



REGULACJA TEMPERATURY, AGREGATY CHŁODNICZE.

Menadżer Aplikacji Michael Laustsen, Grundfos, Dania

Wprowadzenie:

Praca pomp często odgrywa ważną rolę w zapewnieniu optymalnego systemu produkcji o najwyższej wydajności przy najniższych kosztach produkcji. Jest to istotne, gdy rozpatruje się ilość energii zużytej do wyprodukowania jednego elementu, wydłużenia żywotności narzędzia dla pompy wykorzystywanej w aplikacji formowania lub podobnej oraz gdy ważne jest zapewnienie szybkiej produkcji.

Cel:

Celem niniejszego dokumentu jest zaprezentowanie kilku sposobów jak zastosować pompę w prostej aplikacji wymiennika ciepła, który charakteryzuje się dużymi różnicami w zużyciu energii, dużą liczbą zastosowanych komponentów, itp. Ponadto zostaną wyjaśnione korzyści wynikające z zastosowania pompy ze zintegrowaną przetwornicą (silniki MGE).

Spis treści

Podstawy:	2
Całkowita wydajność	2
Regulacja układu.....	2
Wpływ profilu obciążenia na zużycie energii.....	4
Przykłady zastosowań.....	5
Wnioski	8
Porównanie.....	9

Podstawy

Agregat chłodniczy jest tylko jednym z wielu przykładów zastosowania regulacji temperatury, gdzie prawidłowe zaprojektowanie instalacji i jej konstrukcja są niezwykle istotne, aby zapewnić poprawną temperaturę danego procesu. Wykorzystuje się w tym celu głównie pompy o kompaktowej budowie, ponieważ są one często montowane w szafach lub miejscach, gdzie przestrzeń jest mocno ograniczona.

Potrzeby te wymagają zaawansowanej konfiguracji pompy, która będzie mogła szybko i precyzyjnie dostosować się do zmieniającego się zapotrzebowania, robiąc to dodatkowo w energooszczędny sposób. Ważne jest zatem, aby patrzeć poza pompę i rozpatrywać cały układ / jednostkę jeszcze na wczesnym etapie projektowania.

Całkowita efektywność

Gdy mowa jest o wydajności, niezwykle istotnym jest, aby spojrzeć na "całkowitą efektywność",

ponieważ kupienie perfekcyjnej pompy z silnikiem będzie mijać się z celem, jeśli będzie ona pracowała na wpół przykniętym zaworze lub jeśli istnieją jakieś zasadnicze wady w zaprojektowanej instalacji. Ważne jest, żeby od samego początku zobaczyć, jakie są możliwości: czy jest możliwe, aby korzystając z najprostszego systemu regulacji, otrzymywać wymaganą dokładność? Prawidłowo zaprojektowane sterowanie jest również istotne, zwłaszcza, gdy bierze się pod uwagę profil obciążenia z systemu.

Regulacja systemu

Rysunek poniżej przedstawia trzy przykłady, wszystkie z takimi samymi wymaganiami systemowymi: konkretna temperatura na wyjściu z wymiennika. Jednak sposoby, w jaki cel ten zostaje osiągnięty, są zupełnie różne. Różnica w podejściu jest w tym, co nazywamy rozwojem od S poprzez R do I (Standardowe podejście produktowe poprzez Rozszerzone podejście produktowe do Inteligentnego podejścia systemowego).

S: Układ ten pracuje ze stałą prędkością (rys.1) tj. pompa pracuje ze stałą charakterystyką. Pomiar temperatury realizowany jest na wyjściu z wymiennika, jest on doprowadzony do zaworu regulacyjnego, który to reguluje temperaturę poprzez redukcję przepływu przez wymiennik. W wyniku tego pompa będzie na granicy swojej charakterystyki (czerwona krzywa na wykresie poniżej, rys.4)

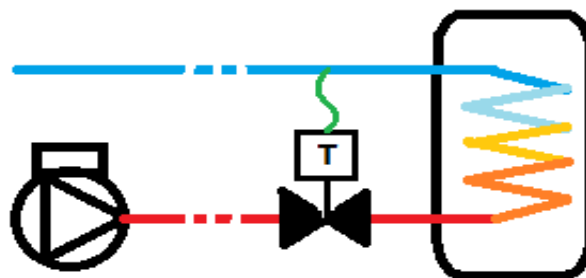


Figure 1: Regulating valve, Full speed

E: Drugie rozwiązanie (rys. 2) jest powszechnie używane w wielu systemach. Mamy tu pompę, która jest regulowana od stałej różnicy ciśnienia, co oznacza, że utrzymywana jest stała różnica ciśnienia między wyjściem z pompy a powrotem z wymiennika. Ale raz jeszcze mamy tu do czynienia z takim samym sposobem regulacji temperatury, jak w przykładzie pierwszym, gdzie występuje zawór regulujący ograniczający przepływ, aby uzyskać stałą temperaturę. W rezultacie pompa będzie utrzymywać stałe ciśnienie, płaska charakterystyka na wykresie Q/h. (Żółta pozioma charakterystyka, rys. 4).

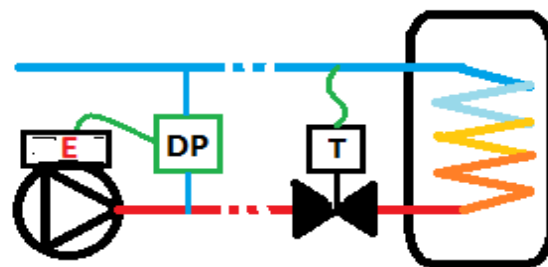


Figure 2 Constant differential pressure

I: Ostatnim przykładem jest inteligentny system regulacji (rys.3) . Pomiar temperatury z wyjścia wymiennika podawany jest bezpośrednio do pompy elektronicznej (silnik z wbudowaną przetwornicą częstotliwości). Dodatkowo używany jest regulator PI wbudowany w pompę elektroniczną, aby utrzymać przepływ, który odpowiada wymaganej temperaturze na wyjściu z wymiennika. Dzięki temu nie ma potrzeby regulacji zaworem, a co za tym idzie wyeliminowane są starty ciśnienia powstające na nim.

W rezultacie otrzymujemy krzywą pracy pompy, która jest bardzo zbliżona do krzywej ciśnienia proporcjonalnego (zielona charakterystyka, rys.4).

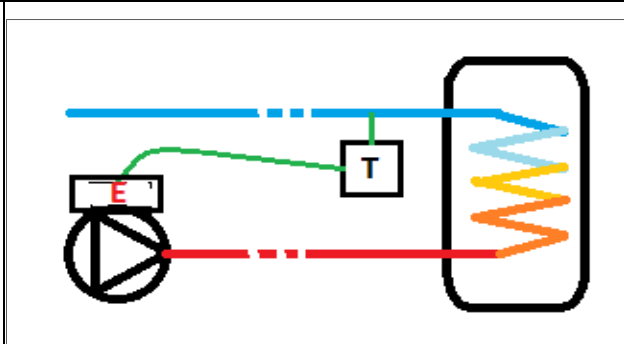
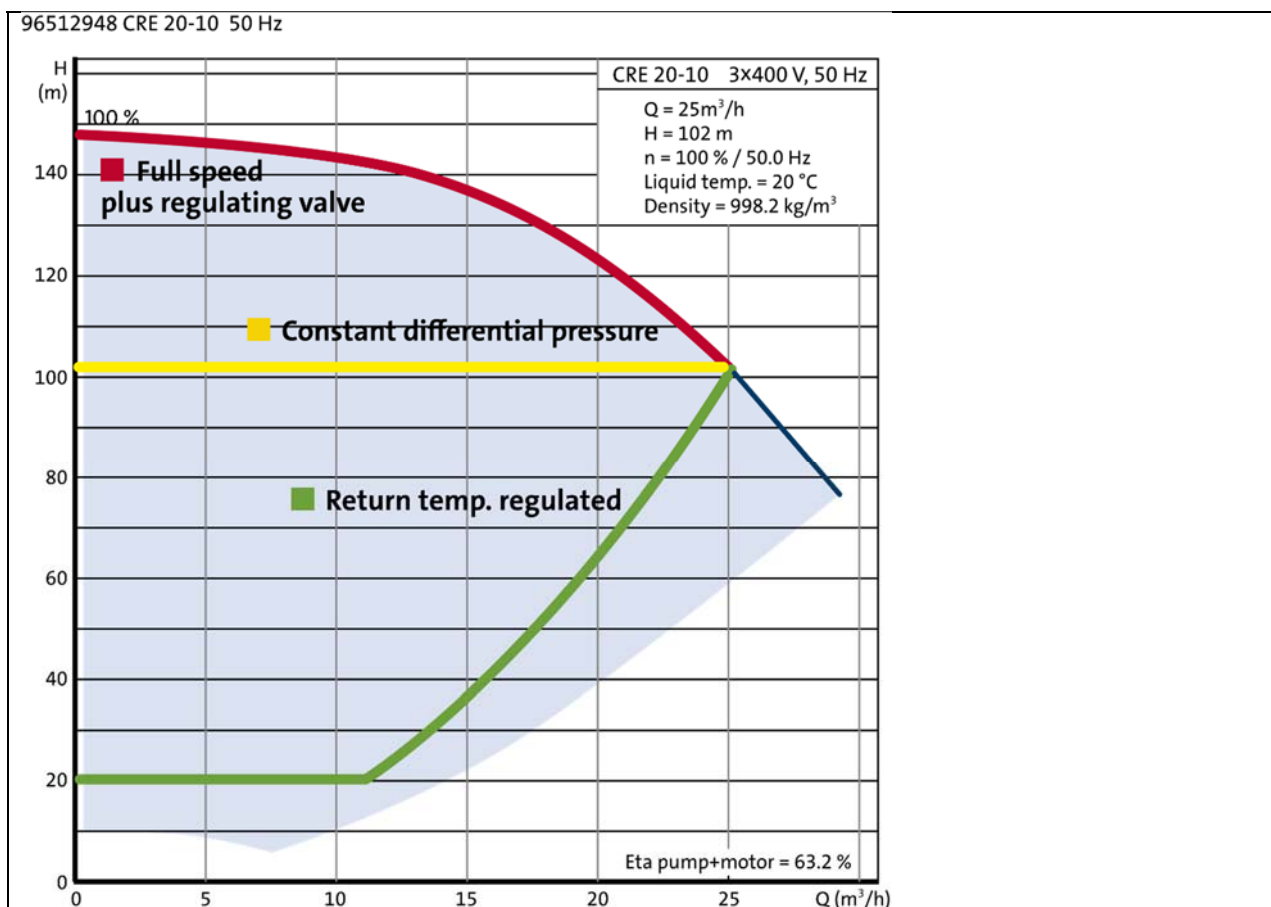


Figure 3 Temperature controlled feedback to MGE

Porównanie tych trzech rodzajów instalacji jest pokazane na wykresie poniżej, gdzie widoczne są trzy różne charakterystyki obciążenia.

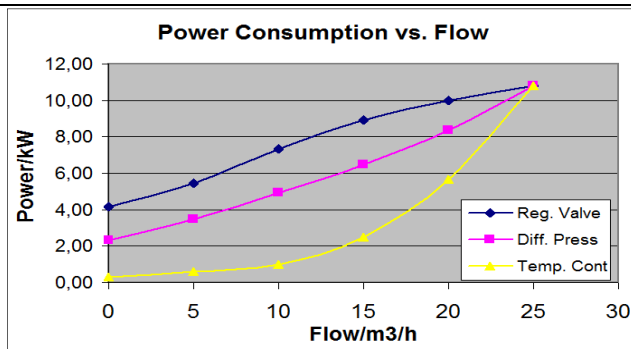
Przyczyną, dla której w systemie inteligentnym, gdzie realizowane jest bezpośrednie sterowanie temperaturą, pokazana charakterystyka jest płaska przy niższych obciążeniach, jest to, że chcemy zachować minimalny przepływ, aby zapewnić informację zwrotną dla przetwornika temperatury. Gdy mamy do czynienia z systemami chłodzenia czy ogrzewania, nie można całkowicie wyłączyć pompy; musi zostać zapewniony minimalny przepływ, aby można było dokonać pomiaru.

Poniższe trzy krzywe odnoszą się do każdego z systemów. Pamiętać należy, że wszystkie trzy wykonują tę samą pracę: zapewnienie stałej temperatury na wyjściu z wymiennika.



Rys.4 Dla systemów, gdzie punkt pracy jest stały, wszystkie trzy sposoby regulacji są odpowiednie, ale gdy obciążenie zostanie zredukowane, bezpośrednia regulacja temperaturą zapewni optymalną wydajność i oszczędność energii.

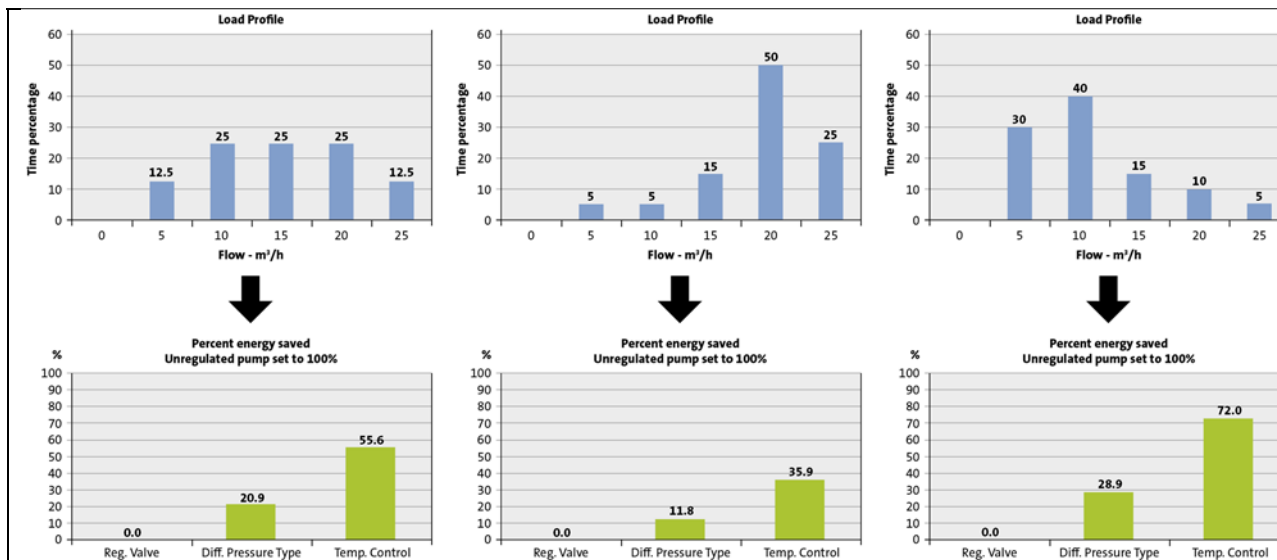
Spójrzmy na wykres zużycia energii dla każdego systemu, gdzie widać zużycie energii dla krzywej obciążenia dla pełnej prędkości, krzywą obciążenia dla stałej różnicy ciśnienia oraz krzywą dla bezpośredniej regulacji temperatury. Patrząc na te systemy pracujące w jednej trzeciej obciążenia widać ogromne różnice w zużyciu energii, które mogą bezpośrednio przełożyć się na jej oszczędności. Z drugiej jednak strony istnieje niewielka różnica między systemami podczas ich pracy przy pełnym przepływie, ponieważ wybrana metoda regulacji nie odgrywa w tym przypadku już większej roli. Jednakże jest oczywiście konieczne, aby zapewnić poprawny dobór pompy do danego układu.



Wpływ profilu obciążenia na zużycie energii

Jasnym jest, że należy wziąć pod uwagę profil obciążenia przy wyborze ustawień. Trzy przykładowe profile obciążenia na rysunku 5 pokazują znaczne oszczędności dla konfiguracji stałej różnicy ciśnienia w porównaniu z systemami z regulacją przy pomocy zaworów. Bezpośrednia regulacja temperatury jest jednak zdecydowanie najbardziej energooszczędną opcją.

Ponieważ faktem jest, że większość pomp w chłodnictwie jest przewymiarowana i profile typu "C" są najczęściej stosowane, to rozwiązanie bezpośredniej regulacji temperatury ma olbrzymią przewagę. Rysunek 5 pokazuje, jak ustawienie regulacji temperaturowej przynosi 72% oszczędności energii w przedstawionych przykładowych scenariuszach.



Rys.5 Trzy przykładowe profile obciążenia: A, B i C oraz procent oszczędności energii przy użyciu alternatywnie opcji stałej różnicy ciśnienia oraz regulacji temperaturowej. Obciążenie A ma losowe wymagania przepływu, a więc pompa pracuje z wydajnością z całego zakresu charakterystyki. Obciążenie B to stabilny proces z takimi samymi wymaganiami odnośnie przepływu przez większość czasu; pompa może zostać tak dobrana, aby pracowała w najlepszym punkcie sprawności przez większość czasu. Obciążenie C jest często spotykanym przykładem, pompa jest przewymiarowana i pracuje ze znacznie mniejszą wydajnością, niż ta, do której została zaprojektowana. Skutkuje to niską sprawnością silnika i pompy.

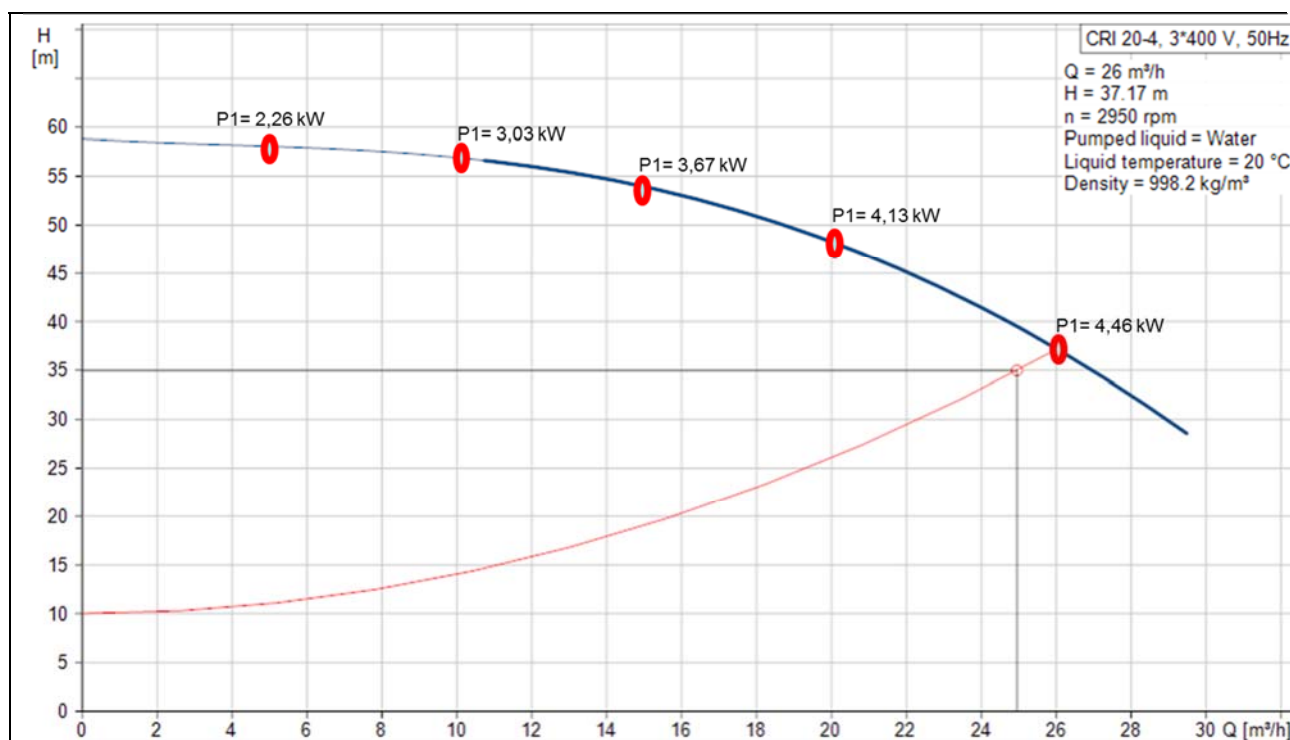
Przykład.

Mając powyższe na uwadze, przedstawiono poniżej praktyczny przykład tego, ile można zaoszczędzić kWh na rok korzystając z poprawnej metody regulacji.

Wykorzystano następujące dane:

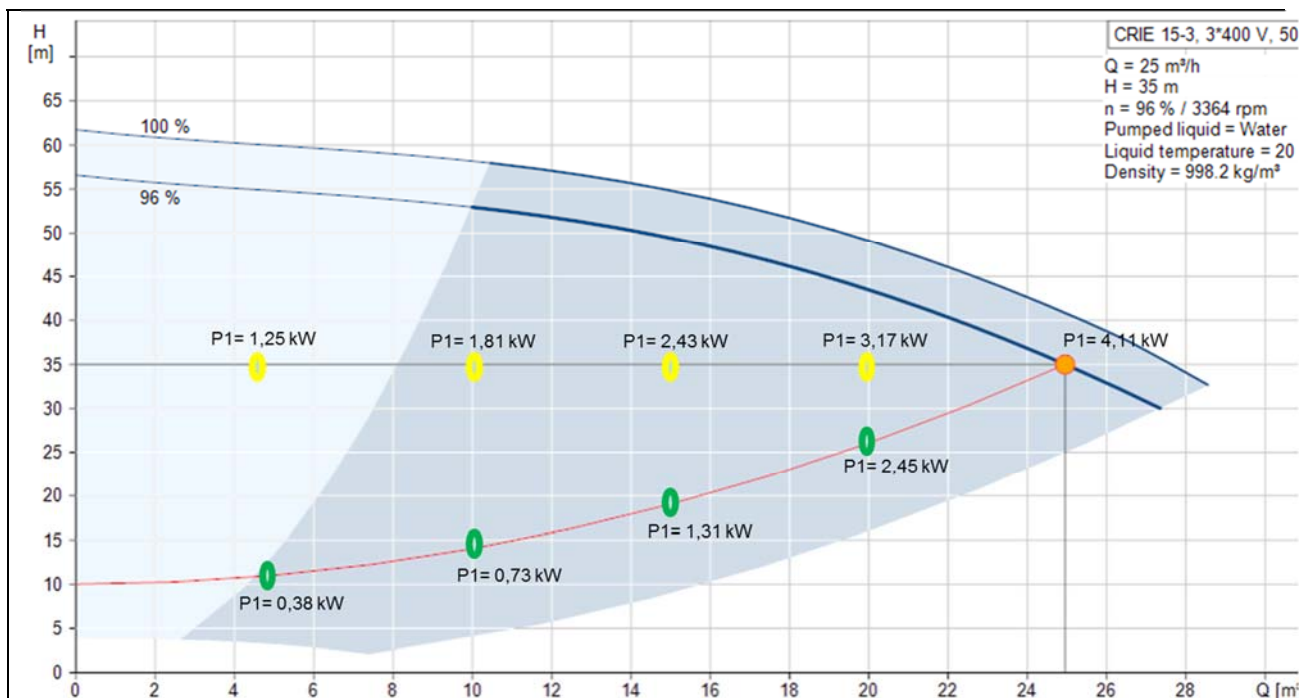
Wydajność:	25 m ³ /h
Wysokość podnoszenia	35 m
Liczba dni w roku:	300
Godziny w ciągu dnia:	24
Profil obciążenia:	jak w przykładzie "A" na rysunku 5.

Pompą wybraną jak przy *Standardowym podejściu produktowym* będzie CRI20-4 (krzywa charakterystyki i punkty pracy poniżej).



Pompa ma silnik 5.5 kW. Przyczyną, dla której pompa ta nie może pracować w nominalnym punkcie pracy 25 m³/h przy 35 m podnoszenia jest jej przewymiarowanie i bez zastosowania przetwornicy częstotliwości nie ma możliwości, aby pracowała w optymalnym punkcie pracy.

Dla *Rozszerzonego i Inteligentnego podejścia produktowego* wybrano pompę CRIE15-3 z mniejszym, 4 kW silnikiem. Przyczyną, dla której możemy zastosować mniejszą pompę jest to, że ma ona zintegrowaną przetwornicę częstotliwości, która pozwala na zwiększenie prędkości obrotowej z 2900 do 3500 obrotów na minutę. Dzięki temu mniejsza pompa może wykonać większą pracę. Pompa CRIE15-3 ma następujące krzywe charakterystyki i punkty pracy dla dwóch ustawień.



	CRI 20-4 Standardowe podejście produktowe	CRIE15-3 Rozszerzone podejście produktowe	CRIE 15-3 Inteligentne podejście produktowe
5 m ³ /h dla 12.5% czasu: 900 godzin/rok	2034 kWh	1125 kWh	342 kWh
10 m ³ /h dla 25% czasu: 1800 godzin/rok	5454 kWh	3258 kWh	1314 kWh
15 m ³ /h dla 25% czasu: 1800 godzin/rok	6606 kWh	4374 kWh	2358 kWh
20 m ³ /h dla 25% czasu: 1800 godzin/rok	7434 kWh	5706 kWh	4410 kWh
25 m ³ /h dla 12.5% czasu: 900 godzin/rok	4014 kWh	3699 kWh	3699 kWh
Suma	25542 kWh	18162 kWh	12123 kWh

Wynika z tego, że dla standardowej pompy użytej w wymienniku ciepła ze średnim profilem obciążenia, możliwe są oszczędności wynoszące 13419 kWh w skali roku, wynikające z poprawnej regulacji. Poza tymi oszczędnościami zyskuje się dodatkowo:

- Brak zaworów regulacyjnych.
- Straty ciśnienia na zaworach regulacyjnych nie są brane pod uwagę, więc realne oszczędności energii są jeszcze większe.
- W tym przypadku można wykorzystać mniejszą pompę, z mniejszym silnikiem ze zintegrowaną przetwornicą częstotliwości, która będzie pracować z większymi obrotami.
- W niektórych przypadkach można użyć jeszcze mniejszej pompy, ponieważ nie trzeba kompensować strat ciśnienia na zaworach, a jedynie straty w instalacji i na wymienniku.

Oczywiście pompa z przetwornicą częstotliwości będzie znacznie droższa od pompy standardowej. W naszym przypadku wygląda to następująco:

CRI20-4, 5.5 kW, PN 96500348, Index ceny 100

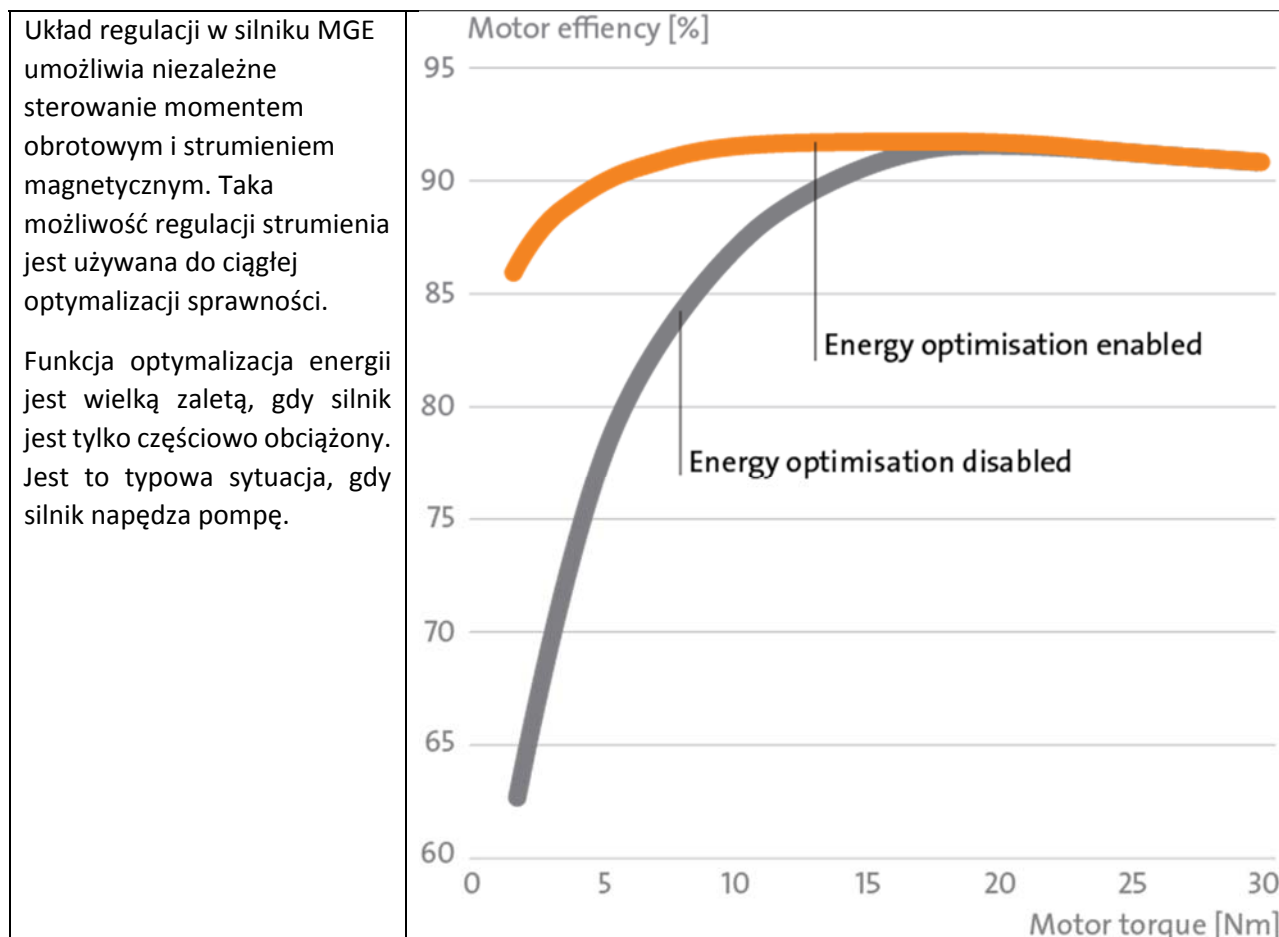
CRIE15-3, 4 kW, PN 96514518, Index ceny 140

Przy średnim koszcie 0.2 EUR/kWh otrzymujemy €2,684 oszczędności na zużyciu energii w skali roku.

To oznacza, że dodatkowy koszt zakupu pompy CRIE15-3 zwróci się po około 2-3 miesiącach.

Oprócz tego można dodać oszczędność związane z brakiem zaworu regulacyjnego i strat ciśnienia na nim. Oczywiście straty te są niewielkie. Jednakże każda strata powstająca w instalacji przełoży się na dodatkowe ciepło, co w przypadku instalacji chłodzących jest efektem niepożądanym.

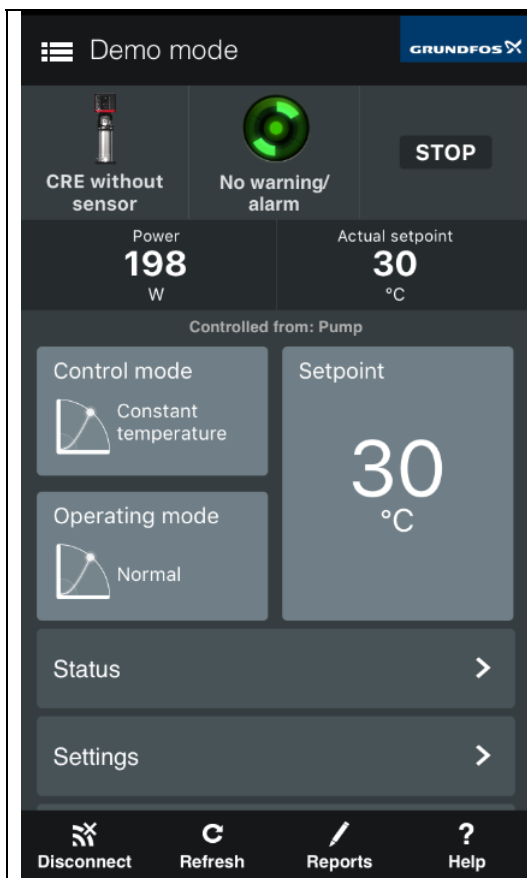
Poza oczywistymi oszczędnościami pokazanymi powyżej, silniki Grundfos ze zintegrowanymi przetwornicami częstotliwości posiadają funkcję, która sprawi, że rozwiązanie iSOLUTIONS stanie się jeszcze bardziej przyjazne dla środowiska i pomoże zaoszczędzić jeszcze więcej energii. Nazywa się ona Optymalizacja Energii i po jej aktywacji silnik będzie utrzymywał swoją wysoką sprawność nawet, gdy jest on tylko częściowo obciążony (wykres poniżej).



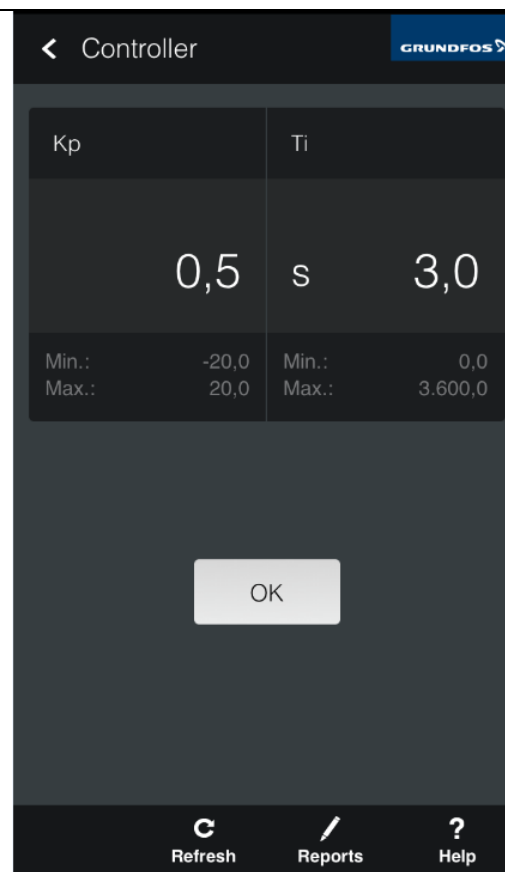
Ustawienie silnika MGE w trybie regulacji stałej temperatury jest bardzo proste: wystarczy wykorzystać telefon komórkowy (smartfon z systemem Android lub iOS) oraz aplikację Grundfos GO. Należy skonfigurować następujące ustawienia:

- Sygnał oraz zakres czujnika.
- Ustawić czujnik na 'feedback sensor', co oznacza, że tylko on wpływa na regulację pompy.
- Ustawić prędkość minimalną. Jest to konieczne, aby zachować ciągły przepływ przez wymiennik.
- Wybrać pętlę zamkniętą ("closed loop"), co oznacza, że silnik MGE wykorzystuje własny regulator PI.
- Wybrać wartość zadaną, którą jest wymagana temperatura.
- Na koniec należy ustawić parametry regulatora PI, aby zapewnić odpowiednie sterowanie.

Ostatni punkt sprawia czasami trudności, ale z aplikacją Grundfos GO sprawa jest o tyle prosta, że ustawiając zadaną temperaturę, rekomendowane parametry regulatora PI wprowadzane są automatycznie. Dzięki temu pompa może od razu rozpocząć pracę w nowym trybie i zapewnić zadaną temperaturę. Jeśli chcesz jeszcze dokładniej dostroić instalację, możesz to oczywiście zrobić. Na następnej stronie pokazano zrzuty ekranów z aplikacji Grundfos GO, gdzie można tego dokonać.



Widok główny w aplikacji Grundfos GO. Można zobaczyć, że wybrano tryb regulacji “stała temperatura” i wartość zadaną 30°C.



Powyższe parametry są domyślnymi dla regulatora PI, gdy wybrany jest tryb “stała temperatura”. Należy pamiętać, że dla standardowego ustawienia (pokazanego tutaj), jest to normalna regulacja. Dla zastosowań chłodniczych należy wybrać odwrotną regulację, a więc trzeba wprowadzić wartość ujemną przy parametrze wzmocnienia Kp.

Wnioski

Jak już opisano w niniejszej Białej Księdze istnieje wiele sposobów na uzyskanie wymaganej temperatury z wymiennika ciepła. Podsumowując, należy uwzględnić pięć rzeczy:

- Sprawność pompy i silnika
- Rodzaj regulacji
- Wielkość instalacji
- Profil obciążenia
- Straty ciśnienia w instalacji

To jest właśnie miejsce do wykorzystania możliwości rozwiązań [Grundfos iSOLUTIONS](#) w celu optymalizacji całego układu pompowego. Firma Grundfos szuka rozwiązań spełniających wymagania klientów i pomaga uniknąć sytuacji, które byłyby nieopłacalne w dłuższej perspektywie – np. przez zastosowanie najbardziej energooszczędnego i odpowiedniego trybu regulacji do przemysłowych instalacji chłodzenia.

Poza tym, istnieje jeszcze więcej korzyści ze stosowania rozwiązań Grundfos iSOLUTIONS. Możesz wykorzystać wiele sposobów kontroli nie tylko osiąguw pompy ale także całej instalacji, co pozwoli na szybką reakcję jeżeli np. będzie wymagana zmiana wartości zadanej.

Porównanie

Korzyści

Bezpieczeństwo/Niezawodność	Bez przetwornicy częstotliwości	iSOLUTIONs
Zabezpieczenie silnika zintegrowane w w układzie regulacji silnika	☹️	😊
Wymagana konserwacja zaworów.	☹️	😊
Dokładna wartość temperatury	😊	😊
Małe ryzyko wystąpienia uderzenia hydraulicznego i kawitacji.	☹️	😊
Redukcja poziomu hałasu i drgań: Stała prędkość może powodować rezonans w rurach.	☹️	😊
Zawory mogą zwiększać poziom hałasu	☹️	😊
Łatwość w obsłudze		
Zakres możliwości ustawień przy uruchomieniu może być dostosowany do określonego typoszeregu pomp (wstępna konfiguracja).	😊	😊
Analiza zakłóceń ze szczegółowymi informacjami w plikach data-log. Pliki można odczytać przy pomocy aplikacji Grundfos GO.	☹️	😊
Przejrzystość danych o zużyciu energii, prędkości obrotowej, godzinach pracy itp.	☹️	😊
Wszystkie dane mogą być przesyłane do głównego systemu SCADA lub BMS do monitorowania i nadzoru.	☹️	😊
Elastyczność		
Możliwość ustawienia wartości temperatury podczas pierwszego uruchomienia. Inne wymagania instalacji mogą być również zrealizowane.	☹️	😊
Integracja		
Oszczędność powierzchni: Brak dodatkowej szafki sterowniczej lub powierzchni na ścianie.	😊	😊
Prostszy układ instalacji --> Mniej koniecznych obliczeń i elementów instalacji.	😊	😊
Konserwacja		
Brak konieczności stosowania zaworów dławiących, które wymagają okresowej konserwacji.	☹️	😊

be think innovate

The name Grundfos, the Grundfos logo, and be think innovate are registered trademarks owned by Grundfos Holding A/S or Grundfos A/S Denmark. All rights reserved worldwide.