

Modernizacja układu pompowego Ciepłowni PWKC Pionki

Skrót do SIWZ

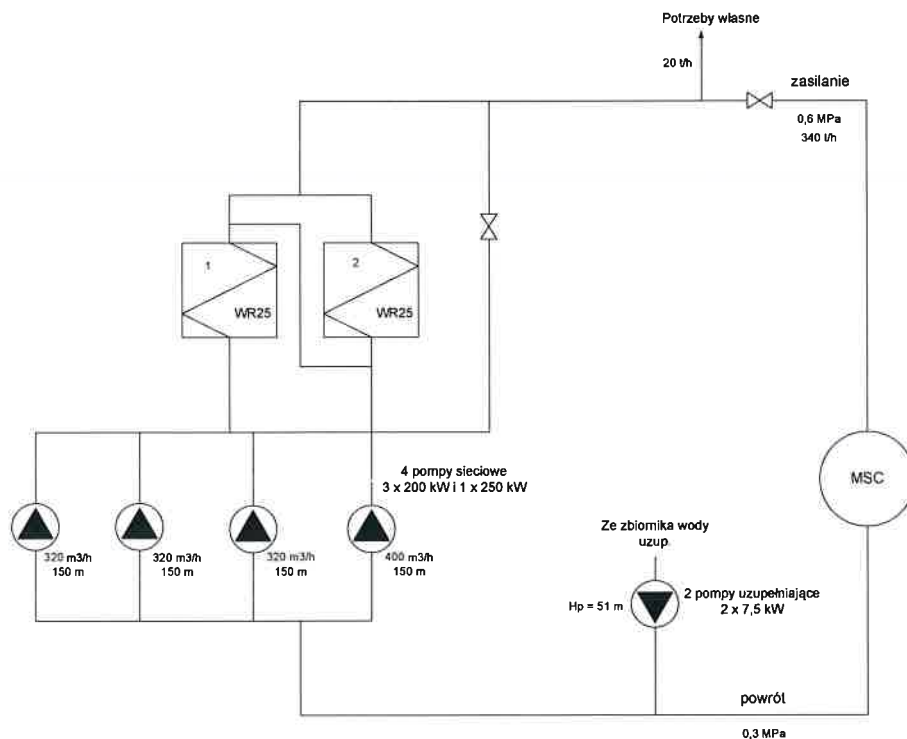
W każdym przypadku, gdy Dokumentacja opisuje przedmiot zamówienia poprzez wskazanie znaków towarowych (marek), patentów lub pochodzenia (producenta) lub źródła lub szczególnego procesu, który charakteryzuje produkty dostarczane przez konkretnego wykonawcę, to przyjmuje się, że wskazaniom takim towarzyszą „lub równoważne”.



1. Stan istniejący

Uproszczony schemat technologiczny został pokazany na rysunku 1. Pompy sieciowe poprzez 2 kotły WR25 zasilają sieć ciepłowniczą. Układ nie posiada instalacji mieszania gorącego. Pompy stabilizująco-uzupełniające pobierają wodę z głównego zbiornika wody uzupełniającej i zapewniają wymagane ciśnienie w kolektorze powrotnym z sieci. Mieszanie zimne w praktyce nie jest obecnie wykorzystywane. Najczęściej cały przepływ sieciowy idzie przez kotły, jego zmiany są niewielkie w czasie sezonu grzewczego (do 10%). Regulacja ma charakter głównie regulacji jakościowej.

Brak układu mieszania gorącego powoduje problemy z korozją niskotemperaturową oraz z uzyskaniem wyższych temperatur wylotowych. Ze względu na problemy z dotrzymaniem parametrów temperaturowych zostało wykonane spięcie kotłów umożliwiające ich pracę szeregową, nie było ono jednak do tej pory wykorzystywane. Podstawowym układem pracy jest praca jednego kotła, z możliwością równoległego włączenia kotła drugiego (w praktyce trudne do zrealizowania ze względu na wielkość przepływu sieciowego).



Schemat stanu istniejącego

W układzie zabudowane są 4 pompy typu 20W39 o parametrach przedstawionych w tabeli.

Tabela Parametry pomp sieciowych układu obecnego

LP.	POMPA				SILNIK			
	Typ pompy	Q _n m ³ /h	H _n m	n obr/min	Typ silnika	Moc kW	Napięcie V	Prąd A
1	20W39bx3GV	320	150	1480	SZDc154d	200	400	350
2	20W39bx3GV	320	150	1480	SZDc154d	200	400	350
3	20W39bx3GV	320	150	1480	SZDc154d	200	400	350
4	20W39aX3NV	400	150	1480	So355M4	250	400	380

Trzy pompy napędzane są silnikami klatkowymi niskonapięciowymi 200 kW, jedna pompa, o większych parametrach hydraulicznych, silnikiem 250 kW.

2. Parametry zasilania sieci

Obecnie Ciepłownia pracuje w zasadzie ze stałym przepływem i regulacją jedynie jakościową. Małe, kilka, kilkanaście ton, wahania przepływu nie wpływają na obecny sposób eksploatacji. Wynikają one głównie z różnej ilości włączanych odbiorców. Należy stwierdzić, że taki sposób pracy nie jest korzystny. Zmodernizowany układ musi być przygotowany do regulacji ilościowo-jakościowej, która jest nieunikniona przy szerszym wprowadzeniu pracy węzłów z automatyką pogodową.

Parametry pracy sieci zostały przedstawione w tabeli.

Tabela Parametry eksploatacyjne układu

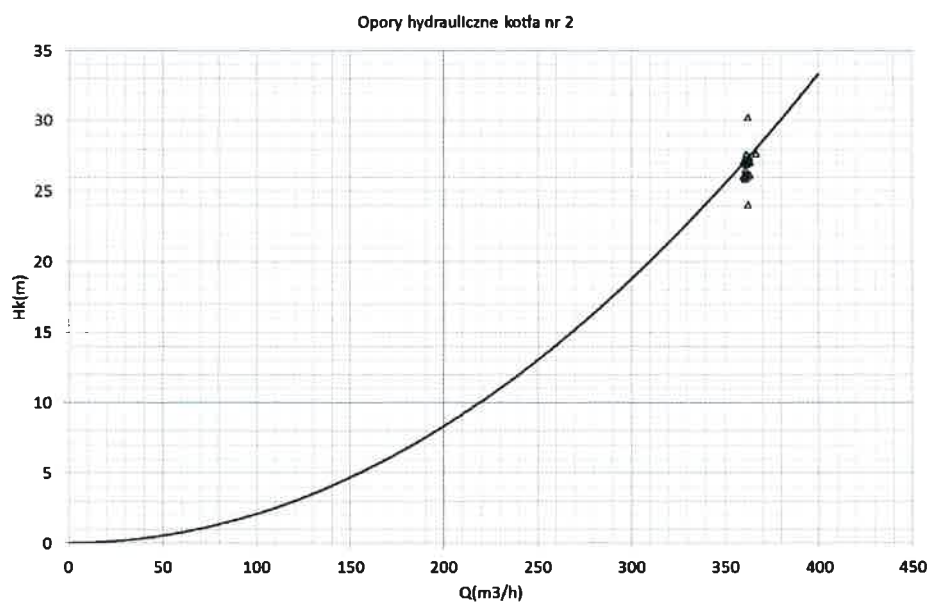
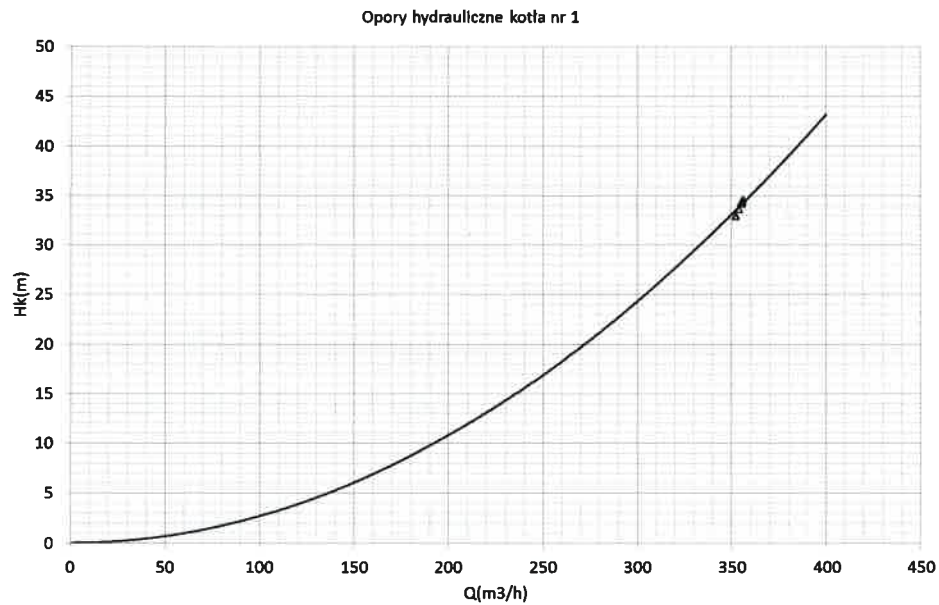
	Średnio	Minimum	Maksimum
Przepływ na sieć (t/h), lub (m ³ /h)	340		
Potrzeby własne (t/h), lub (m ³ /h)	20		
Ciśnienie zasilania sieci (MPa)	0,58	0,56	0,6
Temperatura zasilania sieci (°C)	84 / +2°C	70 / +12	135 / -20
Ciśnienie powrotu z sieci (MPa)	0,32	0,30	0,34
Temperatura powrotu z sieci (°C)	52	49	73
Przepływ przez kotły (t/h), lub (m ³ /h)	350	330	360
Temperatura wody w kotłach (°C)	84	70	135
Przepływ na zmieszaniu gorącym (t/h), lub (m ³ /h)	0		
Sumaryczny przepływ na zmieszaniu zimnym (m ³ /h)	0		
Typy i ilość pracujących kotłów (średnio)	1		
Typy i ilość pracujących pomp (średnio)	1		

Czas pracy układu (godz.) Średnio statystycznie

5000

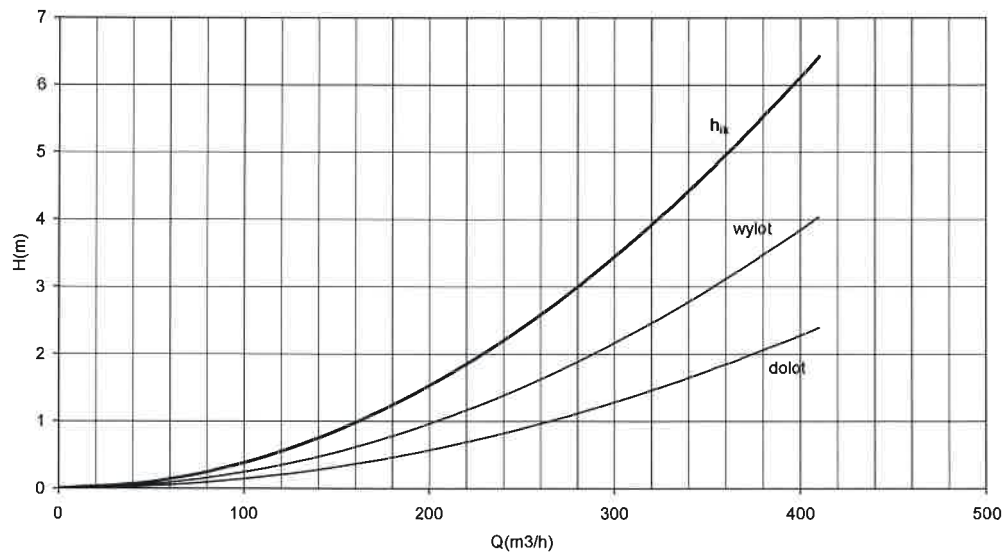
3. Opory kotłów i ich instalacji

Na rysunkach poniżej pokazane zostały wyniki pomiarów oporów hydraulicznych kotłów WR25 w postaci wykresów.



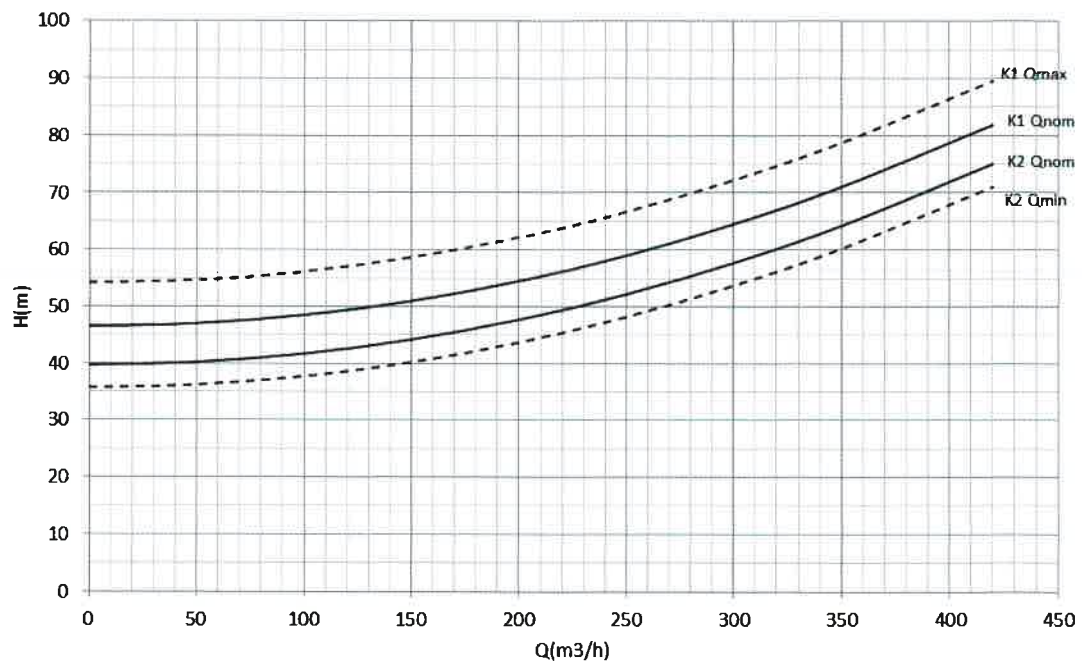
Instalacja dolotowa i wylotowa kotłów

Straty instalacji okolo kotłowej kotłów WR 25



4. Charakterystyka oporów źródła i sieci

Sumaryczna charakterystyka oporów źródła i sieci



5. Zmieszanie gorące

Obecnie układ kotłowy jest pozbawiony pomp zmieszania gorącego, nie ma zatem możliwości zapewnienia minimalnej właściwej temperatury wlotowej do kotła 70 °C. Zabudowa pomp zmieszania gorącego umożliwi utrzymanie właściwej temperatury wlotowej, spowoduje zmniejszenie strumienia wody do kotła z pomp sieciowych, zwiększy udział strumienia obejściowego (zmieszanie zimne), poprawi bilans termiczny kotła.



Kocioł WR 25

Przyjęte parametry:

przepływ kotłowy : $Q = 350 \text{ m}^3/\text{h}$;

temperatura wlotowa do kotła : $t_{\min} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;

temperatura wylotowa z kotła: $t_2 = 110 \text{ }^\circ\text{C}, 120 \text{ }^\circ\text{C}, 130 \text{ }^\circ\text{C}, 140 \text{ }^\circ\text{C}$;

temperatura powrotu: $t_1 = 52 \text{ }^\circ\text{C}$ (średnia z raportów).

Wyniki przedstawiono w tabeli.

Tabela Wielkość zmieszania gorącego dla kotła jednego WR25

	1	2	3	4	5
Temp. wylotowa t_2 ($^\circ\text{C}$)	90	100	110	120	130
Przepływ kotłowy Q_2 (m^3/h)	350	350	350	350	350
Przepływ do kotła Q_1 (m^3/h)	184	219	241	257	269
Przepływ zmieszania gorącego Q_x (m^3/h)	166	131	109	93	81

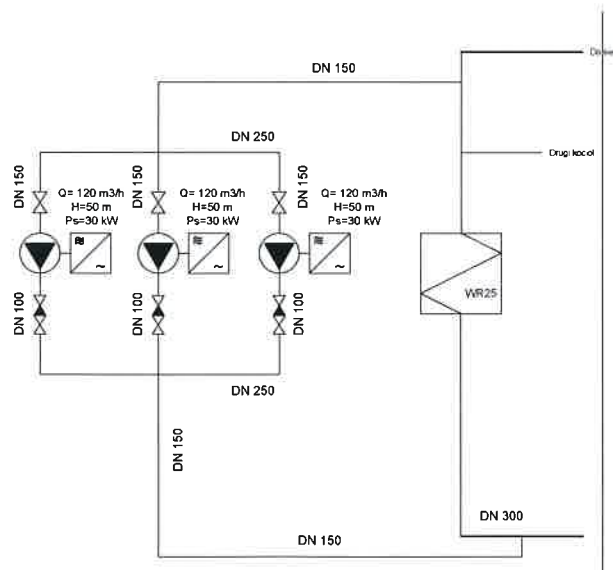
Przy pracy jednego kotła można przyjąć, że średnie zmieszanie gorące będzie wynosiło ok. $110 \text{ m}^3/\text{h}$, przy minimum 80 i maksimum $170 \text{ m}^3/\text{h}$

Pompy zmieszania gorącego kotłów WR25

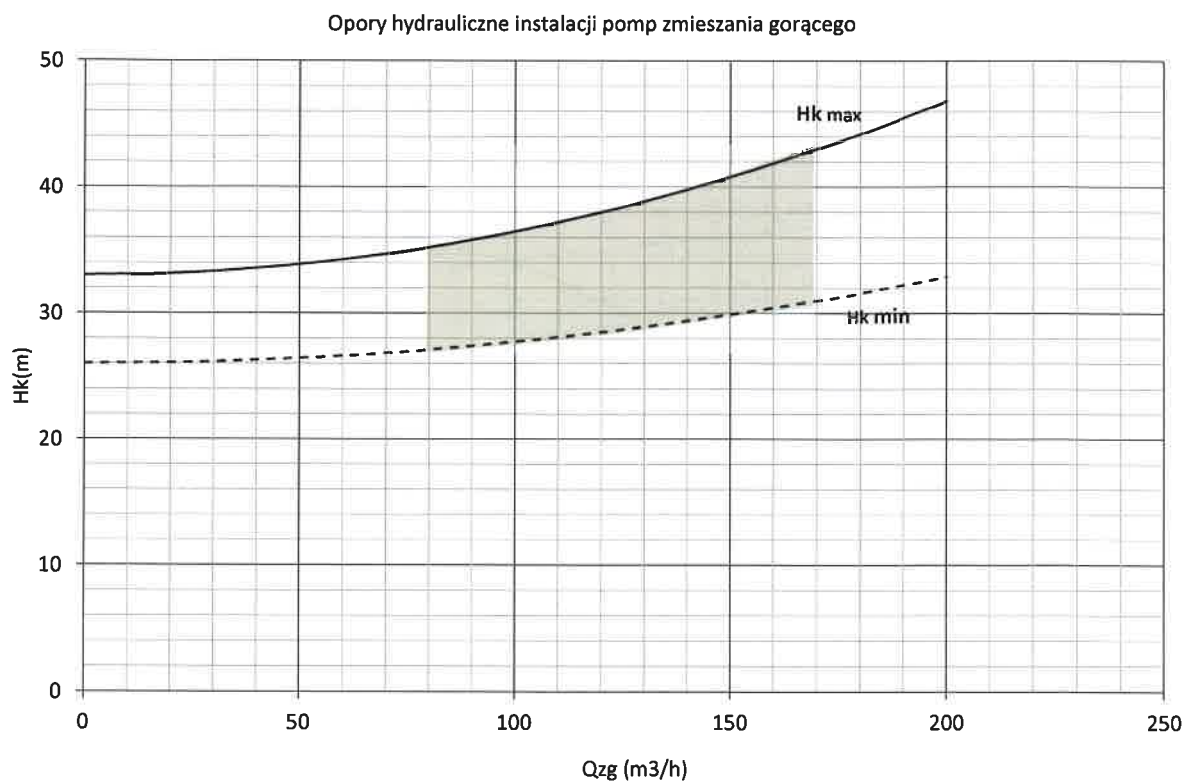
Dla doboru pomp przyjęto następujące wielkości zmieszania :

- średnie $110 \text{ m}^3/\text{h}$
- maksymalne: $170 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 1 kotła ; $220 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 2 kotłów

Uproszczony schemat układu pokazuje rysunek



Schemat układu zmieszania gorącego kotłów WR25 (2 + 1 rez.)



W układzie zaprojektowano 3 pompy typu 8A20 o parametrach :

$$Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 50 \text{ m}$$

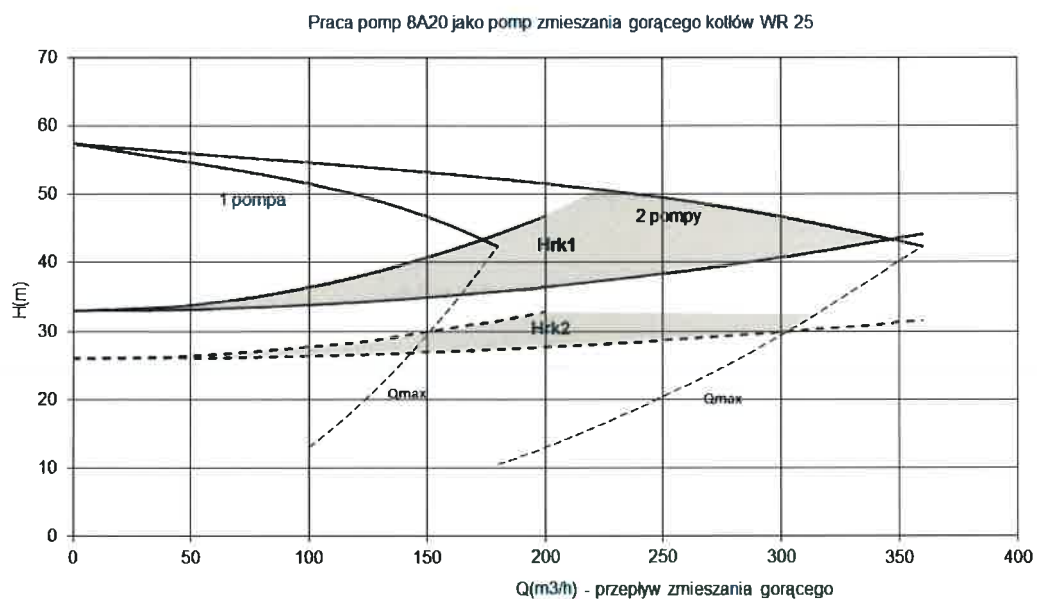
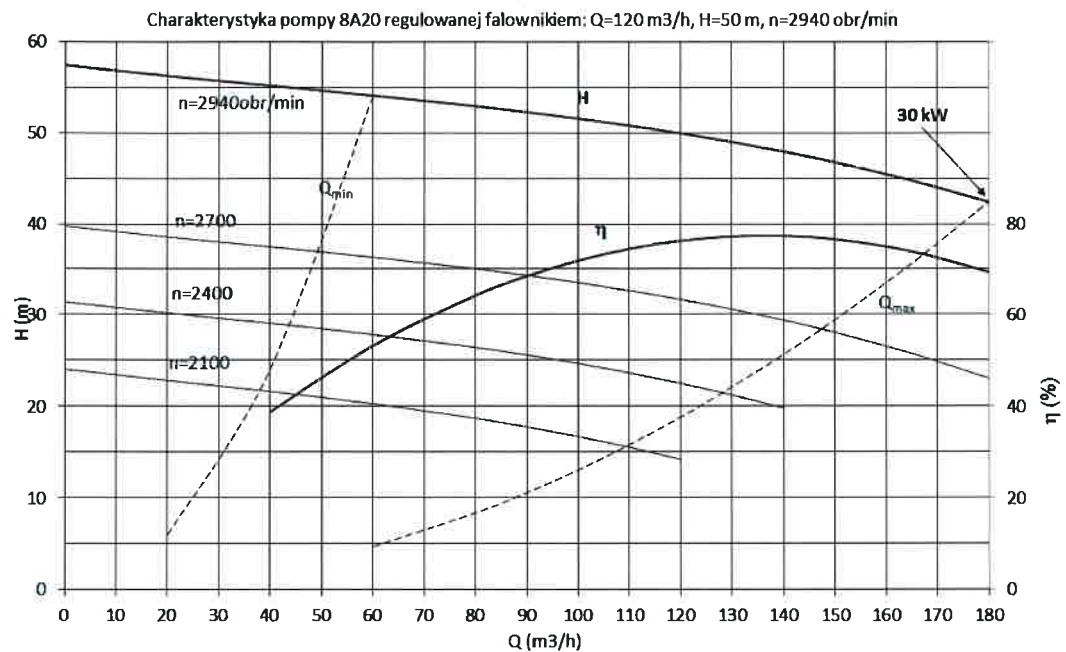
$$n = 2940 \text{ obr/min}$$

$$\eta = 76\%$$

$$P_s = 30 \text{ kW}$$

$$T_{\max} = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Pompy wyposażone są w silniki 30 kW, napędzane falownikami. Sterowanie odbywa się od zadanej temperatury na wlocie do kotłów.



Przy pracy kotła nr 1 możliwe do uzyskania wartości zmieszania gorącego wynoszą do ok. $300 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 2 pomp, oraz do ok. $150 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 1 pompy. Przy pracy kotła nr 2 odpowiednio do ok. $340 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 2 pomp, oraz do ok. $170 \text{ m}^3/\text{h}$ przy pracy 1 pompy. Wartości te pokrywają wymagane zapotrzebowanie z nadatkiem, stąd wniosek, że zabudowa 2 pomp jest całkowicie wystarczająca. Trzecia pompa stanowi rezerwę.

Zestawienie głównych urządzeń układu zmieszania gorącego

Tabela Pompy i napędy

L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Pompa 8A20, wyk. stalowe, z silnikiem 30 kW, 400 V, seria wysokosprawna	Q=120 m ³ /h, H=50 m, n=2940 obr/min, η =76%, P _s =30 kW,	3
2	Przemiennik częstotliwości	30 kW, 400 V	3

Uwagi: pompa powinna mieć możliwość pracy z częstotliwością do 52,5 Hz..

Tabela Armatura

L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Zawór kulowy Zetkama fig 565	DN 100, PN 16, T=140 °C	3
2	Zawór kulowy Zetkama fig 565	DN 150, PN 16. T=140 °C	3
3	Zawór zwrotny Zetkama fig. 302	DN 100, PN 16, T=140 °C	3

6. Pompy stabilizacji i uzupełniania

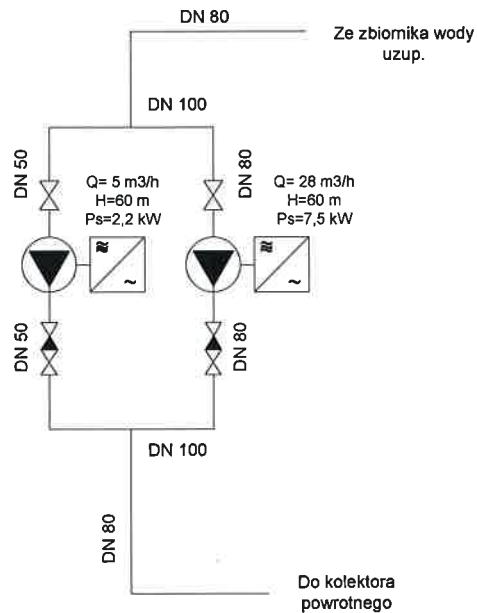
Obecnie w układzie stabilizacji i uzupełniania zabudowane są dwie pompy 65PJM200 o parametrach przedstawionych w tabeli.

Tabela Parametry obecnych pomp stabilizująco-uzupełniających

tp.	POMPA				SILNIK			
	Typ pompy	Qn m ³ /h	H _n m	n obr/min	Typ silnika	Moc kW	Napięcie V	Prąd A
1	65PJMR200	24-30	52-51	2900	Slg132S-2B	7,5	400	
2	65PJMR200	24-30	52-51	2900	Slg132S-1B	7,5	400	

Modernizacja układu

W układzie zmodernizowanym przewidziano zabudowę dwóch pomp o różnych przepływach: pompa mniejsza (PU1) pracuje w zakresie do 8 m³/h (uzupełnianie bieżące), pompa większa (PU2) w zakresie do 36 m³/h (uzupełnianie awaryjne, napełnianie sieci itp.). Obie pompy wyposażone są w przemienniki częstotliwości.



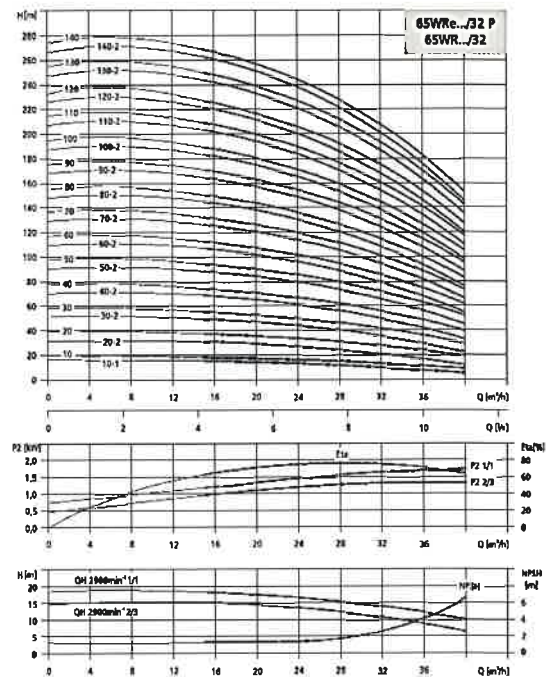
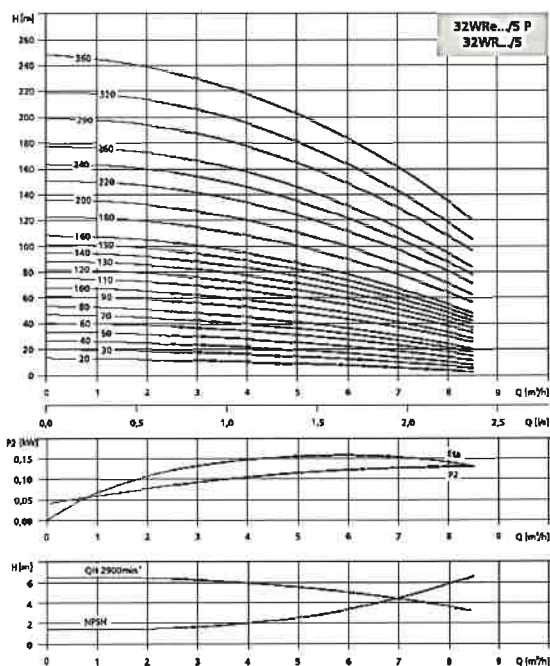
Schemat układu zmodernizowanego

Parametry pomp

PU1: Pompa 32WR110 z silnikiem 2,2 kW, 400V, z przemiennikiem częstotliwości,
 $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=60 \text{ m}$, $n=2900 \text{ obr/min}$, $T_{\max} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$

PU 2: Pompa 65WR40 z silnikiem 7,5 kW, 400V, z przemiennikiem częstotliwości,
 $Q=28 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=60 \text{ m}$, $n=2900 \text{ obr/min}$, $T_{\max} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$

Charakterystyki pomp pokazano poniżej (na podstawie katalogu LFP).



Uwaga: wysokość podnoszenia pomp została dobrana z nadwyżką, ze względu na możliwość ich wykorzystania w sytuacji konieczności zapewnienia wyższego ciśnienia powrotu lub wymaganego ciśnienia statycznego, np. ze względu na odparowanie kotła.

Zestawienie głównych urządzeń i armatury układu stabilizacji i uzupełniania

Tabela Urządzenia

L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Pompa 32WR110 Leszcz. Fabryka Pomp	Q=5 m ³ /h, H=60 m, n=2900 obr/min, Ps=2,2 kW, 400 V	1
2	Pompa 65WR40 Leszcz. Fabryka Pomp	Q=28 m ³ /h, H=60 m, n=2900 obr/min, Ps=7,5 kW, 400 V	1
3	Przemiennik Twerd MFC710	2,2 kW, 400 V	1
4	Przemiennik Twerd MFC710	7,5 kW, 400 V	1

Tabela Armatura

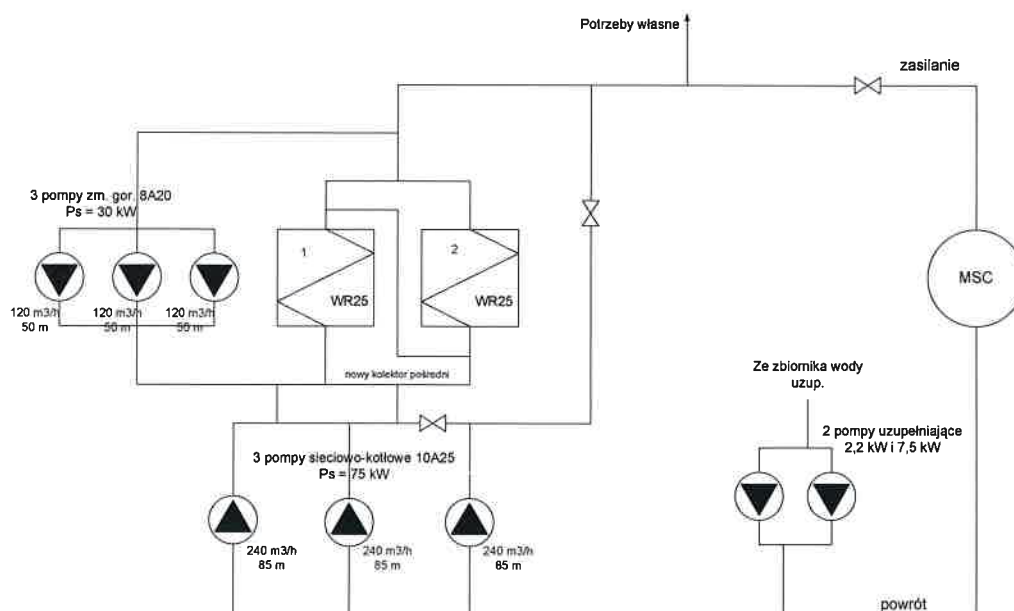
L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Zawór kulowy Zetkama fig 565	DN 50, PN 16, T=110 °C	2
2	Zawór kulowy Zetkama fig 565	DN 80, PN 16, T=110 °C	2
3	Zawór zwrotny Zetkama fig. 302	DN 50, PN 16, T=110 °C	1
4	Zawór zwrotny Zetkama fig. 302	DN 80, PN 16, T=110 °C	1

Typ i rodzaj armatury powinien zostać zweryfikowany na etapie projektów wykonawczych.

7. Modernizacja układu pomp sieciowych

Rozważając możliwe do zastosowania warianty modernizacyjne należy wziąć pod uwagę możliwości lokalizacyjne oraz zakres wymaganych prac. Niezależnie od wariantu konieczne jest zapewnienie zmieszania gorącego oraz zmodernizowanie układu stabilizacji i uzupełniania.

Wariant 3 w zakresie pomp oparty jest o pompy identyczne jak w wariantcie 1, ale z układem połączeń wariantu 2 (rozdzielenie kolektora tłoczego armaturą). W ten sposób użytkownik ma pełną możliwość wyboru sposobu pracy: prostszego jak w wariantcie 1 oraz bardziej skomplikowanego ale efektywniejszego energetycznie, jak w wariantcie 2.



Schemat wariantu 3

Zaletą tego wariantu jest jego uniwersalność i możliwość pracy w dwóch dowolnych konfiguracjach (przy rozdzieleniu strumieni oraz bez podziału), zależnie od aktualnej sytuacji parametrowej oraz preferencji obsługi. Do zalet należy również bardzo dobre rezerwowanie, które otrzymujemy niejako „za darmo” – dwie pompy zawsze umożliwiają uzyskanie parametrów maksymalnych układu.

Pompy sieciowo-kotłowe i pompa sieciowa

Jako pompy sieciowo-kotłowe (sieciowe) zaprojektowano pompy krajowej produkcji Powen-Wafapomp typu 10A25, w wykonaniu stalowym z silnikami 75 kW, wyposażonymi w przemienniki częstotliwości.

Parametry nominalne:

$$Q=240 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H=85 \text{ m}$$

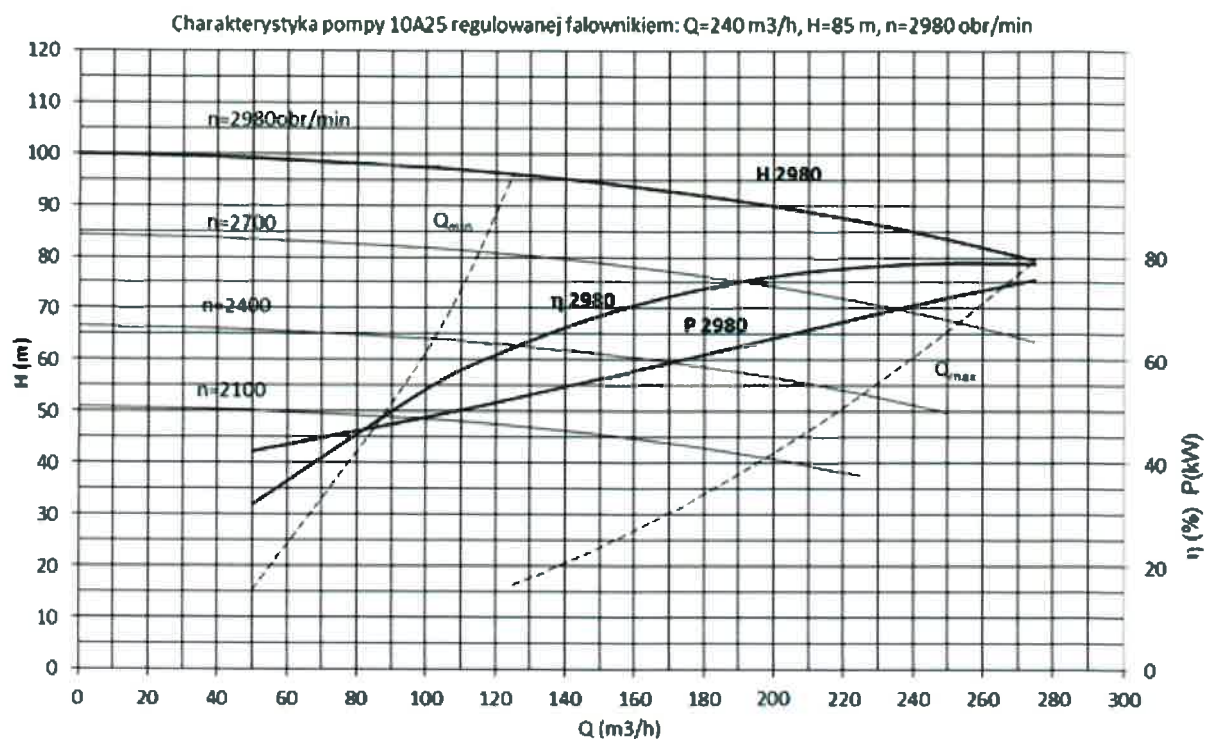
$$n=2980 \text{ obr}/\text{min}$$

$$\eta=78 \%$$

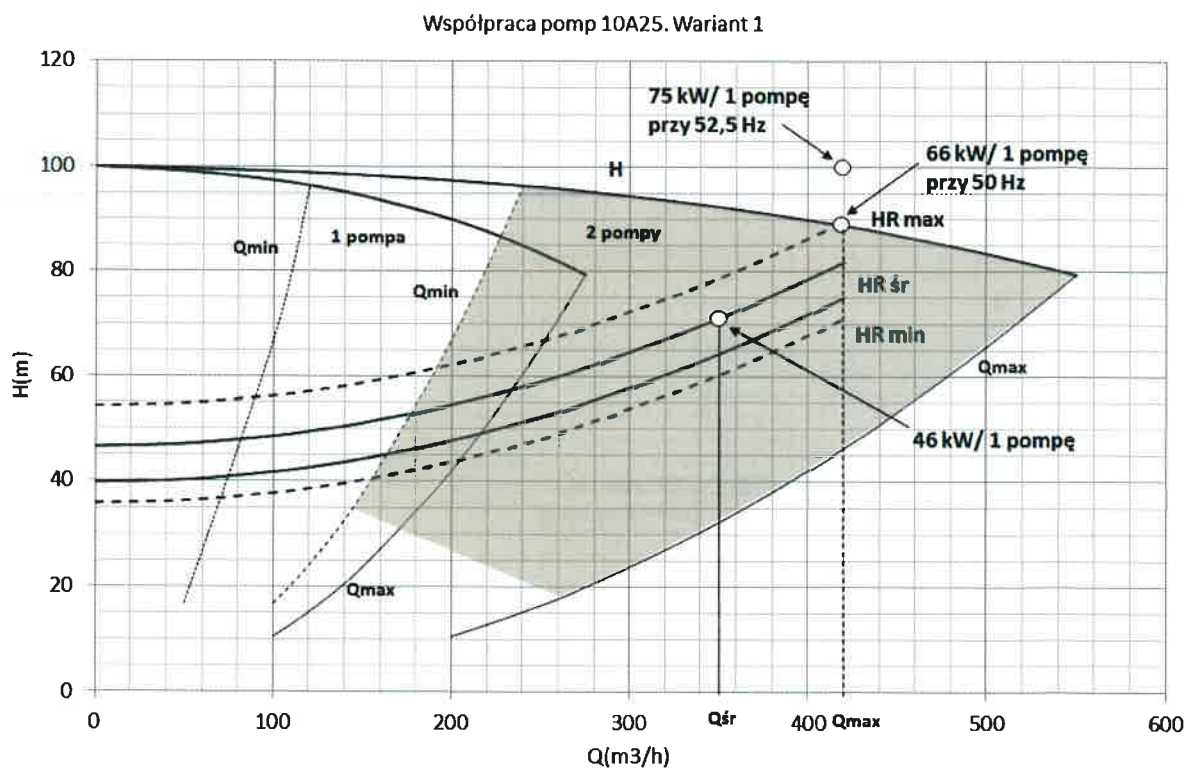
$$P_s = 75 \text{ kW}$$

$$T_{\max} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Charakterystyka pompy 10A25 pokazana została na rysunku (oryginał znajduje się w załącznikach).



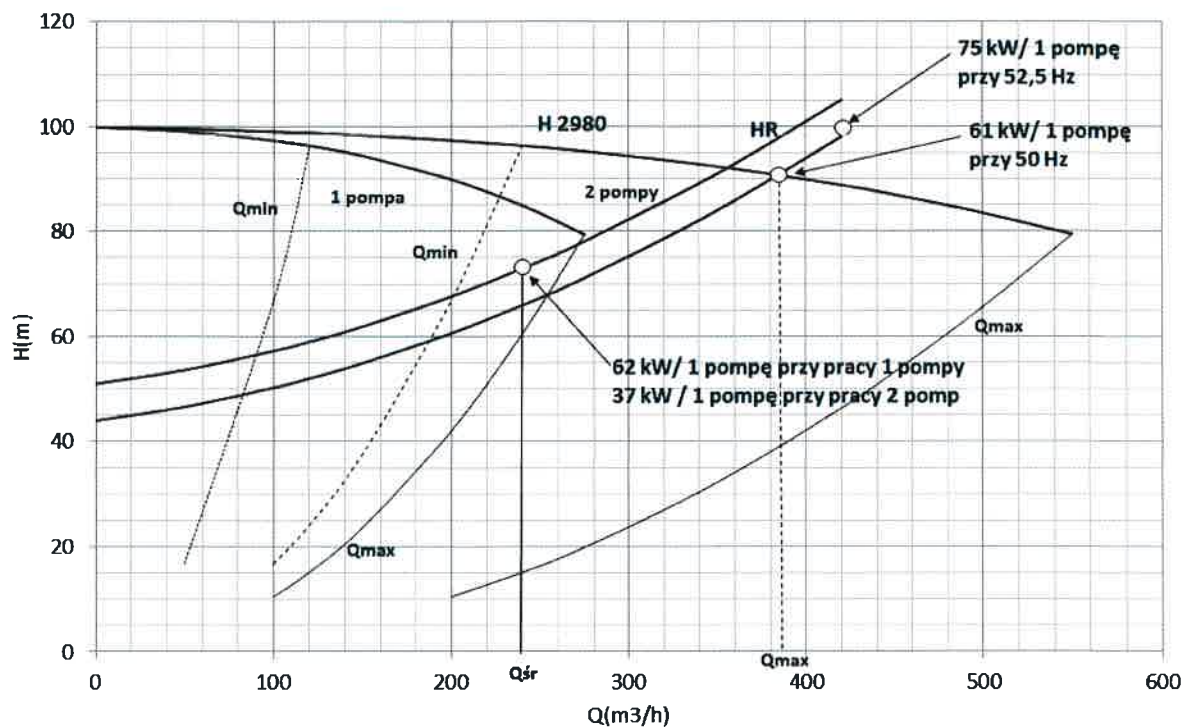
Praca tradycyjna:



Praca przy rozdzieleniu strumieni:

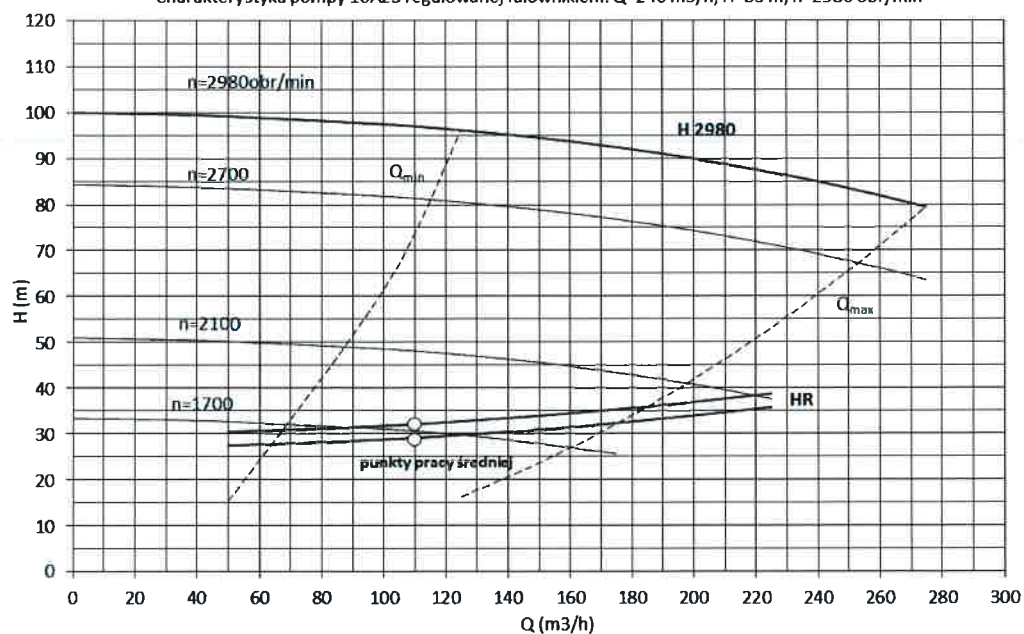
Na rysunku poniżej przedstawiono pracę pomp sieciowo – kotłowych przy rozdzieleniu strumieni (kierunek „na kotły”).

Współpraca pomp 10A25. Wariant 3



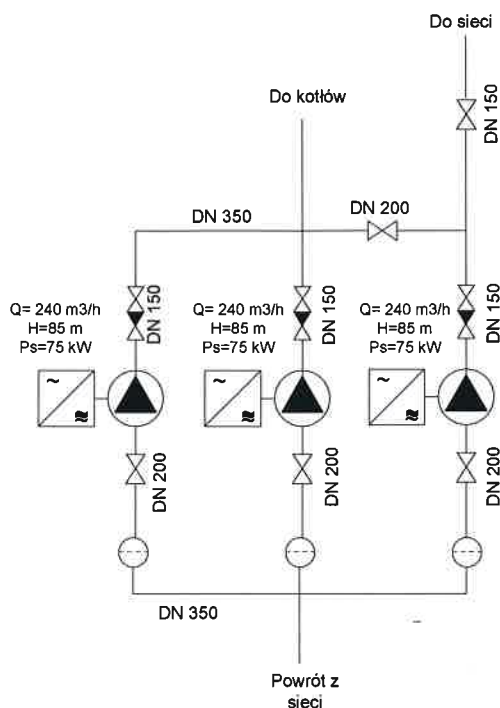
Praca pompy 10A25 jako pompy sieciowej (kierunek zmieszanie zimne)

Charakterystyka pompy 10A25 regulowanej falownikiem: $Q=240$ m³/h, $H=85$ m, $n=2980$ obr/min



Zestawienie głównych urządzeń i armatury

Schemat zabudowy pomp sieciowych przedstawia rysunek.



Uwaga: należy zachować prawidłowe wartości kątów rozwarcia dyfuzorów przy króćcach pomp

Tabela Pompy i napędy

L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Pompa 10A25 wyk. stalowe, z silnikiem 75 kW, 400 V, typu 2SIE280S2 (seria wysoko-sprawną)	Q=240 m³/h, H=85 m, n=2980 obr/min, $\eta=78\%$, $P_s=75$ kW	3
2	Przemiennik częstotliwości	75 kW, 400 V	3
3	Razem		

Uwagi: pompa powinna mieć możliwość pracy z częstotliwością do 52,5 Hz..

Tabela Armatura

L.p.	Urządzenie	Parametry	Szt.
1	Przepustnica Zetkama fig 497	DN 150, PN 16, T=80 °C	3
2	Przepustnica Zetkama fig 497	DN 200, PN 16. T=80 °C	4
3	Zawór zwrotny Zetkama fig. 402	DN 150, PN 16, T=80 °C	3
4	Filtr siatkowy		3

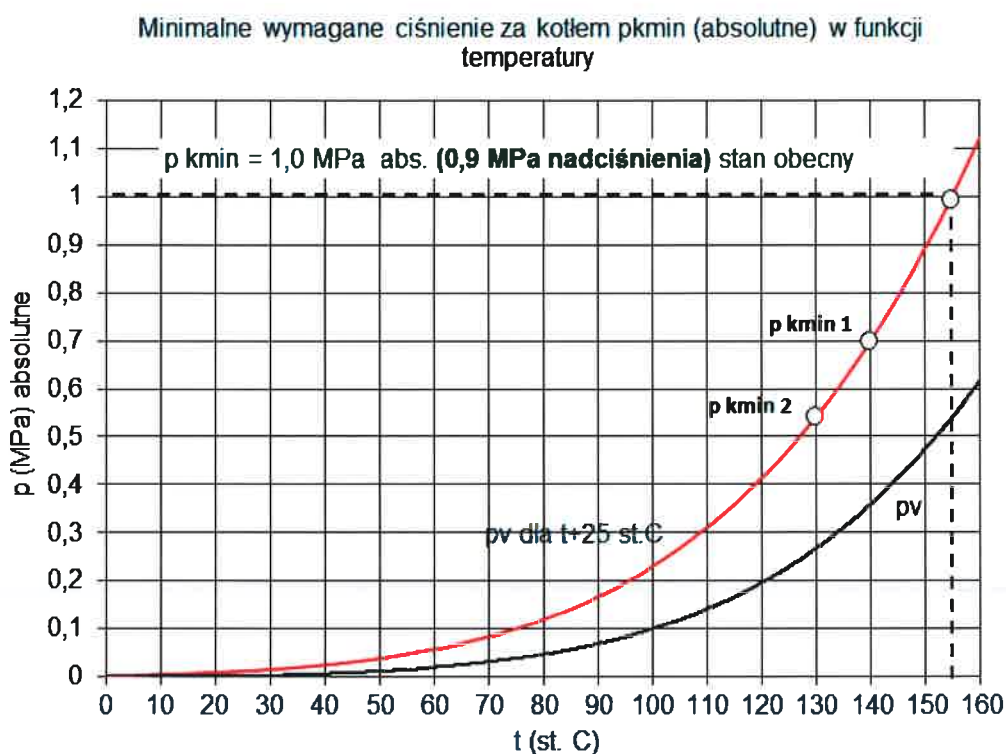
8. Blokada minimalnego ciśnienia za kotłem

Na kotle nr 2 zabudowana jest blokada od minimalnego ciśnienia za kotłem z nastawą 0,9 MPa dla temp. 155 °C. Wobec maksymalnego ciśnienia zasilania 0,6 MPa strumień cieczy musi być zdławiony z wartości 0,9 do 0,6 na odcinku blokada – zasilanie sieci. Fakt ten powoduje powstanie znacznych strat energetycznych.

Zmiana nastaw blokady jest konieczna dla uzyskania pełnych efektów energetycznych. Nieuzasadnione jest utrzymywanie „sztucznie” niepotrzebnego ciśnienia na wylocie z kotła w sytuacji, gdy rzeczywista moc nie wymaga osiągnięcia temperatur 155 °C.

Nastawy blokady

Na rysunku pokazana została krzywa parowania wody oraz krzywa z nadwyżką bezpieczeństwa, wynoszącą 25 °C. (Ciśnienie parowania wody dla 180 °C wynosi 1 MPa abs, co odpowiada obecnej nastawie blokady 0,9 MPa nadciśnienia, dla $t=155$ °C.)



Przy temperaturze 140 °C i przy zachowaniu obecnego marginesu bezpieczeństwa na możliwe miejscowe przegrzanie kotła w wysokości 25 °C, wymagane ciśnienie blokady wynosi 0,7 MPa ciśnienia absolutnego, czyli 0,6 MPa nadciśnienia.
– punkt $p_{kmin 1}$.

Ponieważ blokada jest zamontowana na wylocie z kotła na poziomie + 10 m, pozostaje w dalszym ciągu nadwyżka w stosunku do ciśnienia zasilania sieci, właśnie w tej wysokości. Stąd proponujemy wprowadzenie drugiego stopnia nastawy blokady dla temperatury 130 °C, wówczas ciśnienie blokady będzie zawsze niższe od ciśnienia zasilania sieci i układ pomp będzie pracował bez strat dławienia. Ciśnienie blokady dla 130 °C powinno wynosić 0,45 MPa (0,55 MPa abs) - punkt $p_{kmin 2}$.

Temperatura 130 °C zapewnia pracę dla temperatur zewnętrznych do ok. – 8 °C, czyli przez przeważającą część sezonu grzewczego.

Wprowadzenie ww. nastaw wymaga uzgodnień z UDT właściwym dla miejsca zainstalowania kotła. Jest ono kluczowe z punktu widzenia obniżenia kosztów pompowania.

Ograniczenie temperatury maksymalnej jest całkowicie bezpieczne z punktu widzenia zapewnienia dostaw ciepła do odbiorców, gdyż w sytuacjach ekstremalnych (poniżej - 20 °C), jak zaznaczono wyżej, zawsze można włączyć do ruchu drugi kocioł.

Uwaga: blokada powinna zostać wprowadzona na obu kotłach.

9. Zasilanie, automatyka i sterowanie

Celem jest przedstawienie koncepcji zasilania i automatyki pracy pomp wody sieciowej, zmieszania gorącego i pomp uzupełniających Ciepłowni PWKC w Pionkach dla wariantowo przedstawionych układów pracy w zakresie:

- regulacji ciśnienia wody do sieci miejskiej;
- regulacji przepływu przez kotły wodne;
- regulacji temperatury wody na wlocie do kotłów wodnych;
- regulacji ciśnienia wody na powrocie z miasta;
- innych układów poprawiających jakość eksploatacji agregatów pompowych (monitorowanie wybranych parametrów).

Założenia dla układów pomiarowych, sterowniczych i regulacyjnych

W układach pomiarów, sterowania i regulacji proponowanych rozwiązań zakłada się zaprojektowanie i wykorzystanie nowej aparatury kontrolno-pomiarowej, elementów wykonawczych sterowania oraz regulacji. Wszystkie proponowane układy regulacji w zakresie modernizowanych instalacji pompowych powinny być zrealizowane w nowym sterowniku obiektowym. Elementy technologiczne, sterownicze i regulacyjne muszą znaleźć swoją wizualizację na ekranie nowej stacji operatorskiej typu SCADA odpowiedzialnej za proces technologiczny.

Regulacja ciśnienia do sieci miejskiej prowadzona będzie na podstawie wymaganego ciśnienia zasilania. Sprowadza się, zatem do utrzymania zadanej wartości ciśnienia na wyjściu ze źródła. Działania regulatorów usytuowanych w węzłach sieci

miejskiej (otwieranie lub zamykanie) wymuszają odpowiednie zwiększenie lub zmniejszenie przepływu ze źródła, co z kolei powoduje konieczność obniżania lub podnoszenia ciśnienia zasilania wody do miasta. Układ automatycznej regulacji ciśnienia do sieci miejskiej ma za zadanie dostosować parametry pomp sieciowych do wymaganego w danej chwili ciśnienia w sieci miejskiej. Indywidualne regulatory zamontowane na każdej magistrali zasilającej (Kolonja Centralna, Nowa Kolonia i WS) będą doregulowywać indywidualnie zmienne parametry ciśnienia na magistralach.

Regulacja przepływu przez kotły wodne zapewni trzymanie stałego przepływu wody w tych urządzeniach. Elementami wykonawczymi w układzie automatycznej regulacji będą przepustnice lub pompy z napędami o zmiennej prędkości obrotowej.

Regulacja temperatury wody przed kotłami wodnymi pozwala na uzyskanie stałej temperatury wody na wlocie do kotłów wodnych dla zapewnienia prawidłowej eksploatacji kotłów. Proces regulacji temperatury wody na wlocie do kotłów prowadzony będzie przez pompy mieszania gorącego wyposażone w przetwornice częstotliwości.

Regulacja ciśnienia wody na powrocie z sieci polega na utrzymaniu stałego ciśnienia wody w kolektorze ssącym pomp głównych. Jest ona kluczowa z punktu widzenia poprawności pracy pozostałych układów regulacji. Stałość tego ciśnienia pozwala stabilnie prowadzić regulację pozostałych pomp. Proces regulacji ciśnienia wody uzupełniającej prowadzony będzie przez nowe pompy o różnych wydajnościach, wyposażone w przemienniki częstotliwości.

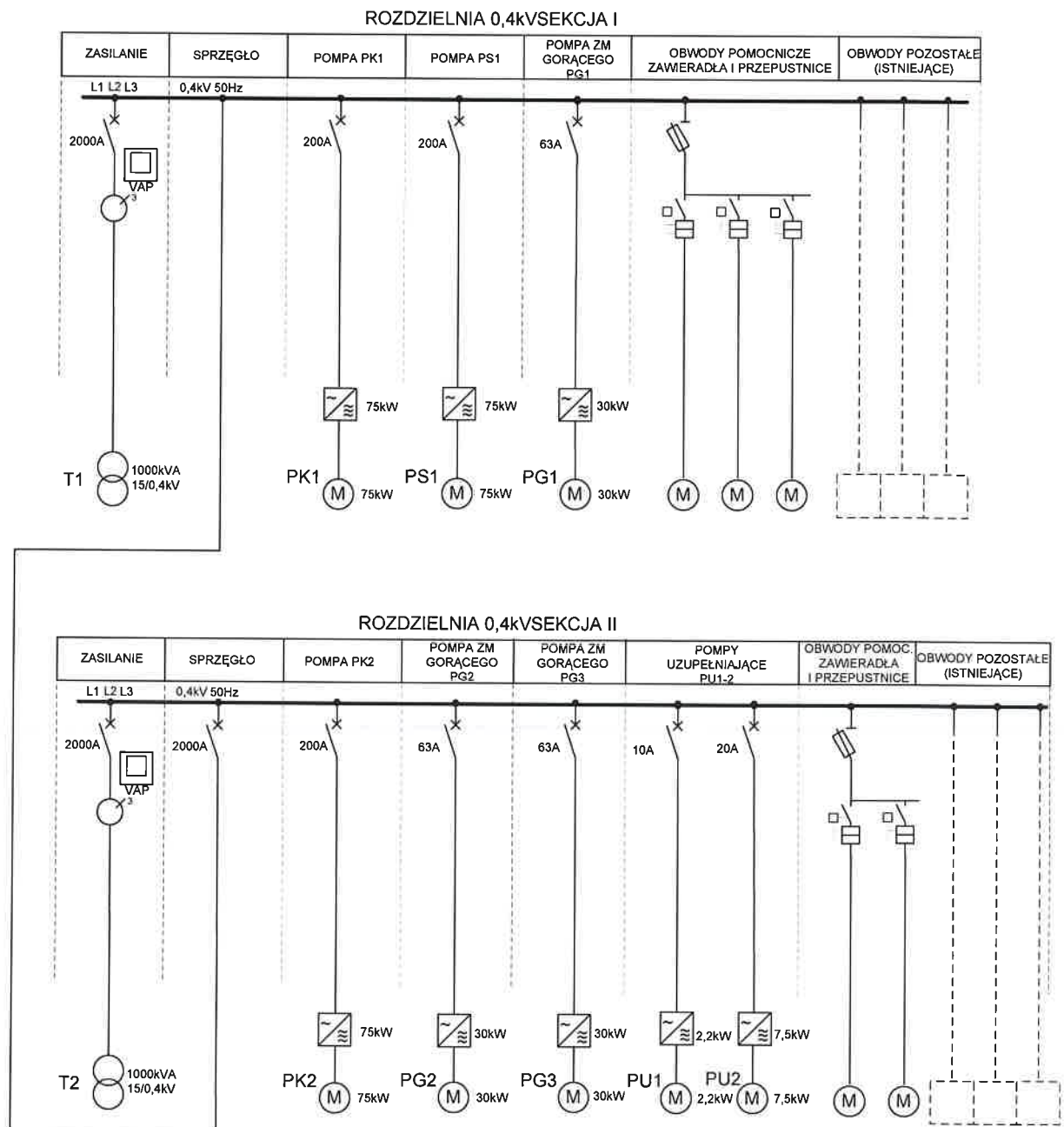
9.1. Zasilanie elektryczne

Zasilanie nowych silników pomp dla proponowanych wariantów pracy odbywać się będzie napięciem 400 V z rozdzielnicy 0,4 kV. Obecnie pracujące urządzenia i aparaty elektryczne w rozdzielnicy 0,4 kV są wyeksploatowane, zawodne i niebezpieczne, a koszty ich remontów i przeglądów stale rosną. Ponadto pojawia się problem z dostępnością części zamiennych służących do napraw. Stworzenie bezpiecznego, niezawodnego i pewnego zasilania dla nowo projektowanych urządzeń wymaga gruntownej modernizacji rozdzielnicy 0,4 kV.

Do zasilania nowego układu pomp i urządzeń pomocniczych proponujemy wykorzystać zasilanie z istniejących transformatorów T1, T2 i nowych rozdzielnic 0,4 kV. Planowane zapotrzebowanie mocy przez silniki pomp obiegowych będzie zapewnione przez istniejące transformatory.



Napędy nowych pomp sieciowych i kotłowych należy zasilac w sposób następujący: dwie pompy z transformatora T1, jedna pompa z transformatora T2. Przemienneiki częstotliwości proponujemy zamontować w szafie przemienneików ustawionej bezpośrednio na hali pomp.



Schemat główny układu zasilania - propozycja

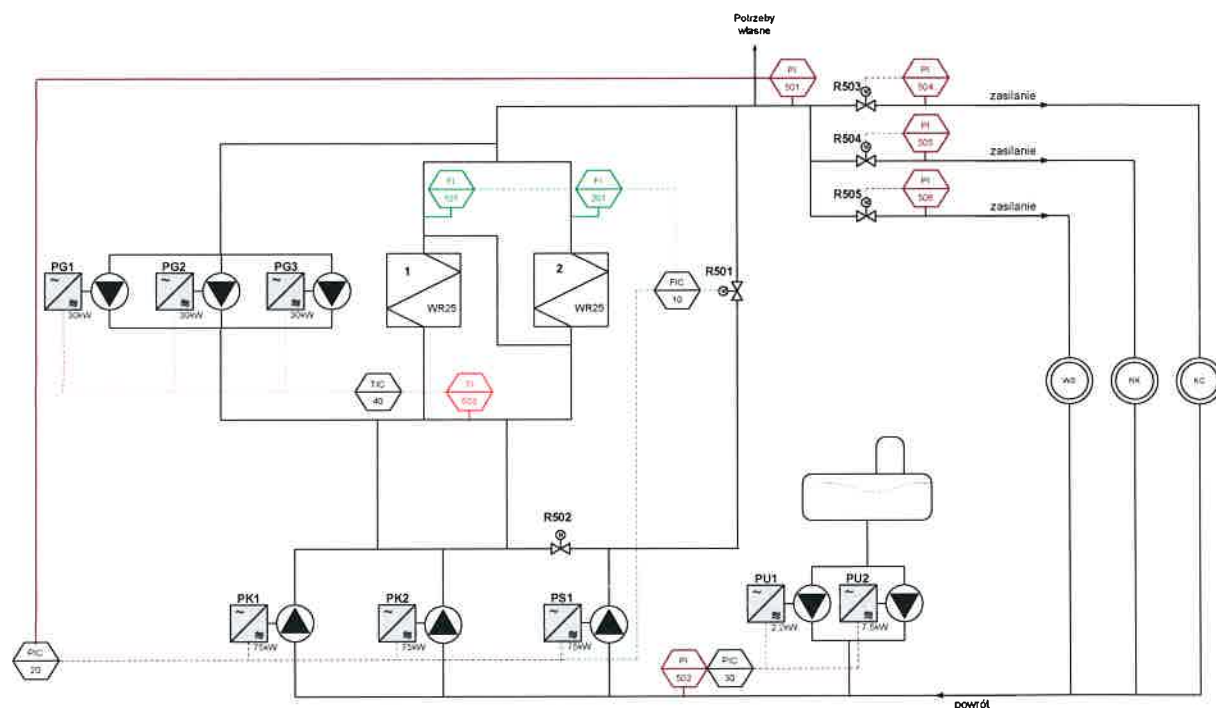
9.2. Sterowanie i regulacja

Wariant 3 zakłada wykorzystanie urządzeń proponowanych w wariantach 1 i

2. Dostawę trzech nowych pomp typu 10A25 zasilanych przez przemienneiki często-

liwości i silniki o mocy 75 kW 400 V 50 Hz jako pomp sieciowo-kotłowych. Dla celów zmieszania gorącego proponowane są trzy nowe pompy 8A20 z silnikami o mocy 30 kW i napięciu 400 V 50 Hz, a uzupełnianie i stabilizację ciśnienia na powrocie zapewnią pompy 32WR110 z silnikiem 2,2 kW, 400 V i 65WR40 z silnikiem 7,5 kW 400 V.

Schemat technologiczny układów regulacji przedstawia rysunek.



Układy regulacji – wariant 3

Wariant ten jest połączeniem obu wcześniej prezentowanych rozwiązań. Zakłada zmianę w sposobie pracy obiektu zależnie od warunków ruchowych. Realizację tego zapewniają przepustnice R501, R502 z których R501 może pełnić funkcję regulacji przepływu przez kotły, a przepustnica 502 jest zawieradłem typu otwórz/zamknij rozdzielającym strumień w źródle na dwa obiegi kotłowy i zmieszania zimnego. W przypadku pracy tak jak w wariantcie I – jednym strumieniem z trzema pompami zawieradło R502 jest otwarte, a regulację przepływu przez kotły przejmuje przepustnica R501. Dla pracy w trybie rozdzielonego strumienia – wariant II, zawieradło R502 jest zamknięte, przepustnica R501 całkowicie otwarta, a regulację przepływu wody za kotłami przejmuje pompa PS1 realizując zmieszanie zimne. Podstawowym trybem pracy jest praca z oddzielnym strumieniem zmieszania zimnego.

9.3. Regulacja ciśnienia wody do sieci miejskiej

W zależności od trybu pracy regulacja ciśnienia do sieci odbywać się będzie przy pomocy dowolnej kombinacji dwóch lub trzech pomp (PK1, PK2, PS1). Sygnał z przetwornika ciśnienia wody na zasilaniu sieci trafia do regulatora PIC20 w nowym sterowniku. Dalej sygnał uchybu regulacji trafia do przemienników częstotliwości pomp, zmieniając prędkość obrotową pomp w sposób ciągły i płynny zależnie od wielkości odczytywanego ciśnienia.

Zespoły falownik – pompa powinny pracować w sposób synchroniczny i być prowadzone tym samym sygnałem sterującym. Ilość faktycznie pracujących pomp sieciowych zależna jest od bieżących warunków ruchowych i eksploatacyjnych. Operator decyduje o załączeniu i wyłączeniu każdej pompy.

Przy stabilizacji ciśnienia powrotu z tej sieci można w układzie regulować także ciśnienie dyspozycyjne po wprowadzeniu do UAR sygnału ciśnienia powrotu lub różnicy ciśnień pomiędzy zasilaniem i powrotem.

Przez odpowiedni dobór parametrów regulatora można wpływać na charakterystykę regulacji ciśnienia. Poszczególne wielkości wpisywane będą do regulatora przy pomocy klawiatury i wirtualnej stacyjki umieszczonej na ekranie istniejącej stacji operatorskiej. Oprogramowanie powinno umożliwić pracę w trybie ręcznym i automatycznym całego układu. W trybie pracy ręcznej musi być zapewnione zadawanie prędkości obrotowej w pełnym zakresie regulacji. Przy braku sygnału pomiarowego z przetwornika ciśnienia lub jego niewiarygodnej wartości układ musi być zablokowany przed przełączeniem do trybu pracy automatycznej.

Koniecznym będzie wyposażenie układu automatycznej regulacji ciśnienia zasilania w stacyjkę sterowania (jedną dla wszystkich pomp – sterowanie synchroniczne). Stacyjka ta, powinna posiadać wskaźnik wartości regulowanej i sterującej układu pomp. Sterowanie miejscowe z panelu przemiennika częstotliwości umieszczonego na elewacji szafy falownika musi umożliwić niezależną pracę pojedynczej pompy. Do celów remontowych należy przewidzieć sterowanie miejscowe. W obwodach sterowania pompy zastosować przyciski bezpieczeństwa, które należy zamontować w pobliżu stanowiska pomp.

9.4. Regulacja ciśnienia wody w poszczególnych magistralach ciepłowniczych

Regulacja ciśnienia wody w poszczególnych sieciach ciepłowniczych (Kolonia Centralna, Nowa Kolonia i WS) realizowana będzie przy pomocy niezależnych



układów regulacji ciśnienia dla każdego kierunku przepływu. Zrealizowana zostanie w nowym sterowniku. Sygnał ciśnienia wody dla każdego z tych kierunków wprowadzony do regulatora odpowiadać będzie za prawidłową regulację tego parametru. Elementami wykonawczymi w tych układach będą nowe przepustnice regulacyjne, które zapewnią właściwy poziom ciśnienia w każdym rurociągu. Bazą do regulacji ciśnienia dla poszczególnych magistral będzie ciśnienie wody do miejskiej sieci ciepłowniczej. W rurociągach na kierunku Kolonia Centralna, Nowa Kolonia i WS będzie ono doregulowane do właściwej wartości.

Tak samo jak poprzednie układy, oprogramowanie w sterowniku musi zapewnić tryb pracy automatycznej i ręcznej układu. Ponadto w układzie regulacji i sterowania należy zastosować odpowiednią aparaturę i właściwie oprogramować sterownik oraz stację operatorską.

9.5. Regulacja przepływu wody przez kotły (zmieszanie zimne) – regulacja temperatury wody do sieci

Podstawowym trybem pracy układu jest praca z wyodrębnionym zmieszaniem zimnym realizowanym pompą PS1 i odpowiednią konfiguracją przepustnic. W tym trybie pracy pompa PS1 odpowiada za utrzymanie stałego przepływu przez kotły regulując przepływ zmieszania zimnego. Układ regulacji przepływu (FIC10) będzie zrealizowany w nowym sterowniku. Przy pracy dwóch kotłów o wartości zadanej dla regulatora decyduje operator wybierając pracujący kocioł o największym oporze. Sygnał przepływu trafia do regulatora w sterowniku, gdzie po porównaniu z wartością zadaną, wielkość proporcjonalna do tego sygnału wystawiana będzie przez regulator do przemiennika pompy zmieszania zimnego PS1 powodując odpowiednią reakcję układu. Spadek przepływu przez kotły wywołuje zmniejszenie obrotów pompy PS1, co w konsekwencji powoduje zmniejszenie przepływu zmieszania zimnego oraz zwiększenie przepływu przez kotły, pozwala to na stabilizację przepływu przez kotły na zadanym poziomie. W odwrotnej sytuacji - zwiększenie przepływu przez kotły powoduje zwiększenie obrotów pompy zmieszania zimnego i skierowanie większego strumienia wody obejściem kotłów, przez zmieszanie zimne, co w konsekwencji doprowadzi do obniżenia przepływu przez kocioł. Dzięki takiej realizacji układu, pośrednio, utrzymując przepływ przez kotły na stałym poziomie, układ reguluje temperaturę do sieci miejskiej. Temperatura do sieci miejskiej będzie w tym przypadku wartością wynikową. Zmianę jej wielkości będzie można uzyskać regulując para-



metry dowolnie pracującego kotła. Ponieważ regulacja przepływu odbywa się dla kotła najwyższym oporze, może pojawić się konieczność doregulowania (dodławiania) przepływu pozostałego pracującego kotła.

Do pracy układu regulacji niezbędne będą w systemie komputerowym stacyjki sterowania z wizualizacją parametrów układu. W przypadku braku informacji o przepływie UAR musi przełączyć się automatycznie w tryb pracy ręcznej.

W przypadku pracy z jednym strumieniem w źródle za utrzymanie prawidłowego zadanego przepływu przez kotły odpowiadać będzie przepustnica regulacyjna R501 i ten sam układ regulacji (FIC10). Porównując z poprzednim trybem pracy zmienia się tylko element wykonawczy układu regulacji, raz jest to pompa, a w drugim przypadku przepustnica. Jednak skutek działania regulatora jest ten sam – utrzymanie stałego przepływu za kotłami. Również elementy regulacyjne jak stacyjka oraz urządzenia sygnalizacyjne są takie same.

9.6. Regulacja temperatury na wlocie do kotłów wodnych – regulacja za pomocą pomp zmieszania gorącego

Zadaniem UAR-a jest utrzymanie prawidłowej temperatury wody na wlocie do kotłów. Regulator powinien zapewnić pracę w trybie ręcznym i automatycznym. Regulacja temperatury w kolektorze przed kotłami (TIC40) będzie prowadzona przez nowy sterownik. Sygnał pomiarowy o temperaturze wody do sterownika przekazany będzie z czujnika temperatury wody zamontowanego w kolektorze przed kotłami. Elementem wykonawczym w tym układzie będzie gniazdo pomp zmieszania gorącego. Do zasilania nowych pomp zaproponowano przemienniki częstotliwości o mocy 30 kW. Pompy będą pracowały prowadzone tym samym sygnałem sterującym, a załączanie do pracy odbywać się będzie w trybie automatycznym (przez sterownik) i ręcznym przez operatora.

W przypadku braku sygnału temperatury wody UAR powinien przełączyć się automatycznie w tryb pracy ręcznej.

9.7. Stabilizacja i uzupełnianie na powrocie z sieci

Stabilizacja ciśnienia i uzupełnianie wody na powrocie z sieci miejskiej realizowana będzie przy pomocy pomp uzupełniania i stabilizacji PU1 i PU2.

Regulator układu regulacji ciśnienia wody na powrocie z sieci PIC30 będzie zrealizowany w sterowniku. Sygnał ciśnienia z przetwornika umieszczonego w kolektorze powrotnym trafiać będzie do sterownika. Regulator na podstawie sygnału ci-

śnienia sterował będzie przemiennikami częstotliwości, a przez to obrotami pomp PU1 i PU2 utrzymując ciśnienie powrotu na zadanym poziomie. W czasie normalnej pracy przy ubytkach w sieci mieszczących się w założonym zakresie stabilizacja ciśnienia prowadzona będzie pompą PU1 o mocy 2,2 kW. W przypadku gwałtownych zmian, wzroście ubytków i wahań ciśnienia wody na powrocie, do pracy automatycznie zostanie załączona pompa PU2 o mocy 7,5 kW co korzystnie wpłynie na utrzymanie stałego ciśnienia na powrocie z sieci. Praca układu uzupełniania i stabilizacji jest niezależna od innych układów.

9.8. Przystawna blokada minimalnego ciśnienia wody na wylocie z kotła

Blokada minimalnego ciśnienia wody za kotłem jest jedną z podstawowych blokad każdego kotła wodnego. Dla realizacji przestawnej blokady stałej należy wykorzystać istniejący manometr (manostat) z podwójnymi stykami kontaktowymi zamontowany w kolektorze wylotowym z kotła. Styki manometru nastawić na wartość sygnalizacji i blokady ciśnienia minimalnego wody za kotłem. Jednocześnie z zmianą wartości blokady minimalnego ciśnienia za kotłem ustawić przy pomocy istniejącego termostatu odpowiednią maksymalną temperaturę wody za kotłem wynikającą z krzywej wrzenia wody i marginesu bezpieczeństwa. Wartość nastawionej sygnalizacji i blokady uzgodnić z projektantem lub producentem kotła, a każdą zmianę blokady odnotować w dzienniku operacyjnym kotła.

W obwodach zabezpieczeń technologicznych kotłów należy stosować certyfikowane urządzenia i przetworniki pomiarowe.

9.9. Zalecenia ogólne dotyczące układów

Pomiary

Niezbędne do prawidłowej pracy pomiary analogowe i dwustanowe istniejące na obiekcie należy wprowadzić do systemu sterowania. W układach pomiarowych zaleca się zastosować przetworniki pomiarowe danej wielkości na sygnały prądowe w standardzie 4..20 mA. Pozwoli to na unifikację systemu oraz zmniejszenie stanów magazynowych związanych z aparaturą rezerwową.

Diagnostyka agregatów pompowych

W zakresie każdej nowoprojektowanej pompy sieciowo-kotłowej i zmieszania zimnego należy przewidzieć wprowadzenie do systemu następujących analogowych wielkości pomiarowych w standardzie 4..20 mA:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| - przepływ przez pompę | - zakres 0-300 m ³ /h; |
| - ciśnienie wody przed pompą | - zakres 0-0,6 MPa; |
| - ciśnienie wody za pompą | - zakres 0-1,6 MPa; |
| - prędkość obrotowa pompy | - zakres 0-1500 obr/min; |
| - elektryczna moc chwilowa silnika | - zakres 0-150 kW; |

Ponadto dla układów pompowych należy przewidzieć wprowadzenie do systemu następujących sygnałów sterujących:

- sterowanie prędkością obrotową pompy - zakres 0-100% (4..20mA lub komunikacja cyfrowa);
- załączenie / wyłączenie układu pompowego;
- awaria przemiennika częstotliwości;
- brak gotowości elektrycznej układu;
- wyłączenie pompy przyciskiem bezpieczeństwa;

Blokady i zezwolenia w układach sterowania pomp sieciowych

Układy nowoprojektowanych pomp kotłowych i mieszania zimnego należy uzależnić od otwartej zasuwy i ciśnienia wody na jej ssaniu. Zezwolenie na załączenie pompy powinno być aktywne tylko w przypadku otrzymania sygnału o pełnym otwarciu zawieradła.

Natomiast przy zbyt niskim ciśnieniu wody na ssaniu pompy powinna zadziałać blokada od minimalnego ciśnienia na ssaniu w celu ochrony przed kawitacją.

Sterowania i regulacje

Wszystkie, wymagane przez technologię pracy ciepłowni istniejące układy sterowania posiadające napędy elektryczne powinny mieć możliwość sterowania z nowego systemu komputerowego. Wizualizacja aktualnego stanu obiektu w stacji operatorskiej znacznie ułatwi prowadzenie codziennej eksploatacji źródła ciepłowniczego. Sterowanie tymi napędami należy przewidzieć przy pomocy wirtualnych stacyjek sterowania wykonanych w stacji operatorskiej.

9.10. System komputerowego sterowania i regulacji

Cały system komputerowy powinien być zasilany z gwarantowanego źródła napięcia przemiennego – zasilacz UPS, tak dobranego, aby w przypadku zaniku napięcia podstawowego umożliwiał bezpieczne i poprawne wyłączenie systemu.



Wszystkie układy regulacji, sterowania i blokad powinny zostać umieszczone w oprogramowaniu nowego sterownika. Jego zadaniem jest bezpieczne prowadzenie procesu technologicznego związanego z siecią ciepłowniczą. Należy zwrócić uwagę na to, aby sygnały wielkości regulowanych, regulator oraz elementy wykonawcze tych samych układów regulacji były umieszczone w jednym sterowniku. Należy unikać przesyłania i wymiany za pośrednictwem sieci pomiarów lub sygnałów sterujących jednego układu regulacji.

Rolą stacji operatorskiej systemu SCADA jest wizualizacja i prowadzenie procesu technologicznego, rejestracja wszystkich parametrów i sygnałów otrzymywanych ze sterowników, archiwizacja danych i nieprzerwany podgląd parametrów technologicznych. Ponadto stacja prowadzi dialog z operatorem wysyłając odpowiednie komunikaty na ekran monitora oraz wykonuje polecenia sterownicze z stacyjek sterowania. Tu powinny znajdować się dane potrzebne do tworzenia raportów i analiz techniczno-ekonomicznych oraz sprawozdawczości.

Oprogramowanie narzędziowe systemu powinno zapewnić:

- optymalizację energetyczną i ilościową pracy pomp sieciowych;
- wstępną weryfikację pracy aparatury regulacyjnej i kontrolno-pomiarowej na obiekcie.

9.11. Zestawienia aparatury kontrolno-pomiarowej

Przykładowe zestawienia aparatury kontrolno-pomiarowej przedstawia poniższa tabela:

Tabela 24

Zestawienie aparatury kontrolno-pomiarowej dla proponowanych rozwiązań regulacyjnych

Nazwa urządzenia, sterowania, obwodu	Zakres pomiarowy	Liczba wejść / wyjść w układzie automatyki			
		Wejścia		Wyjścia	
		Analogi 4-20mA	Dwustany 24V	Analogi 4-20mA	Dwustany styk
Przetwornik ciśnienia wody na ssaniu pompy	0-0,6 MPa	3	-	-	-
Przetwornik ciśnienia wody na tłoczeniu pompy	0-1,6 MPa	3	-	-	-
Przetwornik ciśnienia wody w kolektorze ssącym pomp PG	0-1,6 MPa	1	-	-	-

Przetwornik ciśnienia wody w kolektorze tłocznym pomp PG	0-1,6 MPa	1	-	-	-
Przetwornik przepływu przez pompy PK i PS	0-300 t/h	3	-	-	-
Przetwornik ciśnienia wody zasilającej	0-1,6 MPa	1	-	-	-
Przetwornik ciśnienia wody do magistral ciepłowniczych	0-1,6 MPa	3	-	-	-
Przetwornik ciśnienia wody powrotnej	0-0,6 MPa	1	-	-	-
Czujnik temperatury wody zasilającej	0-200C	1	-	-	-
Pomiar prędkości obrotowej z wału pompy	0-1500 obr/min	3	-	-	-
Pomiar energii elektrycznej pompy	0-150 kW	3	-	-	-
Przemienniki częstotliwości pomp	-	7	21	7	14
Sterowanie przepustnicą	-	4	12	-	8
Sterowanie zawieradłem	-	-	20	-	8
Obwody bezpieczeństwa	-	-	5	-	-
RAZEM		34	58	7	30

9.12. Uwagi końcowe dotyczące zasilania i sterowania

W fazie wykonywania projektu należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- standaryzację sygnałów pomiarowych pochodzących z obiektu;
- wykonanie wszystkich układów automatycznej regulacji jako układów ze sterowaniem ciągłym;
- określenie minimalnych ilości urządzeń pomiarowych, regulacyjnych i armatury odcinającej na obiekcie;
- właściwe opomiarowanie agregatów pompowych;
- wprowadzenie wszystkich sygnałów i wykonanie układów regulacji w nowym systemie sterowania;

- ograniczenie zakłóceń wprowadzanych przez przemienniki częstotliwości (wybór przemiennika z prostownikiem 12-to pulsowym);
- optymalizację ilościową pracy pomp sieciowych;

10. Wymagane cechy głównych urządzeń

Pompy

- pompy sieciowe, sieciowo-kotłowe i zmieszania gorącego mają być w wykonaniu stalowym; budowa pozioma, pompa z własnym korpusem łożyskowym, zabudowana razem z silnikiem na wspólnej ramie
- pompy powinny być wyposażone w uszczelnienia mechaniczne oraz w sprzęgła elastyczne typu Omega;
- charakterystyki energetyczne pomp mają być zgodne z charakterystykami przedstawionymi w poszczególnych wariantach opracowania, w całym zakresie przepływów, a kompletny zespół pompa-silnik- przemiennik powinien umożliwić pracę z parametrami wynikającymi z tych charakterystyk, również dla $f > 50$ Hz;
- każda pompa większej mocy (sieciowe, sieciowo-kotłowe i zmieszania gorącego) musi podlegać odbiorowi parametrowemu, ze zdjęciem pełnej charakterystyki energetycznej w obecności przedstawiciela użytkownika (wg PN-EN ISO 9906, wartość współczynnika tolerancji dla kl.1B); w czasie prób należy sprawdzić zachowanie pompy przy dodatniej regulacji częstotliwości $f > 50$ Hz dla wymaganego zakresu;
- zalecane jest wykonanie dodatkowych prób zespołów pompa-silnik-falownik (na miejscu u użytkownika) i określenie rzeczywistych charakterystyk regulacyjnych, ma to duże znaczenie w późniejszej budowie algorytmów sterowania i określeniu rzeczywistych granic regulacji;
- zakres „dodatniej” regulacji częstotliwości powinien zostać uzgodniony na etapie zamówienia z ewentualnym uwzględnieniem tzw. częstotliwości zastrzeżonych;
- należy zadbać o zgodność z istniejącym prawem tzn. pompy powinny mieć opracowaną dokumentację techniczną, zgodną z wymaganiami obowiązujących przepisów i dyrektyw UE (m.in. dyrektywy maszynowej 2006/42/WE), muszą mieć wydaną Instrukcję Obsługi i Deklarację Zgodności WE, oraz otrzymać oznaczenie CE.
- silniki służące do napędu pomp mają być w wykonaniu wysokosprawnym, przystosowane do współpracy z falownikami oraz wyposażone w n-codery,

Opracowanie zostało wykonane na podstawie analizy charakterystyk i parametrów technicznych konkretnego typu pomp, który w opinii autorów optymalnie spełnia wymagania techniczno-ekonomiczne i jakościowe. W przypadku wykorzystania w trakcie modernizacji układu, pomp niespełniających ww. warunków, autorzy opracowania nie gwarantują poprawności funkcjonowania przedstawionych wariantów rozwiązań.

Przezienniki częstotliwości

Wymagania dla obwodu elektrycznego:

- napięcie znamionowe 380-480V;
- tolerancja napięcia +/- 10%;
- częstotliwość zasilania 47 do 63 Hz;
- częstotliwość pulsowania – minimum 1,25 kHz, dodatkowo możliwość regulacji częstotliwości kluczowania IGBT;
- napęd do aplikacji pompowo-wentylatorowych $M = f(n^2)$, przeciążalność lekka (LO) min 110% \times In przez 57 s w cyklu 300 s oraz 150% \times In przez 3 s w cyklu 300 s;
- wyposażenie w dodatkowy zewnętrzny dławik wejściowy umieszczony przed prostownikiem ;
- dopuszczalna temperatura otoczenia 40 °C .

Wymagania dla jednostki sterującej:

- sterowanie jako bezczujnikowe wektorowe ;
- jednostka sterująca jako osobny moduł, łatwo demontowalny z jednostki mocy;
- oprogramowanie przeziennika powinno być w łatwy sposób wymieniane, poprzez MMC lub wejście USB ;
- jednostka sterowania powinna mieć zintegrowany moduł komunikacyjny Profibus lub Modbus ;
- wymagana funkcja automatycznego dopasowania do podłączonego silnika;
- wymagany alfanumeryczny wyświetlacz z możliwością jednoczesnego monitorowania minimum 2 parametrów w postaci odwzorowane graficznego;
- wymagane funkcje sterowania: lotny start, automatyczny restart, kontrola obciążenia w zadanym paśmie momentu (suchobiegu pompy), regulator PID, funkcja hibernacji ;
- karta sterowania powinna mieć następujące we/wy: 6 wejść cyfrowych, 2 wyjścia przekaźnikowe, 2 wejścia analogowe, 2 wyjścia analogowe, dedykowane wejście dla czujnika PTC, 2 wyjścia dla zasilających zewnętrznych 24V DC 200mA, łącze USB, gniazdo dla MMC lub innych kart pamięci ;
- jednostka sterująca powinna być programowalna poprzez odpowiednie oprogramowanie dla komputera PC ze wspomaganie graficznym programowania.

Przezienniki powinny zostać wykonane zgodnie z normami EN/PN 60204-1 oraz EN/PN 61800-3.

Powyższe kryteria spełnia większość przetwornic uznanych producentów zagranicznych (Siemens, ABB, Vacon, Danfos) oraz sprawdzonych producentów krajowych (Twerd) i wykorzystanie takich produktów jest przez nas zalecane. Nie należy decydować się na za-



kup, nawet po bardzo korzystnych cenach, przemienników mało znanych firm, może to prowadzić do bardzo dużych problemów związanych z obsługą posprzedażną i serwisem.

11. Uwagi końcowe

1. Istniejący układ pomp sieciowych wymaga modernizacji ze względu na jego wiek oraz straty obecnego sposobu regulacji. Obecny wskaźnik kosztu pompowania wynosi $K=0,637 \text{ kWh/m}^3$, należy zatem do jednych z wyższych notowanych w ciepłowniach podobnej wielkości.

2. Kluczowe ze względu na poprawę funkcjonowania układu jest wprowadzenie pomp zmieszania gorącego, które utrzymują zadaną temperaturę wlotową do kotłów. Oprócz oczywistej poprawy trwałości kotła, uzyskujemy wyższe temperatury wylotowe z kotła przy tej samej mocy wyprowadzanej.

3. Modernizacji wymaga układ stabilizacji i uzupełniania. Zaproponowano tu dwie pompy o mocach odpowiednio 2,2 i 7,5 kW, dobrane do rzeczywistych potrzeb. Obecnie zabudowane pompy są 5-krotnie przewymiarowane pod względem przepływu. Spodziewany efekt modernizacji na tak małym układzie wynosi ponad 15.000 kWh/sezon.

4. W każdym z wariantów zaproponowano nowe pompy sieciowe o mocach 3 x 75 kW lub 2 x 90 kW + 55 kW, wobec obecnych 3 x 200 kW + 250 kW. Uzyskano więc ponad 3-krotne zmniejszenie mocy zainstalowanej. Przedstawione rozwiązania pokrywają wymagane pole regulacji z bardzo dobrą sprawnością. Układ pompowy jest elastyczny i umożliwia pracę w szerokim zakresie zmian parametrów. W każdym przedstawionym wariantcie modernizacyjnym przyjęto możliwość uzyskania zwiększonego przepływu sieciowego do 420 m³/h, bez dołączania pompy rezerwowej.

5. W wariantcie 1 zaproponowano 3 pompy 75 kW wyposażone w przemienniki częstotliwości, o parametrach dopasowanych do potrzeb, ze wskaźnikiem kosztu pompowania $K=0,337 \text{ kWh/m}^3$. W wariantcie 2 zaproponowano 2 pompy 90 kW, również z przemiennikami, pracujące na układ kotłów oraz jedną pompę 55 kW pracującą na obejściu kotłów (zmieszanie zimne); $K=0,286 \text{ kWh/m}^3$. W wariantcie 3 zaproponowano 3 pompy 75 kW (jak w wariantcie 1), przy czym jedna z nich jest pompą „uniwersalną”, która może pracować na układ kotłów lub na ich obejściu. Koszty wszystkich



wariantów są porównywalne. Do rozważenia na etapie projektu pozostaje zostawienie jednej obecnej pompy 20W39, jako dodatkowej rezerwy.

6. Jako wykonawcy Koncepcji rekomendujemy rozwiązanie wg Wariantu 3. Jest on najbardziej elastyczny eksploatacyjnie, łącząc zalety wariantów 1 i 2. Umożliwia pracę układem tradycyjnym, z upustową realizacją zmieszania zimnego oraz ze zmieszaniem zimnym realizowanym wydzieloną pompą sieciową (która pełni również funkcję pompy rezerwowej). Wariant ten jest najbardziej „przyjazny” dla użytkownika.

7. Pompy, ze względu na pewne nadwyżki mocy, mogą pracować z wykorzystaniem tzw. dodatkowej regulacji częstotliwości. Znacząco zwiększa to bezpieczeństwo pracy oraz daje rezerwy na wypadek konieczności pracy mniejszą ilością pomp. Pompy powinny mieć charakterystyki zgodne z przedstawionymi w opracowaniu oraz pracować w określonych liniami granicznymi polach pracy.

8. W wyniku modernizacji istnieje możliwość uzyskania znacznych efektów, 170 do 195 tys. kWh, zależnie od wariantu, w jednym sezonie (układ pomp sieciowych + pompy stabilizacji). Dodatkowym efektem jest zwiększenie trwałości elementów kotła, ze względu na likwidację korozji niskotemperaturowej (zmieszanie gorące). Wyśokość efektów zależy w znacznym stopniu od poprawnej eksploatacji układu wodno-ciepłego.

9. W eksploatacji układu wodnego należy dążyć do pracy bezdławieniowej (za wyjątkiem dławienia koniecznego ze względów technologicznych). Uzyska się w ten sposób zmniejszenie oporów przepływu i dalsze zwiększenie wykorzystania regulacji zmiennoobrotowej.

10. Istotne jest, żeby układ posiadał funkcję wspólnego sterowania pomp pracujących równolegle (od jednego sygnału). Warunek ten dotyczy wszystkich przypadków, przy współpracy równoległej pomp regulowanych.

11. Na etapie projektowania i wykonawstwa należy zadbać, aby opory hydrauliczne nowoprojektowanych lub przebudowywanych odcinków instalacji nie były wyższe od przyjętych w koncepcji. Przy przebudowie zaleca się uproszczenie układu rurocią-gów.



12. Zaleca się zastosowanie armatury o wysokim współczynniku Kv. Szczególną uwagę należy zwrócić na dobór zaworów zwrotnych. Przedstawiona (dla potrzeb budżetowych) w zestawieniach armatura powinna zostać zweryfikowana na etapie projektów wykonawczych. Dotyczy to również zaproponowanych wstępnie średnic rurociągów i kolektorów.

13. Bardzo istotnym zagadnieniem jest obniżenie nastawy blokady minimalnego ciśnienia na wylocie kotła nr 2. Blokada ta powinna zostać zamieniona na blokadę dwustopniową (dla 140 i 130 °C) z odpowiednimi nastawami ciśnieniowymi. Wymaga to uzgodnień z UDT. Pozostawienie blokady na obecnym poziomie spowoduje problemy z uzyskaniem wymaganego ciśnienia oraz przyniesie straty ok. 275.000 kWh/sezon (konieczność stałego dławienia z ciśnienia blokady 0,9 MPa do 0,6 MPa ciśnienia zasilania sieci). Należy zauważyć, że obniżenie parametrów kotła do 140 °C, przy temperaturze wlotowej 70 °C, pozwala na uzyskanie mocy 28 MWt przy przepływie 350 t/h. Moc ta jest mocą maksymalną zanotowaną do tej pory w raportach parametrowych, przy pracy 1 kotła, w warunkach ostrej zimy (- 19 °C). Blokada minimalnego ciśnienia powinny być zabudowane na obu kotłach. Deficyt dysponowanej mocy cieplnej nie występuje, ze względu na możliwość dołączenia drugiego kotła.

14. W fazie wykonywania projektu AKPiA i zasilania należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- standaryzację sygnałów pomiarowych pochodzących z obiektu;
- wykonanie wszystkich układów automatycznej regulacji jako układów ze sterowaniem ciągłym;
- określenie minimalnych ilości urządzeń pomiarowych, regulacyjnych i armatury odcinającej na obiekcie;
- możliwie duże wykorzystanie istniejącej na obiekcie aparatury kontrolno-pomiarowej i regulacyjnej;
- właściwe opomiarowanie agregatów pompowych (wyznaczanie sprawności);
- wprowadzenie wszystkich sygnałów i wykonanie układów regulacji w istniejącym systemie sterowania;
- ograniczenie zakłóceń wprowadzanych przez przemienniki częstotliwości (wybór przemiennika z prostownikiem 12-to pulsowym);

