Sessione ordinaria 2023
Seconda prova scritta

Ministero dell'istruzione e del merito

A025 - ESAME DI STATO CONCLUSIVO DEL SECONDO CICLO DI ISTRUZIONE

Indirizzo: ITET – ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
ARTICOLAZIONE "ELETTROTECNICA"
(Testo valevole anche per l'indirizzo quadriennale IT40)

Disciplina: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA

Il candidato svolga la prima parte della prova e due tra i quesiti proposti nella seconda parte.

PRIMA PARTE

All'interno di una piccola struttura aziendale è necessario movimentare carichi caratterizzati da coppie resistenti praticamente costanti per tutto il campo di velocità. Si dispone di un motore asincrono trifase a 4 poli caratterizzato dai seguenti dati di targa:

- tensione nominale V = 400V
- frequenza nominale f = 50 Hz
- corrente nominale In = 58 A
- fdp nominale $\cos\phi_n = 0{,}88$
- scorrimento nominale $s_n = 3\%$

Dalla documentazione tecnica a disposizione si evince che la resistenza misurata in corrente continua tra due morsetti statorici alla temperatura ambiente è pari a 210 mΩ e che la prova a vuoto effettuata a tensione e frequenza nominali ha fornito i seguenti dati:

$P_0 = 1450$ W $\qquad \cos\phi_0 = 0.20$

Inoltre le perdite meccaniche sono pari a 410 W.

Allo spunto il motore assorbe una corrente pari a 7.5 volte la corrente nominale con fattore di potenza 0.35.

Il candidato, facendo le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie,

a) determini la coppia utile e il rendimento del motore a pieno carico;

b) dimensioni il dispositivo necessario per avviare il motore sapendo che la coppia resistente applicata allo spunto è pari a 150 Nm;

c) scelga e dimensioni il dispositivo adatto a ridurre la velocità rotorica del 15%, giustificando adeguatamente la scelta fatta.

Ministero dell'istruzione e del merito

A025 - ESAME DI STATO CONCLUSIVO DEL SECONDO CICLO DI ISTRUZIONE

Indirizzo: ITET – ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
ARTICOLAZIONE "ELETTROTECNICA"
(Testo valevole anche per l'indirizzo quadriennale IT40)

Disciplina: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA

SECONDA PARTE

QUESITO 1

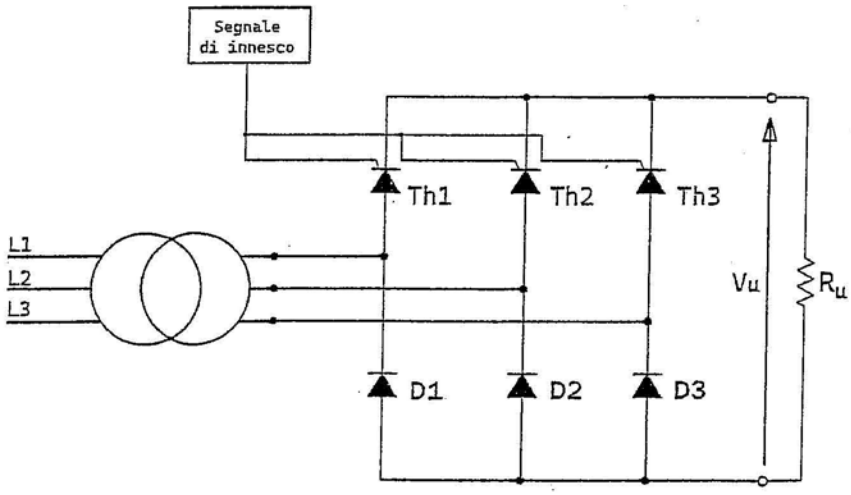
Facendo riferimento alla prima parte della prova, si vuole effettuare una misura della potenza assorbita dal motore asincrono trifase impiegato per la movimentazione dei carichi in condizioni di pieno carico.
Il candidato, dopo aver descritto la possibile configurazione circuitale di misura da utilizzare, determini le indicazioni fornite dagli strumenti adoperati dopo averne ipotizzato le caratteristiche giustificando le scelte fatte.

QUESITO 2

Un turboalternatore con raffreddamento a idrogeno da 70 MVA - 3000 g/min ha un rendimento pari a 0.984 se utilizzato a pieno carico con $\cos\phi = 1$. Il peso del rame della macchina è pari a 15.4 t. Le perdite nel ferro della macchina, funzionante nelle condizioni nominali, ammontano al 20% delle perdite totali mentre le perdite meccaniche della macchina al 25% delle perdite totali.
Il candidato, fatte le eventuali ipotesi aggiuntive ritenute necessarie, determini il bilancio energetico e il rendimento della macchina, funzionante a pieno carico in condizioni nominali con $\cos\phi = 0.8$.

QUESITO 3

Il candidato identifichi il circuito in figura e, dopo aver individuato il campo di utilizzo, ne spieghi il funzionamento evidenziando da quali parametri dipende il valore della tensione presente sul carico.



Ministero dell'istruzione e del merito

A025 - ESAME DI STATO CONCLUSIVO DEL SECONDO CICLO DI ISTRUZIONE

Indirizzo: ITET – ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
ARTICOLAZIONE "ELETTROTECNICA"
(Testo valevole anche per l'indirizzo quadriennale IT40)

Disciplina: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA

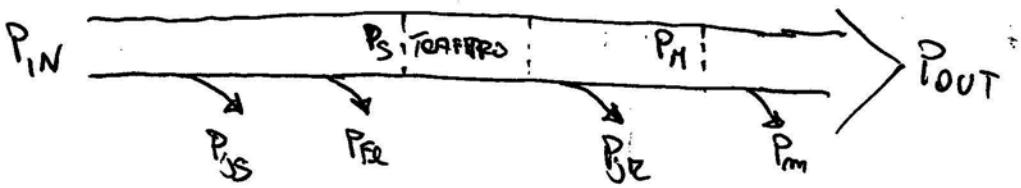
QUESITO 4

Il candidato rappresenti e descriva lo schema del circuito di misura da utilizzare per ricavare la caratteristica di regolazione di una dinamo con eccitazione derivata illustrando la metodologia di conduzione della prova e la rappresentazione dei dati ricavati.

Durata massima della prova: 6 ore.
È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici scientifiche e/o grafiche purché non siano dotate di capacità di calcolo simbolico.
È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.
Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla consegna della traccia.

SOLUZIONE

Si costruisce il diagramma di flusso della potenza di un motore



Dalla prova a vuoto si ha: $P_0 = 1450\ W$ $\cos\varphi = 0{,}2$
mentre le perdite meccaniche $P_m = 410\ W$
allo spunto il motore assorbe una corrente 7,5 volte maggiore della corrente nominale I_N, per cui si ha: $I_N = 58\ A$

$I_{SP} = 7{,}5 \cdot I_N = 7{,}5 \cdot 58 = 435\ A$

~~Con le perdite~~ Con la prova a vuoto si ricavano le perdite nel circuito magnetico. Le perdite meccaniche sono note mentre le perdite nel rame si calcolano a partire dalla resistenza alla temperatura ambiente ipotizzata $t = 20°C$.

$R_{(20°)} = 0{,}21\ \Omega$

La resistenza alla temperatura di funzionamento a regime del motore, a 75° C si porta a:

$$R_{(75°)} = R_{(20)} \cdot \frac{235+75}{235+20} = 0{,}21 \cdot \frac{235+75}{235+20} = 0{,}21 \cdot \frac{310}{255} = 0{,}255\ \Omega$$

Le perdite nel rame a vuoto sono date dalla seguente

$$P_{J0} = \frac{3}{2} R_{(20)} \cdot I_0^2$$

La corrente I_0 può essere determinata dalla potenza persa nella prova a vuoto, ossia:

$$I_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\, V \cdot \cos\varphi_0} = \frac{1450}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}2} = 10{,}46\ A$$

Le perdite negli avvolgimenti nel funzionamento a vuoto sono pari a:

$$P_{J0} = \frac{3}{2} R_{(20)} \cdot I_0^2 = \frac{3}{2} \cdot 0{,}21 \cdot (10{,}46)^2 = 34{,}46\ W$$

Le perdite nel rame a regime sono date da

$$P_J = \frac{3}{2} \cdot R_{(75)} I_N^2 = \frac{3}{2} \cdot 0{,}255 \cdot 58^2 = 1286{,}73\ W$$

La potenza nominale in ingresso del motore è data dai valori di targa

$$P_{IN} = \sqrt{3}\, V \cdot I_N \cdot \cos\varphi_n = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 58 \cdot 0{,}88 = 35.361{,}54\ W$$

Con riferimento al diagramma di flusso si calcola la potenza in uscita

$$P_{OUT} = P_{IN} - P_0 - P_J - P_m = 35.361,54 - 1450 - 1286,73 - 410 = 32.215\ W$$

Si calcola quindi il rendimento del motore dato dal rapporto $\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{32.215}{35.361} = 0,91 \Rightarrow \eta\% = 91\%$

Tenendo conto che il motore è a 4 poli, quindi 2 coppie polari ($P=2$), il numero di giri del campo magnetico rotante è pari a:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{3000}{2} = 1500\ giri/min$$

Poiché lo scorrimento è pari al 3%, si ha

$$s = \frac{1500 \cdot 3}{100} = 45\ giri \Rightarrow n_2 = n_1 - 45 = 1455\ giri/$$

La coppia utile è equivalente alla coppia motrice C_m calcolata in funzione della velocità del rotore

$$C_m = \frac{P_{OUT}}{\omega_2} = \frac{32.215}{2\pi \cdot \frac{n_2}{60}} = \frac{32.215}{2 \cdot \pi \cdot 1455} \cdot 60 = 211,43\ N \cdot m$$

Per avviare il motore in modo da superare la coppia resistente allo spunto di $C_r = 150\ N \cdot m$, può essere utilizzato l'avviamento a tensione ridotta.

Considerando che la coppia dipende dal quadrato della tensione e che la corrente all'avviamento è direttamente proporzionale alla corrente, diminuendo la tensione, si riduce la corrente.

La coppia deve assumere un valore sufficiente a vincere la coppia resistente di 150 N·m. per cui si ha:

$$\frac{V_N^2}{V_r^2} = \frac{C_m}{C'_m} \Rightarrow \frac{400^2}{V_r^2} = \frac{211,43}{150} \Rightarrow$$

$$V_r = 400 \cdot \sqrt{\frac{150}{211,43}} = 336,92 \text{ V}$$

Una tensione superiore a 337 V garantisce l'avviamento del motore sviluppando una coppia di avviamento di poco superiore alla coppia resistente di 150 N·m.

Per ridurre la velocità del rotore del 15% ci sono 2 possibili soluzioni:

1) Regolazione in tensione
2) Regolazione in frequenza con tecnica PWM.

La prima consente la riduzione della velocità con conseguente riduzione della coppia mentre, il secondo metodo, consente di gestire meglio la velocità, conservando la coppia.

Utilizzando la tecnica PWM quindi regolazione in frequenza, si può calcolare il valore della frequenza tale da ridurre del 15% la velocità rotorica.

$f' = f - 15\% = 50 \cdot 0{,}85 = 42{,}5\ Hz$ quindi si ha:

$$n_1' = \frac{60 \cdot f'}{p} = \frac{60 \cdot 42{,}5}{2} = 1275\ giri/min$$

Per il rotore abbiamo:

$$n_2' = n_1'(1-s) = 1275 \cdot (1-0{,}03) = 1236{,}75\ giri/min$$

Corrispondente alla riduzione del 15% richiesta.

Infatti, $n_2' = n_2 - 15\% \Rightarrow n_2' = 1455 - 15\% = 1236{,}75\ giri/min$