

STUDIO  
SULLA DISTRIBUZIONE DEL VAPORE

CON APPLICAZIONE ALLE LOCOMOTIVE SIGL  
DELLA SOCIETÀ FERROVIARIA DELL' ALTA ITALIA

---

DISSERTAZIONE

PRESENTATA ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE  
della R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

CERRIANA STEFANO

DA S. SALVATORE MONFERRATO

PER OTTENERE IL DIPLOMA DI LAUREA

DI

INGEGNERE CIVILE

---

TORINO

TIP. LIT. CAMILLA E BERTOLERO

1875.



A MIO PADRE

INTITOLO, CONSACRO

---

ALLE MIE AMATISSIME SORELLE

IN SEGNO

D'AFFETTO E DI RICONOSCENZA.



A. MIO PADRE

INTITOLATO, CONSERVATO

ADDE MIE AMATISSIME BORRILLI

IN RIMBORSO

D'AVVITO E DI RUCONERNA



## AL LETTORE

Nell'adempire unitamente al collega Crescentino Caselli, l'incarico ricevuto, di rilevare dal vero, per conto della scuola, il meccanismo di distribuzione delle recentissime e perfezionate macchine Sigl, mi venne in pensiero di studiarne, coll'aiuto delle lezioni dette dall'illustre professore di macchine a vapore commend. Agostino Cavallero, la parte teorica e farne oggetto della mia dissertazione.

Il mio intendimento fu quello di soddisfare il meglio possibile al mandato avuto ed al compito prefissomi, e la mia buona volontà ebbe incoraggiamento dall'esempio del prezioso compagno ed intimo amico Crescentino e dai consigli del chiarissimo prof. ing. Zucchetti; si abbiano sì l'uno che l'altro i più vivi miei ringraziamenti.

Sono lieto di aver occasione di rendere grazie agli egregi ingegneri della Società ferroviaria dell'Alta Italia, signori Kossuth, Frescot, Bertoldo, i quali col permettermi di rilevare dal vero il meccanismo, col nulla rifiutarmi di quanto mi occorreva affinchè il mio disegno riescisse completo ed esatto, col lasciarmi piena libertà di visitare le officine, mi aprivano vasto campo da acquistare utili cognizioni.

Torino, 28 agosto 1875.

CERRIANA STEFANO.

Nell'abbandonare momentaneamente al collegio Gregoriano Caselli l'incarico ricevuto di rilevare dal vero, per conto della scuola, il meccanismo di distribuzione delle recenze, e per l'occasione macchinare, Sigi, mi venne in pensiero di alcuni, coll'invito delle lezioni date dall'illustre professore di macchine a vapore, commend. Agostino Cavallaro, la parte teorica e tanto oggetto della mia dissertazione.

Il mio intendimento fu quello di escludere il meglio possibile al mandato avuto ed al conto precisissimi e la mia buona volontà ebbe incorggiamento dall'campio del prezioso compagno ed intimo amico Francesco e dai colleghi del chiarissimo prof. Ing. Nacchetti; si abbiamo al fine che l'altro a più vivi miei ringraziamenti.

Sono lieto di aver occasione di rendere grazie agli egregi ingegneri della Società ritrovata dell'Alta Italia, signori Rossetti, Bresson, Bertolotti, i quali col permettermi di rilevare dal vero il meccanismo, col nulla rinunziarmi di quanto mi occorreva affinché il mio disegno risultasse completo ed esatto, col lasciarmi piena libertà di visitare le officine mi perveniva vasto campo da acquistare tutti i cognizioni.

Lottaria, 28 agosto 1875.

GERMANA STILIANO.



---

### **Importanza del meccanismo di distribuzione nelle locomotive.**

Il meccanismo di distribuzione delle macchine a vapore è costituito dal complesso degli organi che coi loro movimenti permettono o non, e regolano l'entrata del vapore, che si sviluppa nella caldaia, nell'una o nell'altra camera del cilindro motore in guisa che per l'azione della forza di esso vapore, esercitata or sull'una ed or sull'altra faccia dello stantuffo questo percepisce un moto alternativo che vien poscia coll'intermezzo di altri organi trasformato in moto circolare continuo di uno o più alberi, che nelle locomotive sono rappresentati dalle sale delle ruote. Il meccanismo di distribuzione è una delle parti più importanti d'una macchina a vapore e dipende principalmente dal regolato ed opportuno moto delle sue parti il lavoro utile che si può ottenere dal motore; parmi quindi felice il paragone di Adolphe Spineux (1) delle funzioni del meccanismo di distribuzione colle pulsazioni del cuore.

La trasformazione del moto alternativo dello stantuffo nel moto di rotazione dell'albero motore si ottiene generalmente mediante un'asta rigida detta tirante motore, un'estremità della

(1) SPINEUX — *De la distribution de la vapeur dans les machines.*



quale è unita a snodo coll'estremo del gambo dello stantuffo e l'altra estremità abbraccia la manovella motrice.

Molti sono gli apparecchi che vennero man mano ideati ed impiegati per regolare l'entrata del vapore nelle camere dei cilindri motori delle macchine a vapore; io però mi limito a prendere in disamina quelli che constano di una sola valvola a cassetto come generalmente sono impiegati nelle locomotive.

Per le macchine nelle quali non occorre l'inversione del moto si opera la distribuzione mediante un solo eccentrico calettato sull'albero motore. Quest'eccentrico per essere abbracciato da un collare con cui termina l'estremità di un'asta, che dicesi appunto asta dell'eccentrico, produce in essa un moto di va e vieni; l'altra estremità dell'asta essendo unita a snodo coll'estremo di un'altr'asta, fa percepire a quest'ultima un moto alternativo ma rettilineo, perchè ritenuta da guancialini. Questo moto vien finalmente trasmesso alla valvola distributrice contenuta in una camera, detta la vaporiera, venuta di fondita col cilindro motore.

#### **Valvola a cassetto semplice - Distribuzione normale**

##### **Loro inconvenienti.**

Questa valvola consiste in un cassetto ordinariamente di bronzo capovolto su di una superficie piana levigata, detta lo specchio, che è una parte della superficie esterna del cilindro e nel tempo stesso fondo della vaporiera. La superficie di posa del cassetto è pure levigatissima, cosicchè col muoversi dell'albero motore il cassetto prende a scorrere sullo specchio con dolce fregamento ed apre e chiude successivamente due luci rettangolari esistenti nello specchio che sono estremità

di due canali lasciati dal getto, nella grossezza della parete stessa del cilindro; questi canali mettono capo nelle rispettive camere del cilindro. Fra queste due luci avviene una terza la quale è l'estremo d'un canale che comunica coll'altra estremità col condensatore o coll'atmosfera.

La larghezza interna del cassetto essendo minore o tutto al più eguale alla distanza fra i cigli interni delle due luci laterali, ne consegue non potersi queste trovare contemporaneamente, nemmeno per una piccolissima loro parte, sotto il cassetto, qualunque sia la posizione che esso occupa sullo specchio.

Il moto del cassetto e della sua corsa sono regolati in guisa che la luce di mezzo trovasi sempre sotto di esso, epperò l'interno del cassetto si trova permanentemente in comunicazione coll'aria esterna o col condensatore. Potendosi in oltre, coll'assegnare convenienti dimensioni ai piedi trovare a dati intervalli, sotto il cassetto ora la luce di destra, ora quella di sinistra ed ora nessuna di esse due, ne avviene che, o la camera di destra o la camera di sinistra o nessuna si troverà in comunicazione coll'interno del cassetto.

Nel cassetto semplice la larghezza dei piedi è eguale precisamente alla larghezza delle luci laterali, la sua lunghezza totale è eguale all'intervallo fra i due cigli esterni delle luci laterali; la larghezza interna eguaglia la lunghezza delle luci dello specchio.

Dovendosi le luci laterali trovare per la massima lor parte ora in comunicazione colla vaporiera, ora con l'interno del cassetto, ne viene che la corsa del cassetto dovrà essere di poco inferiore al doppio della larghezza di esse luci, e quindi l'eccentricità dovrà essere presso che eguale alla larghezza delle stesse luci.

Colla semplice osservazione di una qualsivoglia distribuzione, per esempio, di quella rappresentata nella Tav. II, si



capisce essere necessario, per realizzare mediante l'azione del vapore il moto alternativo dello stantuffo, che quando questo si trova ad un'estremità del cilindro motore, il cassetto non sia esso pure in una posizione estrema, perchè se ciò accadesse, il vapore che dalla caldaia giunge alla vaporiera troverebbe immediatamente chiusa la luce per cui dovrebbe passare, onde recarsi ad agire sulla faccia dello stantuffo, se cassetto e stantuffo sono alle estremità di stesso nome, o farebbe compiere allo stantuffo una sola mezza corsa, perchè alla fine di questa troverebbe chiuse entrambe le luci all'introduzione. Ne consegue, dovere il raggio dell'eccentrico fare colla manovella un certo angolo che chiamasi angolo di calettatura.

Dicesi distribuzione normale, quella fatta in modo tale che mentre lo stantuffo trovasi ad un'estremità del cilindro, il punto di mezzo del cassetto coincida col centro dello specchio. Per questa distribuzione, astrazione fatta dal continuo obliquarsi del tirante motore e dell'asta dell'eccentrico: nel caso che l'asta del cassetto sia parallela al gambo dello stantuffo l'angolo di calettatura sarà di 90 gradi, nel caso invece che si verifica ordinariamente in pratica che l'asta del cassetto sia inclinata rispetto al gambo dello stantuffo, l'angolo di calettatura dovrà essere di 90° meno l'angolo acuto dei due assi suddetti.

La distribuzione normale ed il cassetto semplice presentano i seguenti inconvenienti, che diventano tanto più gravi quanto più breve è la lunghezza del tirante e dell'asta dell'eccentrico:

1° Per essere la larghezza del piede eguale alla larghezza della luce, basta una piccola imperfezione nel lavoro, basta la smuzzatura degli spigoli pel consumo derivante dall'uso, per far sì che nel trovarsi il cassetto a metà corsa non sia tolta ogni comunicazione fra l'una e l'altra camera del cilin-



dro, fra l'interno del cassetto ed il condensatore o fra l'interno del cassetto e l'aria esterna, e quindi si abbia uno sperpero di vapore ed un aumento di resistenza al lavoro.

2° Al menomo giuoco che si manifesti tra la puleggia ed il collare dell'eccentrico, la distribuzione rimane sensibilmente alterata ;

3° Quando lo stantuffo è prossimo all'estremità della corsa e deve passare per la velocità zero per incominciare la corsa inversa, il vapore agisce ancora con molta forza tendendo a spingerlo contro il fondo del cilindro ; cioè lo stantuffo riceve delle pulsazioni inutili, anzi nocive, perchè producono degli urti che ripetuti ad ogni colpo di stantuffo danneggiano notevolmente la macchina.

4° Quando la manovella passa il punto morto, il suo braccio resta per un certo periodo successivo, pressochè nullo, e sarebbe utile che in quel periodo il vapore operasse con molta forza sullo stantuffo motore ; questo stantuffo invece in tale fase è quasi unicamente spinto dall'inerzia delle parti della macchina alle quali esso è collegato, poichè per un bel tratto la luce d'introduzione è così stretta, che il vapore, non può affluire in modo regolare ; quindi esercita poca forza, e questa è per soprapiù quasi totalmente distrutta per la resistenza opposta dal vapore che man mano va comprimendosi nell'altra camera, non avendo sufficiente sfogo all'uscita a cagione del lento aprirsi della luce di fuga.

#### **Cassetto di distribuzione di Watt e Boulton.**

Per ovviare ai due ultimi inconvenienti accennati, Watt e Boulton pensarono di accrescere di una certa quantità l'angolo di calettamento dell'eccentrico, quantità a cui si dà il nome di angolo di avanzo o di precessione.

Mediante quest'angolo di calettamento è evidente, che quando lo stantuffo trovasi in una delle estremità del cilindro, la valvola non è più nel punto di mezzo della sua corsa, ma avrà già sorpassato questo punto di una certa quantità, aprendo di una quantità eguale una delle luci laterali della distribuzione all'introduzione di nuovo vapore, e l'altra luce laterale alla scarica. Queste due ultime quantità prendono i nomi di anticipazione lineare all'introduzione, ed anticipazione lineare alla scarica.

Per rimediare poi ai due primi inconvenienti e di più per utilizzare la forza espansiva del vapore si immaginò di prolungare esternamente i piedi della valvola, non di tanto però che rimanessero annullate le anticipazioni lineari all'introduzione ed alla scarica. Questi prolungamenti vennero chiamati ricoprimenti esterni.

È chiaro che con tali ricoprimenti, nella corsa diretta dello stantuffo fra i periodi d'introduzione e di scarica avviene uno intermedio di espansione, poichè le luci rimangono per un certo lasso di tempo chiuse all'introduzione, cioè pel tempo necessario al cassetto a percorrere una lunghezza pari alla larghezza del ricoprimento; nella corsa retrograda poi, per un certo periodo, rimane chiusa la luce di scarica cosicchè il vapore contenuto nel cilindro si trova compresso dando origine ad un nuovo periodo, detto di compressione, il quale se è di durata tale che la compressione non ecceda un certo limite è utile, poichè toglie gli inconvenienti derivanti dal dover il vapore ad ogni corsa, per recarsi ad agire sullo stantuffo, riempire il canale di comunicazione della vaporiera col cilindro e lo spazio compreso fra lo stantuffo e il fondo del cilindro, ed in oltre evita lo spreco che si avrebbe nella corsa retrograda del vapore che occupa detti spazi e che vien spinto all'esterno.



Questi spazi, appunto per lo sperpero di vapore che occasionano, furono chiamati spazi nocivi. La compressione ha ancora per effetto di opporre allo stantuffo una resistenza crescente coll'approssimarsi dello stantuffo all'estremità della propria corsa, il quale effetto in un coll'azione decrescente del vapore che opera per espansione sull'altra faccia dello stantuffo, evita gli urti dianzi accennati, che riescono tanto nocivi al buon assetto del meccanismo.

Clapeyron con intendimento di aumentare il periodo di espansione, ha proposto di dare alla valvola anche i ricoprimenti interni; questi ricoprimenti devono essere assai brevi per non diminuire di molto l'anticipazione lineare alla scarica e rendere troppo lungo il periodo di compressione.

Il periodo di espansione e quello di compressione durano in questo caso pel tempo che impiega il cassetto a percorrere una lunghezza eguale alla somma delle larghezze del ricoprimento esterno coll'interno.

Nel cassetto a ricoprimento venne chiamata anticipazione lineare assoluta la quantità di cui il punto di mezzo del cassetto ha sorpassato il centro dello specchio quando lo stantuffo si trova ad un'estremità del cilindro; ciò perchè questa quantità non è come nel cassetto semplice eguale all'anticipazione lineare all'introduzione ed alla scarica.

#### **Dimensioni e distanza vicendevole delle luci.**

D'ordinario si assume arbitrariamente la larghezza delle luci laterali fra tre e cinque centimetri; la loro lunghezza si calcola in modo che l'area di ciascuna luce risulti da un ventesimo ad un decimo della superficie della sezione retta



del cilindro, a seconda della minore o maggiore velocità che deve poter assumere la macchina.

Lo spessore delle tramezze che separano la luce centrale dalle laterali è i tre quarti della larghezza di queste. La luce di scarica varia fra un quarto a due volte la larghezza delle altre luci, a seconda che il cassetto è semplice o con ricoprimenti.

### Periodi della distribuzione.

Deducesi da tutto ciò che finora si venne dicendo che dall'istante in cui lo stantuffo principia la sua corsa diretta, a quello in cui ritorna col terminare la corsa retrograda, al punto di partenza si effettuano in ciascuna delle due camere i seguenti periodi:

- 1° Introduzione ;
- 2° Espansione ;
- 3° Anticipazione alla scarica ;
- 4° Scarica ;
- 5° Compressione ;
- 6° Anticipazione all'introduzione o contro vapore.

Mentre lo stantuffo compie un'intera corsa e succedono in una camera le vicende indicate, quelle che succedono nell'altra camera non sono le stesse con ordine invertito, anzi non incominciano e non terminano contemporaneamente alle prime. Che se paragoniamo invece la corsa diretta colla retrograda, vediamo nel ritorno ripetersi in una delle camere con lo stesso ordine e con la stessa durata le vicende che si effettuarono nell'altra camera nell'andata, e facile sarà lo scorgere doversi distinguere in ciascuna corsa semplice dello stantuffo cinque periodi, le cui vicende trovansi registrate nel seguente quadro:

N° d'ordine dei periodi	Camera di destra	Camera di sinistra
I.	Introduzione	Scarica
II.	Espansione	Scarica
III.	Espansione	Compressione
IV.	Anticipazione alla scarica	Compressione
V.	Anticipazione alla scarica	Contro vapore

### Determinazione della lunghezza percorsa dallo stantuffo.

Conoscendo il raggio  $R$  della manovella, la lunghezza  $L$  del nerbo motore e l'angolo  $\omega$  descritto dalla manovella a partire dal punto morto, di sinistra per es., trovare la corsa corrispondente dello stantuffo.

Sia (fig. 1<sup>a</sup>, Tav. I)  $O$  il centro di rotazione della manovella ed  $OA$  la posizione di questa quando passa pel punto morto di sinistra.  $OA$  sarà eguale ad  $R$ . A partire dal punto  $A$  ed alla sua destra si porti  $AM=L$ , poscia fatto un angolo  $AOC$  eguale ad  $\omega$  si descriva, centro in  $C$  con raggio eguale ad  $L$ , un arco di circolo: questo intersecherà la retta  $AM$  in  $N$  ed in  $MN$  si avrà la corsa richiesta.

### Equazione del moto dello stantuffo.

Dalla stessa fig. 1<sup>a</sup>, chiamando per brevità con  $X$  lo spazio  $MN$ , si ha:

$$X = AN - AM = AO + OH + HN - L$$

$$X = R - R \cos \omega + L \cos \omega - L$$

Ora dal triangolo  $CHN$  rettangolo in  $H$  ed in cui

$$CH = R \sin \omega$$



si ha:

$$\text{sen CNH} = \frac{R \text{sen } \omega}{L}$$

per cui

$$\text{cos CNH} = \frac{\sqrt{1 - R^2 \text{sen}^2 \omega}}{L}$$

sostituendo questo valore nell'espressione di X s'otterrà:

$$X = R(1 - \text{cos } \omega) - L + \sqrt{L^2 - R^2 \text{sen}^2 \omega}$$

e questa è l'equazione del moto dello stantuffo ed esprime lo spazio percorso dallo stantuffo mentre la manovella descrive un certo angolo  $\omega$  a partire dal punto morto di sinistra.

Se si fa in quest'equazione  $\omega = 180^\circ$  si ha  $X = 2R$  che è l'intera corsa dello stantuffo.

Facendo nella stessa equazione  $\omega = 90^\circ$  si ha:

$$X = R - L + \sqrt{L^2 - R^2 \text{sen}^2 \omega}$$

Ora siccome in pratica usasi fare L eguale all'incirca a 5R, il valore del radicale risulterà minore di L e l'espressione di X minore di R cioè nella semievoluzione BAD della manovella lo stantuffo percorre uno spazio minore di quello percorso nella semievoluzione BED. Ciò che d'altronde si vede considerando la figura ed osservando che per la semievoluzione BED ad un certo angolo  $\omega$  percorso dalla manovella a partire dal punto E, lo stantuffo percorre uno spazio uguale alla proiezione sull'asse dello stantuffo dell'arco descritto dal bottone della manovella *più* la differenza fra la lunghezza del nerbo motore e la proiezione sua sull'asse dello stantuffo; invece per la semievoluzione BAD ad uno stesso angolo  $\omega$  percorso dalla manovella a partire da A corrisponde uno spazio percorso dallo stantuffo eguale alla proiezione dell'arco descritto dalla manovella *meno* la differenza fra la lunghezza del nerbo motore e la sua proiezione.



**Valore dell'angolo di rotazione  
corrispondente ad un certo spazio percorso dallo stantuffo.**

Basterà risolvere l'equazione del moto dello stantuffo rispetto a  $\cos\omega$ , si ottiene:

$$\cos\omega = \frac{2R(R-X-L) + X(X+2L)}{2R(R-X-L)}$$

**Determinazione del moto della valvola.**

Sia (*fig. 2, Tav. I*) O il centro di rotazione della manovella e dell'eccentrico; OX ed OZ le traccie sul piano del disegno del piano dello specchio e del piano determinato dall'asse dell'albero motore in un coll'asse del cilindro.

Fatto centro in O e con apertura di compasso eguale al raggio dell'eccentrico descrivasi una circonferenza.

Se prendiamo OA per posizione iniziale della manovella, la posizione corrispondente del raggio dell'eccentrico sarà la Oa diretta in modo da risultare l'angolo  $\alpha_0 Oa = 90^\circ + \theta$ ,  $\theta$  essendo l'angolo di precessione.

Portando da  $a_0$  in  $c_0$  e da  $a_2$  in  $c_2$  una lunghezza eguale a quella dell'asta dell'eccentrico avremo in  $c_0 c_2$  l'intera corsa del cassetto.

Gli spazi percorsi dalla valvola misurati a partire dal centro di oscillazione della medesima mentre la manovella passa per OA e per OA<sub>1</sub> saranno rappresentati dalle distanze  $oc$   $oc_1$ ; essendo:  $o$  il punto di mezzo di  $c_0 c_2$ ; l'angolo  $\alpha Oa_1$  eguale ad  $AOA_1$ ;  $ac$  ed  $a_1 c_1$  eguali alla lunghezza dell'asta dell'eccentrico.

### Equazione del movimento della valvola.

Rappresentino:

$\omega$  l'angolo qualunque AOA, descritto dalla manovella a partire dal punto morto di sinistra;

$x$  lo spazio corrispondente percorso dalla valvola;

$r$  l'eccentricità o raggio dell'eccentrico;

$\theta$  l'angolo di precessione;

$d$  la lunghezza dell'asta dell'eccentrico.

Dalla figura 2<sup>a</sup> si rileva che

$$x = Op + pc_1 - Oo$$

ossia

$$x = r \operatorname{sen}(\theta + \omega) + d \operatorname{cosa}_1 c_1 p - d$$

Ora dal triangolo  $a_1 pc_1$  rettangolo in  $p$  si ha:

$$\operatorname{sen} a_1 c_1 p = \frac{r \operatorname{cos}(\theta + \omega)}{d}$$

$$\operatorname{cosa}_1 c_1 p = \sqrt{\frac{d^2 - r^2 \operatorname{cos}^2(\theta + \omega)}{d^2}}$$

sostituendo questo valore nell'espressione di  $x$  e semplificando si otterrà finalmente

$$x = r \operatorname{sen}(\theta + \omega) - d + \sqrt{d^2 - r^2 \operatorname{cos}^2(\theta + \omega)}$$

che è l'equazione del moto della valvola.

### Apertura delle luci laterali all'introduzione ed alla scarica.

Al fine di ottenere una distribuzione simmetrica sulle due faccie dello stantuffo, si usa far coincidere il punto di mezzo della corsa del cassetto col centro della luce di scarica. Ep-



percì, considerando la valvola in una posizione qualunque e chiamate, come al solito :

$\alpha$  l'apertura d'una delle luci all'introduzione;

$\beta$  l'apertura dell'altra luce alla scarica;

e ed  $i$  i ricoprimenti esterni ed interni, si avrà evidentemente;

$$\alpha = x - e \quad \beta = x - i$$

Queste due equazioni unitamente a quelle del moto della valvola e dello stantuffo servono a risolvere tutte le questioni relative alla distribuzione.

### Circoli della distribuzione di Gustavo Zeuner.

L'equazione del moto della valvola qualora si trascurino i due ultimi termini, ciò che equivale a supporre infinito il rapporto fra la lunghezza dell'asta dell'eccentrico ed il raggio dell'eccentrico stesso, si riduce a

$$x = r \operatorname{sen}(\theta + \omega)$$

ossia

$$x = r \operatorname{sen} \theta \cos \omega + r \cos \theta \operatorname{sen} \omega \dots \dots \dots \text{(C)}$$

Zeuner osservò che tale equazione, riferita a coordinate polari, rappresenta un circolo di raggio  $\frac{r}{2}$ , la cui circonferenza passa pel polo, ed il cui raggio vettore centrale fa colla retta fissa un angolo complemento di quella di precessione.

Infatti: abbiassi (*fig. 3*) una circonferenza di raggio  $\rho$ ; sia  $Oz$  la retta fissa, chiamisi  $\varepsilon$  l'ascissa angolare del centro ed  $\omega$  l'ascissa d'un raggio vettore qualunque  $OK = x$ ; dal triangolo  $OcK$  si avrà :

$$\rho^2 = \rho^2 + x^2 - 2\rho x \cos(\varepsilon - \omega)$$

da cui

$$x = 2\rho \cos \varepsilon \cos \omega + 2\rho \sin \varepsilon \sin \omega$$

che è l'equazione d'un circolo di raggio  $\rho$  e di ascissa angolare centrale  $\varepsilon$ . Ora, affinchè l'equazione di questo circolo diventi identica all'equazione (C), e quindi rappresenti il moto della valvola, è necessario e sufficiente che siano soddisfatte le due condizioni

$$2\rho \cos \varepsilon = r \sin \theta \quad 2\rho \sin \varepsilon = r \cos \theta$$

cioè, che sia

$$\rho = \frac{r}{2} \quad \text{e} \quad \cot \varepsilon = \tan \theta$$

come volevasi provare.

Adunque, ritenendo il polo O (*fig. 4*) come proiezione del centro dell'asse motore e supponendo la posizione iniziale della manovella coincidere colla direttrice Oz, e descritto il circolo rappresentato dall'equazione suddetta, si otterranno nelle corde dirette secondo le successive posizioni della manovella gli spazi corrispondenti percorsi dal cassetto. Ciò per le posizioni della manovella nella parte superiore della retta RS tangente in O al circolo, cioè per valori di  $\omega$  compresi fra  $360 - \theta$  e  $180 - \theta$ . Invece, quando la manovella è al disotto di detta tangente, vale a dire, per valori di  $\omega$  compresi fra  $180 - \theta$  e  $360 - \theta$ , questi spazi sarebbero nel diagramma rappresentati dai raggi vettori diretti secondo i prolungamenti delle successive posizioni della manovella; però si può ottenere la rappresentazione di questi spostamenti, sempre nella direzione della manovella, coll'aggiungere un'altra circonferenza avente lo stesso raggio  $\frac{r}{2}$ , passante essa pure pel polo e col centro sul prolungamento del raggio vettore centrale primitivo.

Questi circoli furono da Zeuner chiamati circoli della distribuzione.



Aggiungendo ancora due cerchi di centro  $O$  ed aventi per raggi l'uno il ricoprimento esterno, l'altro il ricoprimento interno, si ha completo il diagramma polare della distribuzione.

Diffatti supponendo la manovella in una posizione qualsivoglia, in  $OK$ , per esempio, si avrà nel raggio  $OD$  lo spazio  $x$  percorso dal cassetto, cioè, la distanza del suo punto di mezzo dal centro di oscillazione;  $sD$  che è evidentemente uguale ad  $x-e$  sarà l'apertura  $\alpha$  della luce laterale corrispondente a quella posizione della manovella;  $rD$  che è eguale ad  $x-i$  rappresenterà l'apertura  $\beta$  dell'altra luce alla scarica.

Si è visto che quando si considerano le vicende che hanno luogo in una delle camere del cilindro, durante una corsa completa dello stantuffo, si devono distinguere sei periodi; vediamo ora come il diagramma di Zeuner ci determini le ampiezze angolari di tali periodi. Consideriamo la camera di destra.

Quando lo stantuffo giunge all'estremo di destra, la manovella si trova nella posizione  $OA$  e l'apertura  $a e$  della luce di destra, in tale istante, rappresenta l'anticipazione lineare all'introduzione. Da quest'istante incomincia il periodo d'introduzione, l'apertura della luce andrà via via aumentando, in guisa che col prendere la manovella la posizione  $OM$  l'apertura raggiunga il suo massimo valore  $nm$ . Quest'apertura andrà poscia diminuendo e si chiuderà del tutto quando la manovella sarà giunta nella posizione  $OT$ ,  $AOT$  rappresenta dunque l'ampiezza angolare della fase di introduzione.

Finattanto che la manovella venga a passare per  $u$  la luce rimarrà chiusa e si avrà nell'angolo  $TOU$  l'ampiezza angolare del periodo d'espansione.

Da quest'istante la luce si apre per la scarica; ma siccome lo stantuffo non è al fine della sua corsa semplice, perchè la

manovella si trova ancora al disopra del punto morto B, sarà scarica anticipata, la quale dura finchè la manovella raggiunga il punto B.

Incomincerà quindi la scarica, l'apertura si andrà aumentando per assumere il massimo valore  $pq$  col passare della manovella in V e diminuendo poscia per annullarsi quando la manovella giunga nella posizione OX.

BOX sarà dunque l'ampiezza angolare del periodo di scarica.

Continuando la manovella a rotare, e rimanendo tuttavia chiusa la luce, si avrà compressione finchè la manovella prenda la posizione OY. L'angolo XOY misura l'ampiezza di questo periodo.

Si ha per ultimo il periodo d'introduzione anticipata che terminerà col ritorno della manovella alla posizione di partenza, e che perciò sarà misurato dall'angolo YOA.

Quando si voglia tener conto delle vicende che avvengono nelle due camere, i periodi che si succedono in ogni corsa semplice, sappiamo essere cinque, e facilmente dal diagramma di Zeuner si ottengono le loro ampiezze angolari.

AOT starà ancora a rappresentare l'ampiezza del primo periodo, solo che per una camera saravvi introduzione, scarica per l'altra.

Il periodo di espansione si suddivide in due:

Un primo, in cui principia nella camera di destra l'espansione, mentre in quella di sinistra continua la scarica.

Questo periodo durerà finchè si annulli l'apertura alla scarica, cioè, finattanto che la manovella passi pel punto  $h$ ; sarà perciò di ampiezza TOH.

Un secondo, durante il quale, continuando l'espansione nella camera di destra, cessa in quella di sinistra l'uscita, e comincia la compressione. L'ampiezza di questo periodo sarà data dall'angolo HOU.



Il periodo d'anticipazione alla scarica si divide pure in due di ampiezze angolari UOG, GOB.

In altri cinque periodi si scompongono i tre, d'uscita, di compressione, d'introduzione anticipata, della corsa retrograda.

### **Settore di Stephenson.**

Il meccanismo di distribuzione dianzi descritto non permette l'inversione del moto, ed inoltre è ad espansione fissa, cioè, non può il macchinista variare la durata del periodo di espansione, essendo questa funzione, dell'angolo di precessione, del raggio dell'eccentrico e delle dimensioni dei piedi della valvola stati assegnati dal costruttore.

Nelle locomotive, per cui il poter invertire il moto, il variare l'espansione sono condizioni indispensabili, usansi meccanismi ad inversione e ad espansione variabile. Uno fra essi è il settore di Stephenson, che sebbene lasci alquanto a considerare per la regolarità con cui procede l'espansione, pure è tuttora usitatissimo e quasi esclusivamente oggidì impiegato per le preziose doti di cui è fornito, cioè, grande solidità e semplicità massima di organi.

Di questo genere è il meccanismo di distribuzione di cui presento il disegno (Tav. II) che ricavai dalle locomotive di montagna costrutte recentemente dalla casa austriaca Sigl, sui disegni allestiti appositamente dall'ufficio Studi della Società Ferroviaria dell'Alta Italia.

In queste macchine il settore, il cilindro motore e la vaporiera sono esterni all'intelaiatura: ciò rende facile la pulitura, e quindi assicura una maggior durata al meccanismo; più agevoli e meno spendiose tornano le riparazioni. Chi poi

volesse considerarne anche il lato estetico, troverebbe che la macchina acquista un aspetto imponente ed elegante ad un tempo.

Il pezzo in ghisa che comprende il cilindro motore e la vaporiera viene unito all'intelaiatura della macchina mediante robuste chiavarde *c, c, c...* Al cilindro motore e ad una piastra *aa* collegate saldamente coll'intelaiatura sono fissate le guide *bb dd* entro le quali scorre la testa *T* foggjata in guisa da potersi per una sua parte unire solidariamente col gambo dello stantuffo, e coll'altra, articolare alla testa più piccola del tirante motore. Quest'ultima abbraccia coll'altro estremo il bottone della manovella calettato sul mozzo della ruota motrice.

Un pezzo di ghisa che presenta due dischi, di raggio eguale all'eccentricità, addossati l'un sull'altro, così, che venendo il pezzo invariabilmente fissato su di un prolungamento a gomito di cui è munito il bottone della manovella motrice funzionerebbero, considerandoli separatamente, come due eccentrici aventi angolo di calettamento eguale a  $118^{\circ} 39' 2''$ , ma l'uno pel moto in avanti, e l'altro pel moto retrogrado.

Nelle macchine Sigl essendo di  $118^{\circ} 39' 2''$  l'angolo di calettamento di ciascun eccentrico, ed essendo di  $7^{\circ} 7' 30''$  l'angolo formato dal gambo del cassetto coll'asse del cilindro motore, ne risulta che l'angolo di precessione è di

$$118^{\circ}39'2'' - 90^{\circ} + 7^{\circ}7'30''$$

ossia di

$$35^{\circ}46'32''.$$

I due eccentrici vengono abbracciati dai collari con cui terminano due aste che vanno colle altre estremità ad unirsi a snodo coi capi d'un arco composto, detto propriamente il settore.

Nelle macchine Sigl il settore <sup>71022</sup>è ad aste incrociate, cioè,



trovandosi la manovella dalla parte opposta, rispetto al suo asse di rotazione, a quella ove trovasi il settore, la sbarra dell'eccentrico superiore <sup>non</sup> comanda l'estremo inferiore del settore, e viceversa.

Nel settore trovasi impegnato un corsoio articolato col gambo della valvola distributrice. Questo gambo può solo percepire un moto rettilineo alternativo, perchè guidato dai bossoli a stoppe della vaporiera e dal cuscinetto G fisso alla piastra *a a*.

Il settore è sospeso mediante due orecchie, sporgenti sulla metà degli archi che lo compongono, all'estremo C del tirante di sospensione BC, il quale è alla sua volta per l'altro estremo B sospeso ad uno dei tre bracci di una leva calettata sull'albero orizzontale DD. Un secondo braccio DF di questa leva si articola coll'asta che va al comando a vite.

Il terzo braccio DH porta una massa P di ghisa destinata a far equilibrio al peso delle parti che sollecitano il braccio opposto per agevolare lo spostamento del meccanismo e mantenerlo nella posizione in cui vien collocato.

Il macchinista può a suo talento, mediante il comando a vite IL, innalzare od abbassare l'asse attorno a cui oscilla il settore in modo da risultare un dato punto dell'arco in coincidenza col fessoio.

Come si vede, l'arco, le aste degli eccentrici, in un coi raggi degli eccentrici costituiscono un poligono mistilineo a cinque lati, articolato in quattro dei suoi vertici, cioè, in *i, e, r, s*, fisso nel quinto *o*.

Si può inoltre ritenere che il punto medio dell'arco si mantenga, al rotare della manovella, nella posizione assegnatagli col comando a vite dal macchinista, perchè sono affatto trascurabili le piccole oscillazioni che esso prende intorno al punto B.

I diversi punti del settore compiono oscillazioni che sono tanto più sentite, quanto più essi distano dall'asse di rotazione del settore stesso, talchè: il punto corrispondente all'orecchio superiore descrive uno spazio pari al doppio dell'eccentricità, cioè, come se il solo eccentrico superiore funzionasse; il punto corrispondente all'orecchio inferiore percorre uno spazio pure eguale al doppio dell'eccentricità e come se operasse solo l'eccentrico inferiore.

I punti intermedi del settore descrivono spazi minori del doppio dell'eccentricità, risultanti dal moto combinato dei due eccentrici.

Ne consegue, che se si porta col comando a vite a coincidere il punto medio del settore col fessoio, le oscillazioni del cassetto saranno assai piccole; portando il punto medio al disotto del fessoio, il meccanismo sarà disposto pel moto in avanti e coll'aumentare la distanza fra punto medio e fessoio la corsa del cassetto aumenterà e diverrà massima al coincidere del fessoio coll'orecchio superiore.

Portando invece il punto medio al disopra del corsoio, il meccanismo sarà disposto pel moto all'indietro; anche qui la corsa del cassetto aumenterà coll'aumentare la distanza fra corsoio e punto medio.

Il raggio di curvatura del settore è eguale alla lunghezza delle aste degli eccentrici; per l'addietro questo raggio si prendeva diversamente; fu M. Phillips (1) che dimostrò analiticamente e constatò col fatto essere il settore nelle migliori condizioni di ben funzionare, allorquando il raggio di curvatura è uguale alla lunghezza suddetta.

La lunghezza del settore poco influisce sui periodi di distribuzione, ma dovrassi aver riguardo che questa lunghezza

(1) *Annales des Mines*, cinquième série, tome III.



sia la maggiore compatibile colle dimensioni che vogliansi assegnare alle sue parti, perchè la corsa del cassetto non venga in modo sensibile alterata per le piccole oscillazioni in senso verticale che percepisce l'asse di sospensione del settore, e perchè meno s'inclini il settore, e quindi più libero riesca il moto del corsoio.

La lunghezza del tirante di sospensione del settore e la posizione del suo punto d'attacco esercitano esse pure una assai debole influenza sulla distribuzione; però coll'aumentare il più che sia possibile la lunghezza del tirante, si evita quasi del tutto lo scorrimento del fessoio nel settore.

Sui due fianchi della macchina stanno i due cilindri motori ed i rispettivi meccanismi di distribuzione. Un solo comando a vite poi serve a governare mediante un'asta e l'albero DD, entrambe le distribuzioni.

Ho accennato più volte del comando a vite; dirò ora come esso consista in una madre vite *nm* scorrevole lungo una vite ritenuta per modo da poter solo girare intorno al proprio asse. Mediante una piccola manovella M il macchinista può imprimere un movimento di rotazione alla vite, e quindi far avanzare la chiocciola.

Essa porta nella sua parte superiore un indice I e segna su una scala graduata i gradi di introduzione del vapore nel cilindro.

Prima di passare alla teoria del settore di Stephenson farò cenno di quelle parti del rilievo, le quali non ebbi finora occasione di specificare.

Lo stantuffo motore A è del sistema svedese poichè la sua guarnitura consiste semplicemente in tre lamine d'acciaio avvolte al corpo dello stantuffo entro apposite scanalature. Ciascuno dei tre cerchi formati da queste lamine, essendo interrotto in uno dei suoi punti, funziona a mo' di molla, e tutti

insieme costituiscono un sistema elastico esercitante una tensione uniforme tutto all'intorno dello stantuffo.

I premi-stoppe sia del cilindro motore che della vaporiera sono in ghisa, però si cola nelle intercapedine lasciate appositamente fra i gambi e le superficie interne dei premi-stoppe una lega fusibile d'antimonio, detta metallo bianco, per diminuire l'attrito ed il deterioramento dei gambi.

Il gambo del cassetto è costituito essenzialmente dalle due aste XX, YY. La prima porta un gomito ad angolo retto  $xx$  a cui si unisce, mediante chiavetta l'altra YY. Il cuscinetto Z abbracciando l'estremità X<sub>1</sub> della prima asta assicura il movimento rettilineo del gambo.

Il vapore dalla caldaia, passando per il tubo U, arriva nella vaporiera per la luce V. Il recipiente a doppia chiave R serve ad introdurre nella vaporiera l'olio necessario alla lubrificazione dello specchio, senza che si abbiano a verificare fughe di vapore. A tal fine chiusa la chiave inferiore ed aperta quella superiore si riempie di olio il vaso e si chiude poscia la superiore e si apre l'altra.

I rubinetti  $tt$  servono a scaricare l'acqua di condensazione formantesi nelle due camere del cilindro motore. Si aprono e si chiudono di conserva, dal macchinista, col mezzo di una serie di aste e di leve delle quali solo alcune si trovano nel disegno.

### Teoria del settore di Stephenson.

Rappresentino:

$d$  le lunghezze delle aste dei due eccentrici;

$2c$  la corda del settore;

$u$  la FC che con grande approssimazione è uguale ad IE;

$\alpha$  l'angolo che la corda del settore, considerato il settore in una sua posizione qualunque, fa colla verticale.



E chiamo, come al solito,  $r$ ,  $\theta$ ,  $\omega$  il raggio dell'eccentrico, l'angolo di precessione e l'angolo descritto dalla manovella.

Dal triangolo BLD (fig. 5<sup>a</sup>) rettangolo in L si ha:

$$\text{sen}\alpha = \frac{BL}{BD} = \frac{GH}{BD} = \frac{qO + Op + pG - qH}{BD}$$

ora

$$pG = \sqrt{d^2 - (a'p - BG)^2}$$

$$qH = \sqrt{d^2 - (HD - qb')^2}$$

sostituendo questi valori, otterrò:

$$\text{sen}\alpha = \frac{1}{2c} \left\{ r \text{sen}(\omega - \theta) + r \text{sen}(\omega + \theta) + \right. \\ \left. + \sqrt{d^2 - [r \cos(\omega + \theta) - (c - u) \cos\alpha]^2} - \right. \\ \left. - \sqrt{d^2 - [(c + u) \cos\alpha - r \cos(\omega - \theta)]^2} \right\}$$

Da quest'equazione svolgendo in serie i due radicali, trascurando i termini che contengono al denominatore il  $d$  ad una potenza superiore alla prima, ed osservando che l'angolo  $\alpha$  è piccolissimo, tutto al più di cinque gradi, e supponendo perciò  $\cos\alpha = 1$ , e fatte le debite riduzioni e semplificazioni, si avrà:

$$\text{sen}\alpha = \frac{r}{c} \text{sen}\omega \cos\theta - \frac{ru}{cd} \cos\theta \cos\omega - \frac{r}{d} \text{sen}\omega \text{sen}\theta \\ + \frac{u}{d} + \frac{r^2}{4cd} [\cos^2(\omega - \theta) - \cos^2(\theta + \omega)]$$

La distanza del fessio F dall'asse motore sarà data da

$$OF = qH + HI + IF - qO \dots \dots \dots (\mathbf{A})$$

Ora per approssimazione si ha

$$IF = EC - eC$$

ma dalla figura, ricordando che il raggio del settore è eguale alla lunghezza delle aste degli eccentrici si ha:

$$(2d - CE)CE = c^2$$

da cui approssimativamente

$$CE = \frac{c^2}{2d}$$

Analogamente

$$Ce = \frac{u^2}{2d}$$

Quindi

$$IF = \frac{c^2}{2d} - \frac{u^2}{2d}$$

L'equazione (A) fatte le debite sostituzioni si ridurrà a questa

$$OF = \sqrt{d^2 - \left[ (c+u)\cos\alpha - r\cos(\omega-\theta) \right]^2} + \\ + (c-u)\sin\alpha + \frac{c^2-u^2}{2d} - r\sin(\omega-\theta)$$

Svolgendo il radicale in serie, supponendo  $\cos\alpha=1$ , mettendo per  $\sin\alpha$  il suo valore trovato e semplificando si cade nell'equazione

$$OF = r\cos\omega \left( \sin\theta + \frac{c^2-u^2}{dc}\cos\theta \right) + \frac{ru}{c}\cos\theta\sin\omega + \\ + d - \frac{r^2}{4cd} \left[ (c+u)\cos^2(\theta+\omega) + (c-u)\cos^2(\omega-\theta) \right]$$

Ora per avere da questa equazione lo spazio  $x$  percorso dal fessio, contato a partire dal punto di mezzo dell'oscillazione, pongo in essa prima  $\omega=0^\circ$  poi  $\omega=180$ ; facendo quindi la semisomma dei due risultati e sottraendola dalla OF stessa ottengo la distanza richiesta

$$x = r \left( \sin\theta + \frac{c^2-u^2}{cd}\cos\theta \right) \cos\omega + \frac{ru}{c}\cos\theta\sin\omega + \\ + \frac{r^2}{2d}\cos^2\theta + \frac{r^2}{4cd} \left[ (c+u)\cos^2(\theta+\omega) + (c-u)\cos^2(\omega-\theta) \right]$$

che è l'equazione del moto della valvola.



Trascurando in quest' equazione i due ultimi termini e facendo

$$A=r\left(\operatorname{sen}\theta+\frac{c^2-u^2}{cd}\operatorname{cos}\theta\right)$$

$$B=\frac{ru}{c}\operatorname{cos}\theta$$

si riduce a

$$x=A\operatorname{cos}\omega+B\operatorname{sen}\omega \dots \dots \dots (\mathbf{B})$$

la quale paragonata con quella del moto della valvola ad un solo eccentrico, cioè con un'equazione della forma

$$x=R\operatorname{sen}\Theta\operatorname{cos}\omega+R\operatorname{cos}\Theta\operatorname{sen}\omega$$

conduce a concludere che in una posizione qualunque del settore lo spazio percorso dalla valvola è identico a quello che percorrerebbe una valvola ad un solo eccentrico avente per raggio, R, dell'eccentrico e per angolo,  $\Theta$ , di precessione due valori tali che soddisfacciano alle condizioni

$$R\operatorname{sen}\Theta=A \quad R\operatorname{cos}\Theta=B$$

cioè si abbia

$$R=\sqrt{A^2+B^2}$$

e

$$\operatorname{tang}\Theta=\frac{A}{B}$$

Dalle due formole avute  $R\operatorname{sen}\Theta=A$ ,  $R\operatorname{cos}\Theta=B$ , qualora s'intenda riferiti i cerchi della distribuzione, corrispondente all'eccentrico ideale di raggio R e d'angolo di precessione  $\Theta$ , a due assi ortogonali OX, OZ si rileva che

$$\frac{1}{2}A, \frac{1}{2}B, -\frac{1}{2}A, -\frac{1}{2}B,$$

rappresentano rispettivamente le ascisse e le ordinate dei centri di quei cerchi.

Le due formole

$$x=\alpha-e \quad \beta=x-i$$

ottenute altrove per la distribuzione fissa sussistono evidentemente anche per la distribuzione ed espansione variabile data dal settore di Stephenson.

Con queste due formole, coll' equazione (B) del moto della valvola e colle rispettive espressioni di A e B si risolvono analiticamente tutti i problemi riferentisi a questa distribuzione.

Nei casi particolari bisognerà assegnare ad  $u$  valori diversi. Così col dare ad  $u$  il valor zero si troverà  $\Theta$  ed R corrispondenti alla posizione del punto medio del settore. Col dare ad  $u$  il suo massimo valore, cioè mezza corda del settore, si avranno i valori di  $\Theta$  e di R corrispondenti alla introduzione massima. Dando infine valori intermedi si troveranno i  $\Theta$  e gli R determinanti le distribuzioni corrispondenti ai gradi intermedi di introduzione.

Ben inteso si assegnerà ai suddetti valori di  $u$ , segno positivo o negativo, secondo che si tratta del cammino in avanti o del cammino all'indietro.

Il luogo geometrico dei centri dei cerchi delle distribuzioni ottenute col settore di Stephenson è una parabola conica avente per suo asse principale la retta fissa.

Difatti indichiamo con  $v$  e  $z$  le coordinate del centro di uno qualunque dei cerchi della distribuzione di quello, per esempio, che corrisponde all'eccentrico ideale di raggio R e di angolo  $\Theta$  di precessione.

Si potrà scrivere

$$v = \frac{r}{2} \left( \operatorname{sen} \theta + \frac{c^2 - u^2}{ca} \cos \theta \right)$$

$$z = \frac{ru}{2c} \cos \theta$$

$r$  e  $\theta$  rappresentando rispettivamente il raggio e l'angolo di precessione degli eccentrici reali.



Dalla seconda di queste equazioni si ricava

$$u = \frac{2zc}{r \cos \theta}$$

sostituendo questo valore di  $u$  nella prima, si ha:

$$v = \frac{r}{2} \left( \operatorname{sen} \theta + \frac{c^2 - \frac{4z^2 c^2}{r^2 \cos^2 \theta}}{cd} \cos \theta \right)$$

da cui

$$z^2 = r^2 \left( \frac{d \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{4c} + \frac{\cos^2 \theta}{4} \right) - \frac{dr \cos \theta}{2c} v$$

la quale essendo della forma

$$z^2 = C + 2Pv$$

rappresenterà l'equazione d'una parabola come volevasi dimostrare.

### Rappresentazione del moto della valvola delle locomotive Sigl.

Nel meccanismo di queste locomotive si ha:

$r$  raggio dell'eccentrico = m. 0,065;

$c$  semicorda del settore = m. 0,15;

$d$  lunghezza aste degli eccentrici = m. 1,850;

$\theta$  angolo di precessione =  $35^\circ 46' 32''$ ;

$i$  ricoprimento interno = mm. 3;

$e$  ricoprimento esterno = mm. 36.

L lunghezza della manovella m. 0,305.

Ora per  $u=0$

l'espressione di  $A$  diventa

$$A = r \left( \operatorname{sen} \theta + \frac{c}{d} \cos \theta \right)$$

sostituendo ad  $r$ ,  $\theta$ ,  $c$ ,  $d$  i valori confacenti al caso nostro, si avrà:

$$A = 0,065 \left( \operatorname{sen} 35^\circ 46' 32'' + \frac{0,15}{1,850} \cos 35^\circ 46' 32'' \right) = 0,0416$$

l'espressione di B si riduce a

$$B=0$$

Quindi detti  $R_o$ ,  $\Theta_o$  il raggio e l'angolo di precessione dell'eccentrico ideale, corrispondente ad  $u=0$  si avrà

$$R_o = \sqrt{A^2} = m.0,0416$$

$$\Theta_o = 90^\circ$$

perchè

$$\text{tang} \Theta_o = \frac{B}{A} = \frac{0}{A}$$

Per  $u=c$

l'espressione di A diventa

$$A = r \text{sen} \theta = 0,065 \text{sen} 35^\circ 46' 30'' = 0,0378796$$

quella di B diventa

$$B = r \text{cos} 35^\circ 46' 30'' = 0,0527468$$

e detti  $R_a$  e  $\Theta_a$  i valori corrispondenti di  $\Theta$  ed R si troverà

$$R_a = \sqrt{0,0189398^2 + 0,0263734^2} = 0,065$$

$$\Theta_a = 35^\circ 46' 32''$$

Per  $u=-c$  si avrà ancora

$$A = 0,0378796$$

$$B = -0,0527468$$

cioè il valor precedente di B con segno mutato. Epperciò detti  $R_i$  e  $\Theta_i$  i valori corrispondenti di R e  $\Theta$  si avrà

$$R_i = 0,065$$

$$\Theta_i = 180^\circ - 35^\circ 46' 32'' = 144^\circ 13' 28''$$

Come si vede i valori di R e di  $\Theta$  per  $u=c$  ed  $u=-c$  sono quelli stessi degli eccentrici reali. Ciò è naturale e potevasi prevedere poichè per questi valori il corsoio trovasi rispettivamente all'estremo superiore del settore od a quello inferiore, e quindi la valvola risente tutta l'azione dell'eccentrico superiore o dell'eccentrico inferiore.



Passo ora a rappresentare graficamente la distribuzione nei tre casi contemplati. A tal fine segnati due assi OZ, OX perpendicolari fra loro (Fig. 6, Tav. I) presa l'origine per polo e ritenuto che OZ sia la posizione della manovella passante pel punto morto di destra e nel tempo stesso direttrice polare, si può facilmente ricordando quanto si è detto sul diagramma di Zeuner, descrivere i tre circoli, che io contrassegno coi loro centri  $c_a c_o c_i$  che coi loro coniugati  $c'_a c'_o c'_i$  mi rappresenteranno la distribuzione nei tre casi accennati.

Dovrei poscia dare altri valori ad  $u$  e trovare i corrispondenti di R e di  $\Theta$  per tracciare una serie di circoli intermedi ai descritti; ma mi risparmio questa fatica coll'applicare una bella proprietà appartenente ai centri dei detti circoli precedentemente discussa.

La curva centrale delle distribuzioni ottenute col settore di Stephenson è una parabola conica avente per suo asse principale la retta fissa.

Ora di questa parabola che è simmetrica rispetto alla retta fissa ho il vertice  $c_o$  e due punti  $c_a$  e  $c_i$  posso quindi graficamente costruirla. Essa sarà la  $c_a c_o c_i$ .

Una qualunque circonferenza passante pel polo avente il centro su questa parabola rappresenterà la distribuzione offerta da una certa posizione del settore di Stephenson, che corrisponda ad una distribuzione ad espansione fissa avente per angolo di precessione il complemento dell'angolo che il raggio vettore centrale di quella circonferenza fa colla direttrice e per eccentricità il doppio raggio della stessa circonferenza. Per ragione di simmetria suppongo suddivise le variazioni

$$c_a \text{ o } c_o, \quad c_o \text{ o } c_i$$

dell'angolo di precessione in un numero di variazioni eguali, in quattro, per esempio.



Le distribuzioni corrispondenti a tali successive variazioni saranno rappresentate dai circoli passanti per l'origine ed i cui centri si trovano nelle intersezioni delle rette dividenti ciascuno dei due angoli

$C_a O C_o, C_o O C_i$

colla parabola  $C_a C_o C_i$ .

Completarò il diagramma col tracciare i tre circoli di centro  $O$  aventi per raggio: il ricoprimento esterno, il ricoprimento interno, la lunghezza della manovella.

Quando si voglia avere la rappresentazione dei periodi in frazione della corsa dello stantuffo bisognerà ancora proiettare su di una retta  $CD$  parallela alla retta fissa  $OZ$  le posizioni prese dal bottone della manovella alla fine dei vari periodi della corsa diretta e su d'una retta  $EF$  essa pure parallela alla  $OZ$  le posizioni occupate dal bottone nei cambiamenti di fase della corsa retrograda. Dividendo i due tratti  $CD, EF$  che evidentemente rappresentano la corsa intera dello stantuffo in 100 parti, e segnando la graduazione a partire da  $C$  per la  $CD$  e da  $F$  per la  $EF$ , si ha mezzo di leggere a quanti centesimi di corsa dello stantuffo avvengono i cambiamenti di fase nell'ipotesi sempre che si trascurino le piccole irregolarità dovute all'obliquarsi del tirante motore e delle aste degli eccentrici.

Così, prendendo ad esaminare la distribuzione corrispondente alla posizione estrema del comando a vite pel cammino in avanti, si vede che l'introduzione ha luogo fino ai 68 centesimi della corsa dello stantuffo. Segue poscia l'espansione pei 24 centesimi successivi, cioè, finchè lo stantuffo raggiunge i 92 centesimi di sua corsa. Per gli 8 centesimi rimanenti si avrà scarica anticipata.

Nella corsa retrograda si avrà scarica per 88 centesimi, compressione pei successivi 11 centesimi, anticipazione alla introduzione pel rimanente della corsa.



Comparando questa distribuzione con quelle intermedie, si rileva che di mano in mano il fessoio va avvicinandosi al punto morto, diminuisce il periodo d'introduzione ed aumentano quello di espansione e di scarica anticipata ; diminuisce il periodo di scarica ed aumentano gli ultimi due di compressione e di anticipazione all'introduzione.

L'aumentare le durate dei periodi di anticipazione alla scarica e di compressione, mentre via via va riducendosi la corsa della valvola , non è certo un vantaggio del meccanismo ; questo aumento però non è eccessivamente grande e non torna praticamente svantaggioso che per le posizioni del meccanismo prossimo al punto morto ; cosicchè in complesso si può concludere essere la distribuzione nelle macchine Sigl in abbastanza buone condizioni.

---



Fig. 1<sup>a</sup>

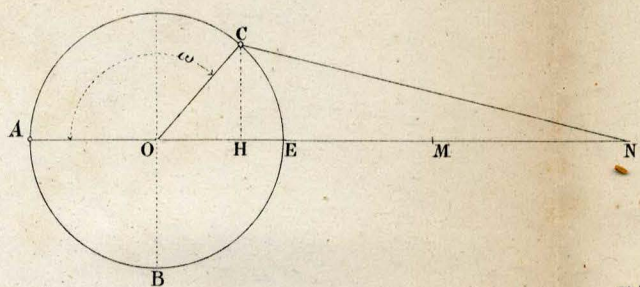


Fig. 2<sup>a</sup>

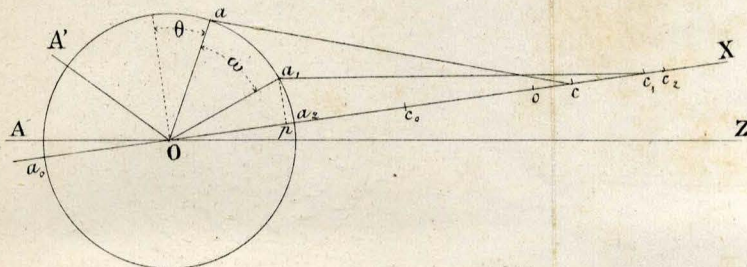


Fig. 3<sup>a</sup>

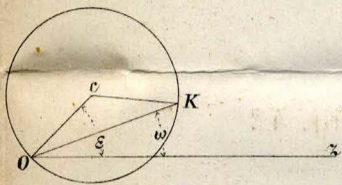


Fig. 4<sup>a</sup>

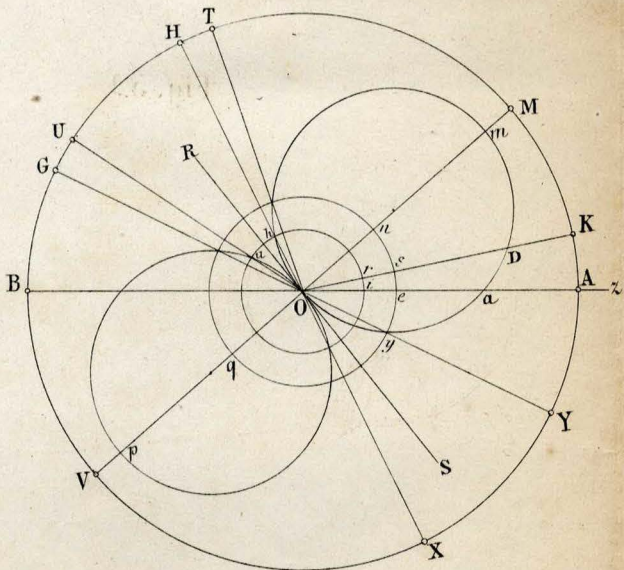


Fig. 5<sup>a</sup>

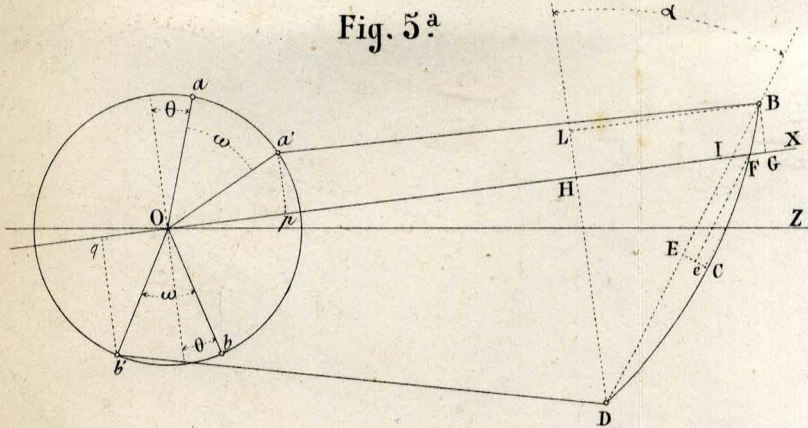


Fig. 6<sup>a</sup>

Scala di  $\frac{1}{3}$  per la corsa dello stantuffo, di  $\frac{4}{3}$  per la corsa della valvola

