

□□□ ***W instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych w których ciepło ("zimno") jest transportowane w obiekcie za pośrednictwem cieczy pośredniczącej (najczęściej jest to woda lub wodny roztwór glikolu) dla uzyskiwania wymaganych mocy cieplnych poszczególnych wymienników ciepła, strumienie przepływu płynów powinny odpowiadać wartościom projektowym. Dla tych warunków kolejno dobierane są zawory regulacyjne do każdego wymiennika, a następnie, po dokonaniu obliczeń i zrównoważeniu instalacji hydraulicznej, dobierana jest pompa. Parametry pracy pompy muszą odpowiadać parametrom pracy instalacji. Taki stan układu nazywamy często stanem nominalnym lub projektowym.***

Problem polega jednak na tym, że nawet w niezbyt rozbudowanej instalacji składającej się z klimakonwektorów, belek chłodniczych lub chłodnic powietrza w centralach, powyższy stan pracy instalacji albo występuje bardzo rzadko albo nie zdarza się w ogóle. Pompy cieczy chłodzącej muszą pracować w sposób ciągły w okresie w którym funkcjonuje system klimatyzacji, a z racji tego, że strumienie przepływu w układach chłodzenia z powodu małych różnic temperatur, są znacznie większe niż w układach grzewczych - układy pompowe w tych systemach stanowią często pokaźny udział w kosztach eksploatacyjnych oraz w zużyciu energii przez obiekt.

Projektowanie układów hydraulicznych ma ścisły związek z jakością regulacji wydajności poszczególnych wymienników, co również wpływa na zużycie energii przez obiekt. W obliczu więc czekającego nas wdrażania dyrektywy unijnej EPBD można stwierdzić, iż traktowany do tej pory w sposób "mechaniczny" (na zasadzie: "policz opory i dobierz pompę") problem doboru poszczególnych elementów sieci hydraulicznej, jej równoważenia oraz wyposażenia stanie się w przyszłości jednym z "węzłów optymalizacyjnych" projektowania systemu klimatyzacji.

Autorzy opracowania postanowili w cyklicznych referatach - artykułach przybliżyć całokształt zagadnień związanych z tymi problemami i chociaż niektóre z nich wydają się być "podstawowe i fundamentalne" to jednak niezbędne jest ich uporządkowanie w postaci wytycznych pozwalających na ukierunkowanie procesu projektowania w stronę optymalizacji tego zagadnienia. Nie należy traktować jednak, że wnioski sformułowane przez autorów stanowią wykładnię dla wszystkich przypadków projektowych, gdyż każdy projektowany obiekt (i instalacja) stanowi "odrębny organizm" i musi być potraktowany indywidualnie.

Podstawowe "zagadnienia optymalizacyjne" przy projektowaniu sieci hydraulicznej

Głównym celem, który przyświeca rozważaniom autorów jest problem minimalizacji zużycia energii elektrycznej przez system pompowy w warunkach pracy przy zmiennym obciążeniu cieplnym poszczególnych wymienników ciepła w obiekcie. Można do tego celu wykorzystać podstawową zależność opisaną równaniem:

$$E_S^{el} = \sum_i \left(\frac{V_i \cdot DP_i}{\eta_i} \cdot \tau_i \right)$$

gdzie:

E^{el}/s - sumaryczna ilość energii elektrycznej zużywanej w ciągu sezonu przez pompę [kWh],

V_i - chwilowy ("godzinowy") strumień przepływu przez pompę [m³/s],

DP_i - chwilowa ("godzinowa") wysokość podnoszenia pompy [Pa],

h_i - chwilowa ("godzinowa") całkowita sprawność układu pompowego,

t_i - sumaryczna ilość godzin pracy pompy w warunkach "i" [h],

i - warunki (stan) pracy pompy trwający przez określoną ilość godzin w ciągu sezonu.

Problem optymalizacyjny może być więc postawiony w następujący sposób: przy projektowaniu układu hydraulicznego należy dążyć do zapewnienia:

- minimalnego strumienia przepływu,
- ograniczonej do minimum wysokości podnoszenia pompy,
- zapewnić pracę układu pompowego przy możliwie maksymalnej sprawności,
- ograniczać do minimum czas pracy pompy w niekorzystnych z powodów a), b) i c) warunkach.

Wyżej wymienione warunki podstawowe optymalizacji projektowej układu hydraulicznego wiążą się z koniecznością podejmowania szeregu "praktycznych" decyzji uwzględniających poprawność i niezawodność funkcjonowania całego systemu klimatyzacji (mających także związek z wielkością dobieranych wymienników, rurociągów itp.). Można do nich zaliczyć w szczególności:

- rodzaj cieczy pośredniczącej w wymianie ciepła,
- temperatury tej cieczy,
- autorytet i charakterystyki zaworu regulacyjnego,
- sposób połączenia agregatu z siecią hydrauliczną obiektu,
- strukturę sieci hydraulicznej obiektu,
- typ, charakterystykę i rodzaj regulacji pompy,
- wyposażenie dodatkowe układu hydraulicznego.

(...)

Sposób połączenia hydraulicznego agregatu oraz sieci wewnętrznej obiektu

Nieodzownym elementem hydraulicznego układu ziębienia w klimatyzacji jest agregat ziębiczny. Częstym błędem popełnianym przy projektowaniu tego typu instalacji jest "niezależne i rozdzielne traktowanie agregatu oraz instalacji hydraulicznej wewnątrz obiektu". Prowadzi to nie tylko do nieefektywnej, ale często do wadliwej pracy systemu klimatyzacji. Najczęściej spotykane w praktyce inżynierskiej przypadki to:

Sieć hydrauliczna wewnętrzna jest liczona na podstawie wstępnie wyliczonych zysków ciepła po przyjęciu określonej różnicy temperatur wody w wymienniku (ΔT_w). W związku z powyższym przepływ cieczy w węźle hydraulicznym (w rozdzielaczu) zostaje wyliczony jako suma wszystkich maksymalnych przepływów przez wymienniki. Z drugiej strony agregat jest najczęściej dobierany (przy tej samej ΔT_w) dla mocy chłodniczej uwzględniającej "współczynnik nierównomierności obciążeń cieplnych" czyli w efekcie na 70÷80% sumarycznej mocy obliczonej dla obiektu. A więc w praktyce rzeczywisty punkt pracy pompy nie odpowiada ani

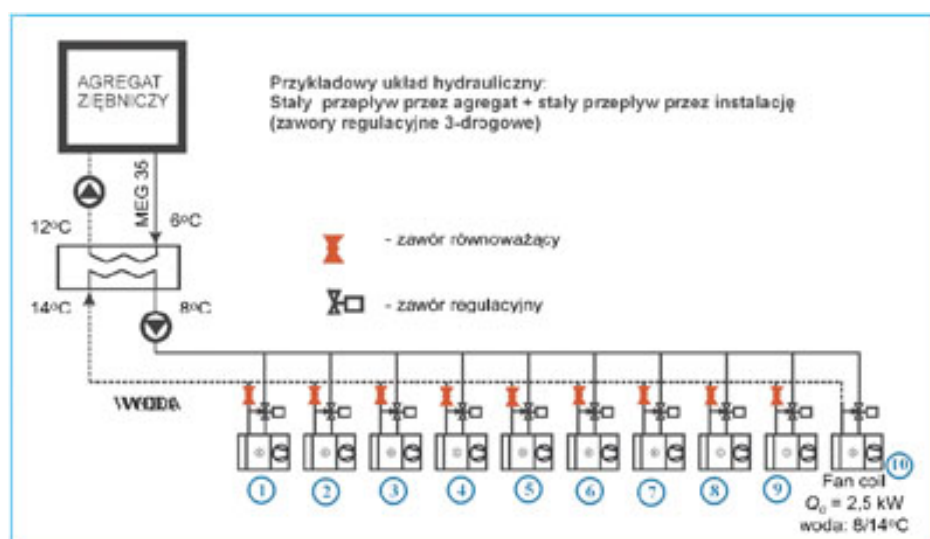
jednej, ani drugiej wartości strumienia przepływu.

Agregaty ziębnicze są projektowane przez ich producentów przy założeniu stałego przepływu przez parowacz (oczywiście z pewną tolerancją), co warunkuje ich stabilną i efektywną pracę. Natomiast coraz więcej nowoczesnych rozwiązań układów hydraulicznych obiektów, współpracujących z tymi agregatami, opiera się na zapewnieniu zmiennego przepływu przez sieć wewnętrzną obiektu.

(...)

Analiza sposobu regulacji wydajności wymienników ciepła w kontekście rozbudowanej sieci hydraulicznej zasilającej chłodnice klimakonwektorów w pomieszczeniach

Utrzymywanie parametrów komfortu cieplnego w pomieszczeniach przy zmiennym zapotrzebowaniu na ciepło realizowane jest poprzez regulację wydajności wymienników za pomocą zmiennego strumienia przepływu wody przez odbiorniki końcowe w postaci klimakonwektorów, nagrzewnic lub belek chłodzących (tzw. regulacja ilościowa). Elementem wykonawczym takiego sposobu regulacji jest zawór regulacyjny. Algorytm doboru zaworu regulacyjnego stanowi odrębną i bardzo ważną dziedzinę projektowania instalacji klimatyzacyjnej. Ponieważ niniejszy artykuł ogranicza się do zagadnień związanych z przepływami w całej sieci hydraulicznej i jej współpracy z pompą, pozostałe zagadnienia związane z zaworami regulacyjnymi zostały tu pominięte.

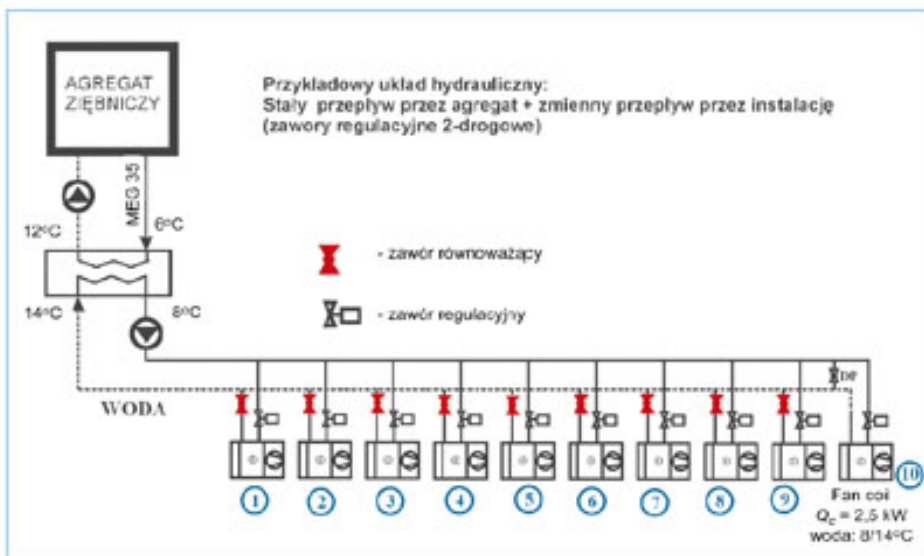


Układy hydrauliczne zasilające wymienniki w budynku możemy podzielić na stałoprzepływowe (system A) oraz zmiennoprzepływowe (system B). Należy w tym miejscu zaznaczyć, że w obydwu przypadkach przez wymienniki (odbiorniki) przepływa zmienny strumień wody. Różnica polega na tym, że:

- w instalacjach stałoprzepływowych, do regulacji wydajności odbiorników końcowych stosowane są zawory trójdrogowe rozdzielające, które kierują strumień wody albo przez wymiennik, albo przez obejście (by-pass). W efekcie sumaryczny strumień w odgałęzieniu, a co za tym idzie w całej instalacji pozostaje w przybliżeniu stały. Przykład takiej instalacji, która

została poddana analizie przez autorów przedstawia rysunek 4. Do usunięcia nadwyżki ciśnienia dyspozycyjnego w poszczególnych węzłach (zrównoważenia instalacji) zastosowano bierne elementy regulacyjne takie jak: kryzy albo ręczne zawory równoważące;

- w instalacjach zmiennoprzepływowych, do regulacji wydajności odbiorników końcowych stosowane są zawory 2-drogowe. Głównym celem takiego rozwiązania jest nie tylko obniżenie kosztów inwestycyjnych (choć jak się często okazuje w praktyce odnotowuje się raczej ich wzrost), ale przede wszystkim oszczędności w zużyciu energii napędowej pomp z uwagi na zredukowany przepływ. Przykład takiej instalacji, która została poddana analizie porównawczej przedstawia rysunek 5. W tym przypadku zrównoważenia hydraulicznego instalacji dokonano w kilku wariantach, które poddano analizie.



Przy zastosowaniu układu zmiennie przepływowego należy jednak rozwiązać wiele problemów eksploatacyjnych, które układ ten za sobą pociąga, a w szczególności:

- w warunkach nominalnych (wszystkie wymienniki pracują z mocą obliczeniową, a zawory regulacyjne są w pełni otwarte) obydwa rodzaje instalacji hydraulicznej pracują identycznie i są zrównoważone w ten sam sposób. Zainstalowane w nich pompy cechuje ten sam "punkt pracy". Problem zaczyna się, gdy zawory zaczynają regulować wydajność wymienników i częściowo się zamykają. Pompa zaczyna pracować w innym punkcie niż punkt nominalny, co często wiąże się ze znacznym obniżeniem sprawności pompy (patrz rysunek 6);

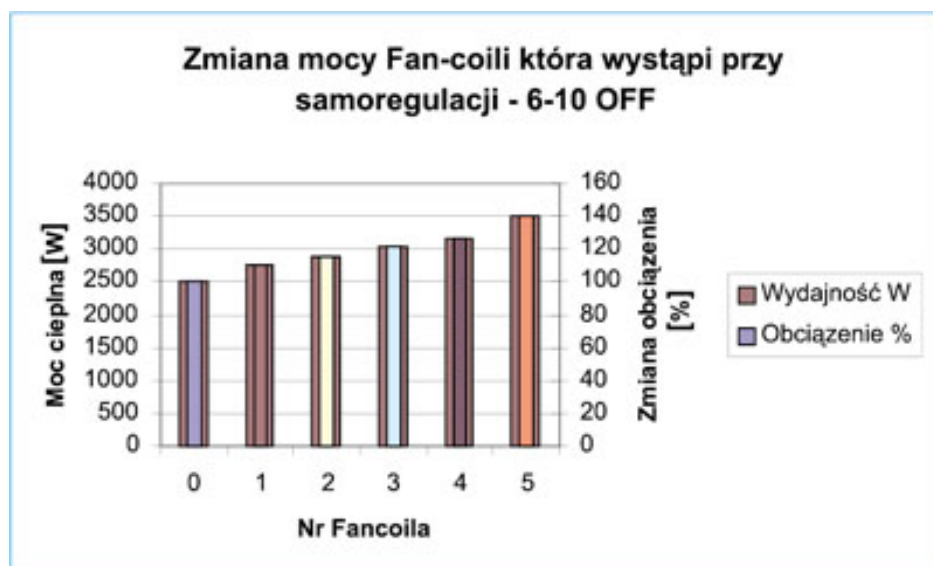
- przemykanie się części zaworów regulacyjnych przy wymiennikach, z uwagi na kształt charakterystyki pompy powoduje wzrost ciśnienia dyspozycyjnego przed pozostałymi wymiennikami, powodując pogorszenie stabilności układu regulacji (obniżenie poziomu komfortu w pomieszczeniu).

(...)

Wnioski

Dobór elementów wyposażenia sieci hydraulicznej, szczególnie w przypadku układów

chłodniczych musi uwzględniać indywidualne cechy i wymagania obiektu. Pompa i jej charakterystyka stanowi kluczowe zagadnienie w optymalizacji zużycia energii przez układ hydrauliczny.



- Dynamiczne zawory równoważące mogą być sposobem na poprawne funkcjonowanie systemów hydraulicznych.

Istnieje konieczność opracowania kompleksowego modelu układu hydraulicznego umożliwiającego jego projektowanie w układzie zmiennoprzepływowym z uwzględnieniem optymalizacji zużycia energii.

Powyższe badania są w stadium weryfikacji modelu badawczego i będą systematycznie publikowane w czasopiśmie branżowych.

CZYTAJ CAŁOŚĆ, ZAMÓW PRENUMERATĘ:

[TRADYCYJNĄ](#)

[E-WYDANIE](#)