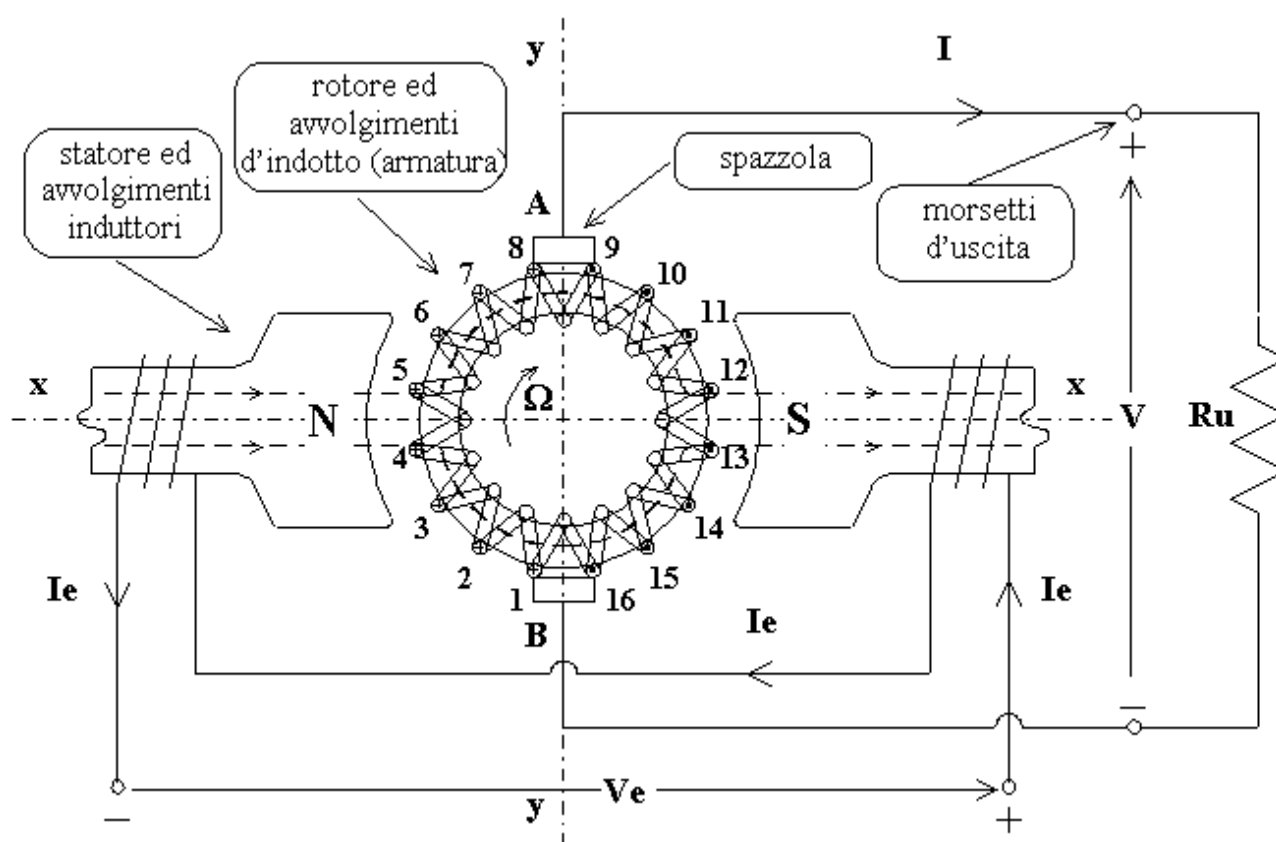


La dinamo e il suo funzionamento

La dinamo è un generatore di corrente continua (diversamente dall'alternatore che è un generatore di corrente alternata).



È una macchina capace di trasformare energia meccanica in energia elettrica e viceversa. La dinamo si compone di uno *statore* o *induttore* (parte fissa), che ha il compito di realizzare il campo elettromagnetico; di un *rotore* o *indotto* (parte mobile) libero di ruotare internamente allo statore; e infine di un *collettore* a lamelle solidale con l'indotto provvisto di spazzole collegate con il circuito esterno di utilizzazione. La prima dinamo fu costruita da A. Pacinotti utilizzando come induttore un magnete permanente tra le cui espansioni polari rotava un anello (anello di Pacinotti) di ferro dolce recante gruppi di spire.

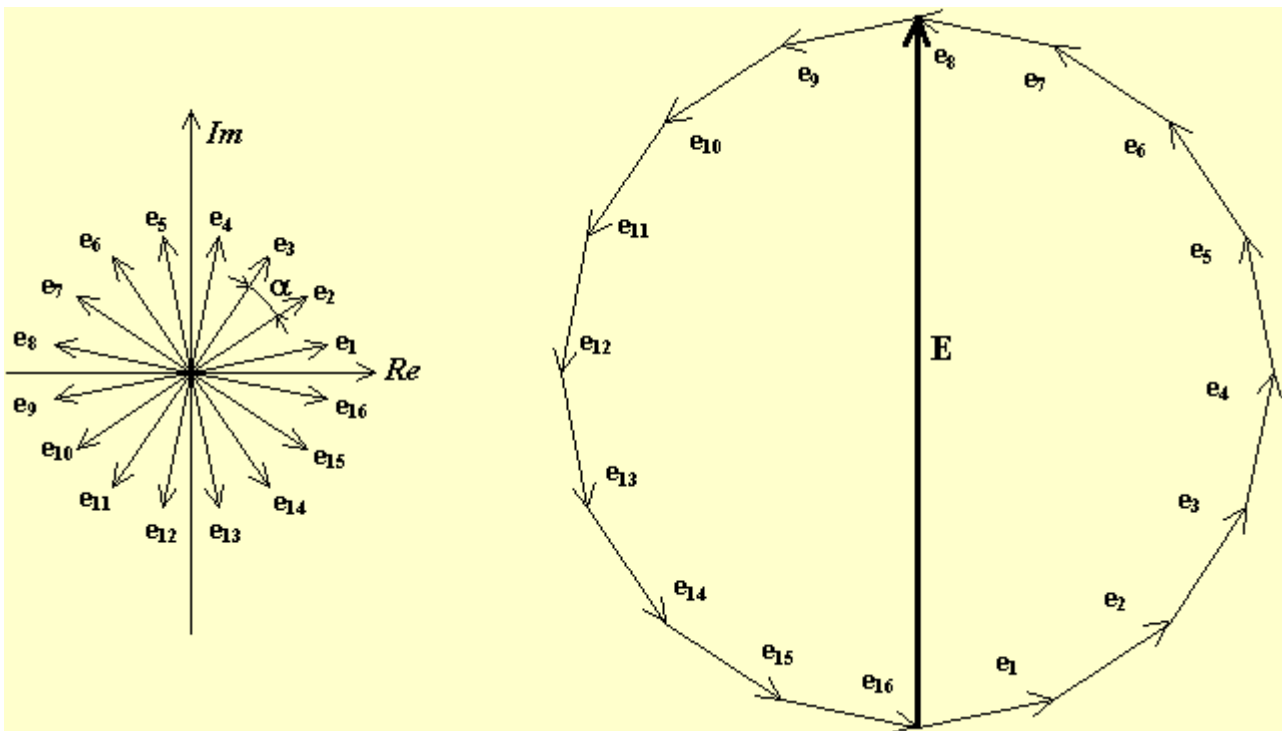
Il sistema induttore è ricavato nello statore della macchina: si compone di un nucleo di ferro massiccio che ha la funzione di convogliare il campo magnetico verso i poli (la cui espansione, chiamata anche scarpa polare è realizzata mediante lamierini per ridurre le perdite nel ferro dovute al pennellamento delle linee di campo magnetico nel passaggio dallo statore al rotore) e di un avvolgimento induttore eccitato in corrente continua I_e che ha lo scopo di generare il campo magnetico induttore.

Il sistema d'indotto è ricavato nel rotore ed è costituito da un nucleo realizzato con lamierini essendo il campo magnetico nel rotore variabile e dall'avvolgimento d'indotto (chiamato anche d'armatura) chiuso in cortocircuito. Nella figura tale avvolgimento è raffigurato nella forma dell'anello di Pacinotti.

La corrente continua I viene erogata mediante due spazzole di opportuno materiale che appoggiano sui conduttori attivi che costituiscono l'avvolgimento d'indotto in una zona ove tali conduttori sono privi d'isolamento. Tali spazzole, sistemate sull'asse interpolare (asse neutro), sono tenute ferme assieme allo statore e, quindi, realizzano un contatto strisciante al rotore.

Immaginiamo ora che l'avvolgimento induttore sia percorso dalla corrente d'eccitazione continua I_e [A] così che ciascun polo sia attraversato dal flusso costante F_{pp} [Wb], inoltre il rotore sia trascinato alla velocità ω [rad/s] da un motore primo esterno. I conduttori situati nella parte esterna dell'anello, tagliando le linee del campo magnetico induttore, saranno sede di f.e.m. indotte che, per la regola della mano destra, saranno entranti nella parte sinistra dell'anello ed uscenti nella parte destra. I conduttori che si trovano invece nella parte interna dell'anello non saranno sede di alcuna f.e.m. in quanto il campo magnetico induttore rimanendo confinato nel nucleo dell'anello non taglierà tali conduttori (ecco spiegato perché tali conduttori del tutto inattivi vengono eliminati mediante la realizzazione dell'avvolgimento d'indotto a tamburo). Durante la rotazione, uno stesso conduttore si troverà alternativamente sotto i poli induttori Nord e Sud, così che la f.e.m. in ciascun conduttore sarà alternata nel tempo. Più precisamente la f.e.m. istantanea in un conduttore è nulla quando il conduttore attraversa l'asse interpolare $y-y$, è massima positiva o negativa quando attraversa l'asse polare $x-x$.

A causa della simmetria con la quale i conduttori sono collocati sull'anello, la f.e.m. alternata in ciascun conduttore risulta sfasata di un angolo pari ad $\alpha = p \cdot 360^\circ / N$ rispetto a quella nel conduttore adiacente. Nel nostro caso, essendo il numero di conduttori attivi $N = 16$ ed essendo il numero di coppie polari $p = 1$, avremo $\alpha = 22,5^\circ$. Gli N conduttori si trovano in serie tra di loro così che è nulla la f.e.m. complessiva che agisce nell'indotto essendo questa data dalla somma vettoriale di N vettori uguali in intensità e disposti a stella simmetrica. Non è invece nulla la somma delle f.e.m. di una metà dei conduttori, ad esempio la somma delle f.e.m. dei conduttori da 1 a 8 sarà pari ad E .



E' possibile determinare un'espressione approssimata della E . Infatti se il numero di conduttori N è abbastanza grande (come accade in realtà), il poligono ottenuto sommando le f.e.m. negli N conduttori si può confondere con la circonferenza ad esso circoscritta:

Se chiamiamo e_M il valore massimo di ciascuna f.e.m. indotta, la lunghezza della circonferenza circoscritta varrà $\lambda \cong e_M \cdot N$ oppure, considerando che il valore massimo E della f.e.m. raccolta ai capi dei primi $N/2$ conduttori è anche il diametro della circonferenza, $\lambda \cong \pi \cdot E$. Eguagliando i due secondi membri si ha $e_M \cdot N \cong \pi \cdot E$. Ancora, ricordando il legame tra valore massimo e va-

lore medio in un semiperiodo per una grandezza sinusoidale $e_M = (\pi/2) \cdot e_m$ e sostituendo si ha:

$$\frac{\pi}{2} e_m \cdot N \cong \pi \cdot E \quad \text{da cui} \quad E \cong \frac{N}{2} \cdot e_m \quad [\text{V}]$$

ovvero il valore massimo della f.e.m. raccolta ai capi dei primi $N/2$ conduttori vale $N/2$ volte il valore medio della f.e.m. indotta in ciascuno.

Se indichiamo con T [s] il tempo impiegato dal rotore a compiere un giro e con Φ_{pp} [Wb] il flusso per polo, avremo che il valore medio della f.e.m. indotta in ciascun conduttore attivo in seguito al passaggio di un polo sotto al conduttore varrà, nel caso di macchine a due poli:

$$e_m = \left| \frac{\Delta \Phi_C}{\Delta t} \right| = \frac{\Phi_{pp}}{\frac{T}{2}} = \frac{2 \cdot \Phi_{pp}}{T} \quad [\text{V}]$$

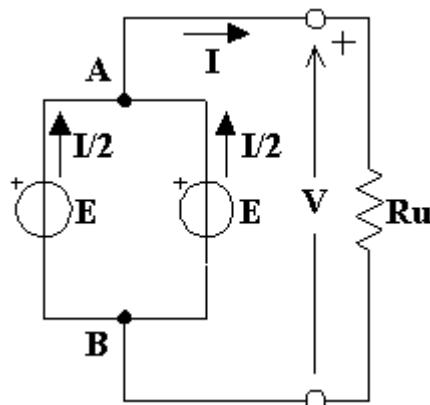
Volendo introdurre la velocità n [giri/l'] di rotazione del rotore:

$$n = \frac{60}{T} \quad [\text{g} / \text{l}'] \Rightarrow e_m = \frac{2 \cdot \Phi_{pp} \cdot n}{60} \quad [\text{V}]$$

Sostituendo nell'espressione della f.e.m. massima raccolta ai capi dei primi $N/2$ conduttori si ottiene:

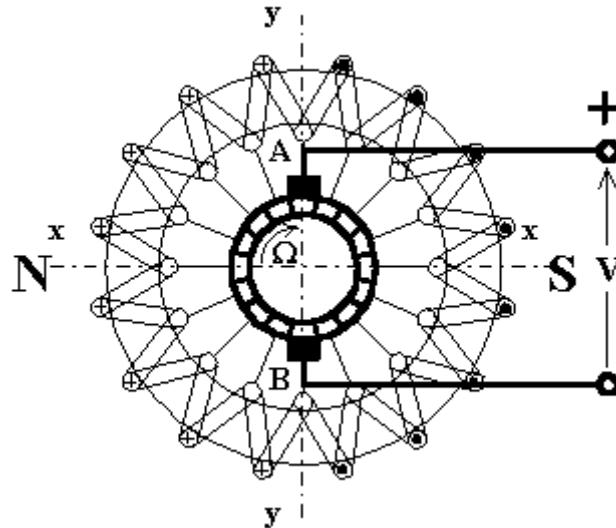
$$E = \frac{N}{60} \cdot \Phi_{pp} \cdot n = \frac{N}{2 \cdot \pi} \cdot \Phi_{pp} \cdot \Omega \quad [\text{V}]$$

dove $\Omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$ [rad/s] è la velocità angolare del rotore. Tale espressione è ovviamente approssimata, infatti si è supposto di considerare il poligono coincidente con la circonferenza circoscritta, si è fatta una trattazione di prima armonica e non si è tenuto conto del fatto che i vettori rappresentativi delle f.e.m. indotte nei singoli conduttori attivi modificano la loro posizione sul piano di Gauss quando, durante la rotazione del rotore, i conduttori assumono una configurazione non simmetrica (o comunque diversa da quella esposta in figura). Per tali motivi la f.e.m. raccolta ai capi dei primi $N/2$ conduttori oscilla fra un valore massimo ed un valore minimo (valori che tendono ad avvicinarsi tra di loro tanto più quanto più è elevato N).



A questo punto si può dire che ciascun conduttore attivo dell'indotto è sede di una f.e.m. sinusoidale nel tempo, la f.e.m. che agisce nell'intero circuito d'indotto è nulla mentre quella che si raccoglie nei conduttori posti sotto uno stesso polo ($N/2$ per macchine bipolari) ha un valore

massimo pari ad E . Se disponiamo due spazzole conduttrici A e B in corrispondenza degli interassi polari avremo che la f.e.m. tra tali spazzole varrà costantemente E , infatti pur ruotando l'indotto si avranno sempre $N/2$ conduttori a destra delle spazzole e $N/2$ conduttori a sinistra delle spazzole. La serie di conduttori attivi disposti sotto uno stesso polo è chiamata via interna dell'indotto, nel nostro esempio abbiamo due vie interne. La direzione delle f.e.m. in ciascuna delle due vie interne è tale per cui la spazzola A vede la f.e.m. uscire mentre la spazzola B vede la f.e.m. entrare, quindi la spazzola A è positiva rispetto alla spazzola B . In tal modo tra le spazzole è disponibile una tensione V che, a meno di cadute di tensione interne, è pari alla f.e.m. costante E . Se si collega una resistenza R_u si ha l'erogazione di corrente continua I [A]. La figura mostra il circuito equivalente di una dinamo ideale (nessuna resistenza interna) a due vie interne.



Risulta evidente la precarietà del contatto tra le spazzole ed i conduttori attivi, a ciò si rimedia mediante il sistema spazzole e collettore a lamelle. Ciascun conduttore attivo viene collegato elettricamente con una lamella metallica riportata sul collettore coassiale con l'albero del rotore (ovviamente le lamelle contigue, pur vicinissime, sono tra di loro isolate). In coincidenza con gli interassi polari sono poi sistemate rigidamente le spazzole, ciascuna spazzola ha una larghezza sufficiente a farle toccare due lamelle contigue.