



Università degli Studi di Padova
DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE
DEI SISTEMI INDUSTRIALI (DTG)

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccatronica

Relazione di laboratorio

Misura sperimentale della resistenza di armatura e della forza elettromotrice in un motore a corrente continua

Candidato:
Enrico Besoli,
Matricola 1221402

Docenti:
Prof. Fabio Tinazzi, Prof. Riccardo Antonello

Anno Accademico 2022-2023

Indice

1	Introduzione	2
2	Strumenti Usati	2
2.1	Multimetro da Laboratorio	3
2.2	Multimetro Portatile	3
2.3	Banco di prova per il motore cc	4
2.4	Sonda Differenziale	4
2.5	Oscilloscopio	5
3	Misurazione della resistenza di armatura R_a	5
3.1	Misurazione della resistenza R_a (2 terminali) con DMM portatile	6
3.2	Misurazione della resistenza R_a (4 terminali) con DMM portatile	6
4	Misurazione di R_a (2 terminali) con multimetro da laboratorio	7
5	Misurazione di R_a (4 terminali) con multimetro da laboratorio	7
5.1	Vantaggi e svantaggi della misurazione a 4 terminali	8
6	Misurazione della Forza Controelettromotrice f_{cem}	8

1 Introduzione

L'esperienza proposta ha lo scopo di andare a misurare sperimentalmente la resistenza di armatura e la forza controelettromotrice di un motore in corrente continua. Per la misura di resistenza si possono usare diversi metodi (2 o 4 terminali) e diversi strumenti (multimetri da laboratorio o da campo) che permettono di avere una misura più o meno precisa. Nella misura della forza controelettromotrice il motore viene alimentato con una tensione costante e la stima della f_{cem} viene ricavata tramite l'utilizzo di un oscilloscopio che permette di visualizzare l'andamento della tensione applicata al motore.

2 Strumenti Usati

Gli strumenti utilizzati durante l'esperienza sono:

- Multimetro da Laboratorio (DMM);
- Multimetro da Campo;
- Banco di prova per il motore cc;
- Sonda differenziale;
- Oscilloscopio.

2.1 Multimetro da Laboratorio

Si tratta di uno strumento da banco che permette di effettuare diverse misurazioni di corrente continua e alternata, misurazioni di tensioni continua e alternata, misurazioni di resistenza ecc.



Figura 1: Multimetro da laboratorio digitale

2.2 Multimetro Portatile

È uno strumento portatile con cui si possono effettuare le medesime misurazioni del multimetro da laboratorio con prestazioni inferiori, ma con la differenza che può essere utilizzato anche al di fuori del laboratorio senza la necessità di collegarlo ad una fonte di alimentazione. Presenta un selettore che consente di scegliere il tipo di misurazione che si vuole effettuare (misure di corrente, tensione, resistenza).



Figura 2: Multimetro digitale da campo

2.3 Banco di prova per il motore cc

E' composto da un motore BLCD collegato ad un inverter. I terminali delle varie fasi del motore e i comandi di avvio e di stop sono facilmente accessibili dall'interfaccia di fig. 3.

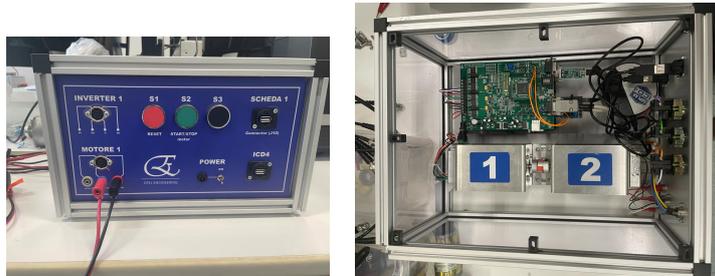


Figura 3: Banco di prova per il motore cc

Dal datasheet del motore si possono ricavare:

$R_t h$	0,57 Ω
Temp. Amb.	21,5 $^{\circ}C$

2.4 Sonda Differenziale

Si tratta di uno strumento che ha lo scopo di misurare la caduta di tensione tra due punti senza che uno di questi sia necessariamente connesso ad una massa comune. Questo permette di avere un'accurata precisione nella misurazione della caduta di tensione. La sonda differenziale inoltre permette di misurare elevati valori di tensione(circa 10000V rms) e presenta un'attenuazione della tensione di 1/20 o 1/200 selezionabile tramite un selettore come si può osservare in fig.4.



Figura 4: Sonda differenziale

2.5 Oscilloscopio

Questo strumento permette di visualizzare l'andamento nel dominio del tempo dei segnali elettrici ed effettuare misure a lettura diretta di tensione (rappresentata sull'asse verticale) e periodo (con il tempo rappresentato sull'asse orizzontale), frequenza, tensione picco-picco, ecc.



Figura 5: Oscilloscopio

3 Misurazione della resistenza di armatura R_a

In questa fase dell'esperienza verranno usati i seguenti strumenti:

- Multimetro da laboratorio;
- Multimetro portatile;
- Banco di prova per il motore cc.

La misurazione di resistenza nei DMM avviene inviando una corrente di prova I_R di valore noto al resistore o alla porta del circuito di cui si vuole conoscere la resistenza e si misura la corrispondente caduta di tensione ai suoi capi. Le misure di resistenza tramite i DMM sono di due tipi:

- *a quattro terminali*: usata per la misurazione di piccole resistenze;
- *a due terminali*: usata per la misurazione di resistenze grandi.

3.1 Misurazione della resistenza R_a (2 terminali) con DMM portatile

Questo tipo di misurazione si effettua nel seguente modo: Si va ad impostare il selettore del DMM portatile nella posizione Ω , che serve per effettuare la misurazione di resistenza, poi si collegano i morsetti al multimetro come in fig.2 e i terminali dei morsetti vengono inseriti nel banco di prova del motore come visualizzato in fig.3 Con questo tipo di misurazione si è ottenuto un valore di resistenza di armatura pari a $R_A=0,656\Omega$ che è un valore in accettabile, al netto delle condizioni e dello strumento, se confrontato con il valore del datasheet del motore che risulta essere pari a $R_A=0,57\Omega$. La differenza tra le due misurazioni è dovuta al fatto che la misurazione con il DMM portatile risente di resistenze parassite lungo i collegamenti e alla diversa temperatura con la quale è stata effettuata la misurazione.

3.2 Misurazione della resistenza R_a (4 terminali) con DMM portatile

Per questo tipo di misurazione sono necessari:

- 2 DMM portatili, uno per la misurazione di corrente e uno per la misurazione di tensione;
- generatore di corrente;
- banco di prova con il motore cc;

Per procedere alla misurazione di R_a i collegamenti da effettuare seguiranno il seguente schema:

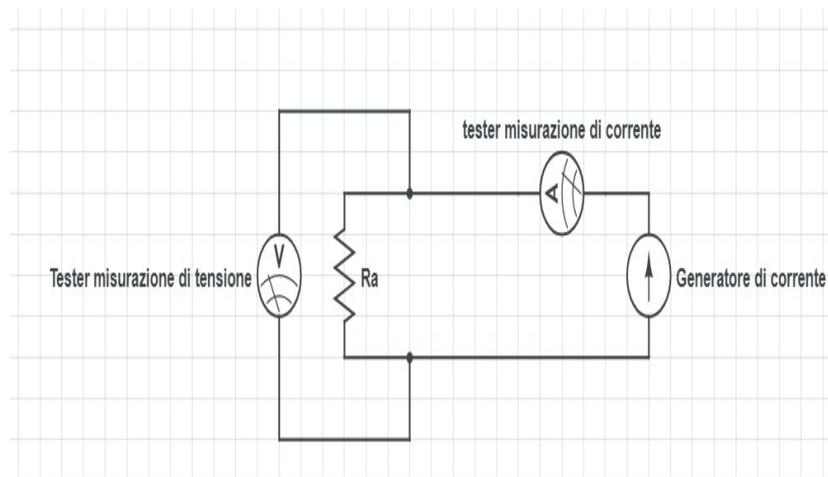


Figura 6: Schema per la misurazione di R_a con la misurazione a 4 terminali

Con questa configurazione si va, tramite un generatore di corrente, a far scorrere attraverso R_a una corrente di riferimento i_a . Tramite un tester con il selettore nella modalità di misurazione di corrente si va a misurare il valore di corrente mentre con un altro tester in modalità di misurazione di tensione si va

a ricavare la caduta di tensione in corrispondenza della resistenza R_a . Ottenuti i valori di corrente e tensione si può procedere al calcolo della resistenza R_a tramite $R = \frac{U}{I}$

4 Misurazione di R_a (2 terminali) con multimetro da laboratorio

Per effettuare la misurazione di R_a con il metodo a 2 terminali con il multimetro digitale sarà sufficiente selezionare pannello frontale di fig.1 il comando $\Omega 2W$ ed effettuare i collegamenti delle sonde ai terminali del motore in modo analogo al DMM portatile. La misurazione che si ricava è visibile direttamente dal display e risulta essere pari a:



Figura 7: Risultato della misurazione di R_a con il metodo a 2 terminali

5 Misurazione di R_a (4 terminali) con multimetro da laboratorio

In modo analogo alla misurazione precedente tramite il pannello frontale di fig.1 si seleziona il comando $\Omega 4W$ per effettuare la misurazione di R_a a 4 terminali e si effettua la misurazione che dà come valore:

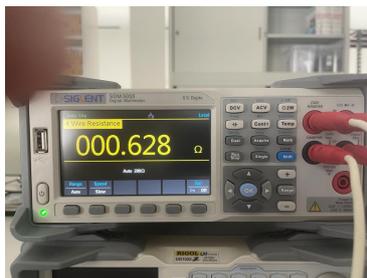


Figura 8: Risultato della misurazione di R_a con il metodo a 4 terminali

5.1 Vantaggi e svantaggi della misurazione a 4 terminali

I *vantaggi* della misurazione di R_a con il metodo a 4 terminali sono una migliore precisione e una migliore sensibilità nella misurazione di resistenze molto piccole. Gli *svantaggi* sono invece che se si ha una corrente di valore troppo elevato si ha il surriscaldamento di R_a con una conseguente alterazione della misurazione.

6 Misurazione della Forza Controelettromotrice fcem

Per la misurazione della forza controelettromotrice (E_a) del motore sono necessari:

- Banco di prova per il motore cc;
- Sonda Differenziale;
- Oscilloscopio.

Nella misurazione della forza controelettromotrice il motore viene alimentato con un gradino di tensione. Una volta avviato il motore, dopo una fase iniziale di assestamento, si raggiunge il funzionamento a regime. Dalle equazioni del motore cc con il funzionamento a tensione impressa:

$$U_a = R_a \cdot I_a + K_e \cdot \phi \cdot \Omega \quad (1)$$

$$I_a = \frac{U_a - K_e \cdot \phi \cdot \Omega}{R_a} \quad (2)$$

A regime si ha che $I_a=0$ da cui dall'equazione 2 si ricava:

$$U_a = K_e \cdot \phi \cdot \Omega = E_a \quad (3)$$

Che corrisponde esattamente alla definizione di forza controelettromotrice.

Tramite l'oscilloscopio si analizza l'andamento della tensione e si ricavano le seguenti immagini:

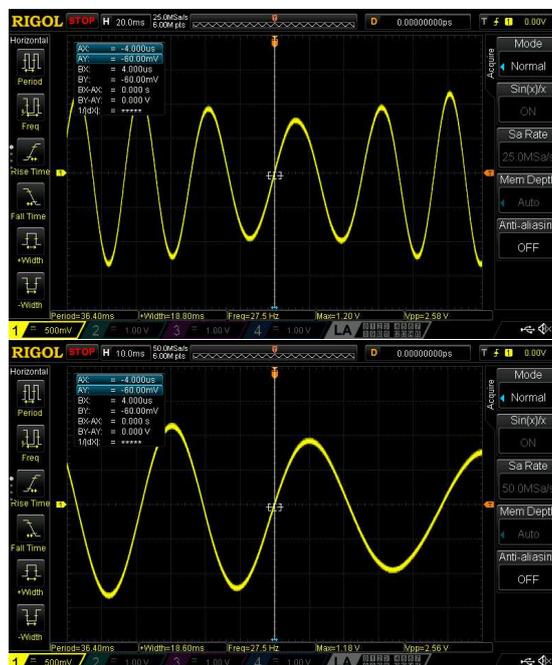


Figura 9: Screenshot dell'oscilloscopio nella misurazione della fceem

Sono stati effettuati piu' screenshot dell'oscilloscopio perchè la tensione di alimentazione presenta delle oscillazioni e quindi avendo piu' immagini si può utilizzare una media delle tensioni picco-picco rilevate dall'oscilloscopio. La tensione media risulta essere:

$$U_{a,media} = \frac{U_{a,1} + U_{a,2}}{2} = 2,57V \quad (4)$$

Da cui per ricavare ora la forza controlettromotrice E_a si effettua il seguente calcolo:

$$E_a = \frac{U_{a,media}/2}{\sqrt{3}} \approx 0,742V \quad (5)$$