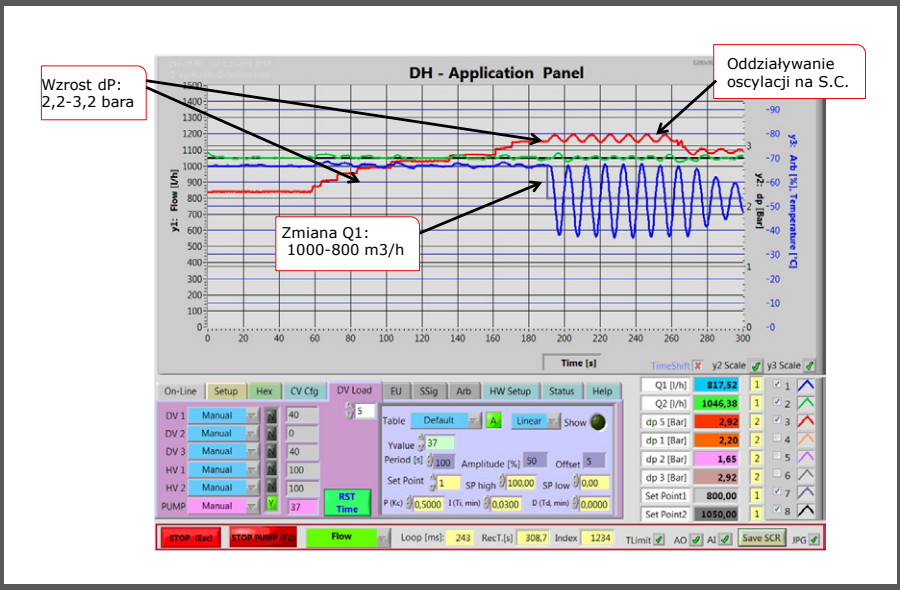
– pokazanie zjawiska powstawania oscylacji regulowanego układu z zakłóceń płynących z układów regulowanych jak i również zakłóceń płynących z dynamiki pracy sieci ciepłowniczej;
– zrozumienie zależności stabilnej pracy układu od sposobu doboru komponentów, oceny możliwości regulacyjności poszczególnych komponentów;
– pokazanie skutków pracy w rzeczywistych warunkach pracy układu w odniesieniu do warunków obliczeniowych,
– pokazanie wagi wprowadzenia prawidłowych nastaw dynamicznych w regulatorach elektronicznych wpływających na stabilność regulowanego układu oraz wpływ regulatorów różnicy ciśnień na prawidłowe dopasowanie tych nastaw.

Celem tych symulacji jest poznanie warunków pracy sieci ciepłowniczej, rozpoznanie zagrożeń powstawania niestabilnej regulacji układów ciepłowniczych i wyeliminowanie tych zagrożeń poprzez wybór odpowiednich komponentów automatyki ciepłowniczej. Na zamieszczonym poniżej wykresie przedstawiona jest praca 2 układów wyposażonych w zawory regulacyjne z siłownikami oraz zaworem równoważącym MSV-B. Siłowniki elektryczne sterowane są regulatorem PID.



Przykład odgałęzienia sieci S.C.

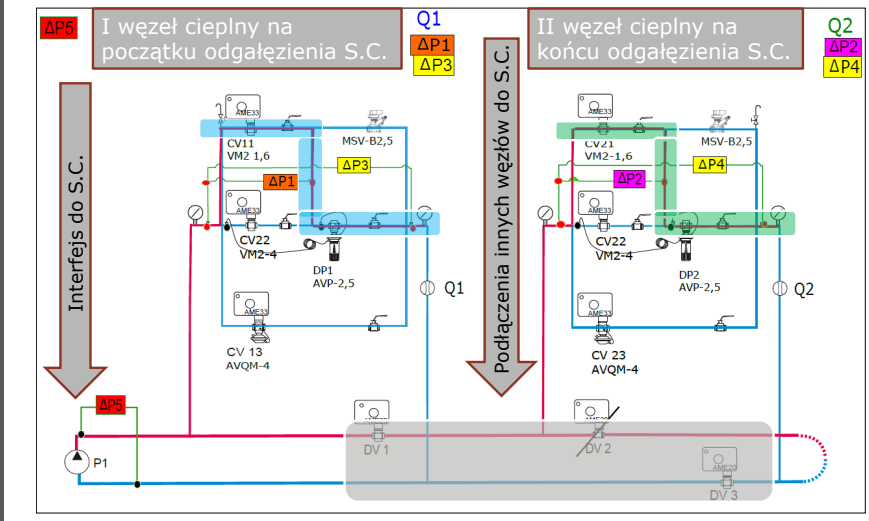
Pracując z Demo Panelem łatwo możemy zaobserwować, że warunki pracy układu ze stale rosnącym ciśnieniem w sieci rozprowadzającej (linia czerwona) regulowane przepływy Q2 (linia zielona) i Q1 (linia niebieska) są utrzymywany na stałym zadanym poziomie, ale tylko do czasu. Warunki tej pracy są bardzo niestabilne i obniżenie wymaganego przepływu Q1 wywołuje oscylacje w obiegu I. Oscylacje te również przenoszą się na ciśnienie w sieci rozprowadzającej. Z tak dynamicznie zmieniającymi się warunkami pracy układów mamy do czynienia np. w układach z obiegami ciepłej wody użytkowe jak i innymi gdzie mogą występować nagłe zmiany zapotrzebowania ciepła.



Porównanie pracy węzła przy równoważeniu balansowym i automatycznym – praca z reg. na MSV-B

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem dla tych układów jest wyposażenie w regulatory różnicy ciśnień.
W tym wypadku są to regulatory AVP uniezależniające pracę zaworów regulacyjnych od zmienności ciśnień w sieci oraz podwyższające autorytet zaworów regulacyjnych.

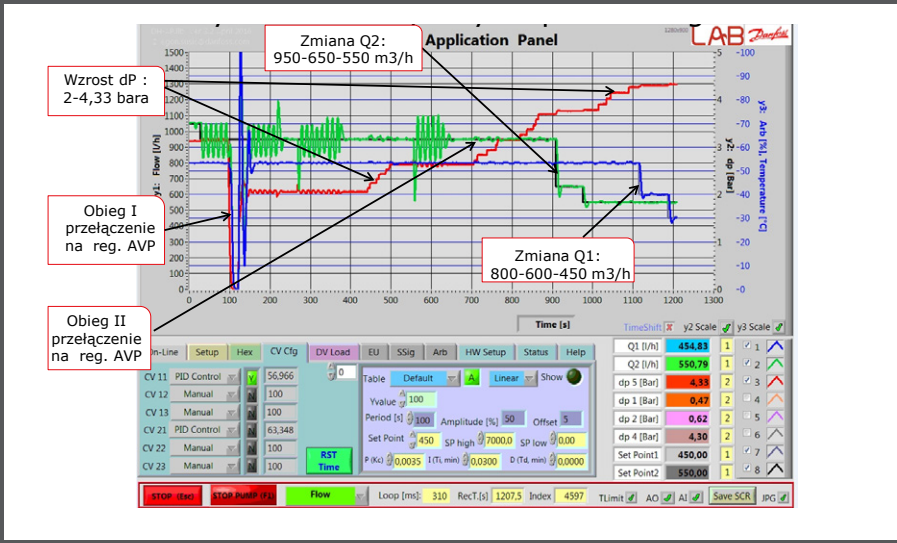
Zamieszczony obok schemat technologiczny z zaznaczonym wyborem komponentów automatyki na które składają się w każdym z obiegów zawór regulacyjnyVM2 z siłownikiem oraz regulator różnicy ciśnień AVP utrzymujący na tym zaworze VM2 stałą dyspozycję ciśnieniową ΔP.



Przykład odgałęzienia sieci S.C.

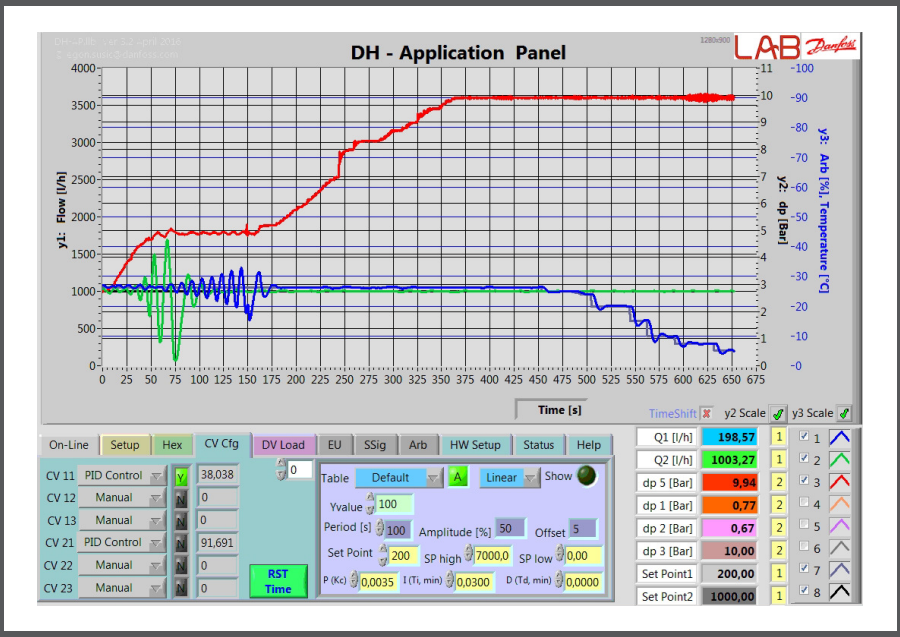
Obok zamieszczony 2 wykresy parametrów pracy regulowanych układów.

Pierwszy przykład.
Początkowa praca układów przy zrównoważeniu hydraulicznym zaworami równoważącymi MSV-B. Pompą P1 zostało podwyższone ciśnienie dyspozycyjne od wartości 2 do 4,33 bara. W chwili pojawienia się oscylacji w kolejności ze stanów pracy niestabilnej układy w obiegu I a następnie w obiegu II został przełączone na regulację z regulatorami AVP. Oscylacje zostały natychmiast wytłumione i układy powróciły do stabilnej regulacji.



Porównanie pracy węzła przy równoważeniu balansowym i automatycznym – praca z reg. na AVP

Drugi przykład.
Układy z równoważeniem hydraulicznym regulatorami AVP. Pompą P1 zostało podwyższone ciśnienie dyspozycyjne od wartości 3 do 10 bar z utrzymaniem stabilnej pracy w obydwu regulowanych układach . Przy tak restrykcyjnych warunkach pracy jak widać na wykresie układ w obiegu I był w stanie w sposób stabilny wyregulować przepływy od wartości początkowej 1000 l/h do 198 l/h (linia niebieska).



Porównanie pracy węzła przy równoważeniu balansowym i automatycznym – praca z reg. na AVP

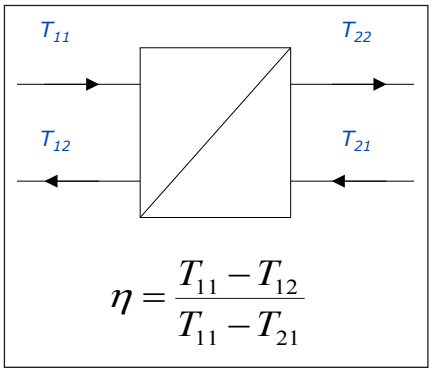
Oczywiście każdy z regulatorów automatyki ciepłowniczej powinien być dobrany na skrajne warunki w jakich może pracować z uwzględnieniem ograniczeń wynikających z zagrożeń zjawiskiem kawitacji , hałasu oraz prędkości na króćcach wlotowych. Przy doborach musimy pamiętać o sprawdzeniach przy różnych natężeniach przepływu wynikających z parametrów pracy dla okresu letniego i zimowego oraz różnych dyspozycjach ciśnienia.

Do tej pory skoncentrowaliśmy się na regulacji przepływu, ale naszym celem w regulowanych układach jest utrzymanie komfortu regulowanej temperatury, która jest wprost proporcjonalna do przepływu czynnika grzewczego po stronie sieciowej.

Jak widać z poniżej zamieszczonej formuły na moc cieplną wyzwanie aby utrzymać stabilną regulację CWU przy dynamicznych zmianach zużycia ciepłej wody użytkowej w warunkach zimowych, gdzie woda sieciowa ma wysoką temperaturę zasilania jeszcze bardziej wpływa na potrzebę dobrej regulacji przepływu .

Zgodnie z zasadą termodynamiki moc ciepła wyraża wzór:

$$\Phi = m * Cp * \Delta T$$



gdzie :
Φ = Moc cieplna w kW
m = Przepływ masowy kg/s
ΔT = Różnica temperatur oC

Takie same odchyłki przepływu wody sieciowej zimą powodują dużo większe odchyłki regulowanej temperatury CWU niż te same odchyłki przepływu wody sieciowej dla parametrów letnich. Charakterystyka wymiennika jest bardziej zbliżona do zakresu charakterystyk ogrzewania gdzie przy mniejszym stopniu otwarcia zaworu jest większy transfer ciepła ponieważ sprawność wymiennika jest zależna od temperatur szczególnie proporcji T12 do T21

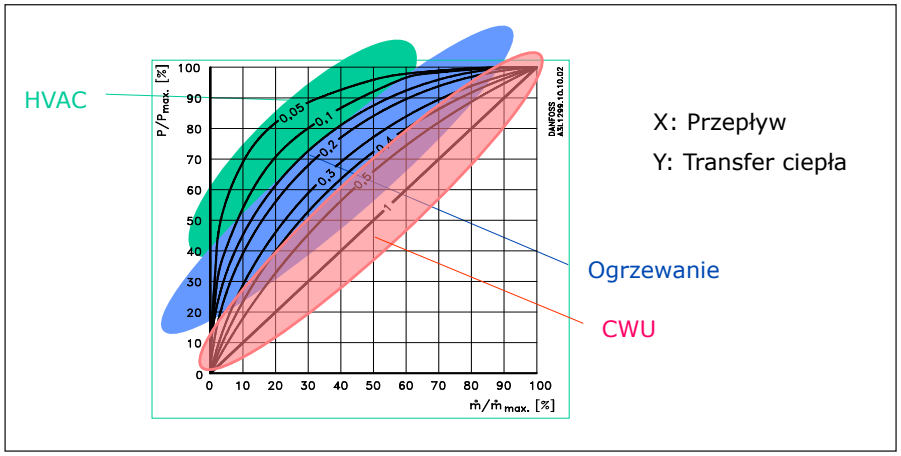
Efektem złego wyregulowania przepływu są:

– duże odchyłki temperatury regulowanej czynnika podgrzewanego;
– wysoka temperatura czynnika grzewczego powracającego do sieci ciepłowniczej;
– podwyższone przepływy w sieci ciepłowniczej.

Przypomnijmy, naszym celem jest wyregulowanie sieci ciepłowniczej i węzłów cieplnych z zapewnieniem najwyższej efektywności pracy układów a to się przekłada na jak najniższe koszty eksploatacyjne.

Zapewnienie prawidłowych (mniejszych) przepływów przy jednoczesnym zagwarantowaniu wymaganych dostaw ciepła do poszczególnych odbiorców oznacza:

– niższe opory ciśnienia w sieci ciepłowniczej a to wiąże się z niższym poziomem ciśnienia pompowania tj. niższymi kosztami energii elektrycznej pracy pomp;
– obniżeniem zagrożenia awariami dla rurociągach i komponentów pracujących na sieci i w węzłach cieplnych;
– niższymi stratami ciepła w sieci dystrybucji (niższe temperatury powrotu w sieci ciepłowniczej , jak również utrzymanie temperatury zasilania na jak najniższym poziomie – wyeliminowanie konieczności podwyższania temperatury zasilania w celu zapewnienia dostawy ciepła w przypadku zbyt małego przepływu);
– niższe koszty serwisowania dystrybucji ciepła, łatwiejsze kontrolowanie dyspozycji ciśnieniowej w magistrali dystrybucji wyznaczane przez punktach krytycznych najbardziej wymagającego odbiorcy końcowego;
– niższe koszty energii elektrycznej pracy siłowników na zaworach regulacyjnych w węzłach (szybkie osiąganie wymaganego poziomu otwarcia zaworu, wyeliminowanie stanów pracy niestabilnej);
– przedłużenie żywotności komponentów automatyki w węzłach (zaworów regulacyjnych, siłowników);
– zapewnienie wymaganej temperatury komfortu.



Do osiągnięcia tego celu firma Danfoss oferuje paletę regulatorów, w której są regulatory typu różnicy ciśnień AVP i AFP/VFG2, regulatory ograniczenia przepływu AVQ i AFQ/VFG2 oraz AVQM i AFQM regulatory ograniczenia przepływu ze zintegrowanym zaworem regulacyjnym, a także regulatory kompaktowe różnicy ciśnień z ograniczeniem przepływu oraz regulatory różnicy ciśnień i przepływu typu AVPB, AFPB/VFQ2 , AVPQ i FPQ/VFQ2.

Zastosowanie tych regulatorów z wykorzystaniem prawidłowych zasad doboru zapewni prawidłową dystrybucję ciepła do poszczególnych odbiorców, uodporni układy na zakłócenia wywołane zmiennym zapotrzebowaniem na ciepło innych odbiorców ciepła, wyeliminuje przepływ zakłóceń z węzłów na sieć cieplną.

Aby cały system pracował najbardziej efektywnie należy dążyć do tego aby cały system był wyposażony w regulatory stabilizujące ciśnienie i przepływy co wyeliminuje/ ograniczy niekontrolowane przepływy.

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss Poland Sp. z o.o.
z siedzibą w Grodzisku Mazowieckim 05-825 przy ul. Chrzanowskiej 5, zarejestrowana w Sądzie Rejonowym dla m. st. Warszawa w Warszawie,
XIV Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego, KRS: 0000018540, NIP: 586-000-58-44, REGON: 190209149, Kapitał Zakładowy 31 922 100 zł.
www.danfoss.pl, tel.: + 48 22 104 00 00, e-mail: bok@danfoss.com; **Lokalizacja Tuchom** • ul. Tęczowa 46 • 80-209 Chwaszczyno

Danfoss nie ponosi odpowiedzialności za możliwe błędy drukarskie w katalogach, broszurach i innych materiałach drukowanych. Dane techniczne zawarte w broszurze mogą ulec zmianie bez wcześniejszego uprzedzenia, jako efekt stałych ulepszeń. Wszystkie znaki towarowe w tym materiale są własnością odpowiednich spółek. Danfoss, logotypy Danfoss są znakami towarowymi Danfoss A/S. Wszystkie prawa zastrzeżone.