

Chapitre 4 Alimentation en air

MOTEUR 4 TEMPS

1) Moteur 4 temps atmosphérique

Avant de pouvoir remplir le cylindre d'air frais, les gaz brûlés du cycle précédent doivent avoir été évacués. A cet effet les soupapes d'échappement s'ouvrent avant la fin de la phase motrice de façon à ce qu'au début de la phase d'échappement les soupapes d'échappement soient déjà suffisamment ouvertes et une grande partie des gaz ait déjà été évacuée.

Une ouverture prématurée a comme conséquence une perte de puissance due à une perte de travail d'expansion, une ouverture tardive a comme conséquence une pression trop élevée dans le cylindre au début de la phase d'échappement, avec comme conséquence un excès de travail négatif pendant la phase d'échappement.

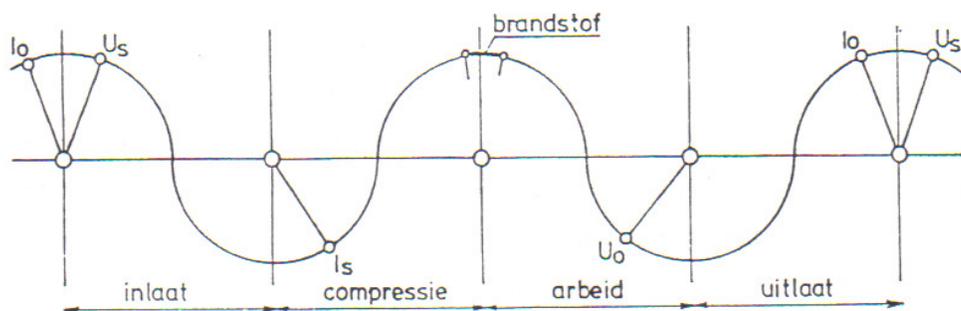
Les soupapes d'admission sont ouvertes avant la fin de la phase d'échappement pour qu'il n'y ait pas trop d'obstruction à l'entrée de l'air frais au début de la phase d'admission. Les soupapes d'échappement doivent rester ouvertes jusqu'à la fin de la phase d'échappement et ne ferment qu'au début de la phase d'admission.

Les périodes d'admission et d'échappement vont se chevaucher!

Ce croisement s'exprime en degrés d'angle manivelle et est dans le cas de moteurs 4 temps atmosphérique environ 20 à 60 degrés d'angle manivelle.

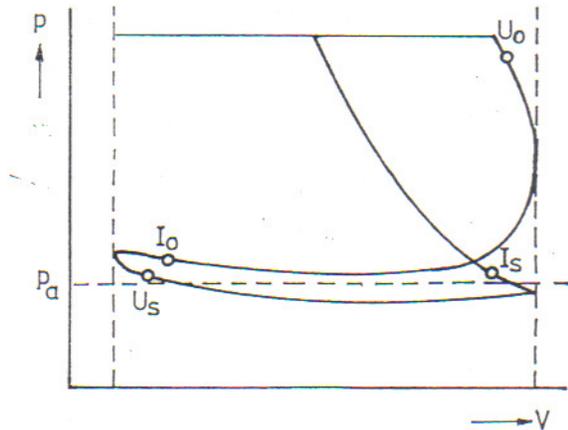
Soupapes d'admission ouvertes de 10° - 30° avant PMS à 25° - 40° après PMI.

Soupapes d'échappement ouvertes de 30° - 50° avant PMI à 10° - 30° après PMS.



Doorlopend krukwegdiagram 4-slag dieselmotor

Le diagramme PV assorti exprime clairement que l'alimentation n'a pas lieu de façon idéale. La pression atmosphérique est exprimée par p_a . La pression d'échappement se trouve en moyenne au dessus p_a et la pression d'admission en moyenne au dessous. Le processus parcouru ici est parcouru dans le sens contre horlogique en demande d'énergie du processus et est une perte supplémentaire (3 à 5%).



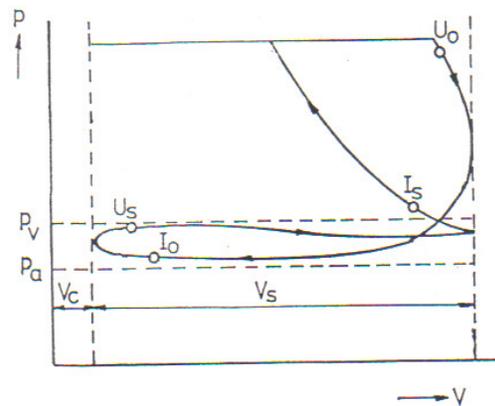
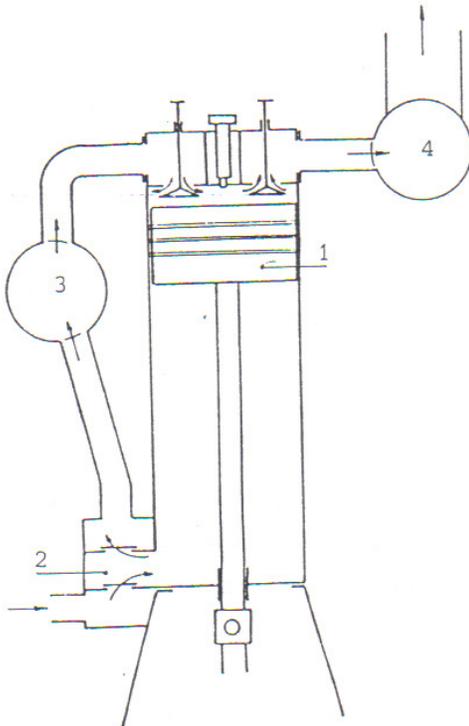
Zwakveerdiagram
4-slag dieselmotor

2) Suralimentation des moteurs 4 temps

La puissance d'un moteur dépend de la quantité de combustible qu'on peut injecter par cycle. Ceci dépend de la masse de l'air qui se trouve dans le cylindre au début de l'injection. Afin d'augmenter la masse d'air on peut le comprimer. De la sorte on augmente la densité. On appelle cette technique suralimentant et elle n'a sens que si le rendement du processus n'est pas diminué.

Il y a deux systèmes de suralimentant:

A) *Suralimentant mécanique:*



Zwakveerdiagram
Werkspoor drukvulling

Werkspoor drukvulling

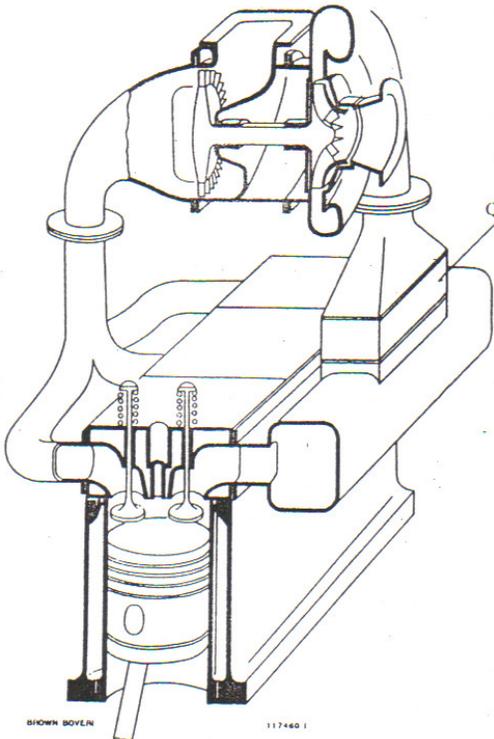
Apparemment il y a 100% d'air de surcharge introduit dans les cylindres parce que la pompe a deux phases de compression mais ce n'est en fait pas le cas. En réalité le rendement est plus bas parce que :

- a) La cylindrée de la pompe est inférieure à la cylindrée du piston en raison du diamètre de la tige du piston
- b) Il y a des pertes dans la pompe
- c) Une grande partie de l'air d'alimentation est utilisée par le balayage et le refroidissement.

Dans ce cas la ligne d'admission est au-dessus de la ligne d'échappement. Ceci parce que pendant la phase d'admission, de par la pression supérieure de l'air entrant il y a plus de travail fourni qu'il y a qu'il n'y a de travail perdu.

B) Suralimentation par turbosoufflante:

Dans ce système l'air de combustion et de balayage est amené par une turbine. Sur le même arbre on a monté un compresseur qui va comprimer l'air de combustion. Le grand avantage est que le travail pour la compression provient du travail de détente des gaz d'échappement. Ceci est une récupération de la chaleur dans les gaz de combustion qui autrement serait perdue. Donc le moteur ne fournit pas de travail. L'air aspiré est refroidi en passant par un échangeur de chaleur pour encore en augmenter la densité. La température plus basse va diminuer la température de combustion et donc la charge thermique du moteur.



Schema turbodrukvvulling

4-slag dieselmotor

Les temps d'ouverture des moteurs a turbosoufflante sont supérieurs à ceux des moteurs atmosphériques, ceci pour refroidir les parties dont la charge thermique est élevée.

Souppes d'admission ouverte de 70° avant PMS à 25° après PMI

Souppes d'échappement ouvert de 52° avant PMI à 43° après PMS

Donc l'ouverture d'angle de manivelle devient $43^\circ + 70^\circ = 113^\circ$

Décharge des gaz de combustion

Deux systèmes:

Système à pression constante :

Les gaz d'échappement de tous les cylindres sont évacués vers un seul grand collecteur. L'énergie cinétique des gaz est amortie dans ce grand collecteur de sorte que la pression dans le collecteur est à peu près constante. Pendant des charges faibles du moteur la pression dans le collecteur d'échappement peut être supérieure celle du collecteur de balayage et donc pendant la phase de balayage une partie des gaz puisse être refoulée.

Système à impulsion:

Dans ce cas le refoulement des gaz est empêché. Les cylindres sont connectés à des conduites d'échappement très courtes et étroites ou directement après l'ouverture des soupapes une impulsion de pression a lieu. Une impulsion est suivie par une dépression, qui par un choix précis du moment d'ouverture des soupapes d'admission et d'échappement a lieu au moment d'ouverture simultanée de la soupape d'admission et d'échappement, donc durant la période de balayage.

Le résultat: *moins de pertes d'expansion lors de l'évacuation des gaz du cylindre
*pendant le balayage une surpression de balayage
*surpression de balayage même à charge réduite

Afin d'éviter des perturbations pendant le balayage les intervalles de combustion des cylindres du la même collecteur doivent être assez grandes.

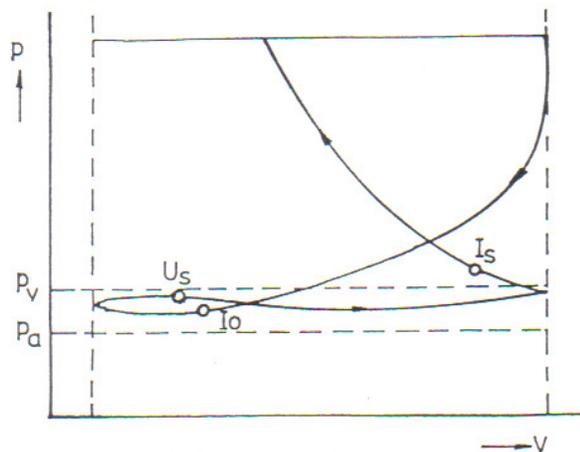
Exemple

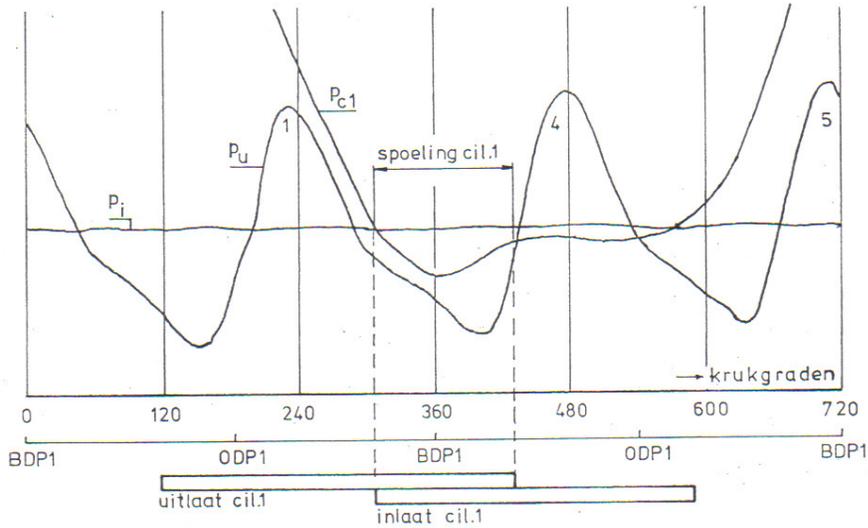
6 cylindres, 2 collecteurs, chaque collecteur reçoit le gaz de 3 cylindres dont les intervalles d'allumage sont égaux.

4temps = 720 degrés d'angle manivelle $\rightarrow 720^\circ/3=240^\circ$

Les impulsions se suivent tous les 240° et on dispose donc d'assez de temps pour balayer les cylindres avec une surpression.

*Zwakveerdiagram
4-slag dieselmotor met turbo-
drukvvulling*





Spoeling verbrandingsruimte bij 4-slag dieselmotor met turbodrukverhoging

p_i = pression constante dans le collecteur d'admission

p_u = pression variable du collecteur d'échappement

p_{c1} = pression au dessus piston du cylindre 1

L'air frais doit passer du collecteur d'admission au cylindre et du cylindre au collecteur d'échappement, donc $p_i > p_{c1} > p_u$

Avantages du système à pression constante par rapport à système à impulsions

- Le nombre de turbosoufflantes et conduites d'échappement ne dépendent pas du nombre de cylindres
- La pression moyenne dans le collecteur d'échappement durant la phase d'échappement est inférieure à celle du système à impulsions. Ainsi le travail d'échappement est moindre, ce qui augmente le rendement du moteur.
- Le rendement de la turbine est amélioré par le débit uniforme des gaz dans les aubes.

Désavantages du système à pression constante par rapport à système à impulsions

- A charge réduite la suralimentation de balayage peut devenir négative, de telle sorte que le refoulement des gaz d'échappement vers un cylindre peut survenir durant le balayage.
- Pendant le fonctionnement à charge maximal la surpression est plus petite par rapport au système à impulsions.
- Pendant une phase d'accélération du moteur la turbine réagit plus lentement se qui peut causer en une combustion incomplète.

Le système à pression constante est appliqué sur les grands navires qui naviguent a vitesse constante.

Le système à impulsions est appliqué sur les navires qui doivent manoeuvrer beaucoup et donc vont fréquemment changer de régime.

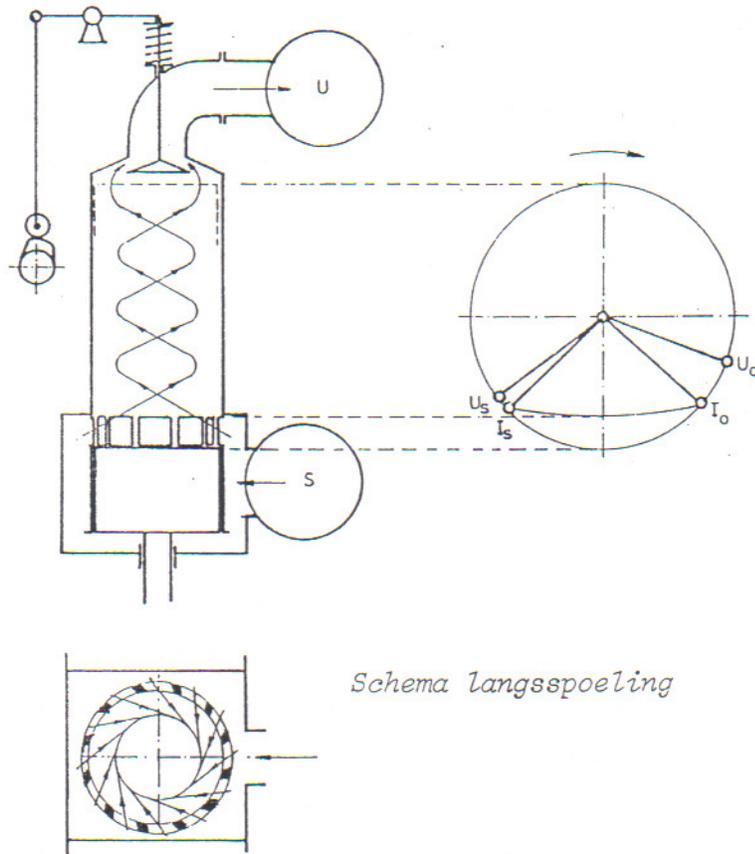
MOTEUR 2 TEMPS

1) Moteur 2 temps à aspiration atmosphérique

Il n'y a pas de phase d'admission séparée avec les moteurs 2 temps. Parce que cette phase est absente non seulement la chambre de combustion mais aussi tout le cylindre doivent être balayé en même temps que le cylindre doit être rempli d'air frais. Ce processus de changement de gaz s'accomplit très vite quand le piston se trouve au PMS.

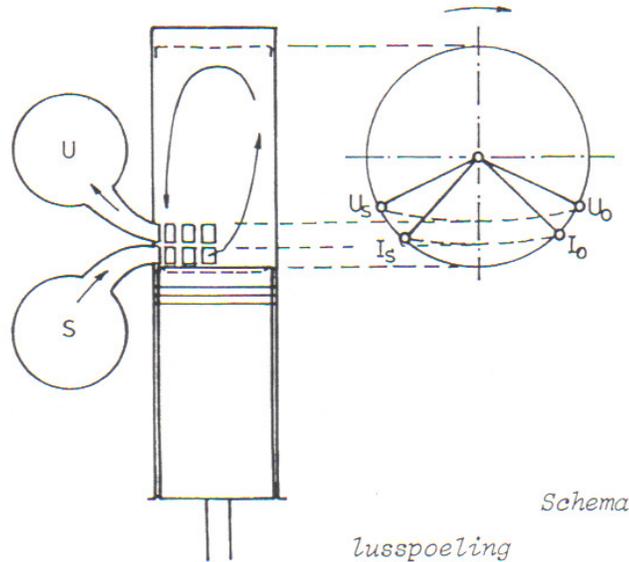
a) Balayage longitudinal

Le balayage est dirigé vers l'axe longitudinal du cylindre. L'air de balayage est admis par des lumières dans les parois et les gaz de combustion sont évacués par des soupapes dans la culasse.



b) Balayage transversale

Dans ce système le balayage est dirigé transversalement sur l'axe du cylindre. L'admission d'air frais et l'échappement des gaz brûlés se font par des lumières dans les parois.



Pour les deux méthodes il est très important qu'un effet de balayage maximal soit obtenu, donc qu'il y a le moins possible de restes de gaz de combustion et le plus possible d'air frais. Cet effet dépend de la méthode de balayage mais aussi du rapport de balayage R.

$$R = \frac{\text{volume d'air alimenté par processus et par cylindre}}{\text{volume de course du cylindre}}$$

Comparaison des systèmes de balayage

- Le balayage transversal donne le moins de mélange entre les gaz de combustion et l'air de balayage donc avec un peu d'air de balayage on a déjà un effet de balayage considérable.
- Avec le balayage en boucle le mélange est plus important mais il y a beaucoup de risque qu'il reste des gaz de combustion dans les espaces morts. L'effet de balayage est plus petit mais le rapport de balayage est plus grand.
- Par l'application d'une bonne forme et la position adéquate des lumières dans la paroi on obtient un bon balayage.

2) 2 temps à turbosoufflante

On n'a jamais appliqué de suralimentation mécanique sur des systèmes 2 temps parce que les puissances des pompes seraient exagérément élevées et donc le rendement trop bas. On a donc recours à des turbosoufflantes, également dans les 4 temps. On doit faire attention à la pression de remplissage. Avec des pressions modérées, on aura une puissance de turbine plus élevée avec le système à impulsions qu'avec le système à pression constante. Pendant des charges modérées, le système de pression constante

donnera des résultats désavantageux. Actuellement les 2temps lents fonctionnent avec le système à pression constante.