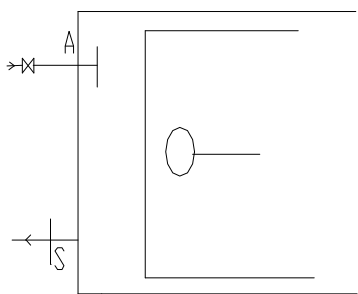


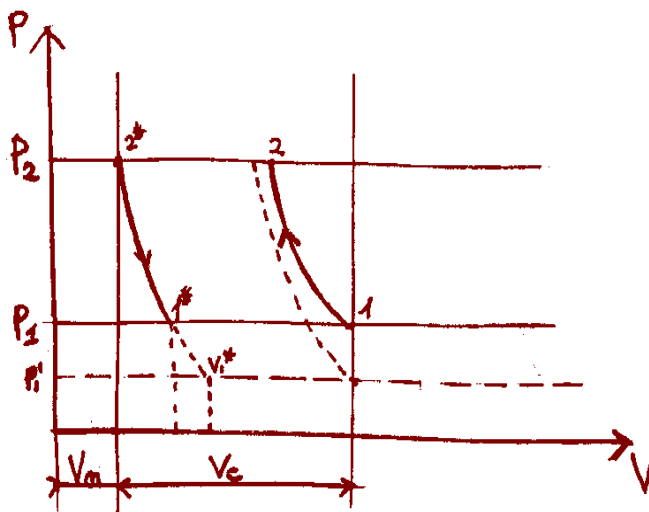
## REGOLAZIONE DEI COMPRESSORI ALTERNATIVI

Il metodo più semplice è quello a “tutto o niente“. Esso consiste nel collegare il compressore al motore e di scollegarlo a seconda delle necessità. E' un metodo che viene usato soprattutto ogni qualvolta l'utente del gas se ne serva prelevandolo da un serbatoio di raccolta, ad esempio una bombola. Abbiamo il pressostato di massima, il pressostato di minima, i quali provvedano a comandare l'avviamento del motore, oppure il suo arresto a seconda che la pressione del gas nella bombola abbia superato il livello di massima oppure è scesa al di sotto del livello di minima. Ovviamente in tali condizioni il compressore lavorerà in condizioni di rendimento volumetrico mediamente non molto alto e comunque variabile in quanto dipendendo il rendimento volumetrico dal rapporto di compressione, al variare di  $\beta$ , il rendimento volumetrico varierà ma questo problema non interessa certamente chi conduce una officina che non ha bisogno di fare considerazioni di questo genere perchè lo interessano poco dal punto di vista economico. Quindi ogni volta serva gas compresso esso viene prelevato da una bombola in condizione di pressione oscillante entro una certa gamma da un massimo ad un minimo. Si può operare il sistema a tutto o niente soprattutto quando non si tratti di potenze elevatissime, il che succede molto spesso proprio per gli utilizzi del genere. Un metodo altrettanto molto semplice ma penalizzante sotto l'aspetto della economie energetica è il metodo dello strozzamento in aspirazione. Supponiamo di inserire nel condotto di aspirazione



una valvola di strozzamento. Quando viene richiesta dal compressore, che funziona a giri costanti o per lo meno questa è l'ipotesi che facciamo, la portata piena cioè la portata nominale della macchina per quella velocità la valvola sarà completamente aperta, quando invece si chiede una portata ridotta si potrà strozzare all'aspirazione e allora il diagramma di funzionamento della macchina in sede limite si deformerà come nella figura che segue.

Supponiamo di considerare al solito con  $V_n$ ,  $V_c$  il volume nocivo e la cilindrata della macchina,  $p_1$  e  $p_2$  le pressioni di ammissione e di scarico in condizioni ordinarie, avremo in sede limite il diagramma indicato in figura. Quando noi effettuiamo uno strozzamento in aspirazione regolando la valvola, creiamo una laminazione del gas prima dell'ingresso nel compressore e quindi l'effetto sarà una diminuzione di pressione di ammissione, dalla  $p_1$  passeremo alla  $p_1'$  più bassa a temperatura pressoché costante



perchè come sappiamo il processo di laminazione è sostanzialmente isoentalpico e quindi anche isotermo per un gas. Passeremo ad una pressione di alimentazione  $p_1'$  ferma rimanendo la pressione  $p_2$  alla quale l'utente desidera il gas compresso. Allora le due trasformazioni di compressione e di espansione del gas rimasto prigioniero nel volume nocivo assumerà l'andamento indicato in figura .

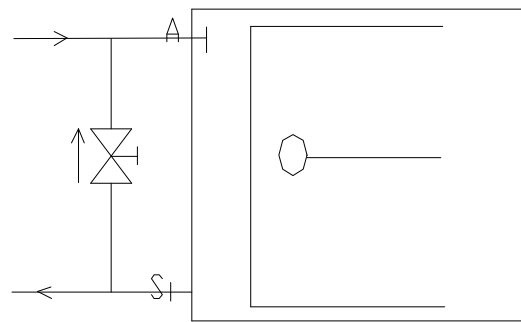
Indicando con 1-2 e 1\*-2\* come estremi della compressione e dell'espansione ,come si osserva il volume  $V_1^*$  passa  $V_1'^*$  e quindi abbiamo una diminuzione del rendimento volumetrico della macchina e quindi una diminuzione di portata perchè la portata volumetrica è proporzionale a parità di condizioni al rendimento volumetrico .

Questo metodo è chiaramente semplicissimo perché richiede soltanto la regolazione della posizione di chiusura di una valvola ma dal punto di vista energetico non è un sistema economico per il semplice fatto che per fornire all'utenza il gas compresso a pressione  $p_2$  siamo costretti ad iniziare la compressione partendo da una pressione  $p_1'$  minore di quella che abbiamo a disposizione. Aumenterà chiaramente il lavoro di compressione per unità di massa di gas trasferito all'utenza, in quanto il lavoro specifico aumenta con il rapporto manometrico di compressione . In definitiva il sistema è molto semplice ma non economico. Un altro sistema altrettanto semplice ma non economico è quello di creare un by pass tra la mandata e l'aspirazione della macchina .

Il metodo consiste nel fare rifluire in aspirazione quella frazione di portata che non è gradita all'utenza .

Abbiamo quindi uno schema analogo a quello visto per il turbocompressore .

Tra lo scarico e l'aspirazione creiamo un by pass che teniamo chiusa quando l'utenza desidera la piena portata, quando invece l'utenza richiede una portata inferiore noi facciamo rifluire dallo scarico verso l'aspirazione il surplus di fluido.



Anche qui nel caso di eccessivo surriscaldamento del fluido lungo il percorso di by pass può essere inserito un refrigeratore .

Anche questo è un sistema semplice ma non economico in quanto siamo costretti per mandare all'utenza una certa portata  $M$  istantaneamente desiderata a comprimere una portata di fluido maggiore sacrificando poi in laminazione l' energia che è stata spesa per la compressione del fluido .

Tra i sistemi invece che consentono una regolazione economica nel senso dell'esercizio e cioè nel senso della spesa di energia meccanica ,di lavoro per muovere la macchina ,forse il sistema più noto e più evoluto è quello SULZER dal nome della casa che ha istituito questo metodo e applicò in numerose applicazioni commerciali.

Esso consiste nella sfasatura della chiusura della valvola di aspirazione .

In altri termini si rinuncia alla semplicità costruttiva e quindi anche all'economia costruttiva che ne deriva per la valvola di aspirazione automatica che si sostituisce con una comandata .

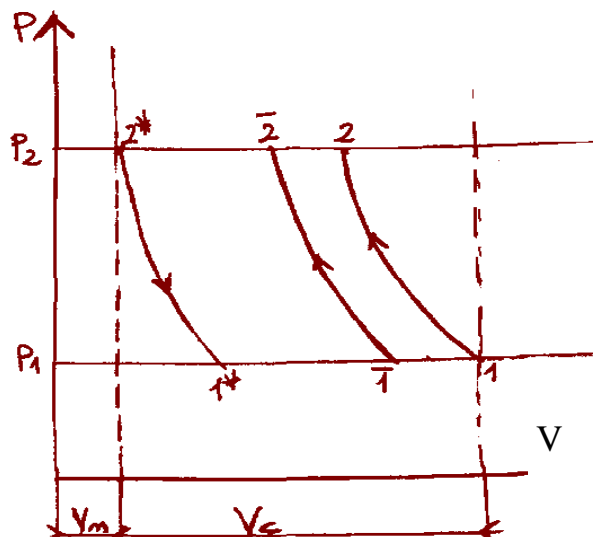
Naturalmente sarà necessario introdurre per questa valvola cioè per la valvola di aspirazione un sistema di comando, di distribuzione analogo a quello usato nei motori a combustione alternativa .Il sistema di distribuzione ha un suo costo pertanto ciò che si guadagna in

esercizio si perde nel costo d'investimento in quanto pur essendo la macchina semplice il suo costo aumenta.

#### FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA SULZER

Concettualmente si hanno 2 possibilità che sono più o meno equivalenti tra loro. Una possibilità è quella di ritardare la chiusura della valvola di aspirazione, mentre un'altra possibilità è quella di anticipare la chiusura. Per semplicità limitiamoci a studiare la cosa nel piano p-V. Consideriamo sempre la sede limite in quanto nella sede reale possiamo fare delle considerazioni qualitativamente analoghe. Supponiamo come al solito di avere il

funzionamento a pieno regime secondo quanto indica il diagramma in figura con i soliti punti che conosciamo. Supponiamo di ritardare la chiusura della valvola di aspirazione, ovviamente comandando l'apertura e la chiusura di tale valvola. Arrivati al P.M.I. una valvola automatica ovviamente si chiuderebbe per effetto dell'inversione del senso di marcia dello stantuffo, qui invece rimane ancora aperta la valvola, quindi se essa rimane aperta fino al punto che chiamiamo 1 (segnato) noi avremo che la prima

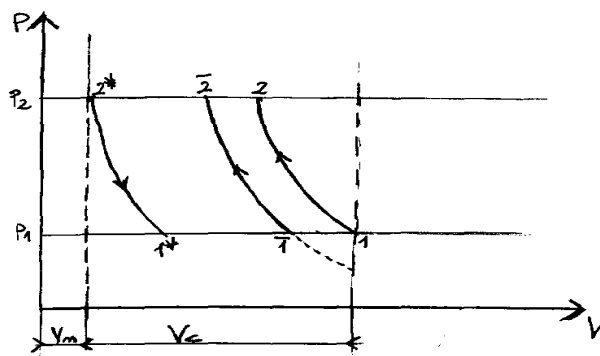


porzione della corsa dello stantuffo partendo dal P.M.I. servirà per espellere una parte proporzionale a tale corsa del volume di fluido che era stato ospitato dentro la camera cilindrica, dopo di che il sistema cambia, chiude la valvola e il gas comincia a comprimersi secondo una legge riproducibile sul piano p-V attraverso una legge 1 segnato- 2 segnato, dopo di che avremo l'espulsione del gas normalmente, quindi l'espansione abituale. In questa maniera l'investimento della macchina è stato aggravato di un costo superiore dovuto al sistema di distribuzione per la valvola, però non comprimiamo fluido che non serva all'utenza, cioè in definitiva la spesa energetica è esattamente quella che corrisponde al gas fornito all'utenza. Se chiamiamo con M e  $\Delta M$  la portata di gas compresso e la portata che rimane nel volume nocivo avremo che all'utenza va'  $M - \Delta M$  Kg di fluido.

Un risultato analogo lo troviamo se anziché ritardare la chiusura della valvola di aspirazione, noi anticipiamo la chiusura. Supponiamo di anticipare la chiusura della valvola in corrispondenza del punto 1 segnato, succede che abbiamo una frazione di corsa da 1 segnato al punto 1 ed una successiva da 1 a 1 segnato cioè il ritorno accompagnate chiaramente da una iniziale espansione del fluido e seguita da una compressione che in sede limite vengono

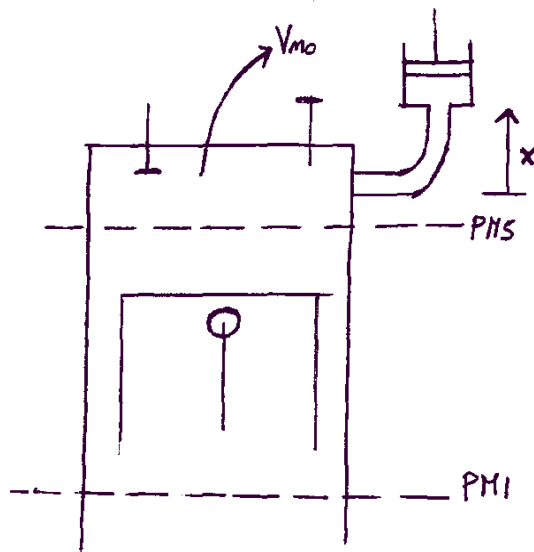
percorse sulla stessa linea. Chiaramente la prima espansione e la successiva compressione per lo meno in sede limite non influenzano il bilancio energetico.

Le due soluzioni sono piuttosto equivalenti tra loro.



ALTRA SOLUZIONE che alcune case hanno introdotto sul mercato corrisponde alla regolazione per modulazione del volume nocivo. Le soluzioni costruttive sono abbastanza diversificate tra loro ma in principio il funzionamento è sempre il medesimo .

Immaginiamo di inserire in parallelo al volume nocivo ordinario un volume nocivo addizionale, eventualmente variabile che può essere cinematicamente realizzato creando una camera ad esempio cilindrica in parallelo a volume variabile facendo variare tale volume con un servomeccanismo che regoli la posizione dello stantuffo accoppiato al cilindretto addizionale . In questa maniera troviamo che ad ogni posizione dello stantuffino corrisponde un volume nocivo diverso per la macchina, perchè il volume nocivo diciamo totale diventa il volume nocivo chiamiamolo  $V_{n0}$  della camera cilindrica più un  $\Delta V_n$  che può essere regolabile con la posizione  $x$  dello stantuffino aggiunto.



$$V_n = V_{n0} + \Delta V_n(x)$$

Come sappiamo la portata  $M$ :

$$M = rV_c \frac{n}{60} h_v \quad (\text{kg / s})$$

Noi moduliame la portata modulando il rendimento volumetrico.

Infine esiste la possibilità quando è possibile di regolare la macchina a giri variabili però tutto questo non è economico perchè le soluzioni elettriche , motori a corrente continua non sono economiche come è ben noto, raramente si impiegano dei motori termici per cui in realtà la regolazione a giri variabili è piuttosto rara. Dal punto di vista del buon funzionamento della macchina la regolazione a giri variabili sarebbe l'ideale perchè a giri variabili il diagramma di funzionamento della macchina rimane identico a se stesso e la portata viene modulata ,modulando i giri, la portata risulta proporzionale alla velocità angolare. L'unico elemento che altera il diagramma pratico , cioè il diagramma indicato e di conseguenza regola anche il rendimento complessivo della macchina è il fatto che aumentando i giri aumenta anche la velocità media con la quale i gas entrano nel cilindro ed escono dallo stesso attraverso le 2 tubazioni di aspirazione e di mandata, più alta è questa velocità e più alte sono le perdite di carico lungo i condotti , quindi avremo nel diagramma indicato delle sovrappressioni in mandata e delle sottopressioni in aspirazione più accentuate, proprio per effetto delle maggiori perdite di carico dovute alla maggiore o minore velocità del fluido ma a parte questo effetto secondario la macchina funziona in condizioni invariabili con questa lieve variazione di rendimento volumetrico e di rendimento anche complessivo. Dobbiamo tenere presente che quando varia il rendimento volumetrico in realta varia di conseguenza anche tutto il rendimento di trasformazione, in quanto, il processo di compressione e di espansione subito dal fluido viene in una qualche misura alterato, cioè l'effetto Clausius si fa sentire con incidenza più o meno elevata.