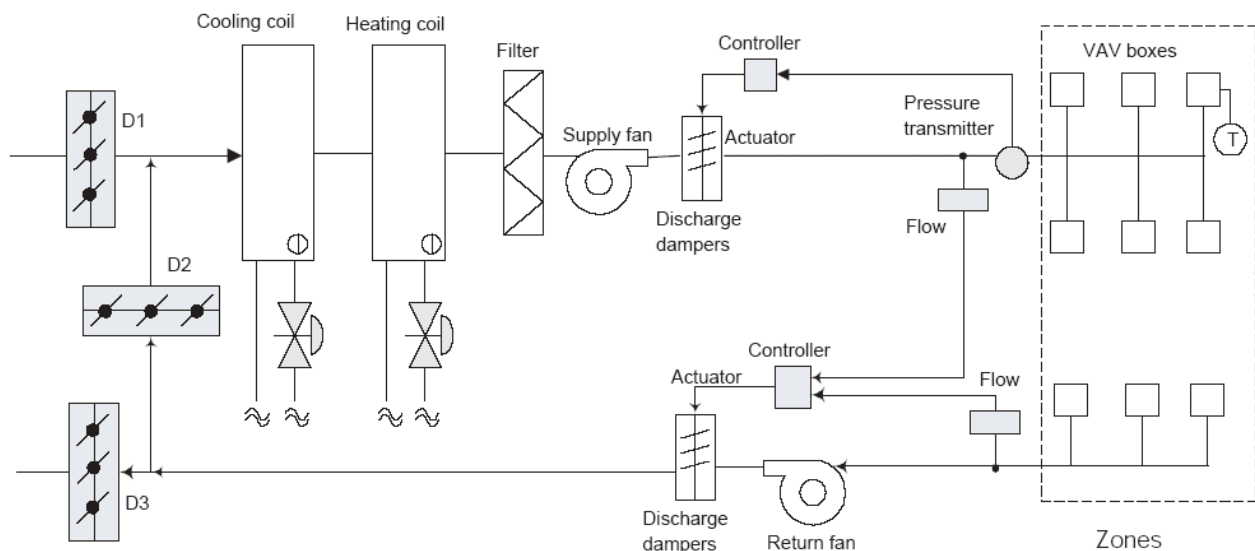


Automatyzacja energochłonnych procesów – systemy wentylacji i klimatyzacji

Systemy o zmiennym przepływie powietrza – składają się zwykle z zespołu przygotowania powietrza (AHU), zapewniającego odpowiednie parametry powietrza i układu regulującego jego przepływ. System jest zwykle zaprojektowany tak, aby utrzymywał stałe ciśnienie statyczne w kanale nawiewu i niewielkie nadciśnienie w budynku, poprzez regulację przepływu wentylatorów nawiewu i wywiewu. Indywidualne regulatory strefowe (VAV) zapewniają klimatyzowanym pomieszczeniom zmienny przepływ powietrza o stałej temperaturze. Centralne systemy wentylacji są najbardziej ekonomiczne z punktu widzenia sprawności energetycznej. Sprawność ta wynika z zastosowania dużych zespołów nagrzewnic i chłodnic oraz elementów przygotowania powietrza.

Tradycyjne rozwiązania – opierają się na czerpaniu świeżego powietrza z zewnątrz do AHU, gdzie uzyskuje się jego zadane parametry. Powietrze przechodzi przez chłodnice i nagrzewnice i następnie rozprowadzane jest poprzez kanały wentylacyjne do odpowiednich stref budynku. Poszczególne regulatory strefowe (VAV) regulują dopływ powietrza do stref. Czujnik temperatury strefy umieszczony w każdej strefie moduluje pracę modułu VAV, aby zapewnić zadaną temperaturę. Gdy zadana temperatura zostaje osiągnięta, moduł VAV zmniejsza przepływ. W rezultacie wzrasta ciśnienie w kanale, co wymaga zmniejszenia przepływu przez wentylator nawiewu. Odbyna się to zwykle poprzez regulowanie kąta otwarcia przepustnic lub poprzez regulację aparatem kierowniczym na wentylatorze. Wynikiem tego jest zwiększanie oporów przepływu w pierwszym przypadku lub obniżanie sprawności wentylatora w drugim. Im więcej regulatorów strefowych osiąga minimalny przepływ, tym bardziej dławiony jest przepływ na wentylatorach nawiewu i wywiewu, tak by utrzymać wymagane nadciśnienie w budynku. Sterownik utrzymuje stałe ciśnienie nawiewu, jak również stałą różnicę przepływów pomiędzy nawiewem a wywiewem. Regulacja tego typu jest powszechna, a odbywa się kosztem strat energii na dławieniu wentylatorów.



Rys.1 Tradycyjna struktura układu klimatyzacji

Przetwornice częstotliwości mogą w znaczący sposób uprościć sterowanie w układzie klimatyzacyjno – wentylacyjnym opisanym powyżej.

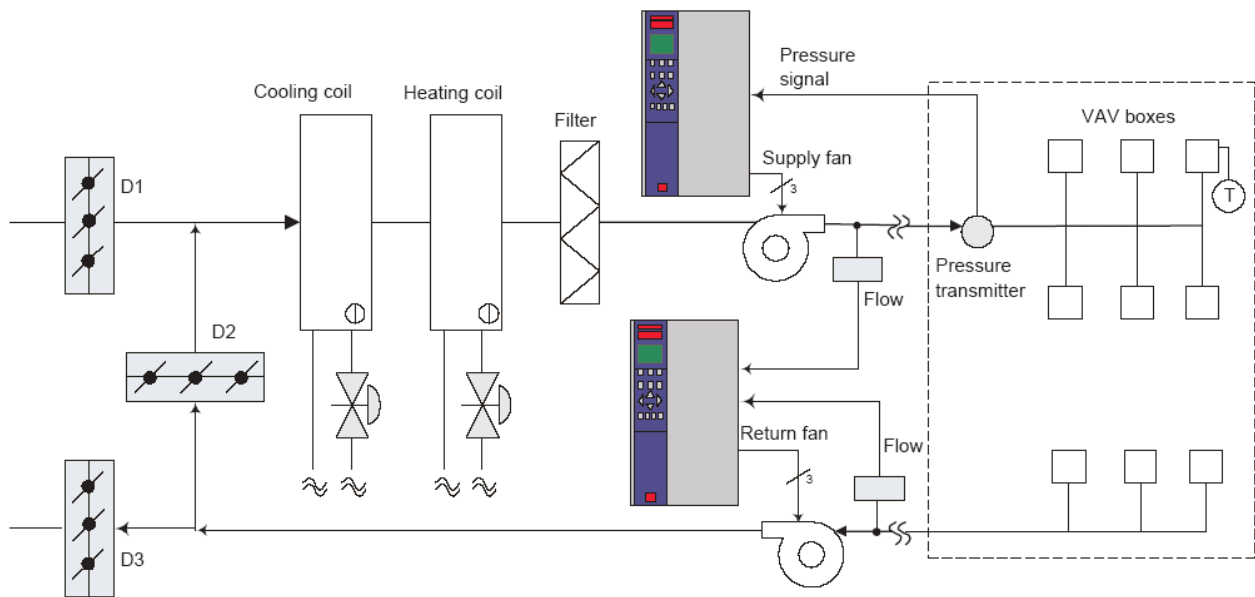
Większość istniejących central klimatyzacyjnych jest automatyzowana w tradycyjny sposób poprzez elementy dławiące przepływ, ewentualnie stosowanie silników 2 biegowych. Ten ostatni sposób jest energetycznie lepszym, narzuca jednak ograniczenia wynikające z tylko dwóch możliwych wydajności wentylatora. W konkretnej instalacji następuje zawsze końcowe dopasowanie ciśnień i przepływów do warunków obiektu poprzez regulację przepływów.

Zamiast tworzenia sztucznego spadku ciśnienia poprzez dławienie przepustnicą lub zmniejszanie

sprawności wentylatora aparatem kierowniczym, uzyskanie tego samego efektu można osiągnąć stosując regulację obrotów wentylatora.

Zmieniając prędkość obrotową wentylatora nawiewu lub wywiewu możemy precyzyjnie utrzymać wymagany przepływ i ciśnienie w systemie. Zastosowanie przetwornicy częstotliwości zwłaszcza w przypadku przewymiarowanych wentylatorów, pozwala na uzyskanie właściwych parametrów instalacji i zarazem znaczących oszczędności energetycznych. Przetwornice częstotliwości z wbudowanym regulatorem PID zapewniają precyzyjne sterowanie i eliminują potrzebę stosowania dodatkowych sterowników. Z tego też względu upraszcza się też konserwacja mechanicznych elementów instalacji.

Dodatkową przewagą przy stosowaniu regulacji prędkości obrotowej jest fakt, że pracujemy nadal w zakresie dużych sprawności wentylatorów, co daje dodatkowe oszczędności energii elektrycznej. Ponieważ zależność pomiędzy przepływem powietrza a pobieraną energią elektryczną z przetwornicy jest liniowa o dużym nachyleniu, nawet stosunkowo małe zmiany prędkości dają zauważalne oszczędności energii elektrycznej.

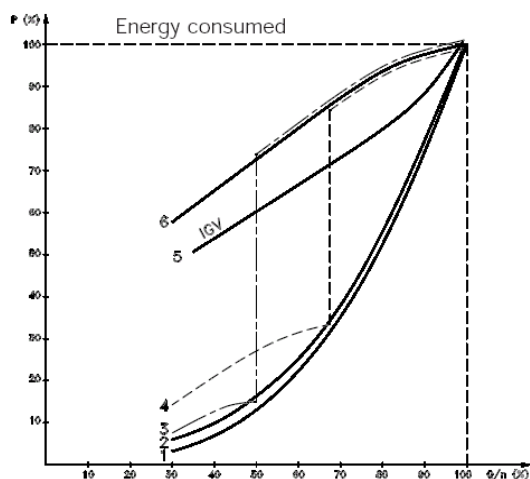


Rys. 2 Struktura układu klimatyzacji z układem regulacji przepływu powietrza falownikami

Na rysunku 2 pokazano konkretne zużycie energii przy różnych metodach regulacji przepływu powietrza. Krzywa '1' pokazuje teoretyczne zapotrzebowanie energii obliczone z zależności fizycznych dla wentylatorów. Krzywa '2' pokazuje osiągi rzeczywiste przy regulacji falownikiem. Krzywe '3' i '4' są dla wentylatorów 2-biegowych (połowa i 2/3 prędkości) z dławieniem. Krzywa '5' to regulacja aparatem kierowniczym, krzywa '6' to regulacja poprzez dławienie przepustnicą.

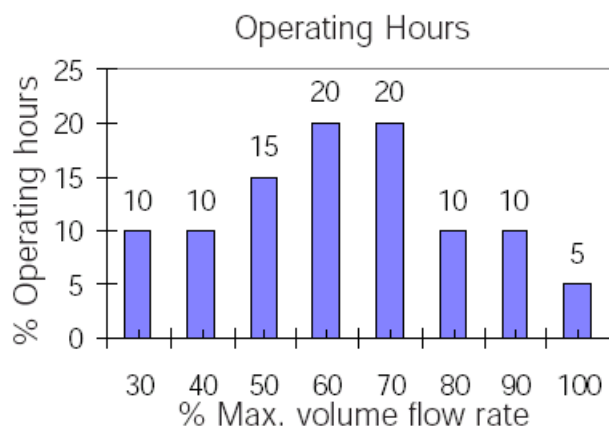
Rys. 3 Zapotrzebowanie mocy wentylatora w funkcji przepływu

Zastosowanie falownika zbliża zużycie mocy do teoretycznego jej zapotrzebowania.



Roczny profil obciążenia.

Aby obliczyć potencjalne oszczędności, należy przeanalizować dzienne zapotrzebowanie na przepływ w konkretnym układzie w przeciągu roku.



Rys. 4 Typowy profil obciążenia układu klimatyzacyjnego.

Na podstawie tego profilu i konkretnego wentylatora 30kW, dokonano obliczeń zużycia energii elektrycznej poprzez centralę klimatyzacyjną (AHU) w ciągu jednego roku. Porównano regulację falownikiem z regulacją dławieniem przepustnicą dla 10% nastawy punktu pracy. Wyniki przedstawione w tabeli (Rys.5) wykazują znaczące oszczędności energii elektrycznej – rzędu 61% (**143.624 kWh**) przy zastosowaniu regulacji wydajności falownikiem.

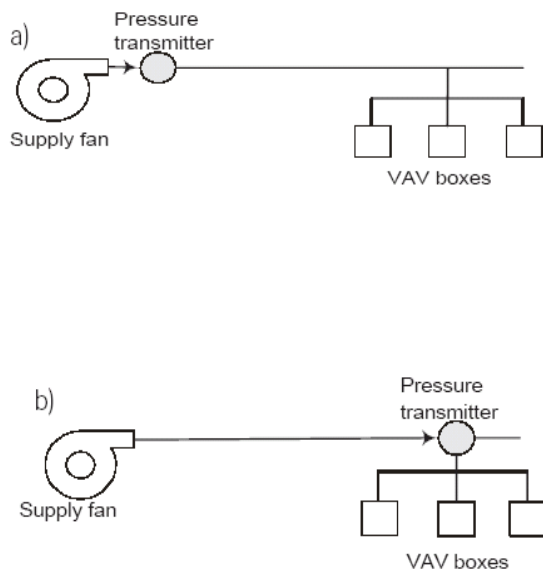
Flow (%)	Hours (%)	Hours run	Power Consumption (kW)		Energy for 30 kW fan motor	
			Dampers	VLT 6000 HVAC	Dampers	VLT 6000 HVAC
30	10%	876	26	1	22768	1055
40	10%	876	26	3	22673	2249
50	15%	1314	26	5	34122	6077
60	20%	1752	26	8	45987	13169
70	20%	1752	27	11	46842	19990
80	10%	876	27	17	24059	14464
90	10%	876	28	23	24952	20224
100	5%	438	30	31	13235	13786
	100%	8760 Hours			234637 kWh	91013 kWh

Rys. 5 Porównanie zużycia energii przez AHU przy regulacji dławieniem i falownikiem.

Umieszczenie czujników.

Zdolności oszczędzania energii w prawidłowo zainstalowanych systemach z przetwornicami częstotliwości są znaczące. Jednak ważność umiejscowienia czujnika ciśnienia dla tych oszczędności jest często przeoczana. Żeby osiągnąć optymalne oszczędności energii, jest bardzo ważne, aby czujniki były poprawnie umiejscowione.

Jeżeli czujnik ciśnienia statycznego jest zamontowany dokładnie na wylocie wentylatora zasilającego (zobacz rys. 6a) wtedy, żeby zagwarantować poprawną pracę modułów VAV, musi być założony spadek ciśnienia w kanałach (systemie) dla warunków maksymalnego przepływu. To powoduje, że wartość zadana musi być równa ciśnieniu projektowemu wentylatora (rysunek 7a – wykres lewa strona). Kiedy przepływ powietrza jest zmniejszany, wentylator kontynuuje utrzymanie wysokiego ciśnienia mimo, iż spadek ciśnienia w kanałach został znacznie zredukowany. Wyższe niż konieczne ciśnienie jest dostarczane do modułów VAV. Chociaż część energii jest tym sposobem zaoszczędzona – pełen potencjał oszczędności energii nie jest zrealizowany. Dostarczanie zbyt dużego ciśnienia, co ma miejsce w przypadku przepływów mniejszych niż maksymalny, to strata energii.



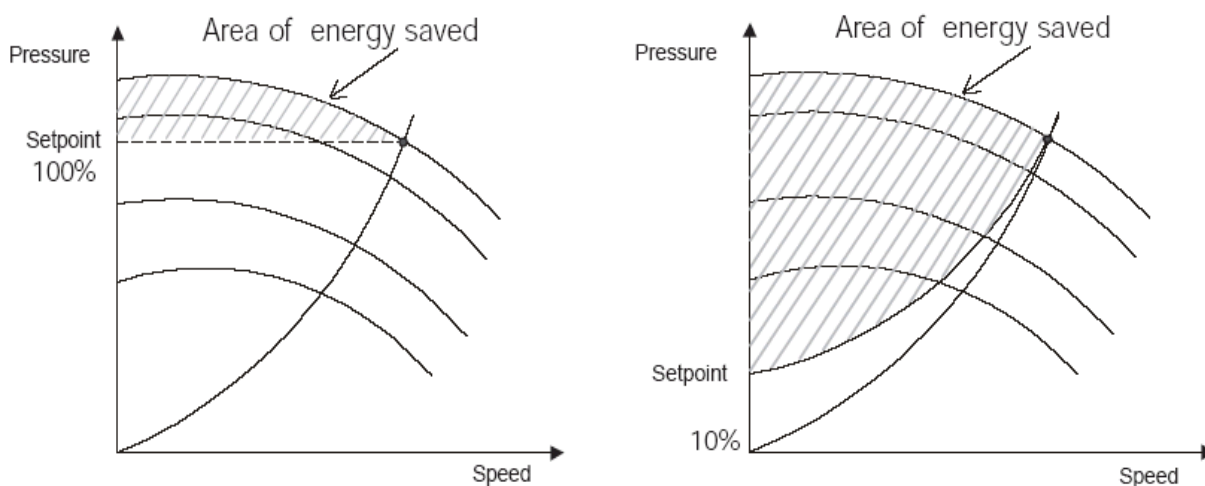
Rys.6 Umieszczenie czujnika ciśnienia: za wentylatorem i przy regulatorach VAV

Dla systemów o zmiennej wydajności (VAV) sensor ciśnienia powinien być zainstalowany w około 2/3 odległości od wentylatora nawiewu. Położenie to (zobacz rys. 6b) wynika z wykorzystania zredukowanego oporu, jaki kanały mają przy niskich przepływach. To z kolei, pozwala na utrzymanie małych wartości zadanych i niskiego ciśnienia na wylocie wentylatora, gdy występują małe przepływy.

Celem systemu wentylacji jest utrzymanie minimalnego wymagane ciśnienia statycznego na wlocie modułów VAV. To pozwala modułom VAV na poprawną pracę i równomierny rozdział powietrza do kontrolowanej strefy. Wymagane ciśnienie wylotowe wentylatora jest obliczane poprzez dodanie do statycznego ciśnienia wymaganego przez moduły VAV oczekiwanego spadku ciśnienia w całym systemie przy pełnym przepływie. Stosuje się pewien margines bezpieczeństwa do skompensowania nieprzewidywalnych zmian projektowych wymaganych podczas instalacji.

W przypadku, gdy czujnik ciśnienia statycznego zamontowany jest tak blisko modułów VAV jak możliwe, jest zapewniona kompensacja chwilowego spadku ciśnienia w kanałach. W rezultacie, wentylator wytwarza tylko ciśnienie potrzebne przez moduły VAV, niezależnie od przepływu. Minimalna wartość zadana, zapewniająca zapotrzebowanie systemu reprezentuje potężne możliwości oszczędności energii (zobacz rys. 7- prawy wykres).

W ten sposób, odpowiednie umiejscowienie czujnika i redukcja wartości zadanej optymalizuje oszczędność energii.



Rys. 7 Optymalne oszczędności energii zależą od wartości zadanej ciśnienia

Rysunek 7 pokazuje wpływ położenia czujnika ciśnienia na oszczędność energii. Najmniejsza wartość zadana, najwolniejsza prędkość przetwornicy częstotliwości na jakiej może pracować wentylator – zwiększa ilość zaoszczędzonej energii.

Pobór energii przy **100%** wartości zadanej. Całkowity pobór energii na rok: 185,581 kWh.

Roczne oszczędności: **4905 USD**

Pobór energii przy **10%** wartości zadanej. Całkowity pobór energii na rok: 91.013 kWh.

Roczne oszczędności: **14362 USD**

Uwagi praktyczne.

Prefabrykowane systemy klimatyzacyjno- wentylacyjne z zainstalowanymi napędami często mają zamontowane przetworniki ciśnienia powietrza zasilającego na wlocie wentylatora. Pomimo tego, że taka konfiguracja nie zapewnia dużych możliwości zaoszczędzenia energii, to jednak wnosi znaczące korzyści wynikające z automatyzacji napędów. Maksymalne prędkości wentylatorów i maksymalne obciążenia centrali AHU można wówczas w łatwy sposób zredukować. Uruchomienie systemu i jego regulacja są uproszczone. Dla modułów VAV niezależnych od ciśnienia, zmiany ciśnienia na wlocie modułów nie grają dużej roli.

Przetwornice częstotliwości Danfoss VLT w aplikacjach HVAC.

Seria przetwornic częstotliwości Danfoss VLT 6000 jest zorientowana na oszczędności energii i precyzyjne sterowanie w układach HVAC. Przetwornice częstotliwości VLT6000 są najbardziej efektywne w sterowaniu systemów o zmiennym przepływie (VAV).

Regulator PID z pojedynczym wejściem.

Sterowanie w zamkniętej pętli może zostać zrealizowane przez regulator PID, który jest standardowo dostępny w przetwornicach serii VLT 6000. Regulator PID zapewnia regulację w zamkniętej pętli gdzie ciśnienie, przepływ, temperatura, czy inne wymagania systemu muszą być zapewnione. VLT 6000 oferuje wybór 38 jednostek pomiarowych dla sygnału sprzężenia zwrotnego (np. mbar, ppm, %, itp.). Sprzężenie zwrotne i wartość zadana są programowane i pokazane na wyświetlaczu przy użyciu wybranej jednostki. Ponieważ VLT 6000 jest zaprogramowana specjalnie do aplikacji HVAC, napęd może pracować również w systemach automatyki budynków. To eliminuje potrzebę użycia dodatkowych regulatorów PID i modułów I/O.

Regulator PID z dwoma wejściami analogowymi.

Sterowanie w zamkniętej pętli z podwójnym wejściem może zostać zrealizowane przez regulator PID, który jest standardowo dostępny w przetwornicach serii VLT 6000. Regulator PID umieszczony w VLT 6000 akceptuje dwa sygnały sprzężenia zwrotnego od dwóch różnych urządzeń, jak np. przetworniki przepływu. Ta cecha może być wykorzystana do zapewnienia odpowiedniej różnicy przepływów wymaganej przez wentylator powietrza powrotnego w typowym sterowaniu „dopasowanym do kubatury” pokazanym na rysunku 2.

Regulator PID o dwóch wartościach zadanych.

VLT 6000 umożliwia obsługę dwóch sygnałów sprzężenia zwrotnego i umożliwia dwie wartości zadane z dwóch różnych urządzeń. Ta unikalna cecha pozwala na sterowanie systemem z różnymi wartościami zadanymi dla stref. Napęd podejmuje decyzje dotyczące sterowania na podstawie porównania dwóch sygnałów sprzężenia zwrotnego – dla zoptymalizowania zachowania się systemu. Na rysunku 2, np. dwa przetworniki ciśnienia mogą być podłączone do VLT 6000, która steruje wydajnością wentylatora nawiewu. Przetworniki ciśnienia mogą być też umiejscowione na dwóch równoległych kanałach zasilających z wentylatorami, a sterowanie uwzględni warunek „gorszego przypadku”. Przetworniki ciśnienia mogą być wówczas umieszczone dalej od wentylatorów niż w przypadku jednego kanału nawiewu. Zyskiem jest zwiększona oszczędność energii jak pokazano na rysunku 7.

Pozwolenie na pracę.

Przetwornica VLT ma również możliwość akceptowania zdalnego sygnału „gotowość systemu” (start warunkowy). Ta cecha jest użyteczna dla szerokiego zakresu aplikacji. Kiedy jest wybrana,

przetwornica pozostaje zablokowana, dopóki nie odbierze zezwolenia na start. Zezwolenie to zapewnia że przepustnice, wentylatory wyciągowe lub inny pomocniczy osprzęt są w odpowiednim stanie, zanim napęd zostanie uruchomiony.

Automatyczne obniżanie wartości nominalnych.

Przetwornica ustawiona fabrycznie wyświetla alarm i wyłącza silnik w przypadku przekroczenia swojej dopuszczalnej temperatury. Jeżeli jest wybrana specjalna opcja 'Autoderate and Warning', przetwornica ostrzeże o złych warunkach pracy, lecz dalej będzie pracować próbując się schłodzić na początek przez zmniejszenie częstotliwości kluczenia. Następnie, jeśli konieczne - zredukuje częstotliwość wyjściową. Ta cecha pozwala systemowi HVAC na pracę, w sytuacji nieprzewidzianych przeciążeń. To ułatwia uruchamianie instalacji np. na poddaszach nagrzanych od słońca, kiedy włączenie układu następuje przy wysokiej temperaturze w otoczeniu przetwornicy. VLT 6000 uruchomi się z obniżoną prędkością, w trybie 'autoderate'. Jeśli w wyniku cyrkulacji powietrza temperatura otoczenia obniży się i nastąpi lepsze schładzanie przetwornicy, samoczynnie powróci ona do trybu normalnej pracy.

Montaż podstropowy.

Przetwornice VLT 6000 mogą być montowane pod stropem budynku. Spełniają one amerykańską normę UL dla zespołów wentylacyjnych. Panel klawiatury może być zamontowany zdalnie umożliwiając obsługę z oddalonego pomieszczenia. To umożliwia stosowanie przetwornic w 'podwieszanych' pod stropem centralach klimatyzacyjnych.

Artykuł opracowali na podstawie materiałów firmy Danfoss:

mgr inż. Marek Baczyński
mgr inż. Lech Ptaszyński

IP SYSTEMS
Sterowanie Automatyka Pomiary
61-248 POZNAŃ
ul. Dziadoszańska 10
www.ipsystems.com.pl
biuro@ipsystems.com.pl