



Krzysztof Petykiewicz

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Jak **optymalnie** ustawić regulator pogodowy **ECL Comfort 210, 310** Danfoss?



Coraz więcej nowoczesnych instalacji, jak też tych starszych po modernizacji wyposaża się w układy automatycznej regulacji.

O tym jak bardzo zaawansowaną automatykę wybierzemy decyduje zwykle zakres oczekiwanych korzyści i zasobność środków przeznaczonych na realizację tego zadania. Najczęściej głównym celem jaki chcemy osiągnąć stosując odpowiednią automatyczną regulację jest większy komfort i mniejsze wydatki poniesione na ogrzewanie.

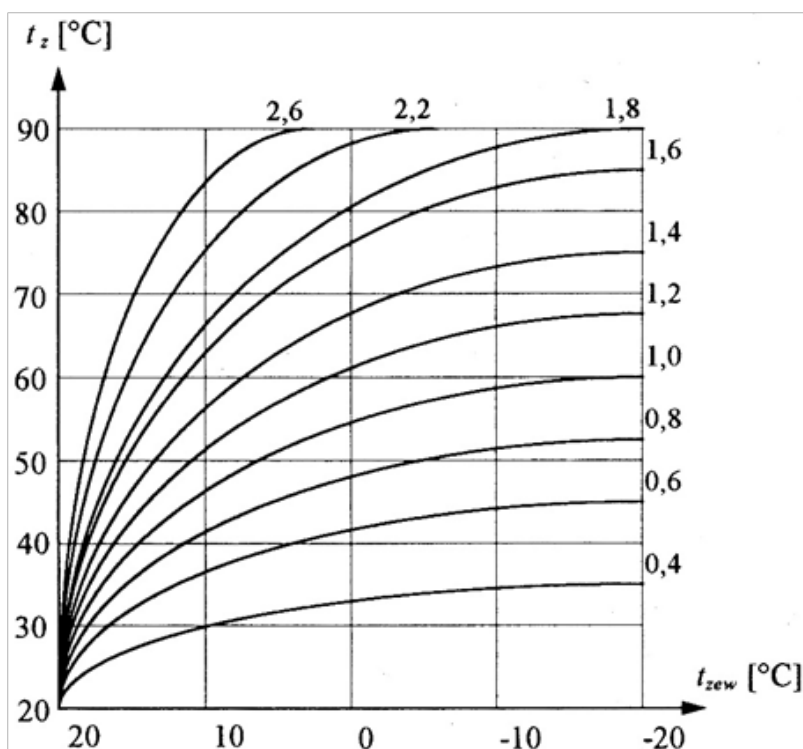
Powszechną techniką do sterowania instalacji ogrzewania jest automatyka pogodowa, której głównym zadaniem jest utrzymanie wybranych wielkości procesu na zadanym poziomie lub zmiana ich według określonego programu. W węzłach ciepłych instalowane są regulatory pogodowe, takie jak np. ECL Comfort 210, 310 Danfoss.

Podstawową funkcją regulatora pogodowego jest utrzymanie komfortu cieplnego w ogrzewanych pomieszczeniach poprzez regulację temperatury zasilania instalacji w zależności od zmian temperatury zewnętrznej. Jest to tzw. regulacja nadążna, w której wielkością regulowaną jest temperatura zasilania czynnika grzewczego w instalacji wewnętrznej centralnego ogrzewania, wielkością zadającą jest natomiast zmienna temperatura zewnętrzna. Zadaniem układu regulacji jest realizacja wykresu regulacji instalacji wewnętrznej tzw. krzywej grzewczej (wykres poniżej).

Zależność pomiędzy temperaturą zewnętrzną t_{zew} a temperaturą zasilania t_z jest dostosowana do wymaganych parametrów instalacji centralnego ogrzewania, rodzaju zastosowanego ogrzewania, rodzaju grzejników itp. Rzeczywiste charakterystyki regulacyjne są liniami krzywymi, przy czym największe pochylenie występuje dla temperatury $+20^{\circ}\text{C}$. Nowoczesne najbardziej zaawansowane regulatory pogodowe poza funkcją podstawową oferują jeszcze wiele funkcji dodatkowych, o których też warto wiedzieć. Używanie ich w właściwy sposób może przynieść użytkownikowi dodatkowe korzyści.

Reasumując regulator pogodowy jest tym urządzeniem, które decyduje o pracy węzła ciepłego a tym samym dostawie ciepła do budynku. Jego ustawienie, a konkretnie wybór krzywej grzewczej decyduje, o tym jaka będzie temperatura czynnika grzewczego zasilającego wszystkie grzejniki w instalacji centralnego ogrzewania. Jeśli grzejniki zostały poprawnie dobrane, ściany budynku odpowiednio docieplone, instalacja została właściwie zrównoważona, osiągnięcie komfortu cieplnego nie powinno być trudne.

Czy potrafisz ustawić optymalną krzywą grzania w regulatorze pogodowym dla swojej instalacji? Myślę, że jeżeli teraz nie wiesz, to po przeczytaniu tego artykułu i zrozumieniu fizyki wpływających zjawisk będziesz ekspertem.



Na początek fizyka

Zużycie energii potrzebnej do ogrzewania pomieszczeń w budynku jest tym większe, im większe są straty ciepła. Zużycie ze stratami musi się bilansować. Aby utrzymać żądaną temperaturę w pomieszczeniach, instalacja ogrzewania musi pokryć straty ciepła. Jest to jedno z podstawowych praw fizyki zasady zachowania energii (w termodynamice – bilans przepływu strumieni ciepła).

Straty ciepła zaś zależą praktycznie liniowo od różnicy temperatur między dwoma stronami ściany (przegrody) wewnątrz budynku i na zewnątrz. Im ta różnica jest większa, tym większe są straty ciepła. Dla przykładu, 1 m² ściany o współczynniku przenikania ciepła wynoszącym 0,25 W/m²K (czyli tylko spełniającym aktualne przepisy dla ścian zewnętrznych od roku 2014) przy różnicy temperatur 40°C (wewnątrz +20°C, na zewnątrz – 20°C) traci 10 W ciepła. Do wyrównania straty ciepła przez tylko ten 1 m² ściany, instalacja ogrzewania musi cały czas dostarczać mocy 10 W. Oczywiście budynki mają o wiele większe powierzchnie ścian i strata ciepła przez ściany może sięgać od kilku (budynki jednorodzinne) do kilkuset (budynki wielorodzinne) kW.

W budynkach są jeszcze okna (o gorszym współczynniku przenikania ciepła), dach, podpiwniczenie, ściany fundamentowe, mostki cieplne (tarasy, balkony), wentylacja i inne elementy wpływające na straty ciepła.

Łatwo obliczyć, że gdybyśmy przy takiej samej temperaturze na zewnątrz – 20°C obniżyli temperaturę wewnątrz budynku do 19°C (różnica wynosiłaby 39°C), straty ciepła spadłyby do 9,75 W/m² powierzchni ściany. Jak nietrudno zauważyć obniżenie temperatury wewnętrznej o jeden stopień zmniejsza straty ciepła o 2,5% przy powyższych założeniach. Czyli instalacja musi dostarczyć mniejszą moc używając mniej energii.

Wniosek z naszego rozważania nasuwa się sam, że im niższa temperatura ma być zapewniona w ogrzewanych pomieszczeniach, tym mniejsze jest zużycie ciepła na ogrzewanie.

Podobnie wygląda sytuacja w przypadku przygotowywania ciepłej wody użytkowej. Wiadomo jest, że jeżeli nagrzemy ją do niższej temperatury, zużyjemy mniej ciepła. Przykładem może być czajnik elektryczny, który wyłączymy, zanim doprowadzimy do wrzenia znajdującą się w nim wodę. Temperatura wody będzie niższa, ale i zużycie prądu na podgrzanie jej też.

Wraz z mniejszym zużyciem ciepła na podgrzanie wody do niższej temperatury osiągamy też dodatkową korzyść. Otóż, jak wykazane zostało wcześniej, im niższa temperatura ciała gorętszego oddającego ciepło (w naszym przypadku podgrzanej wody), tym mniejsze straty ciepła na zewnątrz. Jeżeli temperatura podgrzanej wody będzie niższa, to mniej ciepła straci ona do wnętrza budynku w drodze do punktów poboru i z powrotem (cyrkulacja) do podgrzewacza, czy zasobnika. Jeżeli w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej jest zasobnik ciepła, to utrzymując w nim niższą temperaturę odda on mniej ciepła do budynku. Więc jeśli będziemy mieć niższą temperaturę wody przy zachowaniu temperatur zgodnych z obowiązującymi przepisami, mniej ciepła zużyjemy również na utrzymanie tej temperatury na stałym poziomie.

Wniosek z tego taki, że im niższa temperatura ciepłej wody użytkowej ale nadal zgodna z obowiązującymi przepisami, tym mniejsze zużycie energii na jej podgrzanie i utrzymanie temperatury na stałym poziomie.

W praktyce zużycie ciepła na podgrzanie wody użytkowej jest bardziej złożone. O ile latem straty ciepła wody użytkowej są wyłącznie stratą, to zimą są zyskiem i dodają się do bilansu energetycznego ogrzewanych pomieszczeń. Zużyte ciepło na podgrzanie wody użytkowej obniży nam zużycie ciepła

na ogrzewanie pomieszczeń. Jeśli oba nośniki ciepła (woda grzewcza i użytkowa) ogrzewa to samo źródło nie zauważy się różnicy w zużyciu ciepła.

Z temperaturą ciepłej wody użytkowej związana jest jeszcze jedna sprawa. Jeśli ciepła woda użytkowa ma mniejszą temperaturę, zużyjemy jej więcej. Do kąpieli potrzebujemy temperatury wody 40-45°C. Do zmywania naczyń i wytopienia tłuszczu 45-48°C. Jeżeli obniżymy temperaturę ciepłej wody użytkowej z np. 55°C do 50°C, to wody o temperaturze 50°C zużyjemy więcej niż o temperaturze 55°C, mieszając z nią mniejszą ilość wody zimnej. Dzieje się tak ponieważ ilość zużywanej wody o temperaturze 40-45°C potrzebnej do kąpieli pozostanie przecież bez zmian.

Dodatkowym zyskiem nieenergetycznym wynikającym z obniżenia temperatury ciepłej wody użytkowej jest zmniejszenie wytrącania i osadzania się kamienia kotłowego (przeciwdziałanie krystalizacji w podwyższonej temperaturze rozpuszczonych związków wapna i magnezu).

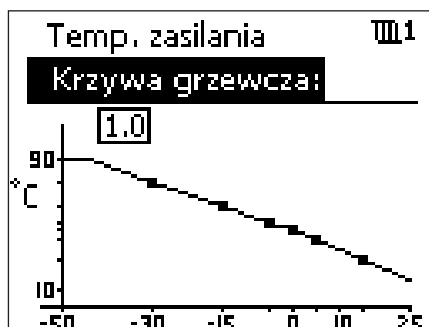
Straty ciepła wynikające z konieczności utrzymania temperatury wody zasilającej instalację centralnego ogrzewania mają mniejsze znaczenie dla zużycia, bo tak naprawdę są one zyskiem w bilansie ciepła ogrzewanych pomieszczeń, ale też są istotne.

Podsumowując wszystkie powyżej przedstawione rozważania natury fizyki wymiany ciepła, zauważamy bardzo wyraźny związek obniżania zużycia ciepła poprzez obniżanie temperatury wody zasilającej instalację centralnego ogrzewania, czy obniżanie temperatury ciepłej wody użytkowej. Stąd takie ustawienie regulatora pogodowego, które zapewnia utrzymanie regulowanych temperatur na najniższym możliwym poziomie gwarantującym akceptowalny przez mieszkańców komfort cieplny, w konsekwencji zapewni również najmniejsze zużycie ciepła.

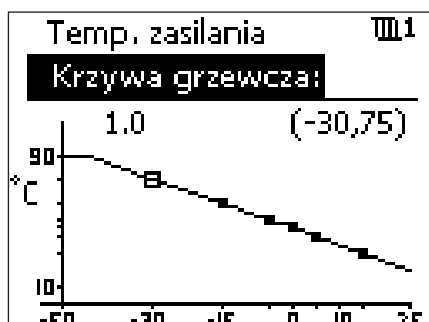
Jak zatem ustawić odpowiednią krzywą grzewczą?

W regulatorach pogodowych jednym z podstawowych ustawień jest ustawienie krzywej grzewczej. Odnosząc się do wspomnianego regulatora pogodowego ECL Comfort 210, 310 Danfoss w aplikacjach ogrzewania mamy możliwość ustawiania krzywej grzewczej w dwojaki sposób, albo ustawiając nachylenie, albo zmieniając współrzędne 6 punktów załamania. Najprostszy i najbardziej zgrubny sposób ustawiania krzywej grzewczej, to ustawienie nachylenia. Precyzyjniejsze dopasowanie można uzyskać poprzez modelowanie punktów załamania.

Zmiany nachylenia



Zmiany nachylenia



Zacznijmy zatem od ustawienia zgrubnego, czyli ustawienia właściwego nachylenia. Zasadą z teorii sterowania jest, że w układzie regulacji, to regulator dopasowuje się do obiektu regulowanego a nie odwrotnie. Naszym obiektem regulacji jest instalacja ogrzewania, dlatego potrzebne nam będą parametry

zasilanej instalacji ogrzewania. Sięgamy więc do projektu instalacji ogrzewania i notujemy cztery charakterystyczne parametry a mianowicie:

- Tzew – Projektowana temperatura zewnętrzna (strefy klimatycznej, w której zlokalizowany jest ogrzewany obiekt).
- Twew – Projektowana temperatura wewnętrzna (Jeżeli chcemy zabezpieczyć dostawę odpowiednio wysokiej temperatury do grzejnika w pomieszczeniu o najwyższej temperaturze wewnętrznej, to temperatura tego pomieszczenia. Jeżeli liczymy na niejednoczesność działania wszystkich grzejników wyposażonych w termostaty

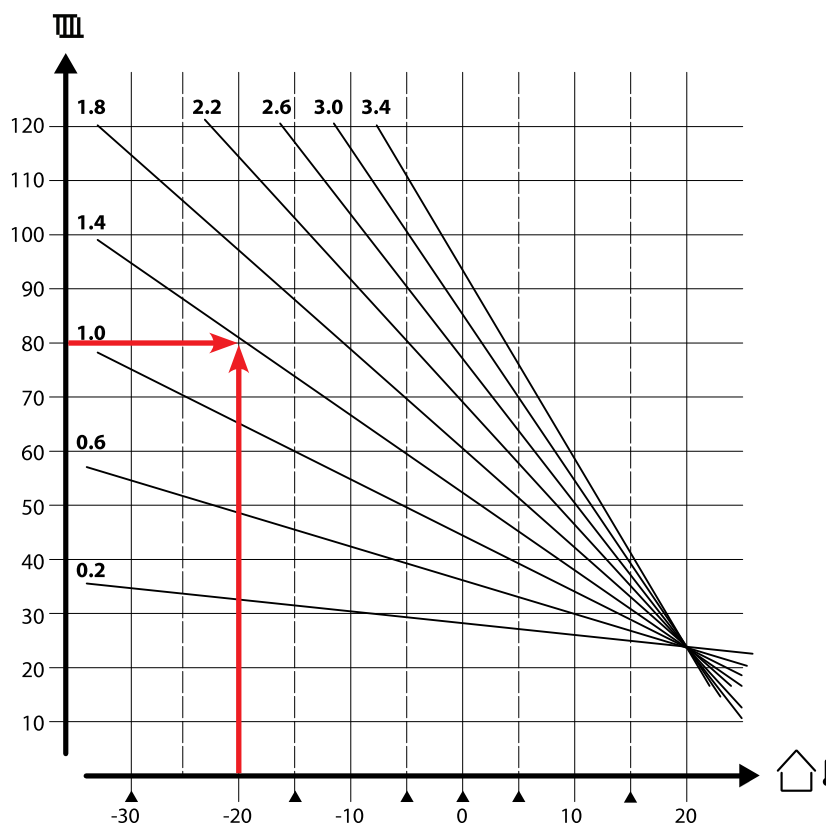
grzejnikowe w instalacji zasilających w ciepło pomieszczenia o różnych temperaturach, to średnia temperatura wszystkich pomieszczeń)

- Tz/Tp – Projektowana temperatura wody zasilającej i powrotnej.

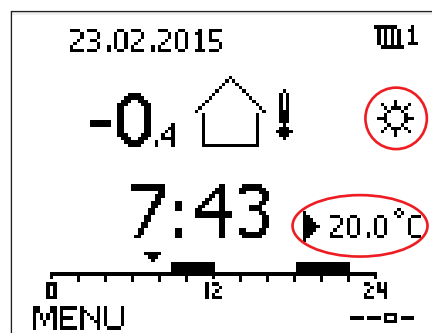
Dla przykładu instalacji o następujących parametrach:

- Tzew = - 20°C
- Twew = +20°C
- Tz/Tp = 80°C /60°C

Bierzemy wykres pęku krzywych grzewczych z instrukcji regulatora i wyznaczamy punkt przecięcia dwóch współrzędnych temperatury zewnętrznej Tzew = - 20°C i temperatury zasilania Tz = 80°C.



Przez wyznaczony punkt przecięcia przebiega krzywa o nachyleniu $KG = 1,4$ i taką wartość nachylenia krzywej grzewczej dla przykładowej instalacji powinniśmy ustawić w regulatorze. Wartość temperatury wewnętrznej $T_{wew} = +20^{\circ}\text{C}$ ustawiamy jako temperaturę wymaganą w trybie pracy komfort (symbol słońeczka) na ekranie graficznym.



Dla tak wprowadzonych ustawień (nachylenie $KG = 1,4$, $T_{wew} = +20^{\circ}\text{C}$) regulator dla temperatury zewnętrznej -20°C będzie zasilał naszą przykładową instalację ogrzewania wodą o temperaturze 80°C , a dla temperatury zewnętrznej $+20^{\circ}\text{C}$ wodą o temperaturze $24,6^{\circ}\text{C}$ (punkt wspólny wszystkich krzywych). Dla każdej innej temperatury zewnętrznej regulator wyznaczy temperaturę wody zasilającej instalację ogrzewania jako wartość z ustawionej krzywej grzania. Wprowadzone ustawienia (nachylenie i T_{wew}) powinny zapewnić utrzymanie przez regulator projektowanej temperatury wewnętrznej (w naszym przykładzie $T_{wew} = 20^{\circ}\text{C}$) w pomieszczeniach ogrzewanych w całym zakresie zmienności temperatur zewnętrznych T_{zew} poprzez zmianę temperatury zasilania T_z wody zasilającej instalację ogrzewania. Zależność fizyczna pomiędzy tymi trzema parametrami T_{zew} , T_{wew} , T_z jest ściśle określona poprzez krzywą grzewczą.

Może paść pytanie czytelnika dlaczego dla temperatury zewnętrznej $+20^{\circ}\text{C}$ dla wszystkich krzywych grzewczych w regulatorze ECL Comfort 210/310 temperatura zasilania wynosi $24,6^{\circ}\text{C}$

(punkt wspólny wszystkich krzywych), a nie np. 20°C (brak różnicy temperatur – koniec ogrzewania). Odpowiedzią jest to, że regulator pogodowy przygotowuje temperaturę wody dla wszystkich grzejników w instalacji i powinien dysponować pewną nadwyżką temperatury na wypadek gdyby użytkownik potrzebował podniesienia temperatury w pomieszczeniu ponad temperaturę projektowaną według potrzeby osobistego odczuwania temperatury. Nie zapominajmy też, że regulacja temperatury wody zasilającej instalację ogrzewania ma miejsce w węźle cieplnym przeważnie w piwnicy. Na drodze przepływu wody od węzła do grzejnika normalnym zjawiskiem są straty przesyłu. Nadwyżka temperatury może być też potrzebna w przypadku wietrznej pogody, do podgrzania infiltrowanego powietrza do ogrzewanych pomieszczeń z większą intensywnością.

Znając już zasady wyznaczania nachylenia krzywej grzewczej szybko sprawdzimy jakie nachylenie powinniśmy ustawić dla instalacji o parametrach:

$$\begin{aligned} T_{zew} &= -20^{\circ}\text{C} \\ T_{wew} &= +20^{\circ}\text{C} \\ T_z/T_p &= 50^{\circ}\text{C} / 30^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Z wykresu pęku krzywych odczytujemy, że powinna być to wartość $0,6$ lub $0,7$. Którą więc wartość ustawić jeżeli wynik wychodzi pomiędzy możliwym do wprowadzenia ustawieniami. Moja sugestia, ustawić wartość niższą $KG = 0,6$ i obserwować przez kilka dni temperaturę w ogrzewanych pomieszczeniach. Jeżeli komfort cieplny nie będzie akceptowalny, odpowiednio skorygować wartość nachylenia np. jak będzie za zimno to zwiększyć nachylenie. Ustawienie niższej wartości nachylenia krzywej grzewczej da nam większe oszczędności energii, a tym samym zmniejszy wydatki na ogrzewanie.

W prezentowanych powyżej przykładowych parametrach instalacji ogrzewania projektowana temperatura wewnętrzna wynosiła $T_{wew} = +20^{\circ}\text{C}$. Jeżeli będziemy potrzebować ustawić krzywą grzewczą dla instalacji ogrzewania pomieszczeń o projektowanej wyższej temperaturze wewnętrznej np. łąźnie, baseny lub niższej np. magazyny,

pomieszczenia inwentarskie, to powinniśmy ustawić właściwą temperaturę wymaganą na ekranie graficznym w trybie komfortu. Ustawienie temperatury wymaganej możemy też zmieniać w zależności od potrzeby szybkiego podniesienia lub obniżenia temperatury w ogrzewanych pomieszczeniach nie zmieniając ustawień krzywej grzewczej. Zmiana wymaganej temperatury pomieszczenia spowoduje zmianę wymaganej temperatury zasilania zgodnie z następującą formułą:

$$\Delta T_z = 2,5 * KG * (\text{wymagana } T_{pom} - 20^{\circ}\text{C})$$

Gdzie:

ΔT_z – poprawka wymaganej temperatury zasilania od wymaganej T_{pom} .

KG – ustawione nachylenie krzywej grzewczej.

$2,5$ – stały współczynnik

Dla danych:

$KG = 1,4$

Wymagana $T_{pom} = 20^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} \Delta T_z &= 2,5 * 1,4 * (20^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = \\ &= 2,5 * 1,4 * 0 = 0^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Poprawka wymaganej temperatury zasilania instalacji ogrzewania wynosi 0°C , czyli wymagana temperatura zasilania będzie dokładną wartością odczytaną z krzywej grzewczej.

Dla:

Wymagana $T_{pom} = 24^{\circ}\text{C}$

(np. hale pływalni)

$$\begin{aligned} \Delta T_z &= 2,5 * 1,4 * (24^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = \\ &= 2,5 * 1,4 * 4 = +14^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Poprawka wymaganej temperatury zasilania instalacji ogrzewania wynosi $+14^{\circ}\text{C}$, czyli wymagana temperatura zasilania odczytana z krzywej grzewczej będzie zwiększona o wartość $+14^{\circ}\text{C}$.

Dla:

Wymagana $T_{pom} = 16^{\circ}\text{C}$ (np. hale produkcyjne)

$$\begin{aligned} \Delta T_z &= 2,5 * 1,4 * (16^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = \\ &= 2,5 * 1,4 * (-4) = -14^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Poprawka wymaganej temperatury zasilania instalacji ogrzewania wynosi -14°C , czyli wymagana temperatura zasilania odczytana z krzywej grzewczej będzie zmniejszona o wartość -14°C .

Czy można precyzyjniej ustawić krzywą grzewczą?

Tak jak już wcześniej wspomniałem w regulatorze ECL Comfort 210, 310 Danfoss mamy możliwość precyzyjniejszego ustawienia krzywej grzewczej poprzez zmianę współrzędnych 6 punktów załamania. Jeżeli niewystarczająca jest precyzja ustawienia zgrubnego lepsze dopasowanie można wykonać poprzez odpowiednie modelowanie punktów załamania. Poniżej tabela przykładowych ustawień współrzędnych punktów załamania dla różnych instalacji ogrzewania pochodząca z Poradnika instalatora klucza aplikacji ECL i wykresy przebiegu.

punktów załamania możemy posilko- wać się na zasadzie analogii, podanymi wartościami w tabeli dla konkretnego typu ogrzewania. Współrzedną wyma- ganej temperatury zasilania dla wstęp- nie zdefiniowanej temperatury ze- wnętrnej możemy ustawić na wartość proporcjonalną w stosunku do wartości z odpowiedniej kolumny tabeli Poradni- ka dla naszego typu ogrzewania.

Dla dociekliwy mogą polecić wzory do obliczenia temperatury wody zasilającej i powrotnej z podręczników akademi- ckich. Poniżej odpowiednie formuły

Gdzie indeks „x” odnosi się do aktualnej temperatury powietrza zewnętrznego, natomiast indeks „o” odnosi się do warun- ków obliczeniowych (projektowanych).

Pozostałe oznaczenia to:

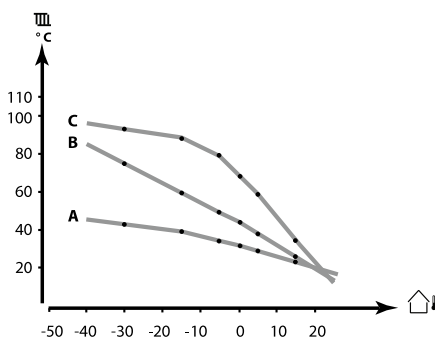
- t_i – wewnętrzna temperatura oblicze- niowa (projektowana) powietrza w ogrzewanych pomieszczeniach
- t_{xe} – aktualna temperatura powietrza zewnętrznego
- t_{oe} – obliczeniowa (projektowana) temperatura powietrza zewnętrznego
- φ – współczynnik obciążenia, to jest stosunek aktualnego, odpowiadają- jącego danej temperaturze powie- trza zewnętrznego, zapotrzebowania mocy cieplnej ogrzewanego obiektu Q_{cox} do zapotrzebowania w warunkach obliczeniowych (pro- jektowanych) Q_{co} .
- t_{zx} – aktualna, odpowiadająca danej temperaturze powietrza ze- wnętrnego, temperatura wody zasilającej instalację ogrzewane- go obiektu
- t_{px} – aktualna, odpowiadająca danej temperaturze powietrza ze- wnętrnego, temperatura wody powrotnej z instalacji ogrzewane- go obiektu
- t_{zo} – obliczeniowa (projektowana) temperatura wody zasilającej instalację ogrzewanego obiektu
- t_{po} – obliczeniowa (projektowana) tem- peratura wody powrotnej z instala- cji ogrzewanego obiektu

Temp. zewnętrzna	Wymagana temperatura zasilania			Nastawy użytkownika
	A	B	C	
-30 °C	45 °C	75 °C	95 °C	
-15 °C	40 °C	60 °C	90 °C	
-5 °C	35 °C	50 °C	80 °C	
0 °C	32 °C	45 °C	70 °C	
5 °C	30 °C	40 °C	60 °C	
15 °C	25 °C	28 °C	35 °C	

A: Przykładowe ustawienia dla ogrzewania podłogowego

B: Ustawienia fabryczne

C: Przykładowe ustawienia dla ogrzewania grzejnikowego (duże zapotrzebowanie)



dla modelu fizycznego bez zmiany strumienia masy, czyli typowej regulacji jakościowej (stały wydatek, zmienna temperatura):

$$t_{zx} = t_i + \frac{1}{2} (t_{zo} - t_{po}) \cdot \varphi + \left(\frac{t_{zo} + t_{po}}{2} - t_i \right) \cdot \varphi^{\frac{1}{1+m}}$$

$$t_{px} = t_{zx} - (t_{zo} - t_{po}) \cdot \varphi$$

$$\varphi = \frac{Q_{cox}}{Q_{co}} \approx \frac{t_i - t_{xe}}{t_i - t_{oe}}$$

Wymagana temperatura zasilania jest ustawiona dla 6 wstępnie zdefiniowa- nych wartości temperatury zewnętrz- nej. Ustawiając wartości współrzędnych

m – wykładnik charakterystyki grzejnika, który w przeciętnych warunkach wynosi 0,20-0,30 (średnio 0,25) i stanowi współczynnik „zakrzywienia” liniowej zależności strumienia ciepła przekazywanego przez grzejnik od różnicy średniej arytmetycznej temperatury czynnika i temperatury powietrza w ogrzewanym pomieszczeniu.

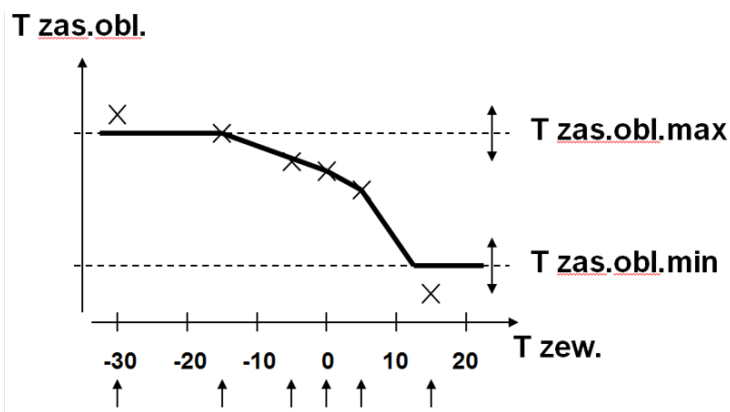
W poniższej tabeli zestawiono wyliczone wartości temperatur zasilania i powrotu na podstawie podanych wzorów dla parametrów obliczeniowych (projektowanych) 80/60, obliczeniowej (projektowanej) temperatury wewnętrznej +20°C i wykładnika charakterystyki grzejnika 0,25. Wykres przedstawia graficznie przebieg obliczonych wartości temperatury wody zasilającej (krzywej grzewczej).

W regulatorach ECL Comfort 210, 310 Danfoss na wartość regulowanej temperatury wody zasilającej instalację ogrzewania można jeszcze nałożyć

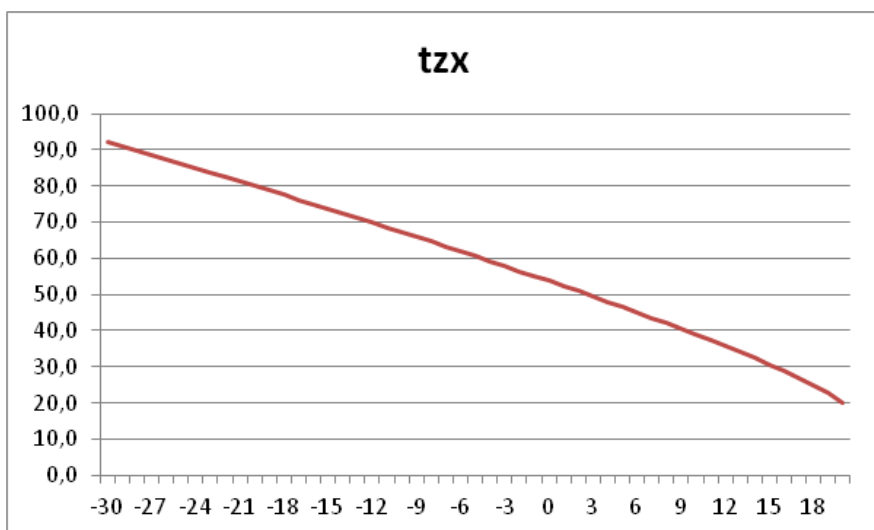
dotychczasowe ograniczenia ustawienia temperatury maksymalnej i temperatury minimalnej. Ustawienie naszej krzywej grzewczej może przyjąć postać jak na poniższym rysunku.

Regulator ECL Comfort 210, 310 Danfoss będzie utrzymywał wartość maksymalnej temperatury wody zasilającej dla wszystkich temperatur powietrza zewnętrznego niższych od temperatury, dla której krzywa grzewcza przyjmie wartość ustawio-

nej $T_{zas.obl.max}$ oraz będzie utrzymywał wartość minimalnej temperatury wody zasilającej dla wszystkich temperatur powietrza zewnętrznego wyższych od temperatury, dla której krzywa grzewcza przyjmie wartość ustawionej $T_{zas.obl.min}$. Pomiędzy tymi temperaturami powietrza zewnętrznego będzie regulacja według ustawionej krzywej grzewczej. Ustawienie wartości ograniczenia temperatury maksymalnej może wynikać np. z wytrzymałości temperaturowej rurociągów



t_x	ϕ	t_{zx}	t_{px}	t_x	ϕ	t_{zx}	t_{px}	t_x	ϕ	t_{zx}	t_{px}	80/60
-30	1,25	92,3	67,3	-13	1,25	92,3	67,3	4	1,25	92,3	67,3	
-29	1,23	91,1	66,6	-12	1,23	91,1	66,6	5	1,23	91,1	66,6	
-28	1,20	89,9	65,9	-11	1,20	89,9	65,9	6	1,20	89,9	65,9	
-27	1,18	88,6	65,1	-10	1,18	88,6	65,1	7	1,18	88,6	65,1	
-26	1,15	87,4	64,4	-9	1,15	87,4	64,4	8	1,15	87,4	64,4	
-25	1,13	86,2	63,7	-8	1,13	86,2	63,7	9	1,13	86,2	63,7	
-24	1,10	85,0	63,0	-7	1,10	85,0	63,0	10	1,10	85,0	63,0	
-23	1,08	83,7	62,2	-6	1,08	83,7	62,2	11	1,08	83,7	62,2	
-22	1,05	82,5	61,5	-5	1,05	82,5	61,5	12	1,05	82,5	61,5	
-21	1,03	81,2	60,7	-4	1,03	81,2	60,7	13	1,03	81,2	60,7	
-20	1,00	80,0	60,0	-3	1,00	80,0	60,0	14	1,00	80,0	60,0	
-19	0,98	78,7	59,2	-2	0,98	78,7	59,2	15	0,98	78,7	59,2	
-18	0,95	77,5	58,5	-1	0,95	77,5	58,5	16	0,95	77,5	58,5	
-17	0,93	76,2	57,7	0	0,93	76,2	57,7	17	0,93	76,2	57,7	
-16	0,90	75,0	57,0	1	0,90	75,0	57,0	18	0,90	75,0	57,0	
-15	0,88	73,7	56,2	2	0,88	73,7	56,2	19	0,88	73,7	56,2	
-14	0,85	72,4	55,4	3	0,85	72,4	55,4	20	0,85	72,4	55,4	



instalacji (tworzywa sztuczne), wydajności źródła ciepła, zabezpieczenia przed odparowaniem ze względu na niskie ciśnienie statyczne w instalacji lub zwykłej oszczędności energii i chęci ponoszenia mniejszych wydatków na ogrzewanie. Ustawienie wartości ograniczenia temperatury minimalnej może wynikać np. z potrzeby zabezpieczenia odpowiednio wysokiej temperatury wody powracającej do źródła ciepła (kotły niekondensacyjne), zabezpieczenia przed wystąpieniem temperatury punktu rosy na powierzchniach przegród (ścianach) i degradacją konstrukcji budynku lub podniesienia komfortu dla wyższych temperatur powietrza zewnętrznego.

Jak korygować ustawienie krzywej grzewczej?

Ze względu na dużą liczbę czynników zewnętrznych m.in. bezwładność cieplną budynku (nawet do 2-3 dni), pojemność cieplną budynku w zależności od konstrukcji (budynki masywne, lekkie), zyski ciepła (nasłonecznienie, sprzęt domowy, mieszkańcy), infiltrację powietrza (wietrzność), indywidualne odczucie temperatury, ustawienie najbardziej odpowiedniej krzywej grzewczej nie jest sprawą łatwą i zwykle nie udaje się za pierwszym podejściem. Dlatego konieczne będą korekty ustawienia krzywej grzewczej. Dokładne dopasowanie ustawienia krzywej grzewczej jest możliwe na podstawie obserwacji zachowania się instalacji ogrzewania. Korekty można dokonać samodzielnie bez potrzeby wzywania fachowców pod warunkiem przestrzegania kilku podstawowych zasad. Na początku sezonu grzewczego, gdy na dworze jest tylko chłodno i temperatury powietrza zewnętrznego są dodatnie, korekty wykonujemy poprzez przesunięcie równoległe np. punktów załamania krzywej grzewczej, bo to działanie ma większy wpływ na temperaturę

w ogrzewanych pomieszczeniach o tej porze roku. Z kolei podczas mrozów korygujemy nachylenie krzywej grzewczej, bo właśnie ten parametr ma wtedy decydujące znaczenie dla temperatury w pomieszczeniach i naszego komfortu cieplnego. Wszystkie operacje proponujemy wykonywać łagodnie, tzn. zmieniać wartość nachylenia czy przesunięcia o tzw. „jeden ząbek” i odczekać co najmniej jedną dobę przed wprowadzeniem następnej zmiany. W instalacjach ogrzewania domów jednorodzinnych w czasie „dostrajania” krzywej grzewczej dobrze jest rozkręcić maksymalnie termostaty na zaworach grzejnikowych lub je całkowicie zdemontować. Takie działanie umożliwi znalezienie ustawienia najniższej krzywej grzewczej zabezpieczającej komfort cieplny w najbardziej niekorzystnym pomieszczeniu. Regulator pogodowy reguluje temperaturę dla wszystkich grzejników w instalacji. Inne pomieszczenia mogą być w tym czasie przegrzewane, ale później po założeniu termostatów grzejnikowych to termostaty na grzejnikach będą pil-

nowały lokalnie właściwej temperatury. W budynkach wielorodzinnych zdać się musimy na szacowanie i wsłuchiwanie się w opinie zwrotne mieszkańców. Kilka praktycznych wskazówek dostrajania krzywej grzewczej zawartych jest w poniższej tabeli.

Optymalne ustawienie krzywej grzewczej powinno być takie, żeby przy różnych temperaturach zewnętrznych, temperatura wewnętrzna była w przybliżeniu jednakowa.

Raz dobrze zoptymalizowana krzywa grzewcza nie powinna być zmieniana, a pracę i czas poświęcony na „dostrojenie” zrekompensuje nam automatycznie utrzymywany komfort cieplny przez cały sezon grzewczy bez potrzeby naszej ingerencji oraz najniższe wydatki poniesione na ogrzewanie.

W kolejnych odcinkach przedstawię inne dodatkowe funkcje regulatorów pogodowych ECL Comfort 210, 310 Danfoss.

Dostrajanie krzywej grzewczej	
Zachowanie instalacji ogrzewania	Właściwe postępowanie
Zawsze jest za zimno	Przesuwamy krzywą grzewczą w górę
Zawsze jest za ciepło	Przesuwamy krzywą grzewczą w dół
Tylko podczas mrozów jest za zimno	Zwiększamy nachylenie krzywej grzewczej
Tylko podczas mrozów jest za ciepło	Zmniejszamy nachylenie krzywej grzewczej
Podczas mrozów OK, poza tym jest za zimno	Zmniejszamy nachylenie krzywej grzewczej i całość przesuwamy w górę
Podczas mrozów OK, poza tym jest za ciepło	Zwiększamy nachylenie krzywej grzewczej i całość przesuwamy w dół

Danfoss Poland Sp. z o.o. ul. Chrzanowska 5, 05-825 Grodzisk Mazowiecki,
Tuchom, ul. Tęczowa 46, 80-209 Chwaszczyno, tel.: +48 58 512 91 00, fax: 48 58 512 91 05,
info.den@danfoss.com, www.danfoss.pl

Danfoss nie ponosi odpowiedzialności za możliwe błędy drukarskie w katalogach, broszurach i innych materiałach drukowanych. Dane techniczne zawarte w broszurach mogą ulec zmianie bez wcześniejszego uprzedzenia, jako efekt stałych ulepszeń i modyfikacji naszych urządzeń. Wszystkie znaki towarowe zawarte w tym materiale są własnością odpowiednich spółek Danfoss, logotyp Danfoss jest znakiem towarowym Danfoss A/S. Wszelkie prawa zastrzeżone.