

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243186 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433907**

(22) Data zgłoszenia: **2020.05.12**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.11.15 BUP 33/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.07.10 WUP 28/2023**

(51) MKP:

B01D 61/12 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

MARJANOWSKI JAN, Gdynia, PL

HUPKA JAN, Gdańsk, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

JAN MARJANOWSKI, Gdynia, PL

JAN HUPKA, Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

Sposób regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych i układ do regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych

PL 243186 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych i układ regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych nanofiltracji i odwróconej osmozy, szczególnie w instalacjach odzysku i oczyszczania kondensatów z instalacji wyparnych mleka i serwatki lub permeatów z membranowego zatężania mleka i serwatki, w których nadawa może zmieniać gęstość, lepkość lub temperaturę w czasie pracy instalacji.

Budowa instalacji do prowadzenia filtracji membranowej a szczególnie odwróconej osmozy jest znana i opisana w literaturze naukowej, technicznej i patentowej. Przepływ permeatu przez instalację membranową, zawierającą jeden lub kilka połączonych rurociągami modułów membranowych, jest wymuszany przez ciśnienie nadawy przed wlotem do instalacji membranowej. Stosowane w instalacjach pompy wirowe pracują w warunkach ustabilizowanego punktu pracy ciśnienia i wydajności dla nadawy wywołując przepływ permeatu. W każdym przypadku ciśnienie tłoczenia pompy przed instalacją membranową musi być wyższe od ciśnienia osmotycznego. Zmiana temperatury nadawy przy niezmiennym zasoleniu powoduje zmianę oporów hydraulicznych przepływu permeatu przez instalację. Wzrost temperatury nadawy w warunkach pracy pompy wirowej napędzanej silnikiem asynchronicznym o ustalonych obrotach i stałej mocy powoduje wzrost wydajności uzyskiwanego permeatu z instalacji membranowej i w konsekwencji wzrost szybkości przepływu koncentratu przez moduły membranowe. W takich warunkach obniża się jakość uzyskiwanego permeatu i może dojść do uszkodzeń umieszczonego wewnątrz modułu membranowego, jeśli objętościowy strumień przepływu permeatu będzie wyższy niż dopuszczalny przez producenta modułu membranowego. Natomiast, w przypadku obniżenia się temperatury nadawy, zmniejsza się wydajność uzyskiwanego permeatu. Ze względu na obniżenie się temperatury nadawy przepływ permeatu przez instalację membranową w warunkach stałych parametrów pracy pompy bez regulacji obrotów jej silnika maleje wskutek wzrostu oporów transmbranowych w module membranowym. Zmiany innych wpływających zmiennych, takich jak związane z wiekiem zmiany przepuszczalności membran, fluktuacje ciśnienia lub fluktuacje stężenia cieczy zasilającej, nadawy również mogą spowodować zmiany wydajności permeatu i szybkości odzysku permeatu podczas pracy instalacji membranowej bez zmiany parametrów roboczych.

Znane jest z opisu patentowego DE202015101617 urządzenie do uzdatniania cieczy, szczególnie uzdatniania wody metodą odwróconej osmozy, zawierające co najmniej dwa moduły membranowe, które zapewnia wszystkim modułom membranowym przepływ, niezależnie od zmiany natężenia objętościowego wody podawanej na wlot urządzenia. Przepływ cieczy przez urządzenie powoduje pompa sprzężona z przetwornicą częstotliwości wywołując zmienny przepływ cieczy przez pompę, w celu zapewnienia przepływu przez wszystkie moduły membranowe urządzenia w różnych warunkach ich pracy. Przepływ permeatu jest regulowany poprzez kombinację otwierania i zamykania ścieżek przepływu pomiędzy modułami membranowymi za pomocą zainstalowanych na tych ścieżkach zaworów trójdrożnych, oraz współpracy na trzeciej ścieżce przepływu z sensorem przepływu, oddziaływującym poprzez sterownik na przetwornicę częstotliwości zasilającą silnik i powodującą regulację obrotów pompy, co zmienia jej wydajność w celu zapewnienia przepływu cieczy w żądanej ilości przez wszystkie moduły membranowe.

Urządzenie, w swojej budowie jest bardzo skomplikowane, szczególnie w zakresie współpracy dwóch istotnych elementów sterowania objętościowym przepływem pompy, tj. zaworów trójdrożnych i sensora przepływu, co może nie zapewnić w krótkim czasie zmiany przepływu cieczy przez pompę i w konsekwencji stabilnego przepływu przez wszystkie moduły membranowe szczególnie w przypadkach szybkich zmian temperatury cieczy. Zmiana przestrojenia się przetwornicy częstotliwości wymaga czasu, co najmniej kilku sekund. Ponadto skomplikowana budowa urządzenia umożliwia wystąpienie w wielu jego miejscach awarii i powoduje znaczne koszty jego wytwarzania.

Znany jest z opisu patentowego EP1572328 układ odwróconej osmozy przeznaczonej głównie na potrzeby produkcji wody szczególnie wody pitnej z nadawy, którą stanowi woda zmiękczona, tj. pozbawiona twardości. Układ zapewnia możliwość recyrkulacji permeatu oraz koncentratu przez zainstalowanie w linii obejściowej permeatu zaworu regulacyjnego łączącego linię permeatu z nadawą lub też przez zainstalowanie w linii obejściowej koncentratu zaworu trójdrożnego łączącego koncentrat z nadawą. Recyrkulacja lub częściowa recyrkulacja obu produktów rozdziału w funkcji ilości permeatu może wynikać z potrzeby odbioru zmiennej ilości permeatu w czasie lub braku jego odbioru. Recyrkulacja może też wynikać z potrzeby produkcji permeatu o określonym stopniu odsolenia surowej wody, nadawy, co jest monitorowane przez czujnik przewodnictwa. Zarówno sygnał wyjściowy z czujnika ciśnienia permeatu,

jak też sygnał wyjściowy z czujnika przewodnictwa permeatu jest przesyłany do centralnego sterownika, który porównuje sygnały z nastawami i ciśnieniem wlotowym nadawy i poprzez przetwornicę częstotliwości steruje pracą pompy w rurociągu nadawy, w celu uzyskania określonego ciśnienia lub określonego przewodnictwa na wylocie permeatu z instalacji. Układ zawiera co najmniej jeden moduł membranowy oraz pompę połączoną układem elektrycznym z przetwornicą częstotliwości, centralny sterownik oraz czujniki ciśnienia i przewodnictwa. Pompa sterowana przez przetwornicę częstotliwości może wytwarzać ciśnienie wlotowe do modułu membranowego w zależności od zasolenia nadawy od 0,2 do 14,0 MPa.

Niedogodnością układu membranowego według omawianego wynalazku jest potrzeba zapewnienia dla pracy układu, wody zmiękczonej po instalacji jonitowej, co wymaga wprowadzenia dodatkowego urządzenia jakim jest zmiękczacze oraz stwarza dodatkowe koszty w wykonaniu instalacji odsalania. Ponadto w przypadku braku zapotrzebowania ciągła recyrkulacja permeatu przez moduły membranowe wiąże się z podniesionymi kosztami zużycia energii elektrycznej przez pompę. Natomiast recyrkulacja koncentratu, mimo ewidentnych zalet w zakresie zwiększenia stopnia odzysku wody z instalacji, zwiększa zasolenie koncentratu, co może prowadzić do wytrącania się niektórych soli np. siarczaniu baru. W przypadku tzw. higienicznego wykonania instalacji, ze stali nierdzewnej, na potrzeby wody pitnej, może dochodzić do korozji obudów modułów membranowych wywołanej podwyższoną ilością chlorków w koncentracie, jeśli chlorki będą obecne na zasilaniu w nadawie.

Opisanych niedogodności jest pozbawiony sposób i układ według wynalazku.

Sposób regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych nanofiltracji i odwróconej osmozy zawierającej co najmniej jeden moduł membranowy zawierający jeden wlot nadawy i dwa wyloty, rurociąg permeatu oraz rurociąg koncentratu, wyposażonych w czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wejściowego, czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wyjściowego permeatu, do którego nadawa tłoczona jest przez pompę napędzaną przez silnik asynchroniczny, zasilany przez przemiennik częstotliwości, o zmiennej liczbie obrotów wirnika zależnie od sygnałów z czujników ciśnienia, przewodnictwa czy przepływu zainstalowanych na rurociągach wyjściowych z modułu membranowego, charakteryzuje się tym, że jako sygnał wejściowy do układu regulacji wykorzystuje się wyniki pomiaru objętości strumienia permeatu w rurociągu permeatu mierzonych za pomocą przepływomierza połączonego z przetwornikiem przepływu, sygnał ten porównuje się w sterowniku z zadaną wielkością przepływu permeatu uzyskując uchyb regulacyjny będący sygnałem sterującym dla regulatora prędkości obrotowej silnika, który za pośrednictwem przemiennika częstotliwości ustawia obroty silnika napędzającego pompę wytwarzającą w rurociągu nadawy ciśnienie zapewniające żądany objętościowy strumień permeatu w rurociągu permeatu.

Według wynalazku regulację przepływu w rurociągu permeatu można również prowadzić w sposób pośredni, który polega na tym, że jako sygnał wejściowy do układu regulacji wykorzystuje się wyniki pomiaru objętości strumienia koncentratu w rurociągu koncentratu mierzonych za pomocą przepływomierza połączonego z przetwornikiem przepływu, sygnał ten porównuje się w sterowniku z zadaną wielkością przepływu koncentratu uzyskując uchyb regulacyjny będący sygnałem sterującym dla regulatora prędkości obrotowej silnika, który za pośrednictwem przemiennika częstotliwości ustawia obroty silnika napędzającego pompę wytwarzającą w rurociągu nadawy ciśnienie zapewniające żądany objętościowy strumień permeatu w rurociągu permeatu.

W tym sposobie regulacji przepływu permeatu z pomiarem pośrednim objętości strumienia koncentratu, nie jest mierzona bezpośrednio ilość przepływającego permeatu, a wynika z różnicy wartości przepływów między strumieniem objętości w rurociągu nadawy i strumieniem objętości w rurociągu koncentratu.

Dla lepszego przekazania idei wynalazku i ułatwienia wytłumaczenia przykładów jego wykonania załączono rysunek, którego elementy opatrzone następującymi numerami: rurociąg nadawy 1, pompa 2, moduły membranowe 3, silnik asynchroniczny 4, regulator prędkości obrotowej silnika 5, rurociąg permeatu 6, rurociąg koncentratu 7, przepływomierz z przetwornikiem przepływu 8, sterownik 9, rurociąg ściekowy 10, zbiornik wody zdeminalizowanej 11, presostat ciśnienia nadawy 12, czujnik wysokiego ciśnienia 13, presostat ciśnienia permeatu 14, zawór regulacyjny permeatu 15, zawór regulacyjny koncentratu 16.

Układ regulacji przepływu permeatu przedstawiony na rysunku Fig. 1 zawiera umieszczony w rurociągu permeatu 6 przepływomierz z przetwornikiem przepływu 8, którego wyjście jest połączone z wejściem sterownika 9. Sterownik 9 posiada wyjście połączone przez regulator prędkości obrotowej silnika 5 z zasilanym przez przemiennik częstotliwości silnikiem asynchronicznym 4 napędzającym pompę 2 nadawy.

Układ regulacji przepływu permeatu przedstawiony na rysunku Fig. 2 może być też realizowany w sposób pośredni przez umieszczenie w rurociągu koncentratu 7 przepływomierza z przetwornikiem przepływu 8, którego wyjście jest połączone z wejściem sterownika 9. Sterownik 9 posiada wyjście połączone przez regulator prędkości obrotowej silnika 5 z zasilanym przez przemiennik częstotliwości silnikiem asynchronicznym 4 napędzającym pompę 2 nadawy.

W rozwiązaniach przywołanych w stanie techniki regulacja przepływu permeatu prowadzona jest głównie przez zmianę konfiguracji zespołów modułów membranowych z szeregowego na równoległy, wyłączania z pracy poszczególnych modułów membranowych lub zmienną ilość recykulowanego, zwracanego do rurociągu nadawy, permeatu czy koncentratu, zaś zmiana ciśnienia nadawy przez pompę z silnikiem zasilanym przez przetwornicę częstotliwości, jako czynność pomocnicza, ma przede wszystkim zapewnić równe ciśnienie wejściowe do wszystkich modułów membranowych. W rozwiązaniu według wynalazku regulacja przepływu permeatu jest prowadzona wyłącznie przez pompę o zmiennym wydatku sprzężoną z przepływomierzem z przetwornikiem przepływu. Rozwiązanie takie jest nieskomplikowane technicznie, a więc znacznie tańsze, niezawodne, o dużej pewności ruchu, a jego reakcja na zmiany parametrów wejściowych jest błyskawiczna czyniąc proces regulacji bardzo stabilnym w pełnym zakresie wydajności pompy nadawy.

Przedmiot wynalazku zostanie bliżej wyjaśniony na podstawie przykładów wykonania uwidoczonych na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schemat blokowy regulacji przepływu permeatu poprzez bezpośredni pomiar wartości przepływu permeatu, a Fig. 2 przedstawia schemat blokowy regulacji przepływu permeatu w sposób pośredni poprzez pomiar wartości przepływu koncentratu. Aby nie zaciemniać obrazu rysunków nie pokazano na nich skrzynki zasilającej układ elektrycznie.

Przykład 1

W zakładzie mleczarskim metodą odwróconej osmozy RO odzyskiwany jest kondensat z wyparek serwatki słodkiej do uzupełniania zasilania kotła parowego. Instalację stanowi jednostopniowy moduł membranowy zawierający w obudowie ciśnieniowej 4 membrany. Kondensat spływający grawitacyjnie z wyparki serwatki, poprzez zbiornik pośredni jest podawany jako nadawa do rurociągu nadawy 1, na ssanie pompy 2, która tłoczy nadawę do modułu membranowego RO 3. Pompa wirowa 2 może pracować w zakresie ciśnień 3–20 barów oraz wydajnościach w zakresie 3–7 m³/h. Pompa 2 napędzana jest silnikiem asynchronicznym 4 zasilanym przez przetwornicę częstotliwości i połączonym elektrycznie z regulatorem prędkości obrotowej silnika 5.

Moduł membranowy RO 3 stanowi jednostopniową instalację zawierającą w obudowie ciśnieniowej cztery połączone za pomocą łączników membrany 8-calowe o współczynniku retencji 92% odporne na fouling organiczny. Z modułu membranowego RO 3 wychodzą dwa rurociągi, rurociąg permeatu 6 i rurociąg koncentratu 7. W rurociągu permeatu 6 zamontowany jest przepływomierz z wbudowanym przetwornikiem przepływu 8. Sygnał z przetwornika przepływu permeatu przekazywany jest do sterownika 9, gdzie jest porównywany z zadany, na podstawie obliczeń, bezpiecznym, dozwolonym przepływem permeatu przez membranę zapewniając zadany stabilny przepływ permeatu. Sygnał ze sterownika 9 przekazany do regulatora prędkości obrotowej silnika 5 ustawia pracę zasilanego przez przemiennik częstotliwości silnika 4 tak, aby pompa 2 ostatecznie uzyskiwała ciśnienie zapewniające zadany stabilny przepływ permeatu. Koncentrat kierowany jest bezpośrednio do rurociągu ściekowego 10, zaś permeat jest gromadzony w zbiorniku 11 skąd jest rozbierany na potrzeby kotłowe. Do poprawnej, bezpiecznej i kontrolowanej pracy układ wyposażony jest, poza wymienionymi już urządzeniami podstawowymi, w presostat ciśnienia wlotowego 12 zamontowany na rurociągu nadawy 1 przed pompą 2 i czujnik wysokiego ciśnienia 13 do wyłączania pompy w razie awaryjnego wzrostu ciśnienia tłoczenia do wartości większych niż dopuszczalne przez producenta membran zamontowany za pompą 2. Ponadto na rurociągu permeatu 6 za przepływomierzem 8 zamontowany jest presostat ciśnienia permeatu 14. Na rurociągach permeatu 6 i koncentratu 7 zamontowane są zawory 15 i 16 utrzymujące wymagane przeciwcisnienie.

Kondensat stanowiący nadawę posiada temperaturę pomiędzy 50 a 45°C. Ciepło zawarte w kondensacie podgrzewa w przeciwprądzie inne media np. świeżą schłodzoną serwatkę wprowadzaną na wieżę wyparną. Zwykle temperatura schłodzonego kondensatu jako nadawy wynosi 14°C.

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę przepływów w instalacji, jednostkowe zużycie energii elektrycznej na wyprodukowanie 1 m³ permeatu oraz parametry fizykochemiczne poszczególnych strumieni wodnych, przy założeniu, że strumień permeatu jest zadany wartością przepływu 4,0 m³/h.

W trakcie prowadzonych badań nad przepływami i składami poszczególnych strumieni nieoczekiwanie uległ awarii wymiennik ciepła i dalsze badania trzeba było prowadzić z jego pominięciem przy

temperaturze nadawy 45°C. Zadany przepływ permeatu się nie zmienił, natomiast nieoczekiwanie natomiast stwierdzono spadek wartości częstotliwości zasilającej silnik 4 przetwornicy częstotliwości, który spowodował spowolnienie obrotów pompy 2, ze względu na spadek wartości ciśnienia niezbędnego do przetłoczenia nadawy o wyższej temperaturze przez membrany, a w konsekwencji koniecznego do utrzymania zadanej wartości objętościowego przepływu strumienia permeatu w rurociągu permeatu, tj. wartości 4,0 m³/h.

Jakość permeatu nieznacznie się pogorszyła, natomiast spadło jednostkowe zapotrzebowanie energii elektrycznej na wytworzenie 1 m³ permeatu.

Takie działanie potwierdza, że rozwiązanie według wynalazku pozwala w sposób automatyczny utrzymać stabilny zadany przepływ permeatu, pomimo okresowych zmian temperatury nadawy i w ten sposób zapobiega przekroczeniu dopuszczalnego przepływu strumienia permeatu dla modułu membranowego RO.

Tabela 1

Charakterystyka przepływów i parametry fizykochemiczne strumieni wodnych instalacji odwróconej osmozy w temperaturze 14°C, strumień objętości permeatu wynosił 4 m³/h

L.p.	Oznaczenie	Jednostka	Strumienie		
			Nadawa	Permeat	Koncentrat
1.	Przepływy	m ³ /h	5,6	4,0	1,6
2.	Ciśnienie	bar	16,5	1,2	14,2
3.	Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na wytworzenie permeatu	kWh/m ³	-	0,75	-
4.	Przewodnictwo w 25 °C	μS/cm	80,0	7,0	250
5.	Odczyn pH	-	5,8	5,3	6,3
6.	ChZT	mg O ₂ /l	92	10	280
7.	Kwas mlekowy	mg/l	0,5	≤ 0,01	1,7
8.	Twardość	mval/l	0,3	≤ 0,02	1,0

Tabela 2

Charakterystyka przepływów i parametry fizykochemiczne strumieni wodnych instalacji odwróconej osmozy w temperaturze 45°C, strumień objętości permeatu wynosił 4 m³/h

L.p.	Oznaczenie	Jednostka	Strumienie		
			Nadawa	Permeat	Koncentrat
1.	Przepływy	m ³ /h	5,5	4,0	1,5
2.	Ciśnienie	bar	4,6	1,2	4,2
3.	Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na wytworzenie permeatu	kWh/m ³	-	0,52	-
4.	Przewodnictwo w 25 °C	μS/cm	80,0	9,5	260
5.	Odczyn pH	-	5,8	5,2	6,4
6.	ChZT	mg O ₂ /l	92	12	302
7.	Kwas mlekowy	mg/l	0,05	≤ 0,01	0,2
8.	Twardość	mval/l	0,3	≤ 0,02	1,0

Przykład 2

W zakładzie mleczarskim metodą odwróconej osmozy RO odyskiwany jest kondensat z wyparok mleka, który służy jako woda uzdatniona do zasilania wyparnego obiegu chłodzenia skraplacza przeponowego tej wyparki. Kondensat z wyparki mleka stanowiący nadawę o temperaturze 47°C jest kierowany za pośrednictwem zbiornika pośredniego do instalacji uzdatniania kondensatu. Instalacja jest instalacją dwustopniową zawierającą dwa stopnie odwróconej osmozy RO. W obudowie

ciśnieniowej modułu membranowego każdego stopnia znajdują się po 3 membrany 8-calowe o współczynniku retencji 98%, połączone za pomocą łączników uszczelnionych oringami. Koncentrat przepływa z pierwszego stopnia do drugiego jako nadawa. Permeaty z obu stopni tworzą wspólny strumień permeatu. Pomiędzy obydwojoma stopniami nie ma żadnych czujników, urządzeń pomiarowych ani innych elementów konstrukcyjnych, mogą więc być one schematycznie traktowane jak jeden moduł membranowy RO.

Kondensat spływa z wyparki mleka grawitacyjnie poprzez zbiornik pośredni i podawany jest jako nadawa do rurociągu nadawy 1, na ssanie pompy 2, która tłoczy nadawę do modułu membranowego RO 3. Pompa wirowa 2 może pracować w zakresie ciśnień 3–16 barów oraz w wydajnościach w zakresie 5–13 m³/h. Pompa 2 napędzana jest silnikiem asynchronicznym 4 zasilanym przez przetwornicę częstotliwości i połączonym elektrycznie z regulatorem prędkości obrotowej silnika 5.

Z modułu membranowego RO 3 wychodzą dwa rurociągi, rurociąg permeatu 6 i rurociąg koncentratu 7. W rurociągu koncentratu 7 zamontowany jest przepływomierz z wbudowanym przetwornikiem przepływu 8. Na podstawie obliczeń bezpiecznego dozwolonego przepływu permeatu przez membranę ustawia się zadaną wartość przepływu strumienia permeatu przez przepływomierz 8 pośrednio w strumieniu koncentratu, gdzie wartość objętościowego strumienia permeatu jest różnicą wartości objętościowego strumienia nadawy i objętościowego strumienia koncentratu. Przez porównanie pomierzonego rzeczywistego przepływu koncentratu z jego wielkością zadaną w sterowniku 9 uzyskuje się sygnał, który przekazany ze sterownika 9 do regulatora prędkości obrotowej silnika 5 ustawia obroty zasilanego przez przemiennik częstotliwości silnika 4 tak, aby pompa 2 ostatecznie wytwarzała ciśnienie zapewniające zadany, stabilny przepływ permeatu. Koncentrat kierowany jest bezpośrednio do rurociągu ściekowego 10 zaś permeat jako uzdatniona woda jest gromadzony w zbiorniku wody zdemineralizowanej 11 skąd jest rozbierany na potrzeby zasilania w wodę wieży wyparnej obiegu chłodzenia skraplacza przeponowego wyparki. Do poprawnej, bezpiecznej i kontrolowanej pracy układ wyposażony jest, poza wymienionymi już urządzeniami podstawowymi, w presostat ciśnienia wlotowego 12 zamontowany na rurociągu nadawy 1 przed pompą 2 i czujnik wysokiego ciśnienia 13, do wyłączania pompy w razie awaryjnego wzrostu ciśnienia tłoczenia do wartości większych niż dopuszczalne przez producenta membran, zamontowany za pompą 2. Ponadto na rurociągu permeatu 6 zamontowany jest presostat ciśnienia permeatu 14. Na rurociągach permeatu 6 i koncentratu 7 zamontowane są zawory 15 i 16 utrzymujące wymagane przeciwciśnienie.

W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę przepływów w instalacji, jednostkowe zużycie energii elektrycznej na wyprodukowanie 1 m³ permeatu oraz parametry fizykochemiczne poszczególnych strumieni wodnych, przy założeniu, że objętościowy strumień permeatu jest zadany i ustabilizowany na wartości przepływu 8,0 m³/h.

Tabela 3

Charakterystyka przepływów i parametry fizykochemiczne strumieni wodnych instalacji odwróconej osmozy w temperaturze 47°C, strumień objętości permeatu wynosił 8 m³/h

	Oznaczenie	Jednostka	Strumienie		
			Nadawa	Permeat	Koncentrat
1.	Przepływy	m ³ /h	10,5	8,5	2,0
2.	Ciśnienie	bar	4,6	1,2	4,2
3.	Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na wytworzenie permeatu	kWh/m ³	-	0,50	-
4.	Przewodnictwo w 25 °C	μS/cm	30,0	3,5	140
5.	Odczyn pH	-	5,8	5,3	6,2
6.	ChZT	mg O ₂ /l	92	6	440
7.	Kwas mlekowy	mg/l	0,05	≤ 0,01	0,25
8.	Twardość	mval/l	0,3	≤ 0,02	1,5

W trakcie próbnego ruchu instalacji zmienił się znacznie poziom kondensatu w zbiorniku pośrednim, co powodowało zmiany ciśnienia w rurociągu nadawy 1 zasilającym pompę 2, zmieniając jej warunki pracy i zmieniając też ilość koncentratu na wyjściu z instalacji. Na te zmiany układ reagował

natychmiast zmieniając obroty pompy i utrzymując przepływ koncentratu, a w konsekwencji permeatu na stałym, zadanym poziomie.

Sposób jak i układ regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych nanofiltracji i odwróconej osmozy według wynalazku może mieć szczególnie korzystne zastosowanie w recyklingu wód zanieczyszczonych związkami organicznymi, w tym kondensatów z wyparek mleka i serwatki oraz permeatów powstałych z zatężania mleka i serwatki w instalacjach membranowych. Oczyszczone, odzyskane wody mogą być ponownie użyte do różnych celów w zakładach przemysłowych. Utrzymanie stałej i zadanej wartości przepływu permeatu powoduje przy ustabilizowanej jakościowo nadawie dobrą jakość permeatu, tj. uzdatnionej wody, która może być wykorzystana do różnych celów, głównie energetycznych. Ponieważ w zakładach mleczarskich, owocowo-warzywnych, browarach znajduje się poważny nadmiar tych wód instalacja nie zawiera w swoim założeniu podmieszania części koncentratu do nadawy, tj. recyklingu części koncentratu. Nie jest to korzystne z uwagi na pogarszanie się jakości permeatu przy wzroście zasolenia tak nadawy jak i koncentratu, co w przypadku dużego nadmiaru wód możliwych do zagospodarowania nie jest istotne. Istotna jest bardzo dobra jakość odzyskanych wód, gdyż z reguły są przeznaczone do zasilania kotłów parowych jako woda uzupełniająca kondensat oraz na cele uzupełniania wież wyparnych i natryskowo-wyparnych skraplaczy amoniaku w układach chłodzenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych nanofiltracji i odwróconej osmozy zawierającej co najmniej jeden moduł membranowy zawierający jeden wlot nadawy i dwa wyloty, rurociąg permeatu oraz rurociąg koncentratu wyposażonych w czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wejściowego czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wyjściowego permeatu, do którego nadawa tłoczona jest przez pompę napędzaną przez silnik asynchroniczny, zasilany przez przemiennik częstotliwości, o zmiennej liczbie obrotów wirnika zależnej od sygnałów z czujników ciśnienia, przewodnictwa czy przepływu zainstalowanych na rurociągach wyjściowych z modułu membranowego, **znamienny tym**, że jako sygnał wejściowy do układu regulacji wykorzystuje się wyniki pomiaru objętości strumienia permeatu w rurociągu permeatu mierzonych za pomocą przepływomierza połączonego z przetwornikiem przepływu, sygnał ten porównuje się w sterowniku z zadaną wielkością przepływu permeatu uzyskując uchyb regulacyjny będący sygnałem sterującym dla regulatora prędkości obrotowej silnika, który za pośrednictwem przemiennika częstotliwości ustawia obroty silnika napędzającego pompę wytwarzającą w rurociągu nadawy ciśnienie zapewniające żądany objętościowy strumień permeatu w rurociągu permeatu.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako sygnał wejściowy do układu regulacji wykorzystuje się wyniki pomiaru objętości strumienia koncentratu w rurociągu koncentratu mierzonych za pomocą przepływomierza połączonego z przetwornikiem przepływu, sygnał ten porównuje się w sterowniku z zadaną wielkością przepływu koncentratu uzyskując uchyb regulacyjny będący sygnałem sterującym dla regulatora prędkości obrotowej silnika, który za pośrednictwem przemiennika częstotliwości ustawia obroty silnika napędzającego pompę wytwarzającą w rurociągu nadawy ciśnienie zapewniające żądany objętościowy strumień permeatu w rurociągu permeatu.
3. Układ regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych nanofiltracji i odwróconej osmozy zawierającej co najmniej jeden moduł membranowy zawierający jeden wlot nadawy i dwa wyloty, rurociąg permeatu oraz rurociąg koncentratu wyposażonych w czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wejściowego, czujniki ciśnienia i presostat ciśnienia wyjściowego permeatu, do którego nadawa tłoczona jest przez pompę napędzaną przez silnik asynchroniczny, zasilany przez przemiennik częstotliwości, o zmiennej liczbie obrotów wirnika zależnej od sygnałów z czujników ciśnienia, przewodnictwa czy przepływu zainstalowanych na rurociągach wyjściowych z modułu membranowego, **znamienny tym**, że wyposażony jest w umieszczony w rurociągu permeatu (6) przepływomierz połączony z przetwornikiem przepływu (8), którego wyjście jest połączone z wejściem sterownika (9), posiadającego wyjście połączone przez regulator prędkości obrotowej silnika (5) z silnikiem (4) napędzającym pompę (2) nadawy.

4. Układ do regulacji przepływu permeatu w instalacjach membranowych, według zastrz. 3, **znamienny tym**, że posiada umieszczony w rurociągu koncentratu (7) przepływomierz (8) połączony z przetwornikiem przepływu (9), którego wyjście jest połączone z wejściem sterownika (5), posiadającego wyjście połączone przez regulator prędkości obrotowej silnika (4) z silnikiem (2) napędzającym pompę (1) nadawcy.

Rysunki

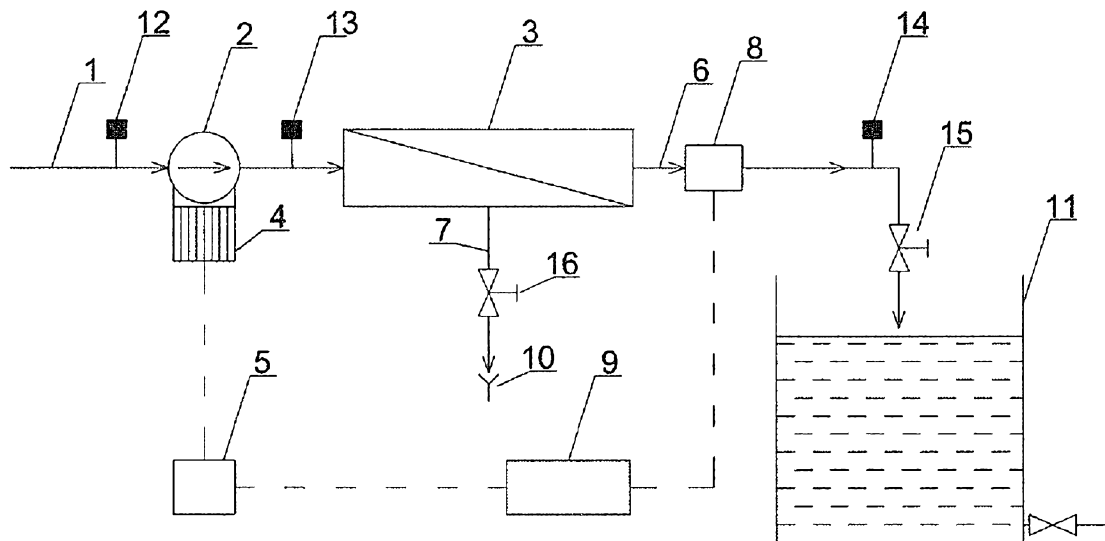


FIG. 1

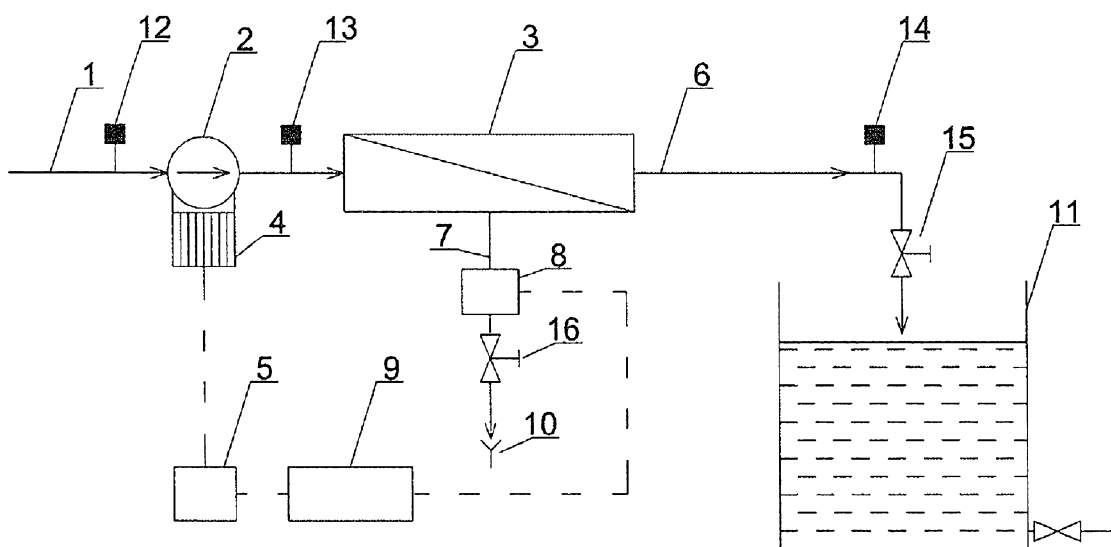


FIG. 2