

Ball Bearing Motor Theory

dr.ing. Alberto Sacchi
Sviluppo Progetti Avanzati srl- R&D Dept.
ing.sacchi@alice.it

SINTESI (ABSTRACT)

Ipotesi elettromagnetica inerente il funzionamento del Motore a Cuscinetti (Ball Bearing Motor) che si intende dimostrare essere funzionalmente corrispondente al noto motore aciclico omopolare di Farady.

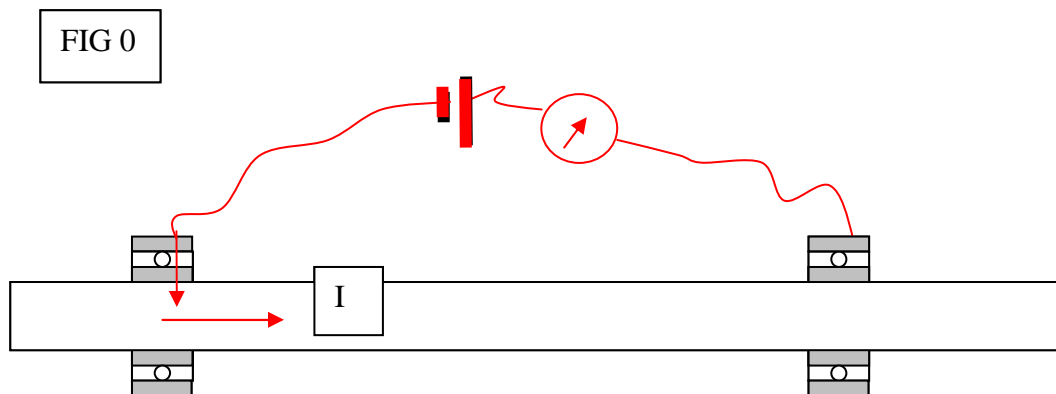
Electromagnetic hypothesis concerning Ball Bearing Motor operation, functionally equivalent to well known Faraday's homopolar motor.

PAROLE CHIAVE (KEYWORD)

Cuscinetto a sfere, motore omopolare, albero cuscinetti, densità di corrente, flusso di campo, velocità di deriva

A) INTRODUZIONE (INTRODCTION)

Il motore a cuscinetti (Ball Bearing Motor) presenta la forma elementare di cui a FIG 0



Alimentato con corrente di adeguata intensità l'albero si pone in rotazione dopo un breve avviamento dall'esterno.

Il senso di rotazione è indipendente da quello della corrente che può essere indifferentemente c.a. o c.c..

Il principio di funzionamento è tutt'ora oggetto di analisi e non sembra esistere una teoria esaurientemente validata dagli esperimenti sinora compiuti.

S. Marinov suggests that the device produces motion from electricity without magnetism being involved, operating purely by thermal means.[1] The same explanation is given by Watson, Patel and Sedcole for rotating cylinders (instead of balls).[2] However, H. Gruenberg has given a thorough theoretical explanation based on pure electromagnetism (and neglecting the thermal effects completely).[3] Also, P. Hatzikonstantinou and P. G. Moyssides claim to have found an excellent agreement between the results from the electromagnetic theory and the experiments measuring the total power and efficiency of the motor.[4]

Da Wikipedia

S. Marinov ipotizza che il sistema generi movimento per via elettrica, senza che sia coinvolto un campo magnetico, quindi per via puramente termica. Medesima spiegazione è avanzata da Watson, Patel e Sedcole adottando cuscinetti a rulli anziché a sfere

Per contro H. Gruenberg ha proposto una spiegazione teorica basata su interazioni puramente elettromagnetiche (rifiutando l'ipotesi di effetti esclusivamente termici).

Anche P. Hatzikonstantinou e P.G. Mossydes dichiara di aver riscontrato una eccellente concordanza di risultati tra la teoria elettromagnetica e il rendimento del motore ottenuto sperimentalmente.

La teoria termica trova parziale conferma dalla indipendenza del senso di rotazione dal verso della corrente e dal funzionamento sia in c.c. che in c.a. condizioni peraltro verificantesi anche con una teoria elettromagnetica ove campo e corrente presentano inversione simultanea.

I have established that the ball-bearing motor is not an electromagnetic motor but a thermal engine. Here not the whole ball becomes hot but only that small part of it which touches the race, at a "point contact" where the ohmic resistance is much higher than the resistance across the ball. Only this small "contact part" of the ball dilates; and the dilatation is very small, only a few microns..... Since the balls and the races are made of very hard steel, a slightly ellipsoidal ball produces a huge torque when one of the races rotates with respect to the other.

Stefan Marinov

Ho stabilito che il ball bearing motor non sia un motore elettromagnetico bensì sia un motore termico..... Non tutta la sfera del cuscinetto aumenta di temperatura bensì solo la piccola porzione in contatto con la corona (del cuscinetto) dove, nel punto di contatto la resistenza ohmica è più elevata. Solo tale piccola parte della sfera si dilata di una quantità veramente piccola, solo pochi micron.....Dato che sia le sfere che le corone de cuscinetto sono in acciaio di elevata durezza una sia pur piccola deformazione ellissoidale delle sfere da luogo ad una elevata coppia allorchè una corona (del cuscinetto) risulta in rotazione rispetto all'altra. Stefan Marinov

Paul Moysides per contro, ritiene non conclusive le ipotesi elettromagnetiche di Gruenberg, Watson, Williams e Crimp; egli scrive: *We discuss and clarify a number of very serious mistakes and misunderstandings concerning the mechanism of the ball bearing motor. Specifically we show that Gruenberg's mechanism, which is equivalent to the phenomenological model of Watson, Williams, and Crimp (1993), does not explain the ball bearing motor behavior at all, because the predicted total torque T acting on the ball is $T=0$. In addition, another wrong conclusion obtained by WWC is their interpretation of their experimental.*

P. Moysides

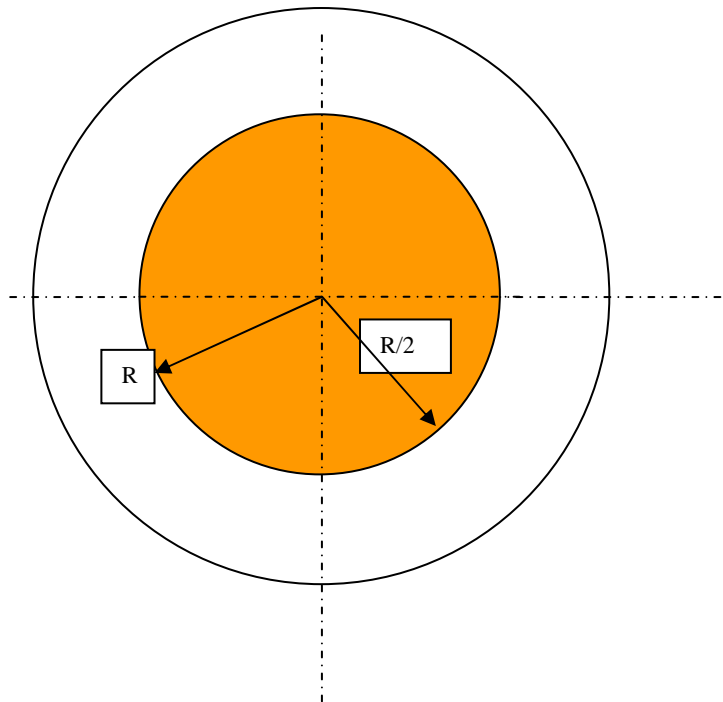
Dept. of Phys., Nat. Tech. Univ. of Athens, Greece,

Tutto ciò sembra confermare l'inesistenza di una teoria unica e pienamente confermata dalla sperimentazione.

B) TEORIA ELETTROMAGNETICA (ELECTROMAGNETIC THEORY)

Viene analizzato il comportamento dell'albero del Ball Bearing Motor da parte di un osservatore per il quale l'albero appare in rotazione.

FIG. 1B



Viene definita velocità di Deriva dei Portatori di Carica in un conduttore = \mathbf{V}_D la velocità media ordinata degli elettroni.

\mathbf{V}_D è dell'ordine di 10^{-3} m/s in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali.

Si assume che la distribuzione della Densità di Corrente \mathbf{J} sull'area $S = \pi R^2$ dell'albero rotante sia uniforme; ne deriva:

$$\mathbf{J} = \mathbf{I}/S = dQ/dt S = \rho \cdot e S \mathbf{V}_D dt / dt S = \rho e \mathbf{V}_D \quad (1B)$$

Essendo ρ = densità volumica di carica

e = carica elettrone = $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$S \mathbf{V}_D dt$ = volume del cilindro avente sezione retta S e lunghezza $\mathbf{V}_D \cdot dt$

Dalla (1.B) si ha.

$$\mathbf{V}_D = \frac{\bar{J}}{ne} = \frac{\bar{I}}{neS} \quad (2B)$$

Su di una circonferenza di raggio generico r i Portatori di Carica avranno una componente della velocità Assiale $\mathbf{V}_A = \mathbf{V}_D$ ed una componente tangenziale $\mathbf{V}_T = \omega r$.

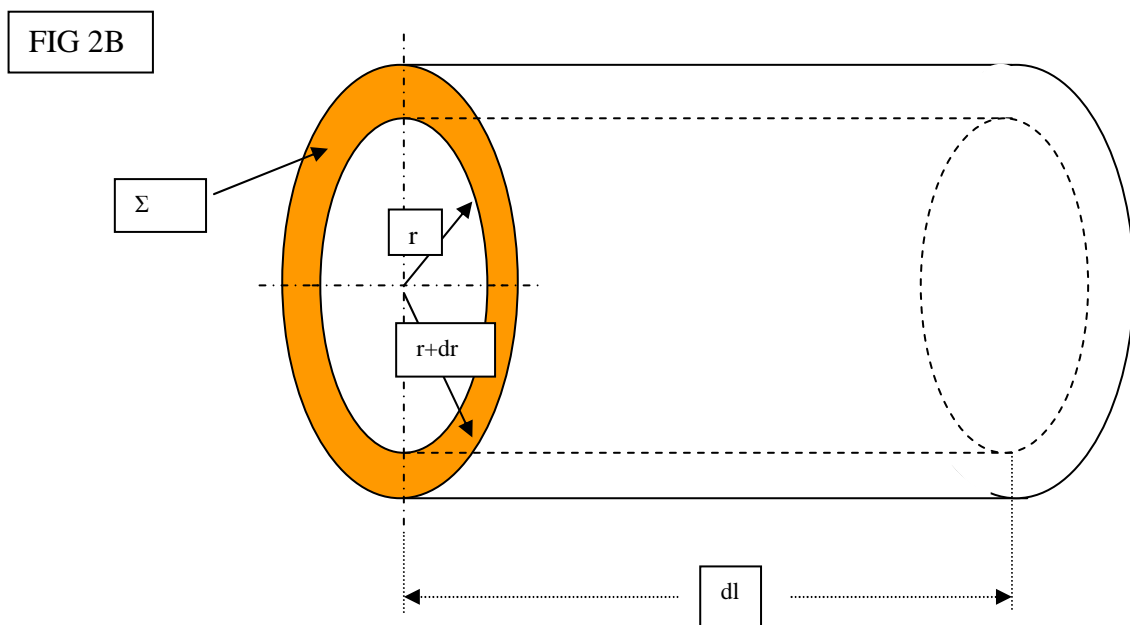
La somma vettoriale tra \mathbf{V}_A e \mathbf{V}_T dà luogo ad un vettore \mathbf{V} di modulo $\sqrt{V_A^2 + V_T^2}$ tangente alla circonferenza di raggio r .

$$|\mathbf{V}| = \sqrt{V_A^2 + V_T^2} = \sqrt{\omega^2 r^2 + V_D^2} \quad (3B)$$

Da FIG 3B $\tan \varphi = V_A / V_T = V_A / \omega r$ (4B)

Si consideri una corona toroidale di raggio generico r e $r+dr$ e di lunghezza assiale:

$$dl = V_A dt \quad \text{FIG.2B} \quad (5B)$$



L'area della corona toroidale è.

$$d\Sigma = 2\pi r dr \quad (6B)$$

avendo trascurato i differenziali di ordine superiore.

La corrente, avendo supposto una distribuzione uniforme della densità di corrente \mathbf{J} , all'interno del volume $dW = d\Sigma dl$, risulta essere:

$$dI = dQ/dt = \frac{e\rho dW}{dt} = \frac{e\rho d\Sigma dl}{dt} = \frac{e\rho d\Sigma V dt}{dt} = 2eprV dr$$

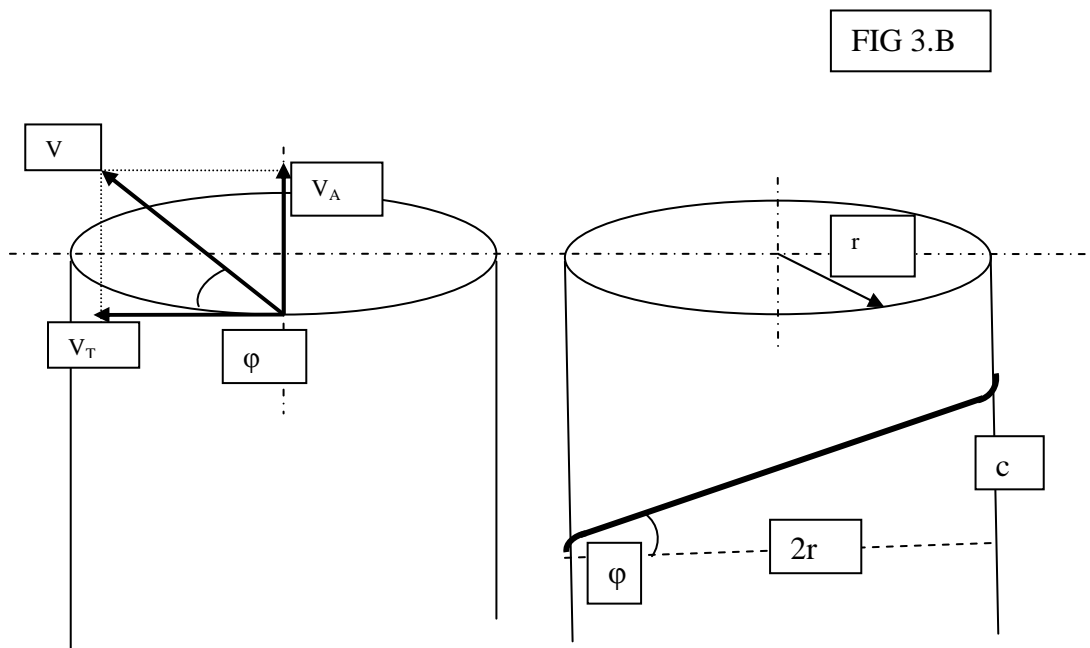
Ossia, in base alla (3B).

$$dI(r) = 2epr \sqrt{\omega^2 r^2 + V_A^2} dr \quad (7B)$$

Detto c il passo dell'elica generata da \mathbf{V} (FIG 3B) risulta essere.

$$c = 2V_A/\omega \quad (8B)$$

cioè, in base alla (4B):



E' ora calcolabile il numero di spire del generico solenoide di raggio r costituito da \mathbf{V} :

$$\eta^\circ = L/c = \omega L / 2V_A \quad (10B)$$

essendo L la lunghezza dell'albero compresa tra i due cuscinetti.

c risulta essere indipendente da r ed è quindi il passo di tutte le infinite corone toroidali comprese tra 0 ed R .

Tale solenoide, percorso dalla corrente dI genera un campo magnetico di intensità $d\mathbf{B}$ le cui linee di flusso sono assiali all'interno dell'albero rotante (FIG. 3B).

Nota la permeabilità magnetica del materiale dell'albero rotante $= \mu$ si ha che il campo interno all'albero stesso per quanto attiene al contributo del toroide di raggio generico r è:

$$d\mathbf{B} = \mu \frac{\eta^\circ dI}{L} \quad (11B)$$

Quindi:

$$dB = \mu \frac{\omega \epsilon \rho r \sqrt{\omega^2 r^2 + V_A^2}}{V_A} dr \quad (12B)$$

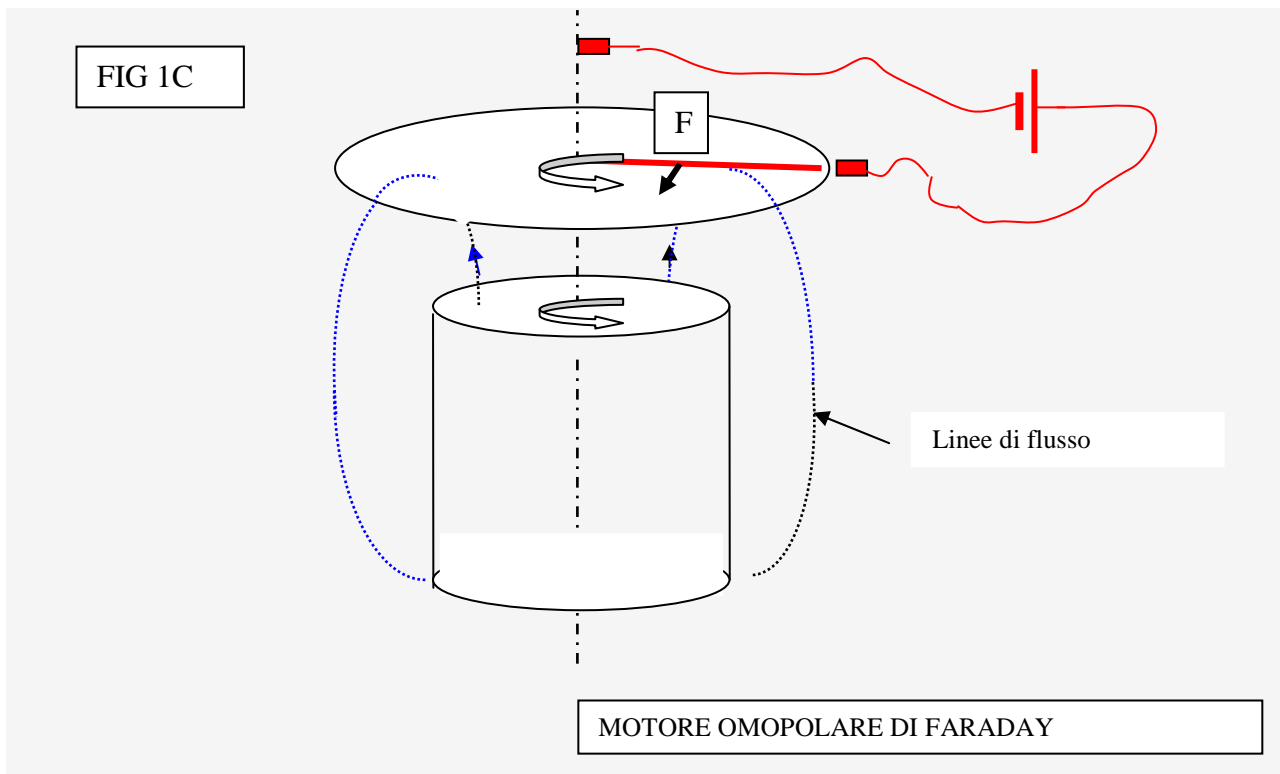
e

$$B = \mu \int_0^R \frac{\omega \epsilon \rho r \sqrt{\omega^2 r^2 + V_A^2}}{V_A} dr \quad (13B)$$

Tale integrale può essere risolto solo numericamente ma evidenzia l'esistenza di un campo assimilabile a quello di un solenoide o di magnete permanente ruotante. Ciò consente di ammettere la prevista analogia con un classico motore aciclico omopolare di Faraday.

C) MOTORE OMOPOLARE DI FARADAY (FARADY HOMOPOLAR MOTOR)

Il motore aciclico omopolare di Faraday è sinteticamente illustrato da FIG. 1C.



Il raggio R del disco (in colore rosso FIG 1C) percorso da corrente I è soggetto ad una forza **F** normale ad R , complanare al disco e applicata al punto R/2.

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \mathbf{R} I \quad (\text{Legge di Faraday}) \quad (1C)$$

La coppia che pone in rotazione il disco è allora :

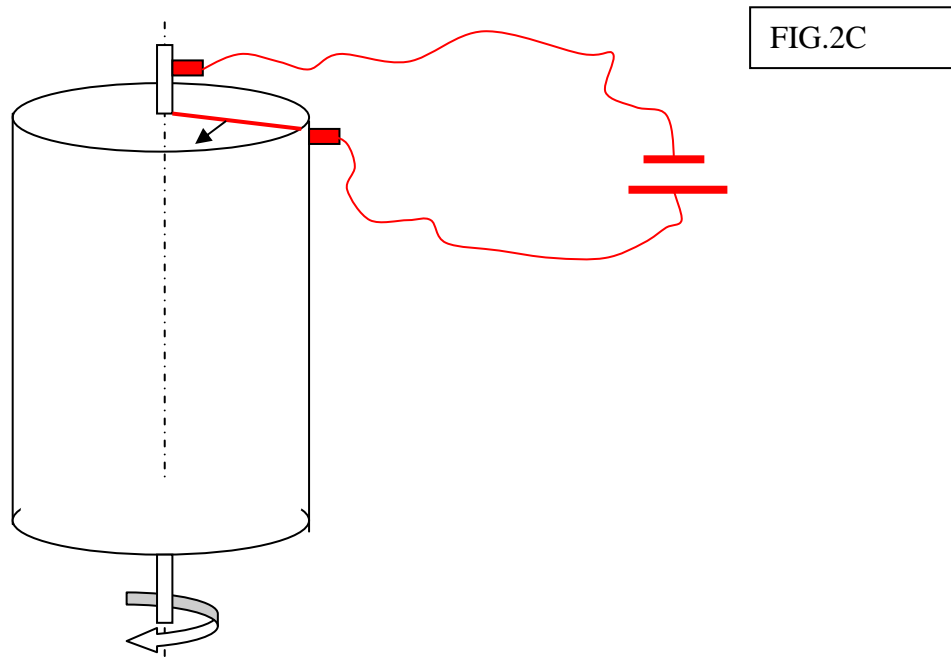
$$C = FR = \frac{BR^2 I}{2} \quad (2C)$$

Quindi, con magnete stazionario, il disco si pone in rotazione sotto l'azione di B e di I. Ciò che sembrerebbe contraddire il Principio di Relatività è che, nelle stesse condizioni ma con disco bloccato da una azione esterna, il magnete non si ponga in rotazione. (Paradosso di Faraday).

In realtà la (2C) può derivarsi direttamente dalla Legge di Loretz.

$\mathbf{F} = Q (\mathbf{B} \times \mathbf{v})$ dove \mathbf{v} è la velocità di deriva degli elettroni di conduzione della corrente I, corrente che non è presente nel magnete (che pertanto non si pone in rotazione).

Situazione analoga a quella di cui a FIG 1C si ha qualora disco e magnete siano meccanicamente solidali oppure nel caso la corrente I passi dall'asse di rotazione del magnete (che si presume elettroconduttore) ad un punto della sua superficie (FIG 2C)



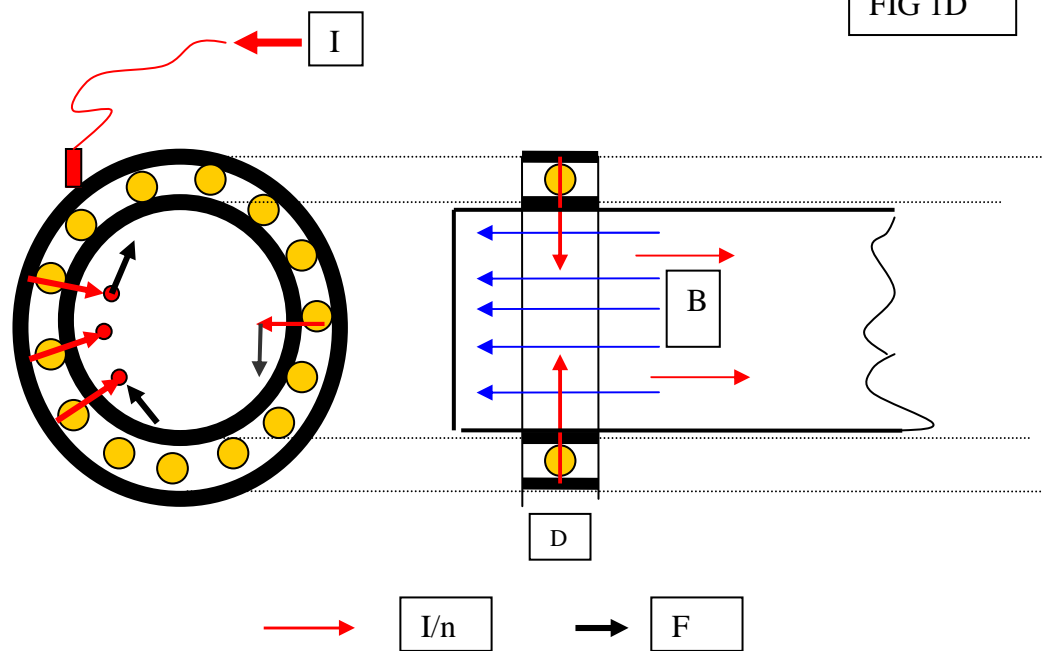
D) EQUIVALENZA ELETTROMAGNETICA MOTORI BALL BEARING/OMOPOLARE (ELECTROMAGNETIC EQUIVALENCE BALL BEARING / HOMOPOLAR MOTORS)

Dalla (13B) si ricava l'equivalenza elettromagnetica dell'albero rotante percorso dalla corrente I con il magnete permanente della versione di FIG 2C di un tipico motore omopolare.

L'analisi del percorso della corrente di alimentazione nei cuscinetti (ed in particolare nelle sfere della corona sfere) porta a confermare l'analogia tra i due motori nel loro complesso.

FIG 1D indica come la corrente I venga convogliata dalla corona esterna alla corona sfere e da questa alla corona interna del cuscinetto ed infine all'albero rotante.

FIG 1D



Sia n il numero di sfere del cuscinetto; la corrente I verrà suddivisa in n vettori il cui modulo dipenderà dalla resistenza di contatto tra le corone e ciascuna sfera; nel seguito si ipotizza che tali vettori abbiano tutti modulo identico $= I/n$.

Essi, nella immediata prossimità della corona interna saranno diretti radialmente per assumere direzione assiale e/o elicoidale successivamente.

Il campo magnetico assiale B è quindi ortogonale a I/n generando conseguentemente una forza F avente direzione tangenziale:

$$F = n B D I/n = B D I$$

essendo D = larghezza assiale cuscinetto.

Poiché la reale direzione di I/n (cioè la distanza dalla corona interna dopo la quale I/n non è più ortogonale all'asse geometrico dell'albero rotante) è valutabile solo sperimentalmente, il valore di F e la relativa coppia da essa generata non è determinabile teoricamente.

Ciò non ostante appare evidente la presenza di una coppia sull'albero tale da porlo in rotazione.

La condizione base è la presenza di B assiale, ottenibile esclusivamente con albero in rotazione come da (12B) e (13B). Ciò giustifica pienamente la necessità di un avviamento esterno (assenza di auto avviamento).

E) RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI (REFERENCES)

1^ Mike Harrison. "The Ball-Bearing electric motor". Archived from the original on 8 October 2006. <http://www.electricstuff.co.uk/bbmotor.html>. Retrieved 2006-10-08.

2^ D. B. Watson, S. M. Patel, N. P. Sedcole. Ball-bearing motor effect with rolling cylinders. IEE Proc.-Sci. Meas. Technol., Vol. 146, No. 2, March 1999.[\[1\]](#)

3[^] H. Gruenberg. The ball bearing as a motor. American Journal of Physics, Dec. 1978, Vol. 46, Issue 12, pp. 1213-1219.[\[2\]](#)

4[^] P. Hatzikonstantinou, P. G. Moyssides. Explanation of the ball bearing motor and exact solutions of the related Maxwell equations. Journal of Physics A: Mathematical and General, Volume 23, Issue 14, pp. 3183-3197 (1990).[\[3\]](#)[\[4\]](#)

5-Kirk T. McDonald Joseph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton, NJ 08544
(May 17, 2011)

6- J.G. Guala Valverde- The Homopolar Motor A True Relativistic Engine – Norpatagonia R&D

7 -M.J. Crooks - B. Litvin and P.W. Matthews – One-piece Faraday generator- Vancouver V6T 1W5

.