

Instrukcja ćwiczenia nr 11

Temat: Stacja przygotowania powietrza sprężonego

1. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad budowy układów przygotowania powietrza sprężonego na statkach, metodami oczyszczenia i osuszania powietrza oraz automatyczną pracą układów.

2. Wprowadzenie:

Powietrze atmosferyczne zawiera zanieczyszczenia stałe i parę wodną. Jeżeli powietrze jest sprężane to koncentracja wody wzrasta. Na przykład sprężarka o ciśnieniu roboczym 7 bar i wydajności 200 l/s która zasysa powietrze o temperaturze 20°C i wilgotności względnej 80% zgromadzi w przewodach sprężonego powietrza ok. 80 litrów wody w czasie ośmiogodzinnego dnia pracy. Zawartość wody w sprężonym powietrzu opisuje termin ciśnieniowy punkt rosy. Jest to temperatura powietrza w danym ciśnieniu, przy której wilgotność względna osiąga 100% i rozpoczyna proces skraplania. Niski ciśnieniowy punkt rosy oznacza niewielką ilość pary wodnej w sprężonym powietrzu. Na przykład ciśnieniowy punkt rosy przy temperaturze 2°C i ciśnieniu 7 bar jest równy wartości punktu rosy przy -23°C i ciśnieniu atmosferycznym. W przypadku nagłego rozprężania powietrza w urządzeniu pneumatycznym, jego temperatura może spaść poniżej punktu rosy. Jeżeli temperatura spadnie poniżej punktu rosy, następuje dalsze skraplanie i powstawanie kondensatu, który jest główną przyczyną korozji instalacji, awarii urządzeń i zakłóceń. Po pewnym czasie może to doprowadzić do:

- poważnych uszkodzeń w instalacji, w urządzeniach pneumatycznych oraz w produkcie końcowym,
- osadzania lodu w instalacji, mogące zablokować przepływ sprężonego powietrza.

Aby uniknąć problemów i usterek na skutek skraplania się wody w rurach i podłączonych urządzeniach sprężone powietrze musi być oczyszczone i osuszone.

Sprężone powietrze zawiera różnego rodzaju zanieczyszczenia występujących pod postacią wody, cząstek stałych, oleju, mikroorganizmów itp., których obecność może prowadzić do korozji, awarii całych instalacji lub nawet uszkodzeń produktów końcowych. Z uwagi na to, że gazy sprężone pod bardzo wysokim ciśnieniem są jednym z najważniejszych mediów stosowanych w niemalże wszystkich gałęziach przemysłu, należy je odpowiednio przefiltrować, osuszyć, a także odoleić. Proces uzdatniania sprężonego powietrza przeprowadza się w celu maksymalizacji trwałości oraz żywotności wszystkich elementów, z których składa się instalacja sprężonego powietrza, a także dla zagwarantowania właściwej pracy urządzeń zasilanych. W sprężonym powietrzu znajduje się szereg zanieczyszczeń, których bezwzględnie należy unikać:

Cząsteczki stałe – sprężarka zasysa powietrze z otoczenia, a to zawiera w sobie oprócz tlenu i azotu także wiele innych cząsteczek, do których zaliczamy wszelkiego rodzaju pyłki, kurz, mikroorganizmy itd. Wraz ze wzrostem ciśnienia zmniejsza się objętość sprężonego powietrza, a zwiększa się gęstość występowania zanieczyszczeń (ilość cząsteczek w określonej jednostce objętości).

Olej – jego pochodzenie związane jest z wykorzystywaniem oleju jako czynnika smarującego i chłodzącego w wielu rodzajach sprężarek m.in śrubowych i tłokowych.

Woda – zawartość pary wodnej w zasysanym przez sprężarkę powietrzu z otoczenia jest całkowicie naturalna. Poziom wilgoci w powietrzu nie jest stały i zmienia się w zależności od warunków atmosferycznych.

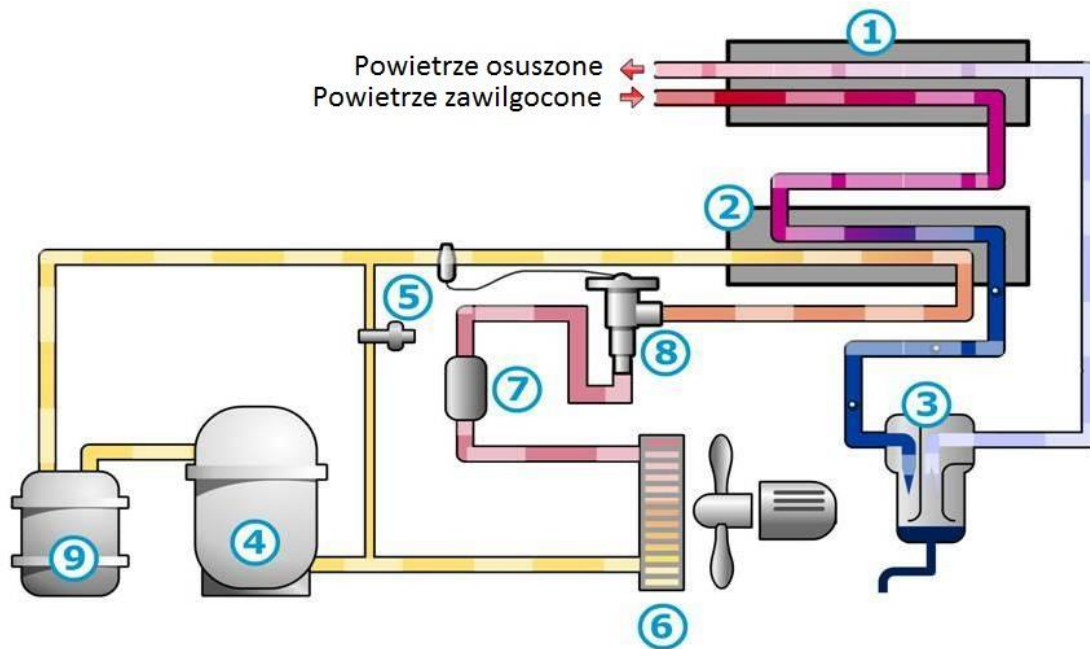
Obecnie, sprężone powietrze jest podstawowym i niezbędnym źródłem energii dla większości procesów produkcyjnych, zarówno w niewielkich zakładach jak i olbrzymich fabrykach. Zwykła filtracja sprężonego powietrza już nie wystarcza. Nowoczesne zakłady produkcyjne wymagają wyjątkowo czystego powietrza z niską zawartością pary wodnej. Utrzymywanie punktu rosy sprężonego powietrza na odpowiednio niskim poziomie zapewnia prawidłową jakość w procesie produkcyjnym.

Zasadniczo istnieją cztery sposoby usuwania wilgoci ze sprężonego powietrza: chłodzenie, nadkompresja, absorpcja i adsorpcja. Istnieje kilka typów osuszaczy sprężonego powietrza, których właściwości są zwykle określone przez punkt rosy.

- Osuszacze ziębnicze (chłodnicze)
- Osuszacze membranowe (absorpcyjne)
- Osuszacze adsorpcyjne

Osuszacze ziębnicze

Osuszacze ziębnicze korzystają z dwóch wymienników ciepła. Pierwszy jest wymiennikiem powietrze-powietrze, drugi powietrze-zamrażanie. Sprężarki stosowane przy tego typu osuszaczach są zwykle typu hermetycznego i najczęściej stosują gaz R-134a. Celem dwóch wymienników ciepła jest to, że zimno wychodzącego powietrza schładza ciepło zasysanego powietrza oraz zmniejsza potrzebną wydajność kompresora. W tym samym czasie wzrost temperatury wychodzącego powietrza zapobiega ponownej kondensacji.



1-Wymiennik ciepła (powietrze-powietrze), 2-Wymiennik ciepła (powietrze-czynnik chłodniczy), 3-Separator wody, 4-Sprężarka czynnika chłodniczego, 5-Obejście gorącego gazu, 6-Skraplacz, 7-Filtr czynnika, 8-Zawór rozprężny, 9-Separator czynnika chłodniczego.

Osuszacze membranowe

Osuszacze membranowe korzystają ze specjalnej membrany, która usuwa parę wodną ze sprężonego powietrza. Zazwyczaj, sprężone powietrze jest najpierw filtrowane przez wysokiej jakości filtr koalescencyjny. Filtr ten usuwa wodę w stanie ciekłej, olej i cząstki stałe ze sprężonego powietrza. Następnie powietrze przechodzi przez otworki wydrążone w membranie, gdzie para wodna zostanie pochłonięta przez małe włókna i przenika przez membranę. W tym samym czasie, niewielka część suchego powietrza jest skierowywana wzdłuż zewnętrznej powierzchni membrany i eliminuje parę wodną, która przedostała się przez membranę. Wilgotne powietrze odprowadzane jest do atmosfery a czyste i suche powietrze zaopatruje aplikację. Moc suszenia membrany kontrolowana jest przez zmianę natężenia i ciśnienia przepływu sprężonego powietrza.

Membranowe osuszacze są ciche, niezawodne i nie wymagają energii elektrycznej do swojej pracy. Wymaga się tylko, aby wkłady filtra wstępnego były wymieniane dwa razy w roku. Osuszacze membranowe wykorzystywane są bardzo często przy instalacjach pneumatycznych, malowaniu natryskowym przy sprzętach medycznych, pneumatycznych hamulcach do pojazdów i pociągów.

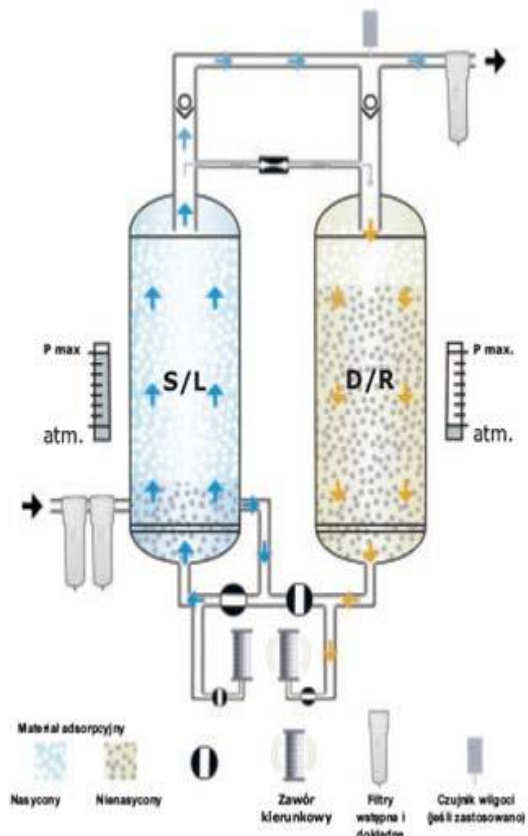
Osuszacze adsorpcyjne

Proces chłodzenia uniemożliwia otrzymanie temperatury poniżej 0°C (zamarzanie wody). Jednakże niektóre zastosowania lub warunki wymagają temperaturę punktu rosy

poniżej 0°C. Jedynie osuszacze adsorpcyjne mogą spełnić te wymagania, gdyż separacja pary wodnej odbywa się bez obniżania temperatury sprężonego powietrza. Sprężone powietrze przechodzi przez zbiornik ciśnieniowy (kolumny) wypełniony przez absorbenty takie jak aktywny tlenek glinu, żel krzemionkowy, silikażel, itd.... Absorbent może zmniejszyć punkt rosy pary wodnej do -40°C lub niższej.

W praktyce używane są 2 zbiorniki pracujące na przemian; jeden osusza powietrze podczas gdy drugi jest regenerowany. Zasady działania osuszaczy adsorpcyjnych oparte są na wykorzystaniu części osuszonego powietrza z jednego zbiornika do regeneracji drugiego w przeciwnym kierunku względem nasyconej wilgoci. Powietrze osuszone pod wysokim ciśnieniem przechodząc przez dyszę ograniczającą jego przepływ, rozprężając, zwiększając swoją objętość i prędkość odbiera wilgoć materiałem adsorpcyjnym. Wraz z wilgocią powietrze jest skierowane przez otwarty elektro-zawór, tłumik wydmuchu i wydmuchiwane do atmosfery.

Przełączanie pracy zbiorników odbywa się automatycznie dzięki elektro-zaworom.



Rys. 1. Schemat zasady pracy osuszacza adsorpcyjnego.

Cykl pracy osuszacza składa się z następujących faz (Rys.1.):

- Faza osuszania: S/L

Wilgotne, odolejne sprężone powietrze przepływa od dołu przez warstwę suchego materiału adsorpcyjnego znajdującego się w zbiorniku S/L, gdzie następuje zatrzymanie cząstek wilgoci.

- Faza regeneracji i wyrównania ciśnień: D/R

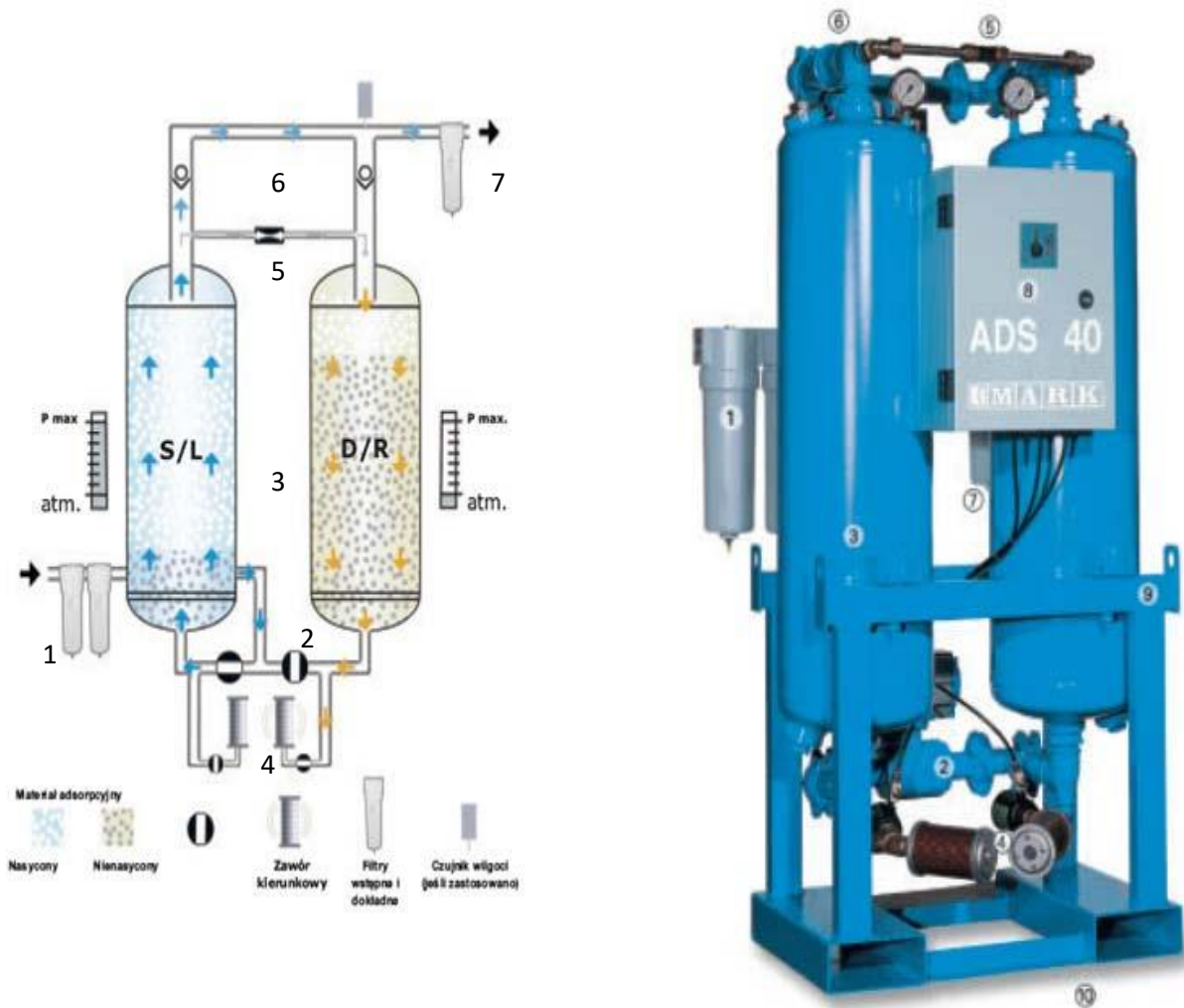
Nasycony wilgocią materiał adsorpcyjny zostanie zregenerowany poprzez pozbycie się zatrzymanej wilgoci. Powietrze osuszone pod wysokim ciśnieniem przechodząc przez dyszę ograniczającą jego przepływ, rozprężając, zwiększając swoją objętość i prędkość odbiera wilgoć materiałem adsorpcyjnym.

Po fazie regeneracji zachodzi proces wyrównania ciśnień w zbiornikach poprzez zamknięcie zaworu wydmuchu powietrza z wilgocią. Nadal przechodzące przez dyszę powietrze wyrówna ciśnienie w zbiornikach.

Kolejny cykl rozpoczyna się od zmiany kierunku przepływu za pomocą przełączania elektro-zaworów. W tym momencie słychać będzie głośny odgłos wydmuchu powietrza z zbiornika S/L w wyniku uderzenia wysokiego ciśnienia do atmosfery. Wilgotne sprężone powietrze przechodzi teraz przez zregenerowany zbiornik (D/R), podczas gdy wilgotny zbiornik (S/L) rozpoczyna proces regeneracji (Rys.2.).



Rys. 2. Wykres czasowy cyklu pracy osuszacza adsorpcyjnego.



Rys.3. Schemat i zdjęcie budowy osuszacza adsorpcyjnego ADS.

Osuszacz ADS jest kompletnym urządzeniem *dostępny na rynku* do filtracji i osuszania sprężonego powietrza. Jest prostą konstrukcją zawierającą poniżej wymienione elementy (w zależności od rozmiarów).

- (1) Filtr/y wstępne z odolejaczem skutecznie zapobiegają dostawaniu się oleju do warstwy adsorpcyjnej.
- (2) Zespół elektro-zaworów umożliwiających proces zmiany kierunku przepływu.
- (3) Kolumny zawierające sekwencyjnie ułożony materiał adsorpcyjny zgodnie z dyrektywami EEC.
- (4) Tłumik wydmuchu obniżający poziom hałasu.
- (5) Kalibrowana dysza regulująca natężenie przepływu powietrza regeneracyjnego.
- (6) Zawór kierunkowy (jeden na zbiornik).
- (7) Dokładny filtr odpylający na wylocie z osuszacza.
- (8) Panel sterowania.
- (9) Stabilna konstrukcja z przymocowaniem ułatwia transport za pomocą wózka lin.
- (10) Metalowa podstawa ułatwia przenoszenie wózkami widłowymi.
- (11) Opcjonalny Sterownik Punktu Rosy Oszczędzający Energię (ES-CDP).

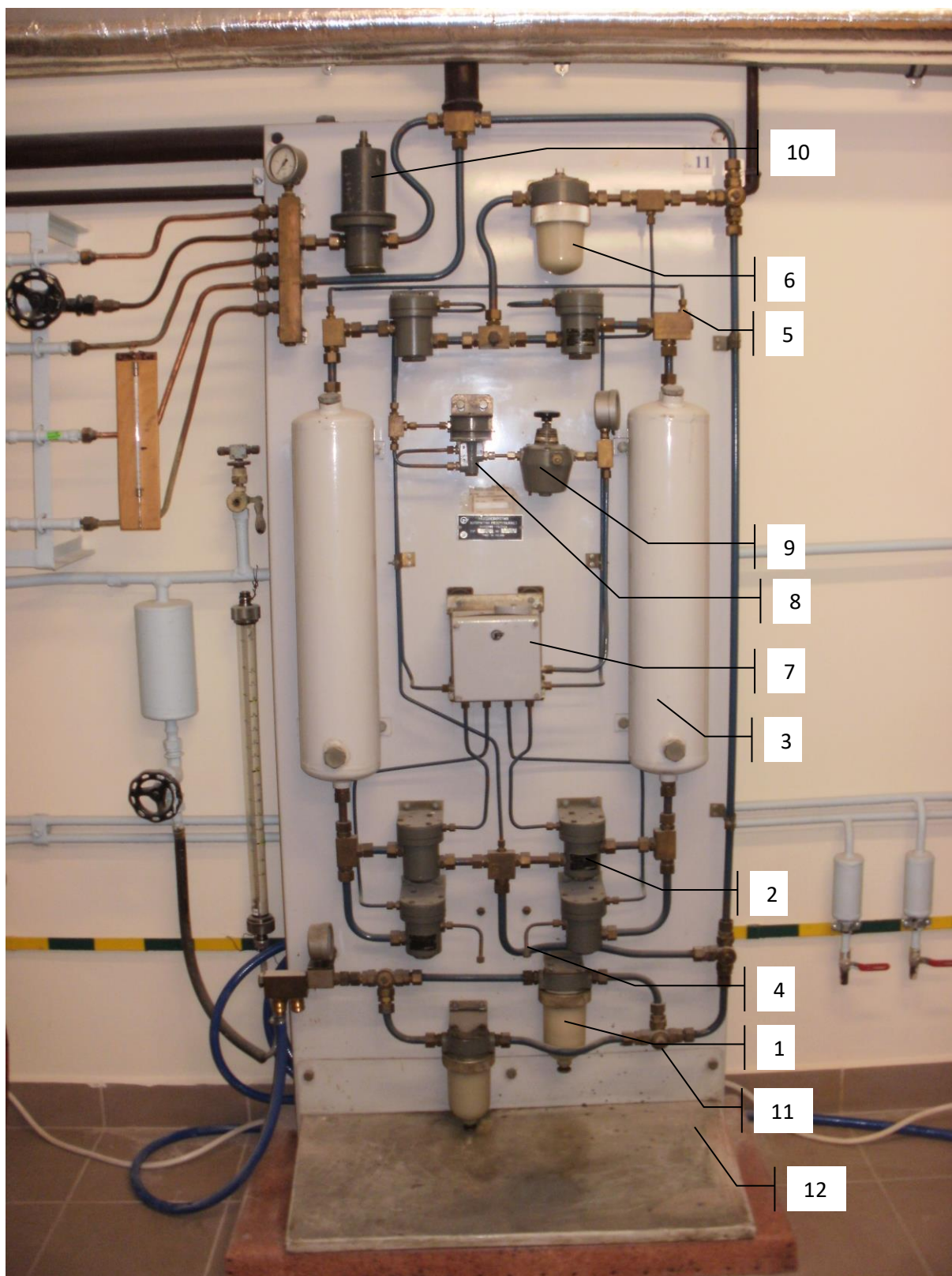
W zależności od typu użytego materiału adsorpcyjnego i cykli, można otrzymać trzy różne temperatury punktu rosy: -20, -40 oraz -70°C. System automatycznie wydłuża i/lub skraca cykl osuszania w zależności od wymaganej temperatury punktu rosy, podczas gdy inne funkcje pozostają niezmiennie. Przyczynia się to do zmniejszenia zużycia sprężonego powietrza na regenerację co zdecydowanie redukuje koszty energii.

Ciśnienie wydmuchu jest utrzymywane na stałym poziomie i stałym przepływie, bez względu na obciążenie. Wydajności tych stacji są podane w zakresie $0,12 \div 16,80 \text{ m}^3/\text{min}$ oraz temperaturze punktu rosy od -20 do -40°C, lub dostępne na zamówienie do -70°C.

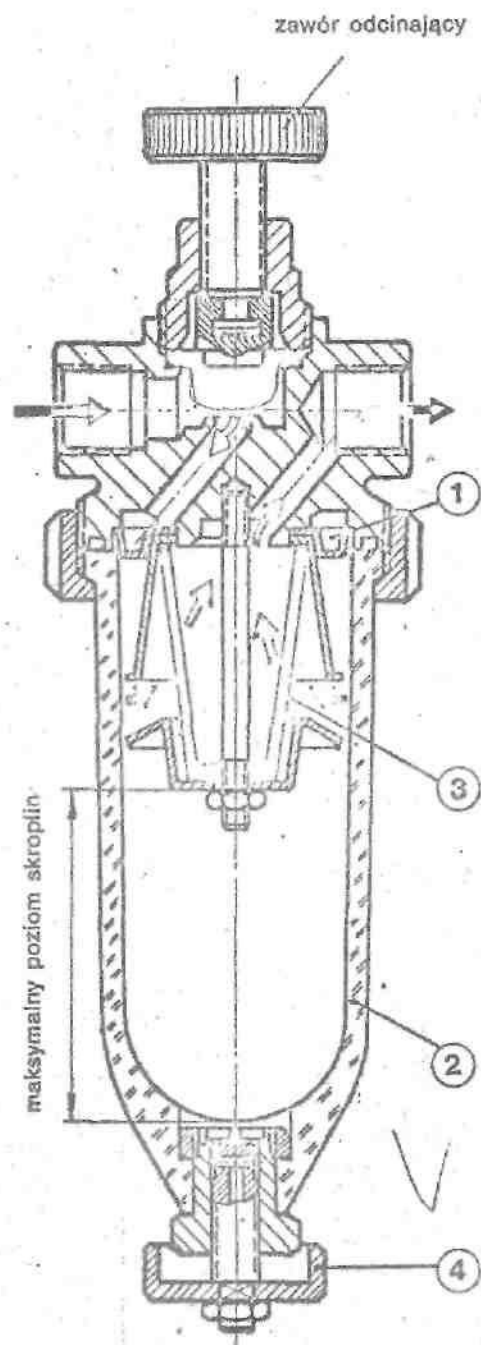
3. Stanowisko pomiarowe:

Stanowisko pomiarowe zbudowane jest na elementach pneumatycznych:

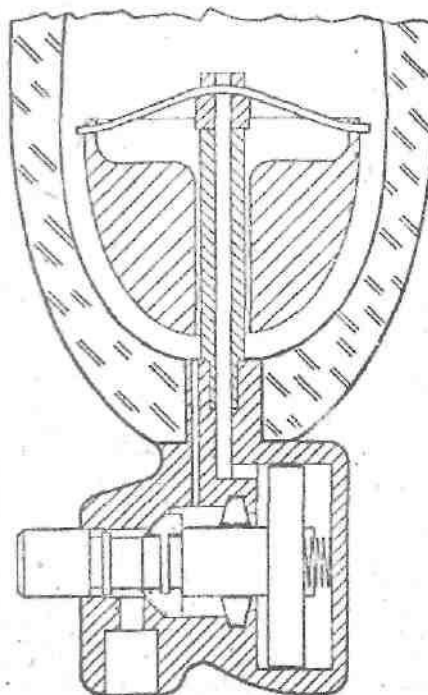
- (1) Filtr/y wstępne z odolejaczem
- (2) Zespół zaworów dwupołożeniowo-dwudrogowych sterowanych pneumatycznie
- (3) Kolumny zawierające sekwencyjnie ułożony materiał adsorpcyjny (silikażel)
- (4) Wylot powietrza regenerującego.
- (5) Kalibrowana dysza regulująca natężenie przepływu powietrza regeneracyjnego.
- (6) Dokładny filtr odpylający na wylocie z osuszacza.
- (7) Generator pneumatyczny sterujący zaworami. Generator jest zasilany powietrzem nieosuszonym na fazie rozruchu i powietrzem osuszonym za osuszaczem gdy tylko tam występuje odpowiednie ciśnienie. Osuszone powietrze przesteruje zawór dwupołożeniowo-trójdrożny i przez niego równocześnie zasila generator.
- (8) Zawór dwupołożeniowo-trójdrogowy sterowany pneumatycznie.
- (9) Reduktor ciśnienia na 1,4 bar.
- (10) Reduktor ciśnienia na 3 bar.
- (11) Zawór dwupołożeniowo-trójdrogowy sterowany ręcznie
- (12) Stabilna konstrukcja z przymocowaniem ułatwia transport za pomocą wózka lin.



Rys.4. Schemat budowy stanowiska pomiarowego.



- 1- kierownica
- 2- zbiornik
- 3- wkład filtrujący
- 4- spust skroplin



Filtr
rys. 7

Automatyczny spust skroplin
rys. 8

Rys.5. Przekrój budowy filtra z odolejaczem.

Zawartość pary wodnej w powietrzu atmosferycznym zmienia się, a zachowanie jej jest odmienne od pozostałych gazów (możliwość zmiany stanu skupienia) - można więc do celów praktycznych traktować powietrze atmosferyczne jako mieszaninę powietrza suchego (składającego się wyłącznie z gazów) oraz pary wodnej. Ilość pary wodnej znajdującej się w jednostce objętości powietrza nie może przekraczać pewnej wielkości maksymalnej, która jest zależna od temperatury. **Czym cieplejsze powietrze, tym więcej pary wodnej może być w nim zawarte.** Procesy wilgotnościowe powietrza przedstawia się na wykresie Molliera ($i - x$). W graficzny sposób umożliwia wizualizację cykli termodynamicznych. Czy może przedstawić przemianę adiabatyczną sprężania?

Drugim tematem jest wpływ powietrza zewnętrznego, czyli wilgotnego, na pracę silnika spalinowego z doładowaniem oraz na pracę sprężarek powietrza w zastosowaniu morskim. Występuje sprężanie i chłodzenie w układzie doładowania, co wiąże się z kompresją pary wodnej i wykraplanie się wody na chłodnicy. Są to przemiany powietrza wilgotnego występujące przy różnych ciśnieniach powietrza.

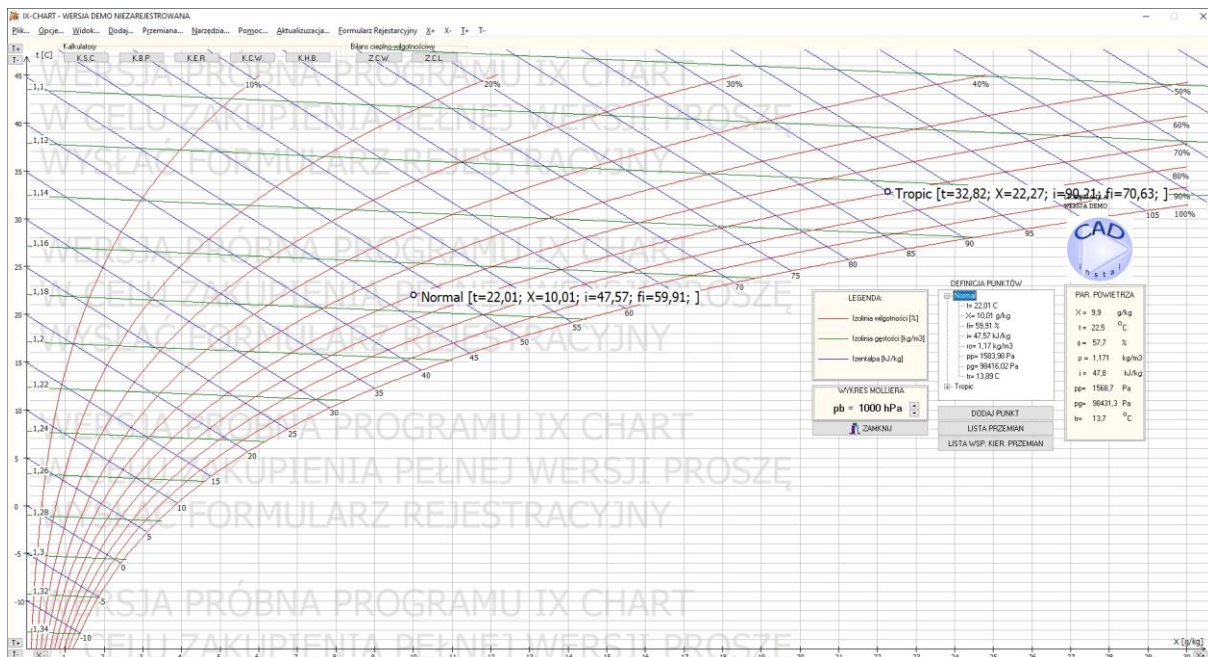
Do przedstawienia przemian powietrza wilgotnego służy wykres $i-x$, który jest wykonany dla stałego ciśnienia barometrycznego. Dlatego procesów wilgotnościowych dla powietrza wilgotnego ze zmianą ciśnienia nie da się na nich przedstawić. Należy mieć przynajmniej dwa wykresy $i-x$ dla ciśnienia początkowego i ciśnienia końcowego. Na pierwszym wykresie wskazuje się punkt początkowy, a na drugim wykresie szuka się domniemanego punktu końcowego, co pozwala na wykonanie podstawowych obliczeń na określenie ilości skroplin bez graficznej interpretacji danej przemiany. Wykresy powietrza wilgotnego dla wyższych ciśnień są dostępne w wersji cyfrowej.

Wykres Molliera jest wykonany dla stałego ciśnienia barycznego. Wykres można przeliczyć dla nowego ciśnienia powietrza. Wówczas linie stałe przesuwają się w nową pozycję. Wykres ($i - x$) dla innych ciśnień istnieje, ale są mało stosowane. Do przedstawienia procesu sprężania powietrza wilgotnego wymagany jest wykres Milliera dla ciśnienia ssania i dla ciśnienia tłoczenia.

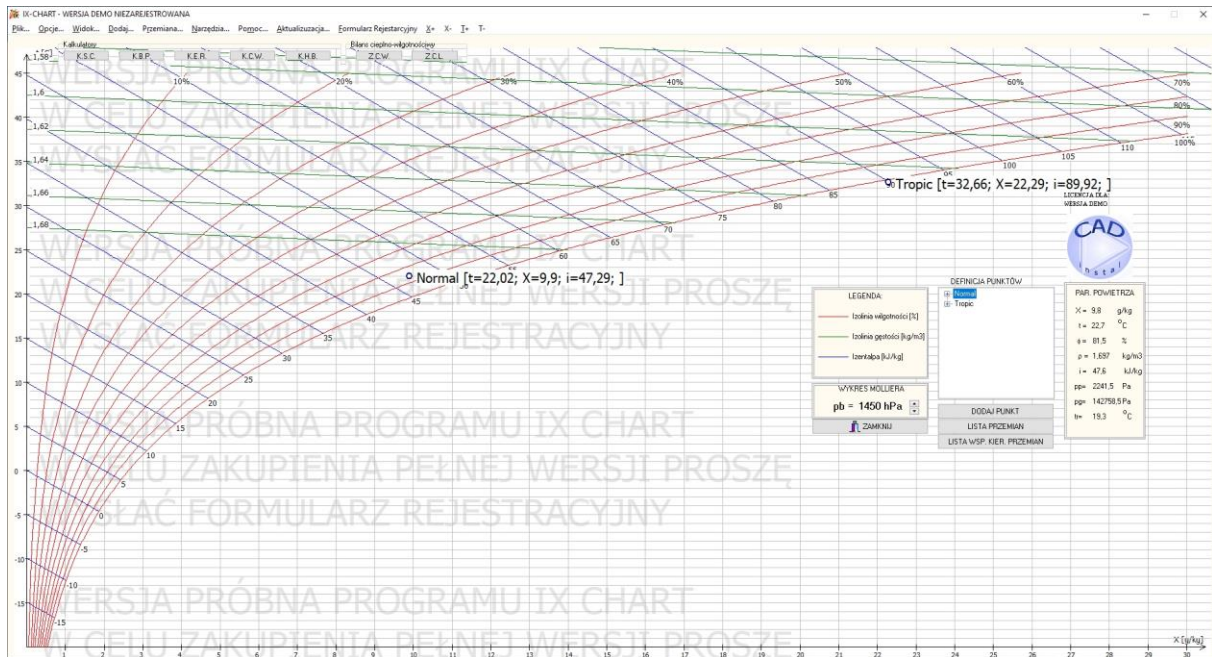
Ciśnienie powietrza wilgotnego p_b jest sumą ciśnienia powietrza suchego p_g i ciśnienia pary wodnej p_p [$p_b = p_g + p_p$]. Ciśnienie pary wodnej jest to cząstkowe ciśnienie, jakie wywiera para wodna znajdująca się w powietrzu. Najwyższa możliwa i maksymalna zawartość pary wodnej bardzo szybko wzrasta ze wzrostem temperatury. Ciśnienie pary jest częścią całkowitego ciśnienia powietrza. Cząsteczkowe ciśnienie pary wodnej tzn koncentracja pary wodnej w powietrzu może zwiększać się do poziomu nasycenia. W tym punkcie powietrze już nie "przyjmuje" większej ilości wilgoci. Dalsze zwiększanie ponad ciśnienie nasycenia spowoduje kondensację pary wodnej (woda wykrapla się tworząc mgłę). Ciśnienie nasycenia p_s zależy od temperatury i ciśnienia atmosferycznego powietrza. Każde zwiększenie ciśnienia pary wodnej w powietrzu w stanie nasycenia 100% spowodują kondensację i zamglenie.

Sprężanie powietrza wilgotnego podnosi ciśnienie każdego składnika również pary wodnej, ale po uzyskaniu nasycenia ciśnienie pary wodnej będzie stałe i nadmiar ulegnie

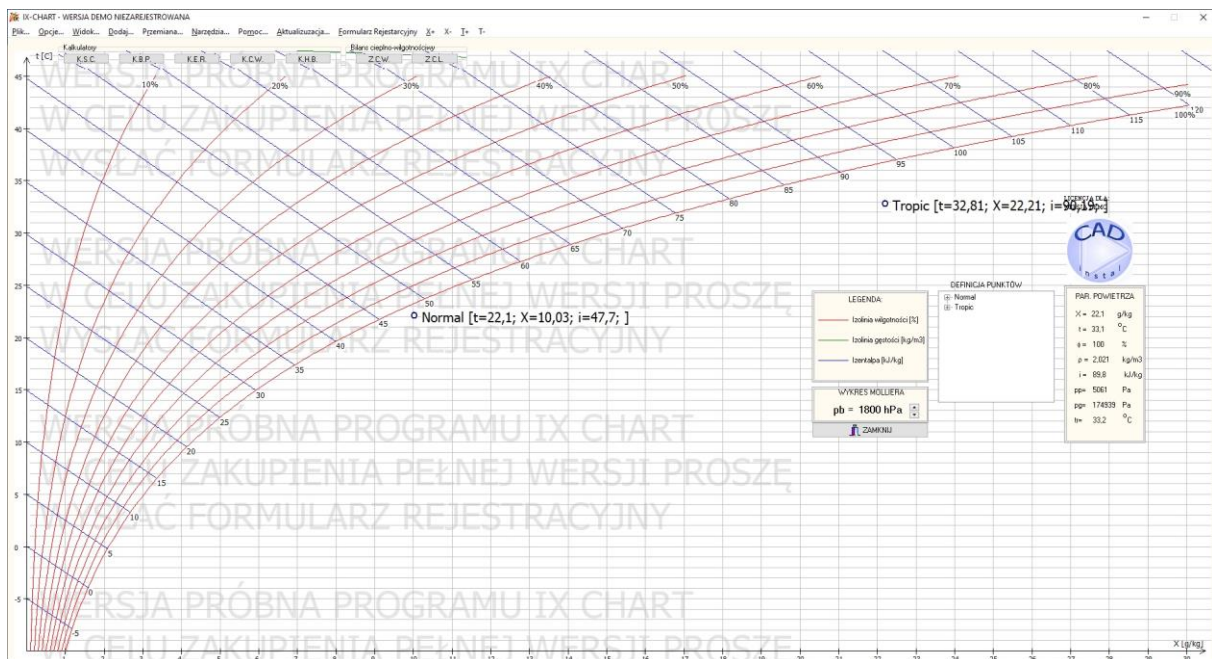
wykraplaniu. Sprężanie adiabatyczne zmienia wszystkie parametry powietrza i proces złożony. Należy przyjąć uproszczenie przemiany. Sprężarka zasysa powietrze z otoczenia nienasycone, spręża je, a następnie tłoczy je do zbiornika. Tam powietrze jest magazynowane, czeka na zapotrzebowanie i naturalnie obniża temperaturę do temperatury otoczenia. Proces sprężania powietrza i magazynowania można opisać przemianą sprężania izotermicznego. Te punkty łatwo znaleźć na dwóch wykresach ($i - x$) i opisać zmiany pozostałych parametrów powietrza. Na wykresie przyjęto ciśnienie ssania $p=1\text{bar}$ oraz punkt powietrza w strefie umiarkowanej (Normal) oraz punkt powietrza w strefie tropikalnej (Tropik). Przy sprężaniu izotermicznym do ciśnienia $p=1.45\text{bar}$ powietrze tropikalne dochodzi do stanu nasycenia.



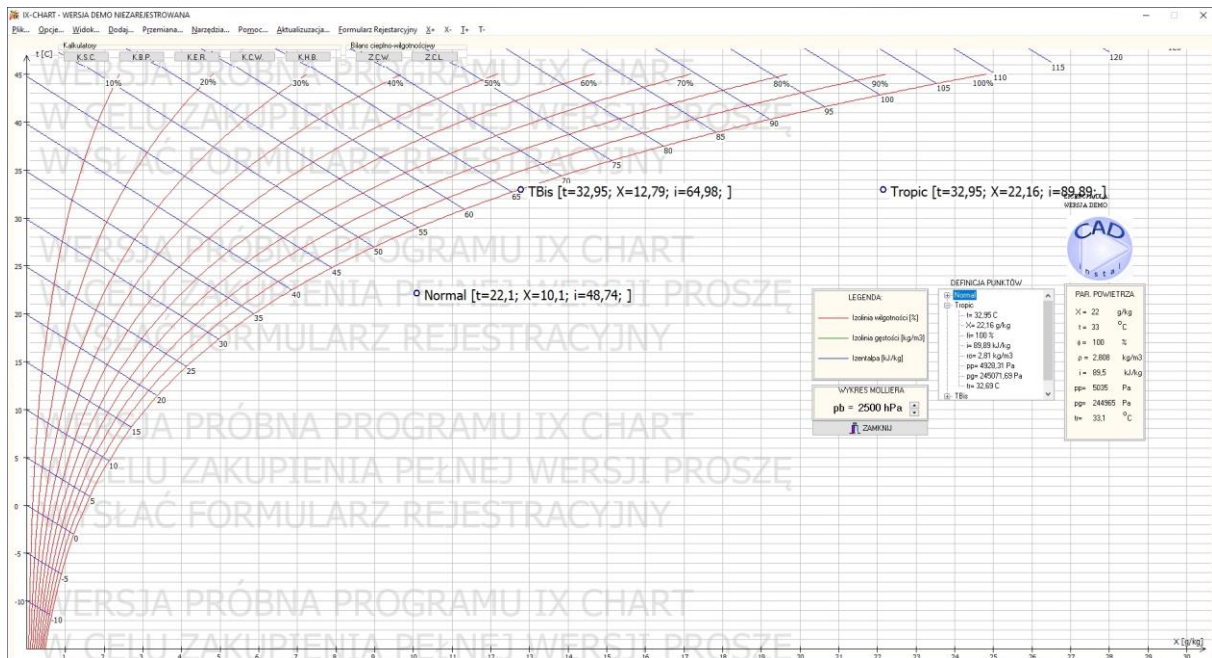
Wykres i-x dla ciśnienia barycznego 1000hPa z zaznaczeniem punktu początkowego dla warunków umiarkowanych i tropikalnych.



Wykres i-x dla ciśnienia doładowania 0.145MPa z zaznaczeniem punktów domniemanych dla warunków umiarkowanych i tropikalnych po schłodzeniu do temperatury otoczenia. Punkt dla warunków tropikalnych osiągnął stan nasycenia $\phi=100\%$.



Wykres i-x dla ciśnienia doładowania 0.18MPa z zaznaczeniem punktów domniemanych dla warunków umiarkowanych i tropikalnych po schłodzeniu do temperatury otoczenia. Punkt dla warunków tropikalnych i normalnych przekroczył stan nasycenia $\phi=100\%$, co wywoła naturalny proces wykrapłania się wilgoci z powietrza sprężonego. Powietrze wilgotne jest w obszarze mgły. Takie powietrze odpowiada za korozję urządzeń od wewnątrz.



Wykres i-x dla ciśnienia doładowania 0.25MPa z zaznaczeniem punktów domniemanych dla warunków umiarkowanych i tropikalnych po schłodzeniu do temperatury otoczenia. Punkt dla warunków tropikalnych i normalnych przekroczył stan nasycenia $\phi=100\%$, co spowoduje naturalny proces wykrapalania się wilgoci z powietrza sprężonego. Jest to pozorny proces osuszania powietrza, ponieważ po wykropleniu się wody z powietrza, jego wilgotność będzie maksymalna $\phi=100\%$.

Po sprężeniu izotermicznym do ciśnienia $p=2.5\text{bar}$ punkty Normal i Tropic znajdują się w obszarze mgły i nastąpi naturalne wykrapalanie się wilgoci. Wykrapalanie wilgoci ma miejsce przy chłodzeniu na powierzchniach zimnych w zbiornikach sprężonego powietrza. Każdy zbiornik sprężonego powietrza wymaga okresowego odwadniania niezależnie od strefy klimatycznej. W warunkach tropikalnych ilość wykraplanej wilgoci jest dużo większa. Sprężone powietrze w zbiornikach jest w stanie nasycenia i ma tendencję do dalszego wykrapalania wilgoci przy każdym pobieraniu z butli. Do stosowania sprężonego powietrza w układach automatyki wymaga stopnia osuszającego.

Każde sprężanie powietrza a następnie chłodzenie do temperatury otoczenia zwiększa jego wilgotność względną. Wykrapalanie się wilgoci występuje powszechnie i oznacza, że wilgotność względna sprężonego powietrza wynosi 100%, wilgotność bezwzględna x maleje.

Sprężarki okrętowe są wielostopniowe i z chłodnicą międzystopniową. Następuje wykrapalanie się wody na każdym stopniu sprężania. Automatyka sprężarek powietrza zawiera systemy odwadniania automatycznego. Odwadnianie może być realizowane przez zawory pływakowe. Niesprawność systemu odwadniania doprowadza do zacierania się sprężarki na wyższym stopniu z powodu niszczenia filmu olejowego przez wodę. Kolejnym punktem w

automatyce sprężarek jest układ odciążenia rozruchu sprężarki i ograniczenia prądu rozruchowego silnika elektrycznego. Obydwa układy mogą być realizowane wspólnie przez zawory elektromagnetyczne otwierane przy rozruchu i okresowo w czasie pracy ciągłej sprężarki.

Każdy silnik okrętowy zawiera układ doładowania, czyli turbospężanie i chłodzenie. Systemy powietrza doładowania mają elementy wyłapywania wody i odwadniania oraz sygnalizację poziomu wody w tych systemach. Wysoka wilgotność względna powietrza doładowania zasadniczo nie wpływa negatywnie na pracę silnika, ponieważ powierzchnie silnika np. tuleja ma temperaturę wyższą od powietrza. Woda w tych systemach musi być skutecznie wyłapywana i usuwana, odpowiada za niszczenie filmu olejowego, zacieranie pierścieni oraz korozję niskotemperaturową tulei w dolnym położeniu tłoka.



Korozja siarkowa powyżej okien dolotowych w okrętowych silnikach wolnoobrotowych.

Tuleja silnika wolnoobrotowego jest zabezpieczona filmem olejowym smarowania lubrykatorowego. Zbyt mała dawka oleju lubrykatorowego i siarka w paliwie wywołuje korozję tulei i szybkie zużycie w dolnej części. Jest to wywołane wykraplanie się wody z powietrza doładowania na powierzchniach zimnych. Tuleja w tej części jest najzimniejsza.

Zdjęcie zostało wykonane na silniku RT-flex50D ze smarowaniem lubrykatorowym ciśnieniowym. Silnik ten ma lubrykatory na jednej wysokości poniżej płaszcza wodnego. Tuleja pomiędzy korpusem i płaszczem wodnym nie ma stabilizowanej temperatury od układu chłodzenia, co obniża temperaturę tulei w dolnej części. Do obowiązków mechanika należy dbanie o cały system ścieków w układzie doładowania dla silników napędowych i agregatowych

Podobne zjawisko może wystąpić w okrętowych sprężarkach powietrza na drugim i trzecim stopniu. Sprężarki wielostopniowe muszą mieć sprawny system odwodnienia po każdej chłodnicy międzystopniowej. Przy niesprawnym odwodnieniu woda dostaje się na powierzchnię tulei, przerywa film olejowy i doprowadza do zatarcia się tłoka na danym stopniu, często dochodzi do urwania się tłoka. Układ odwodnienia najczęściej jest realizowany przez zawory elektromagnetyczne otwierane okresowo na kilka sekund. W tym czasie następuje chwilowy brak sprężania i wydmuch skroplonej wody w trakcie pracy sprężarki, przed uruchomieniem i po zatrzymaniu. Do otwierania tych zaworów występuje układ sterowania czasowego. Innym rozwiązaniem są zawory pływakowe. W każdym przypadku do obsługi sprężarki przez mechanika należy okresowe sprawdzanie poprawnej pracy tych zaworów



Okrętowa sprężarka powietrza startowego trzystopniowa chłodzona powietrzem.



Zawory pływakowe na odwodnieniu butli startowych.



Sprężarka okrętowa dwustopniowa chłodzona wodą obiegu LT

- Marka :J.P SAUER & SOHN
- model : WP 400
- Ciśnienie : 30 bar
- Wydajność: 23.5 m³/h

4. Przebieg ćwiczenia

- załączyć instalację do pracy,
- zaobserwować pracę instalacji,
- pomierzyć czasy pracy osuszacza, regeneracji i porównania ciśnień w instalacji,

5. Sprawozdanie z ćwiczenia

W sprawozdaniu należy podać:

Schemat połączeń układu pomiarowego z oznaczeniem elementów wg symboliki znormalizowanej wraz z krótkim opisem ćwiczenia.

6. Pytania kontrolne

Ciśnieniowy punkt rosy
Metody osuszania powietrza
Metody oczyszczenia powietrza. Filtry powietrza
Umiejętność czytania schematów automatyki
Umiejętność operowania instalacją według narysowanego schematu

Literatura

1. Chorowski W., Wereszko A.: Mechaniczne urządzenia automatyki.
2. Findeisen W.: Technika regulacji automatycznej.
3. Ciesielski S.: Układy automatyki napędów głównych i urządzeń pomocniczych.