

## 1.5. OBIEGI PORÓWNAWCZE I RZECZYWISTE SILNIKÓW SPALINOWYCH.

### 1.5.1 OBIEGI PORÓWNAWCZE

Obiegi teoretyczne mają na celu przedstawienie idealnego przebiegu zachodzącej w silniku przemiany energii cieplnej na energię mechaniczną. Obiegi te nazywane są obiegami porównawczymi.

Przed przystąpieniem do rozpatrywania obiegów teoretycznych wprowadzamy pewne uproszczenia:

- pomijamy straty związane z napełnieniem, sprężaniem, rozprężaniem i opróżnianiem cylindra. Inaczej mówiąc, cały obieg odbywa się przy niezmiennej ilości czynnika wypełniającego cylinder silnika,
- proces sprężania i rozprężania czynnika odbywa się adiabatycznie, oznacza to, że nie ma miejsca wymiana ciepła między czynnikiem, a ściankami cylindra,
- w czasie całego obiegu ciepło właściwe czynnika jest słabe,
- ciepło jest dostarczane do czynnika poprzez izochoryczne lub izobaryczne podgrzewanie. Skład chemiczny czynnika nie ulega przy tym zmianie,
- odprowadzenie ciepła odbywa się przez izochoryczne oziębianie gazu,
- nie występują straty przepływu - zakładając, że wszystkie przemiany odbywają się nieskończenie, przez co prędkości czynnika są równe zeru.

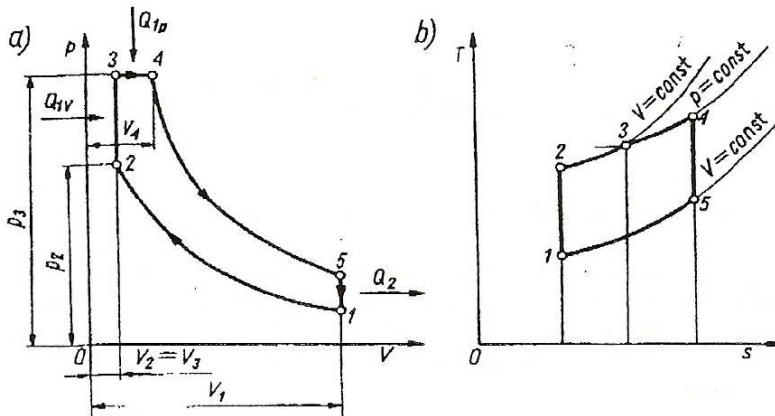
Dzięki powyższym założeniom rozpatrywane obiegi ulegają znacznemu uproszczeniu stając się obiegami idealnymi.

W tłokowych silnikach spalinowych ciepło może być doprowadzone na kilka sposobów w obiegu mieszanym Sabathiego (Seligera) ciepło jest doprowadzane częściowo przy stałej objętości, częściowo zaś przy stałym ciśnieniu,

- w obiegu Otto (Beau de Rochas) ciepło jest doprowadzane przy stałej objętości,
- w obiegu Diesla ciepło jest doprowadzane przy stałym ciśnieniu.

Odprowadzanie ciepła zaś (we wszystkich trzech wymienionych wyżej obiegach) zachodzi przy stałej objętości.

1. Obieg mieszany Sabathe - jako najbardziej ogólny obieg teoretyczny tłokowych silników spalinowych.



Obieg ten, który jest najbardziej zbliżony do procesów zachodzących w szybkoobrotowych silnikach z.i. oraz z.s. składa się z następujących przemian:

- 1-2 sprężanie izentropowe
- 2-3 izochoryczne doprowadzanie ciepła
- 3-4 izobaryczne doprowadzanie ciepła
- 4-5 rozprężanie izentropowe
- 5-1 izochoryczne odprowadzanie ciepła

Sprawność teoretyczną obiegu mieszanego obliczmy ze wzoru:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\varphi \cdot \rho^k - 1}{(\varphi - 1) + k\varphi(\rho - 1)}$$

gdzie:

$$\varepsilon = \varepsilon_s = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{- stopień sprężania,}$$

$$\varphi = \frac{p_3}{p_2} \quad \text{- stopień przyrostu ciśnienia}$$

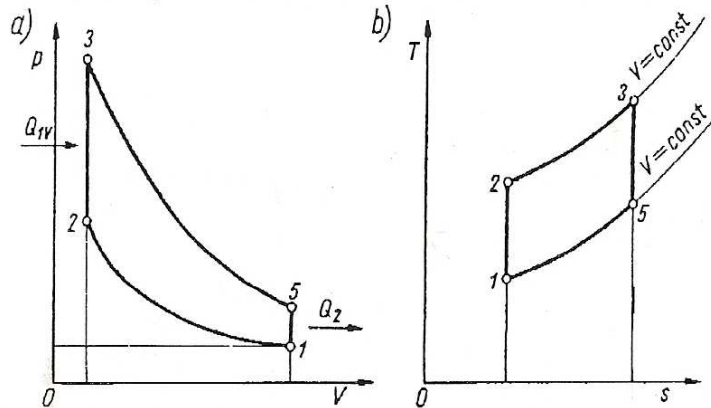
$$\rho = \frac{V_4}{V_3} = \frac{V_4}{V_2} \quad \text{- stopień przyrostu objętości}$$

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad \text{- wykładnik adiabaty (izentropy)}$$

$(C_p, C_v)$  - ciepło właściwe czynnika (przy stałym ciśnieniu, objętości).

2. Graniczny przypadkiem obiegu mieszanego stanowi **obieg Otto**, w którym ciepło doprowadzane jest przy stałej objętości

$$\rho = \frac{V_4}{V_3} = 1$$



Przemiany zachodzące w obiegu Otto:

1-2 sprężanie izentropowe

2-3 izochoryczne doprowadzanie ciepła

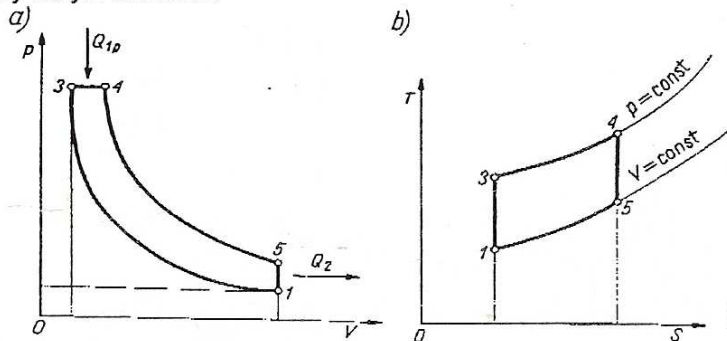
3-5 rozprężanie izentropowe

5-1 izochoryczne odprowadzanie ciepła.

Sprawność teoretyczną tego obiegu obliczymy na podstawie wzoru, który stosujemy przy obiegu mieszanym zakładając, że przyrost objętości  $\rho=1$  trzymujemy więc:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

3. Kolejnym przypadkiem granicznym obiegu mieszanego jest **obieg Diesla**, w którym ciepło jest doprowadzane przy stałym ciśnieniu.



Przemiany zachodzące w tym obiegu to:

- 1-3 sprężanie izentropowe,
- 3-4 izobaryczne doprowadzanie ciepła ,
- 4-5 rozprężanie izentropowe,
- 5-1 izochoryczne odprowadzanie ciepła.

Przy obliczaniu sprawności teoretycznej możemy skorzystać ze wzoru podanego przy obiegu mieszanym zakładając, że stopień przyrostu ciśnienia  $\varphi=1$ , otrzymamy wtedy wzór postaci:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}$$

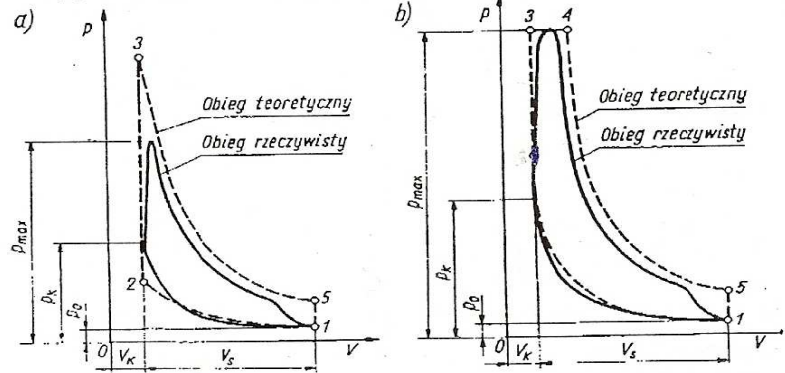
### 1.5.2. OBIEGI RZECZYWISTE SILNIKÓW SPALINOWYCH.

Wykresy obiegów rzeczywistych znacznie różnią się od obiegów porównawczych. Rzeczywisty przebieg zmian w cylindrze (w zależności od położenia tłoka) obrazuje wykres indykatorowy. Wykres taki otrzymujemy dzięki urządzeniu zwanemu indyklatorem.

Kształt wykresów rzeczywistych odbiega od kształtu wykresów porównawczych wskutek strat ciepła w cylindrze, dławienia gazów, powolnego i niepełnego spalania się mieszanki, szkodliwego wpływu spalin pozostałych w cylindrze, nieszczelności tłoka i zaworów.

Wpływ ma także to, że czynnikiem roboczym w obiegach rzeczywistych nie jest gaz doskonały, lecz czynnik rzeczywisty. Skład chemiczny oraz ciepło właściwe tego czynnika ulegają zmianom podczas obiegu.

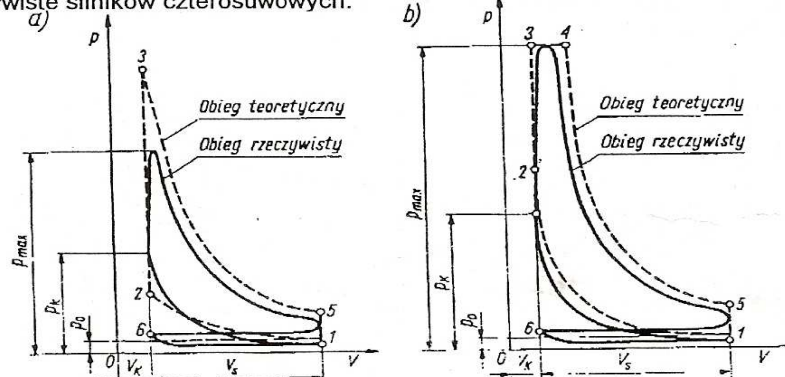
1. Na rysunku poniżej przedstawione zostały obiegi rzeczywiste silników dwusuwowych.



Na rysunku "a" przedstawiony został wykres indykatorowy silnika dwusuwowego o zapłonie iskrowym, którego teoretycznym wzorcem jest obieg Otto. Natomiast rysunek "b" przedstawia wykres indykatorowy dwusuwowego silnika o zapłonie samoczynnym, którego teoretycznym wzorcem jest obieg Diesla.

W silniku dwusuwowym nie ma oddzielnych suwów dołotu i wylotu. Fakt ten sprawia, że wykresy indykatorowe rzeczywistych obiegów pracy dwusuwowych silników spalinowych różnią się zasadniczo od rzeczywistych wykresów indykatorowych silników czterosuwowych.

2. Obiegi rzeczywiste silników czterosuwowych.



Rysunek "a" przedstawia wykres indykatorowy czterosuwowego silnika spalinowego z zapłonem iskrowym na tle narysowanego linią przerywaną obiegu Otto, który to jest wzorcowym wykresem dla silników 4 - suwowych o zapłonie iskrowym. Na rysunku "b" ukazany został wykres obiegu rzeczywistego czterosuwowego silnika z zapłonem samoczynnym, którego obieg wzorowany jest na obiegu Sabathe