



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Wydział Samochodów
i Maszyn Roboczych**

INSTYTUT POJAZDÓW

Laboratorium Termodynamiki

Ćwiczenie nr: 11

**BADANIE UKŁADU KLIMATYZACJI
SAMOCHODOWEJ**

opracował: dr inż. Maciej Tułodziecki

Wstęp

Klimatyzacja w samochodzie staje się obecnie wyposażeniem powszechnym i wszystko wskazuje na to, że niebawem podobnie jak ogrzewanie kabiny stanie się obowiązującym standardem. To co miało niegdyś znamiona luksusu staje się, czymś normalnym. Niektórzy producenci samochodów wręcz twierdzą że klimatyzacja nie jest w samochodzie elementem komfortu lecz elementem bezpieczeństwa, co motywują, stawiając pytanie:

"Czy kierowca, który prowadzi samochód przebywając kilka godzin w kabinie gdzie temperatura wynosi ponad 30 °C stopni zachowuje pełną sprawność psychofizyczną ?"

Cel ćwiczenia

Jak wynika z powyższego szansa spotkania się absolwentów wydziału z układami klimatyzacji w samochodach podczas pracy zawodowej wzrasta, należy zatem zadbać o uzupełnienie wiedzy w tym zakresie. Niniejsze ćwiczenie ma na celu wprowadzenie w zakres następujących zagadnień:

- Budowa układu klimatyzacji samochodowej,
- Funkcje elementów składowych,
- Procesy zachodzące w poszczególnych elementach układu,
- Własności czynników chłodniczych,
- Teoria urządzeń chłodniczych,
- Obiegi urządzeń chłodniczych,
- Parametry urządzeń chłodniczych.

Obiekt badań

Obiektem badań jest oryginalny układ klimatyzacji montowany w samochodach TOYOTA COROLLA (serii 100). Układ jest identyczny z tym, w jakie wyposaża samochody producent. Stanowisko laboratoryjne zawiera wszystkie elementy, jakie zwykle montowane są w samochodzie. Zawiera też wszystkie elementy automatyki sterujące agregatem chłodniczym.

Dla wyjaśnienia pojęć rozważmy dwa zagadnienia. Układ klimatyzacji to właściwie dwa zespoły ogrzewania i chłodzenia wnętrza kabiny. Zagadnienie ogrzewania ze względów oczywistych pominiemy zajmując się tylko urządzeniem służącym do obniżania temperatury w kabinie (potocznie zwanym klimatyzacją).

We współczesnych samochodach stosuje się kilka rodzajów klimatyzacji dodając im przydomki „elektroniczna” lub „inteligentna”. Określenie te dotyczą sposobu, w jaki kierowca (lub pasażerowie) decydują o temperaturze panującej w samochodzie, różnej w różnych miejscach (ponieważ kierowca i pasażerowie mogą mieć inne wymagania). Realizacja tej funkcji odbywa się poprzez stosowną regulację otwarcia przepływu schłodzonego (lub ogrzanego) powietrza poprzez poszczególne wyloty kierujące nawiew do kabiny. Można tu zaobserwować tendencję do sterowania otwarć poszczególnych wylotów indywidualnymi silniczkami elektrycznymi, dlatego też może być ich w układzie doprowadzenia powietrza do kabiny kilka lub kilkanaście

Ta „elektronizacja” lub „inteligencja” bardzo rzadko dotyczy samego sterowania agregatem chłodniczym, a innymi słowy sterowanie to w układach „zwykłych” i „elektronicznych” jest zwykle identyczne.

Powyższy wywód ma na celu wykazanie, że do rozważań dotyczących pracy agregatu chłodniczego wystarczy układ najprostszy, czyli taki jakim dysponujemy.

Teoria - obieg chłodniczy

UWAGA: W niniejszej instrukcji nie ma **żadnego** wzoru, co nie oznacza, że nie należy ich umieć, W celu dokładnego zapoznania się z teorią należy przeczytać strony 602 - 608 w podręczniku Jerzy

Dowkonn „Teoria Silników Ciepłych”, WKiŁ 1973. Należy stamtąd przyswoić sobie podstawowe definicje i elementarne wzory.

Dokonując porównania obiegu chłodniczego z silnikowym możemy stwierdzić, że jako obieg pompy cieplnej odbywa się on w odwrotnym kierunku

W obiegu silnikowym do obiegu dostarczona jest:

- pewna ilość ciepła Q ,
- praca sprężania L_s ,

natomiast z obiegu odbieramy:

- pracę (rozprężania) L_r ,
- ciepło odprowadzane Q_o .

Ponieważ rozważamy obieg teoretyczny to o stratach wymiany ładunku nie może być mowy.

Podobnie w obiegu chłodniczym do obiegu dostarczamy:

- ciepło Q ,
 - pracę sprężania L_s ,
- odbierając od obiegu:
- ciepło odprowadzone Q_o ,
 - pracę rozprężania L_r .

Różnica polega na tym że w obiegu chłodniczym wykorzystujemy możliwość odprowadzania ciepła Q_o , które odprowadzane jest kosztem wykonywania pracy.

Kolejna zasadnicza różnica to fakt, że obieg chłodniczy jest praktycznie realizowany w kilku różnych urządzeniach, podczas gdy silnikowy (w większości rodzajów silników) realizowana jest w jednym cylindrze.

Ponadto w praktycznej realizacji obiegu chłodniczego jest używany cały czas ten sam czynnik ściśle zamknięty w układzie podczas gdy rzeczywisty silnik spalinowy (większość z nich) w każdym obiegu zużywa nową porcję czynnika.

Szukając czysto mechanicznej analogii można by wyobrazić sobie agregat chłodniczy w następujący sposób:

Niech w objętości, w której chcemy obniżyć temperaturę znajduje się pewna ilość czynnika. Aby odebrać ciepło, musi on mieć niższą temperaturę niż panująca w pomieszczeniu. Jeśli tak jest, to pochłonie on pewną ilość ciepła Q_o .

Przetransportujmy teraz ogrzany czynnik do innego pomieszczenia (na zewnątrz), gdzie będzie on mógł oddać ciepło, a jego temperatura obniży się na tyle, aby po ponownym umieszczeniu w ochładzanej przestrzeni mógł odbierać ciepło i obniżać temperaturę.

Zwróćmy uwagę na dwa szczegóły opisywanego obiegu.

Po pierwsze naszym umownym „czynnikiem” mogłoby być nawet ciało stałe, a zatem do jego transportu wystarczyłoby nawet przenośnik taśmowy .

Po drugie, aby czynnik mógł oddać ciepło na zewnątrz, musi tam panować niższa temperatura, co w praktyce odbiera sens całemu wywodowi.

Pojawia się pytanie :

po co przemieszczać transportujący ciepło czynnik, podczas gdy przy takiej różnicy temperatur ciepło i tak będzie z ochładzanego pomieszczenia odpływać?

Aby przywrócić sens powyższym rozważaniom, spróbujmy zastosować jako czynnik substancję, która mogłaby w trakcie realizacji obiegu zmieniać stan skupienia.

Parując w ochładzanym pomieszczeniu odbierze zdecydowanie więcej ciepła, a skraplając się na zewnątrz będzie to ciepło oddać otoczeniu.

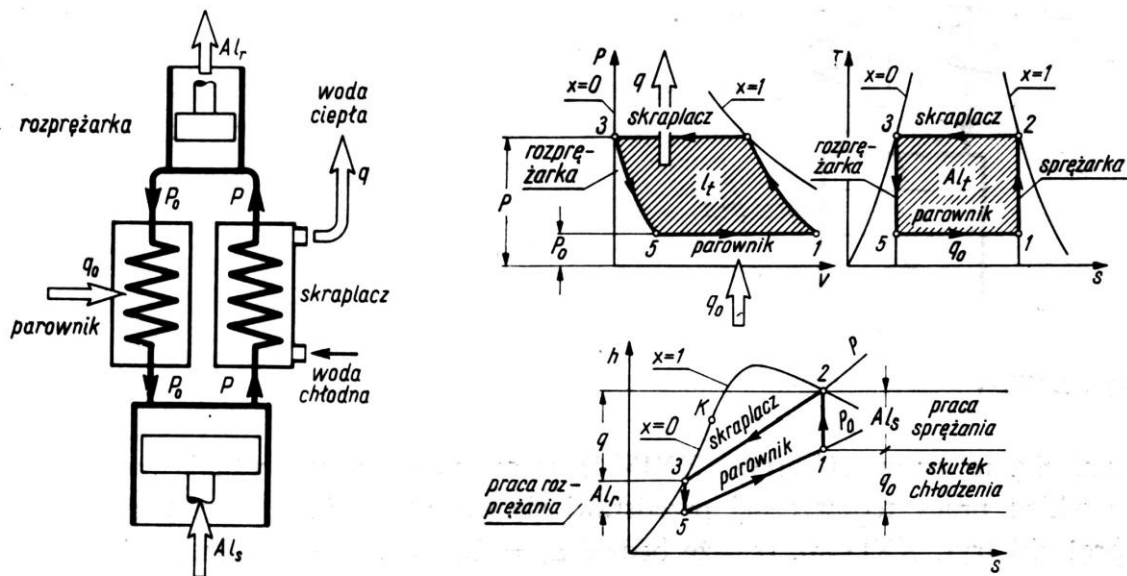
Konieczne jest, aby parowanie odbywało się w temperaturze niższej niż temperatura otoczenia (po to, aby czynnik mógł odbierać ciepło i obniżać temperaturę w ochładzanej przestrzeni), natomiast skraplanie powinno się odbywać w temperaturze wyższej niż otoczenie (po to, aby temperatura otoczenia niższa niż czynnika dawała możliwość odbioru przez otoczenie ciepła skraplania czynnika).

Jak zatem zrealizować to, aby czynnik parował w niskiej temperaturze a skraplał się w wysokiej. Wiedząc, że temperatura parowania (i skraplania) zależy od ciśnienia, musimy tylko za skraplaczem umieścić sprężarkę, a za parownikiem rozprężarkę.

Te dwa dodatkowe elementy pozwolą na realizację obiegu, jednak sprężarka będzie głównym konsumentem energii doprowadzonej do układu, a napędzaniem jej będziemy płacić za transport ciepła.

Sprężarka w układzie klimatyzacji służy do zmiany ciśnienia czynnika roboczego, które pozwala na jego parowanie (a zatem odbiór ciepła) w niskiej temperaturze, a nie do transportu czynnika.

Zasada obiegu chłodniczego została przedstawiona na rysunku 1



Rys. 1. Schemat urządzenia chłodniczego z cylindrem rozprężającym i odpowiadający mu obieg chłodniczy

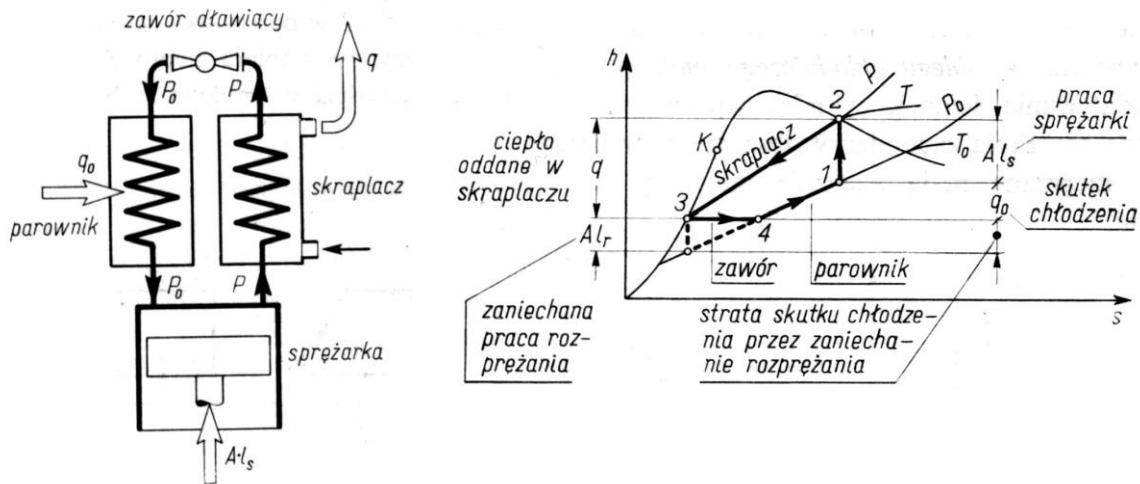
Zasada obiegu polega na tym, że niskowrzący czynnik, w stanie przedstawionym w punkcie 1 na obszarze par wilgotnych, zostaje - kosztem izentropowego wkładu pracy w sprężarce między punktami 1->2 sprężony do ciśnienia P i temperatury T.

Następnie przechodzi przez skraplacz (umieszczony przed chłodnicą silnika), omywany powietrzem z otoczenia, któremu oddaje ciepło skraplania (h_2-h_3) przy stałych: ciśnieniu P i temperaturze T, aż do całkowitego skroplenia w punkcie 3. Stąd podajemy czynnik izentropowemu rozprężaniu, aż do punktu 5 w cylindrze rozprężarki, pobierając od czynnika pracę rozprężania L_r i przez to osiągając temperaturę T_0 i ciśnienie P_0 . Obieg zamyka przemiana 5-1 w parowniku (umieszczonym w samochodzie w kanale nagrzewnicy), gdzie czynnik odbiera ciepło Q_0 od przepływającego powietrza (napływającego do wnętrza samochodu), aż do osiągnięcia stanu odparowania określonego suchością w punkcie 1. Następnie ponownie ulega sprężeniu w sprężarce itd.

Ciepło odprowadzone Q_0 [J] nazywa się skutkiem chłodniczym.

Z powyższego opisu wynika, że w układzie chłodniczym znajduje się cylinder rozprężarki pozwalający na odzyskanie energii w postaci pewnej ilości pracy mechanicznej. W małych urządzeniach chłodniczych ilość pracy uzyskana w ten sposób nie pokryłaby kosztów urządzenia dlatego też zamiast cylindra rozprężarki stosuje się zawór dławiący zwany też regulacyjnym. (rysunek 2)

W obiegu teoretycznym przemiana izentropowego rozprężania zostaje zastąpiona przez rozprężanie izentalpowe czyli dławienie.



Rys. 2. Schemat urządzenia chłodniczego z zaworem dławiącym i odpowiadający mu obieg chłodniczy

CZYNNIKI CHŁODNICZE

Jak wynika z naszych rozważań, aby realizacja obiegu przyniosła efekty chłodnicze, kluczowym jest zastosowanie odpowiedniego czynnika.

W instalacjach chłodniczych w samochodach (podobnie jak w domowych chłodziarkach) używa się w zasadzie dwu czynników z grupy o handlowej nazwie freon.

- CFC12 o wzorze chemicznym $\text{C Cl}_2\text{F}_2$ znany jako R12
- HCF134a o wzorze chemicznym CH_2FCF_3 znany jako R134a

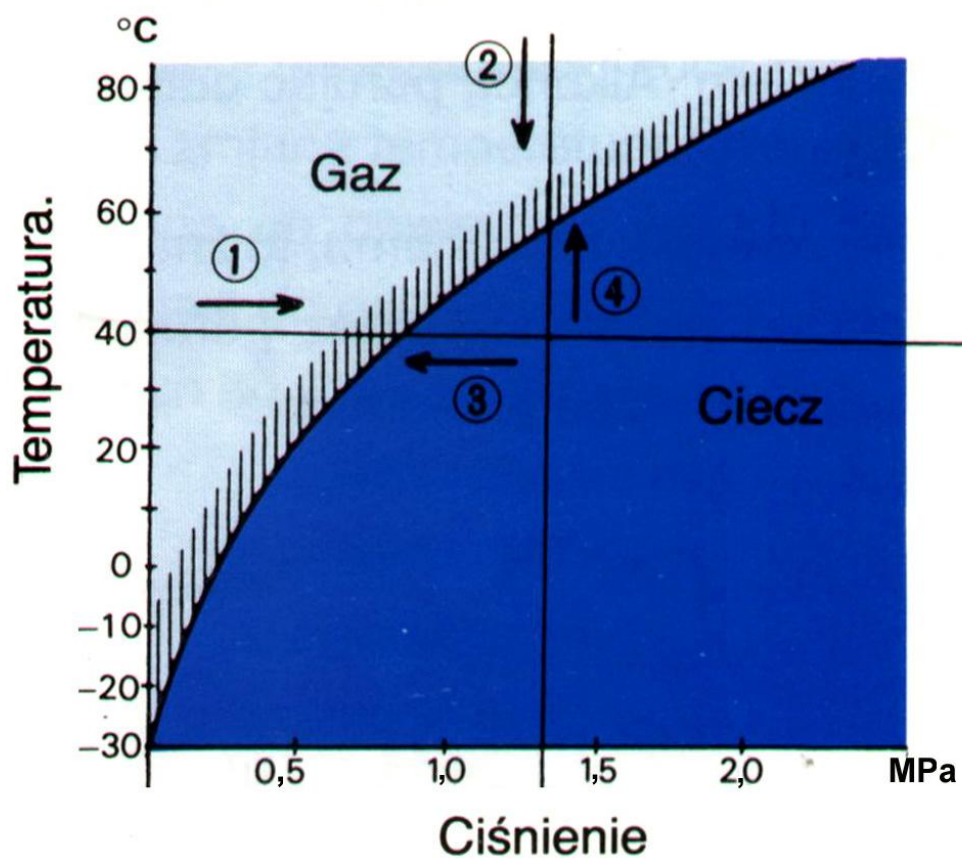
W nowych instalacjach wykonywanych po roku 2000 występuje już tylko R134a, co zostało spowodowane względami ekologicznymi. Freon R12 nie jest stosowany w nowych instalacjach, jako jeden z głównych czynników niszczących warstwę ozonu w górnych strefach atmosfery.

Zwłaszcza w przypadku instalacji samochodowych ma to znaczny sens techniczny, ponieważ częściej niż inne ulegają one rozszczelnieniu na skutek kolizji drogowych uwalniając w ten sposób czynnik chłodzący. W przypadku, kontrolowanego rozszczelnienia podczas np. czynności serwisowych czynnik chłodzący pozostaje pod kontrolą, ponieważ obecnie większość warsztatów dysponuje urządzeniami do odzyskiwania czynnika, co poza ekologią jest uzasadnione także względami ekonomicznymi. W przypadku chłodziarek spontaniczne rozszczelnienie instalacji jest zjawiskiem stosunkowo rzadkim.

Układ, który badamy w ćwiczeniu jest napełniony freonem R12.

Należy jednak wyraźnie powiedzieć, że R12 z punktu widzenia obiegu chłodniczego jest czynnikiem lepszym. Te same efekty chłodnicze przy zastosowaniu R12 zamiast R134a uzyskuje się niższym kosztem. Jest mniej agresywny w stosunku do uszczelnień i mniej higroskopijny, co zapewnia wolniejsze działanie korozji wewnątrz układu (innymi słowy dłużej pozostaje szczelny).

Układu wypełnionego R12 nie wolno napełniać R134a możliwa jest natomiast przeróbka układu pracującego na R12 przystosowująca do R134a.

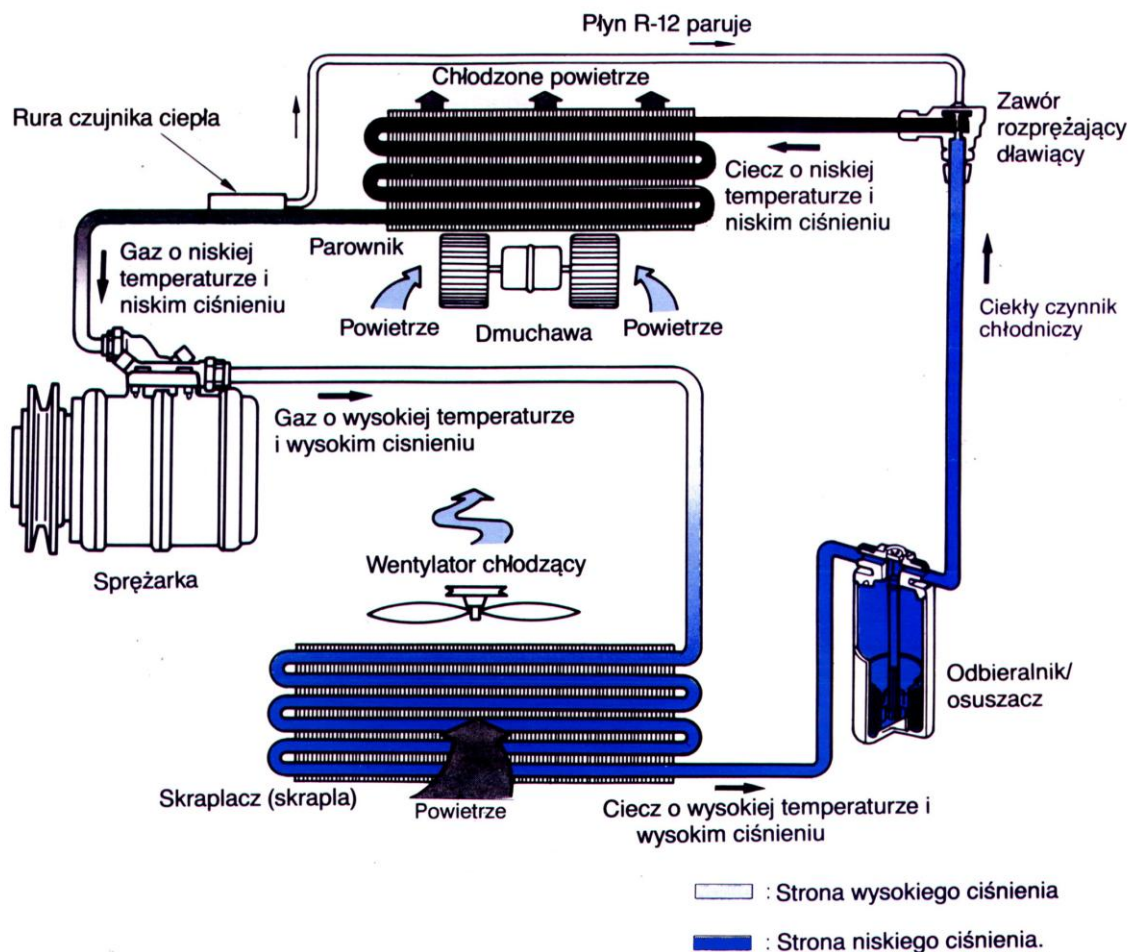


Rys. 3. Własności czynnika R12

Własności czynnika chłodniczego R12 przedstawiono na rysunku 3.

Klimatyzacja w samochodzie

Prześledźmy zatem jak zbudowana jest klimatyzacja w samochodzie, Elementy składowe instalacji pokazuje rysunek 4.



Rys. 4. Schemat samochodowej instalacji klimatyzacyjnej

Oprócz omówionych wcześniej elementów występuje odbieralnik - osuszacz, którego zadaniem jest zgromadzenie pewnej ilości czynnika oraz pozabawienie go wilgoci.

Woda zawarta w czynniku w zakresie ujemnych temperatur obiegu zamarza i układ przestaje funkcjonować, Ponieważ osuszacz zawiera substancję pochłaniającą wilgoć, może wchłonąć tylko pewną ilość wody, a następnie ulega nasyceniu. Jeśli dojdzie do tego, z podanych powyżej przyczyn, układ przestanie funkcjonować. Najczęściej dzieje się tak, że po rozszczelnieniu układu pochłaniacz wchłania wilgoć z otoczenia. Dlatego jeżeli układ był rozszczelniony przez dłuższy okres przed ponownym napełnieniem czynnikiem, osuszacz należy wymienić na nowy.

Zawór dławiący nie jest też prostym elementem redukującym ciśnienie od P do P_0 , stopień redukcji ciśnienia jest zmienny sterowany (na przykład) informacją o temperaturze panującej na wyjściu ze sprężarki. Szczegóły zostaną podane dalej.

Skraplacz wyposażony jest we własny uruchamiany elektrycznie wentylator, co pozwala m.in. na pracę klimatyzacji podczas postoju samochodu.

Dmuchawa wymuszająca ruch powietrza przez parownik to standardowa dmuchawa nagrzewnicy występująca także w samochodzie bez klimatyzacji.

Odbývający się tutaj cykl chłodniczy przebiega następująco:

1. Czynnik chłodniczy opuszczający sprężarkę ma wysoką temperaturę i ciśnienie co jest skutkiem ciepła odebranego w parowniku i pracy wykonanej w sprężarce.
2. W stanie gazowym czynnik przepływa do skraplacza. Oddając ciepło otoczeniu czynnik ulega skropleniu.
3. Ciekły czynnik przepływa do odbieralnika, gdzie jest przechowywany, oczyszczany i odwadniany.
4. W zaworze rozprężającym (dławiącym, regulacyjnym) czynnik o wysokiej temperaturze i wysokim ciśnieniu ulega przemianie w mieszaninę cieczy i par o niskiej temperaturze i niskim ciśnieniu.
5. Tak przygotowany czynnik przepływa do parownika.
6. Podczas odparowania płynu w parowniku cały czynnik zmienia stan skupienia na gazowy, absorbując przy tym ciepło, a następnie przepływa do sprężarki, itd.

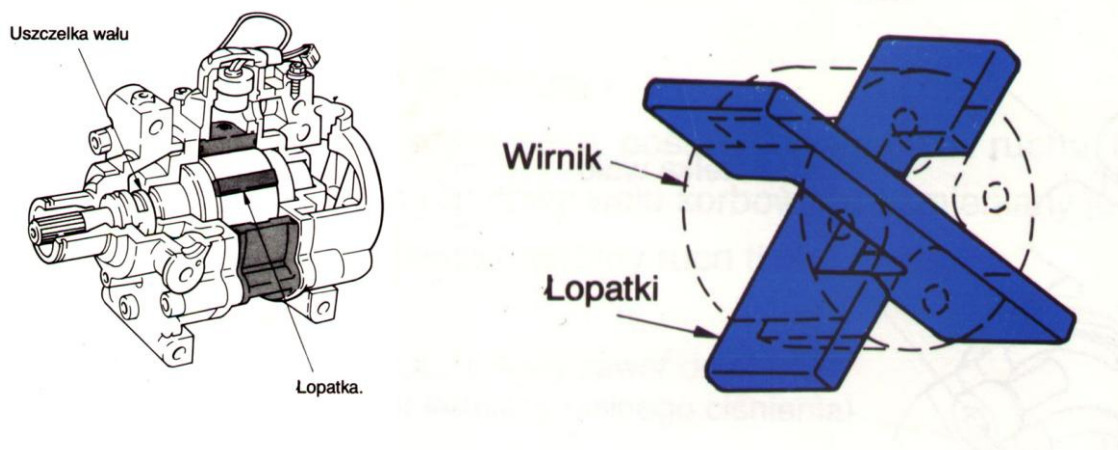
Budowa układu

1-Sprężarka

W układach klimatyzacji spotyka się zasadniczo trzy rodzaje sprężarek :

- tłokowe o klasycznym układzie korbowo-tłokowym,
- tłokowe z suwakowym układem przeniesienia napędu,
- wielotłoczkowe ze skośną tarczą napędową,
- łopatkowe.

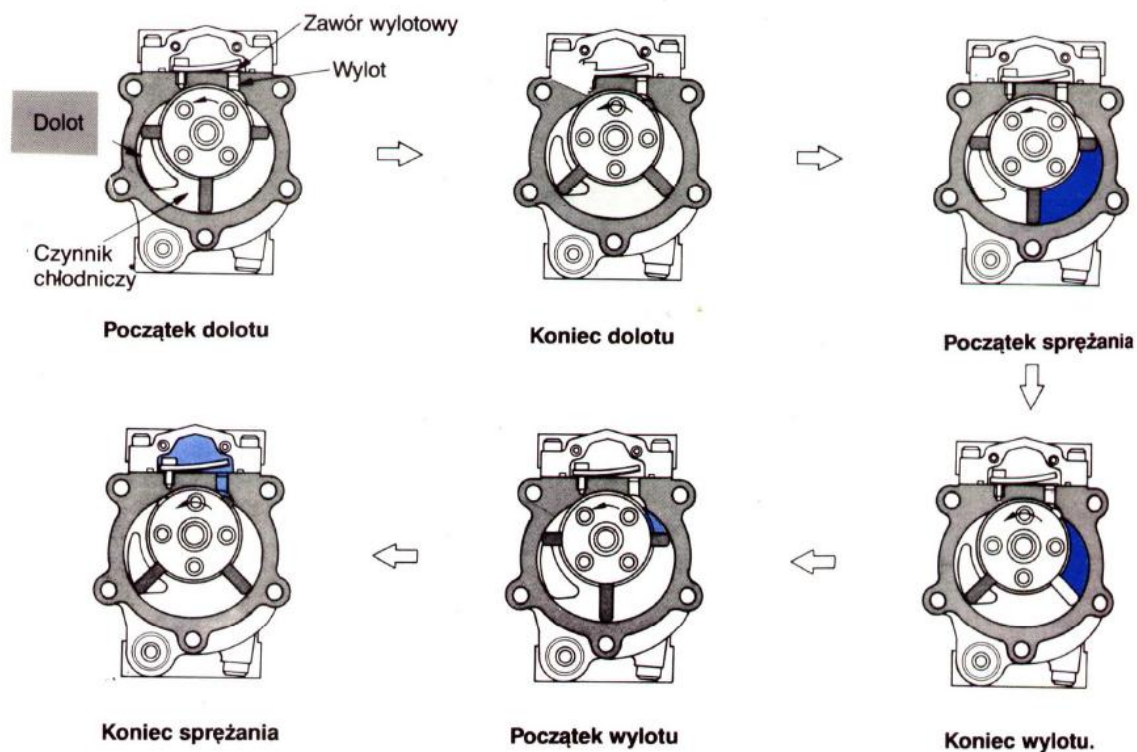
W badanym układzie występuje sprężarka łopatkowa



Rys. 5. Schemat łożenia łopatek wirnika.

Ma ona dwie łopatki skrzyżowane pod kątem prostym, umieszczone na wale napędowym pompy (rysunek 5).

Poszczególne fazy cyklu roboczego sprężarki przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Zasada działania sprężarki wirnikowej

2-Skraplacz

Skraplacz przypomina zwykłą chłodnicę samochodową i podobnie jak ona umieszczony jest na wlocie powietrza chłodzącego. Innymi słowy chłodnica silnika i skraplacz umocowane są równolegle, mają jednak zwykle oddzielne wiatraki wymuszające chłodzenie, co umożliwia sprawną pracę układu także podczas postoju samochodu. W skraplaczu następuje odebranie ciepła od czynnika (do otoczenia), który został w sprężony w sprężarce do postaci gazu o wysokiej temperaturze i ciśnieniu. Ciepło oddane w skraplaczu to suma ciepła zaabsorbowanego w parowniku i dostarczonego czynnikiem podczas sprężania w sprężarce.

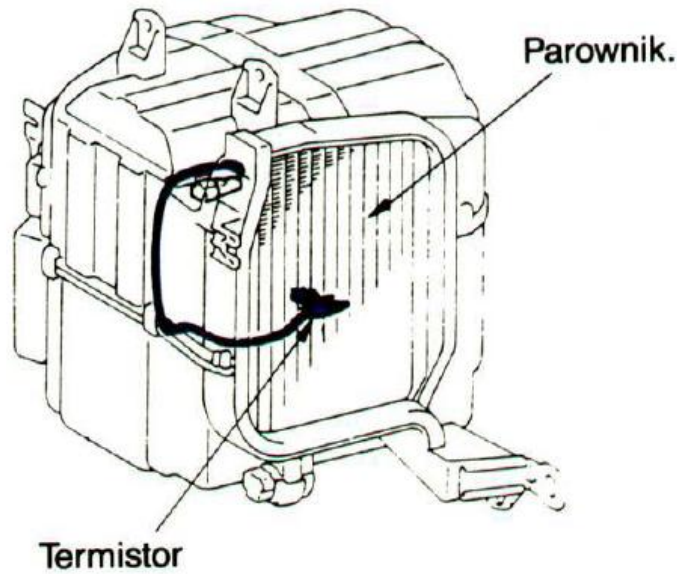
Im większa ilość ciepła oddana w skraplaczu, tym większy efekt chłodniczy można będzie uzyskać w parowniku.

3- Odbieralnik osuszacz

Jego rola została już omówiona. Dodatkowe szczegóły dotyczące budowy to wyposażenie odbieralnika we wziernik pozwalający na obserwację przepływającego czynnika i bezpiecznik topiwy, który w przypadku przekroczenia ciśnienia ok. 3MPa lub temperatury 95 C stopi się powodując wypuszczenie czynnika na zewnątrz.

4-Parownik

Parownik wraz z wentylatorem dmuchawy nagrzewnicy stanowi zespół chłodzący wewnątrz pojazdu. Parownik przypomina wyglądem nagrzewnicę i umieszczony jest zwykle tym samym co ona kanale, którym przepływa powietrze do wnętrza samochodu (rysunek 7)

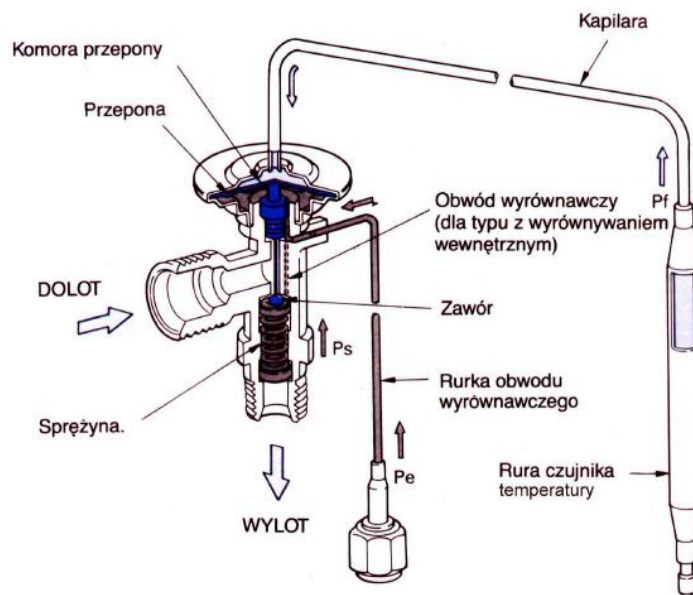


Rys. 7. Parownik i umieszczony na jego rdzeniu termistor

5-Zawór rozprężająco - dławiący

Zadaniem zaworu jest obniżenie ciśnienia czynnika i nadanie mu postaci wilgotnej pary. Bez względu na ilość ciepła odprowadzaną w parowniku, na jego wyjściu czynnik powinien zawsze ulec całkowitemu odparowaniu, co umożliwi osiągnięcie pełnej wydajności urządzenia. Dlatego zawór rozprężająco -dławiący powinien obniżać ciśnienie nie o stałą wartość lecz w sposób zależny od temperatury na wylocie z parownika. Sygnał o temperaturze jest przekazywany w formie ciśnienia działającego na przeponę zaworu. Ciśnienie generowane jest w czujniku temperatury (rurze wypełnionej gazem) i doprowadzone kapilarą do komory membranowej zaworu.

Konstrukcję zaworu (typu o wewnętrznym wyrównywaniu ciśnień) przedstawiono na rysunku 8.



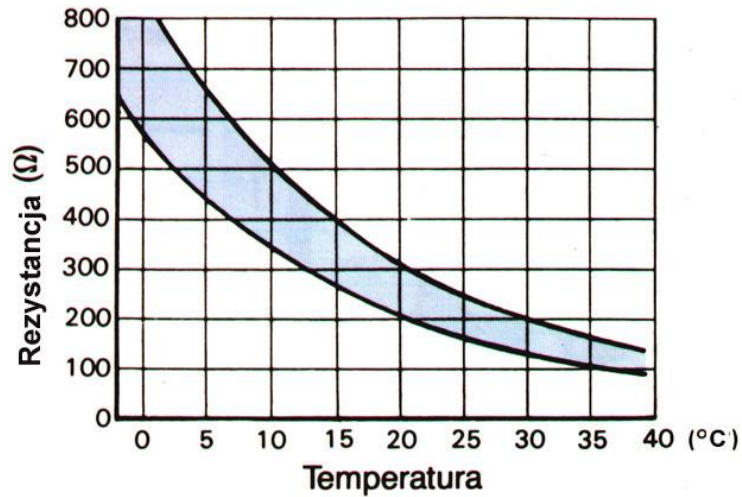
Rys. 8. Zawór rozprężająco - dławiący o wewnętrznym wyrównywaniu ciśnień

6-Elementy sterujące

Działaniem klimatyzacji w samochodzie zarządza moduł elektroniczny, w żargonie warsztatowym zwany często "wzmacniaczem", co wynika z jego angielskojęzycznej nazwy.

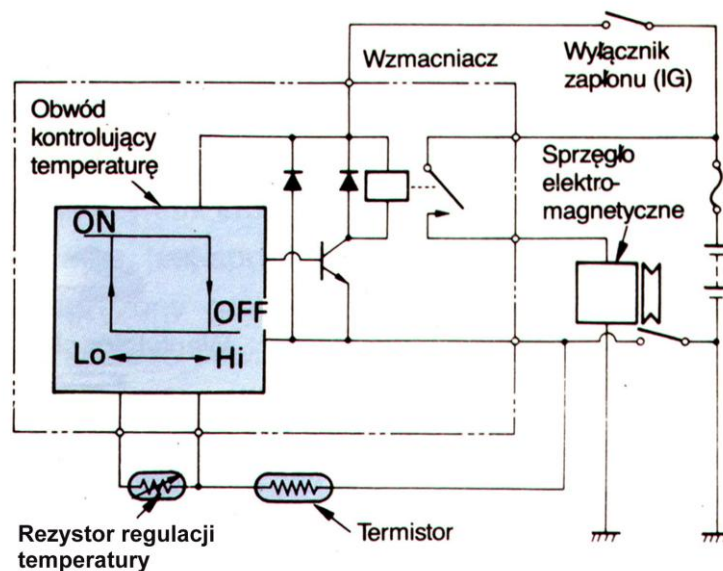
W najprostszej formie moduł funkcjonuje w oparciu o następujące sygnały:

- Sygnał o temperaturze panującej za parownikiem. Sygnał pochodzi z czujnika termistorowego umieszczonego w sposób pokazany na rysunku 7.



Rys. 9. Charakterystyka czujnika termistorowego

- Sygnał regulatora temperatury (jeśli występuje). Jest to potencjometr połączony z czujnikiem termistorowym, który "przesuwa" jego charakterystykę w zależności od wymagań kierowcy.



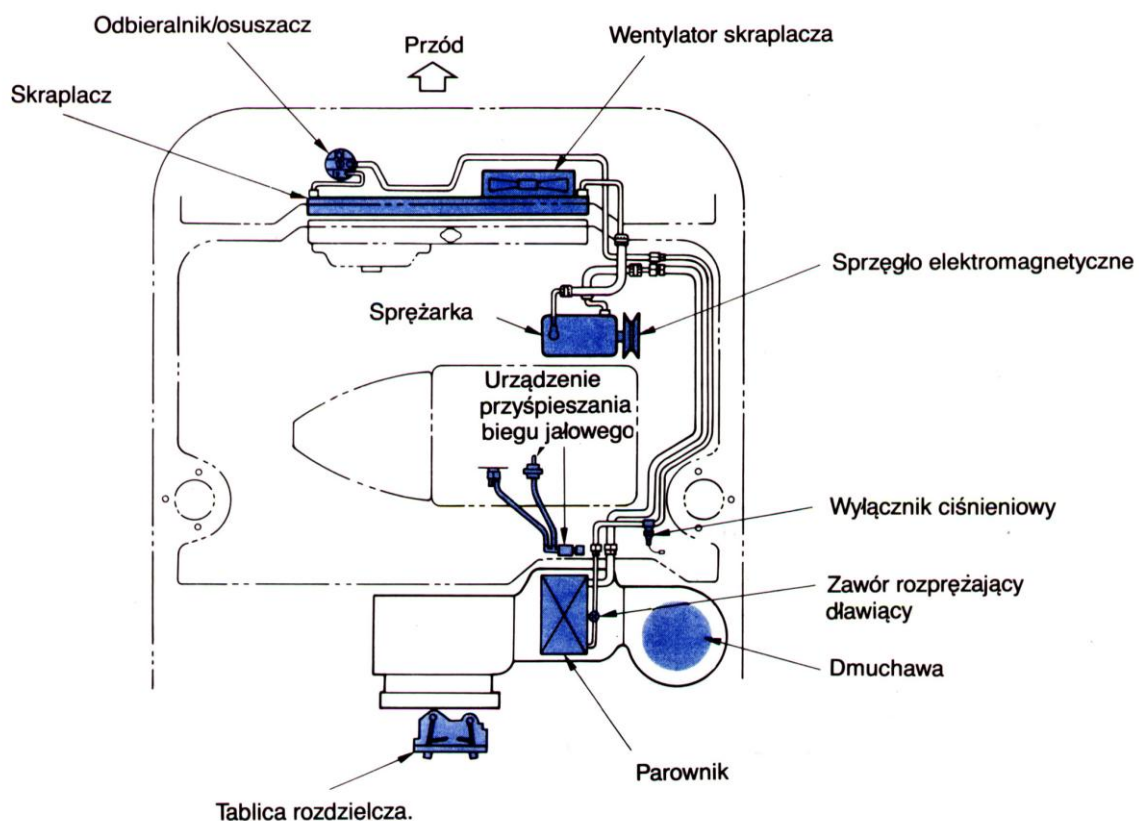
Rys. 10. Uproszczony schemat układu sterowania klimatyzacji

- Zależnie od temperatury w układzie moduł steruje pracą sprężarki. Realizacja tego zadania należy do sprzęgła elektromagnetycznego, które łączy lub rozłącza koło pasowe napędu sprężarki z jej wałem.

7- Inne elementy wchodzące w skład układu

- Wyłącznik ciśnieniowy - służy do wyłączenia sprężarki w przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia (2,7MPa) lub przypadku gdy na skutek rozszczelnienia układu ciśnienie spadnie poniżej dopuszczalnej wartości (0,21MPa). Wyłącznik ma budowę membranową.
- Urządzenie przeciwołodziwowe - reaguje na temperaturę parownika lub ciśnienie w parowniku. Ma za zadanie przeciwdziałać oszronieniu uźebrowania parownika, co ogranicza efekt chłodniczy.
- Urządzenie zwiększające prędkość obrotową biegu jałowego ma za zadanie niedopuszczenie do zgaśnięcia silnika w przypadku, kiedy na postoju włączy się klimatyzację. Występuje w samochodach starszego typu, gdzie nie ma układu automatycznej regulacji prędkości biegu jałowego ze sprzężeniem zwrotnym.

Na zakończenie opisu praktycznej realizacji obiegu chłodniczego w samochodzie, zapoznajmy się jeszcze z rozmieszczeniem elementów pod maską samochodu, co pokazuje rysunek 11.



Rys. 11. Rozmieszczenie elementów układu klimatyzacji w pod maską samochodu

POMIARY I SPRAWOZDANIE

Część pomiarowa

1 - Cykl pracy układu (cykl włączania i wyłączenia sprężarki)

Po uruchomieniu silnika napędzającego sprężarkę odczekamy do osiągnięcia przez układ regularnego cyklu włączenia i wyłączenia sprężarki.

Mierzymy

- ciśnienie po stronie wysokociśnieniowej
 - ciśnienie po stronie niskociśnieniowej
- trzykrotnie w środku cyklu włączenia i wyłączenia sprężarki
- czas włączenia i wyłączenia

Na podstawie średnich wartości z pomiarów szkicujemy wykres i formułujemy wnioski o poprawności pracy układu.

Mierzymy

Temperaturę czynnika:

- przed i za parownikiem,
- przed i za skraplaczem,
- temperaturę powietrza na wlocie i wylocie z parownika.

Na podstawie zmierzonych temperatur i ciśnień formułujemy wnioski na temat obiegu chłodniczego. Próbujemy naszkicować obieg.

LITERATURA:

- [1]. Dowkontt J.: Teoria silników cieplnych. WKŁ
- [2]. Materiały Szkoleniowe Toyota Motor Corporation (wersja polska)