

SOMMARIO

PREFAZIONE	73
1 Dominio dell'applicazione	75
2 Referenze normative	75
3 Termini e definizioni	77
4 Servizi	81
4.1 Specifiche del servizio	81
4.2 Servizi tipici	82
5 Caratteristiche nominali	94
5.1 Attribuzione delle caratteristiche assegnate	94
5.2 Classi di caratteristiche nominali	94
5.3 Scelta di una classe di caratteristiche nominali	95
5.4 Attribuzione della potenza a una classe di caratteristiche nominali	96
5.5 Potenza nominale	96
5.6 Tensione nominale	96
5.7 Coordinamento delle tensioni e dei poteri	97
5.8 Macchine con più di una serie di caratteristiche assegnate	97
6 Condizioni operative in loco	97
6.1 Generale	97
6.2 Altitudine	97
6.3 Massima temperatura aria ambiente	97
6.4 Temperatura ambiente minima	97
6.5 Temperatura acqua di raffreddamento	98
6.6 Stoccaggio e trasporto	98
6.7 Purezza dell'idrogeno di raffreddamento	98
7 Condizioni di funzionamento elettrico	98
7.1 Alimentazione elettrica	98
7.2 Forma e simmetria di tensioni e correnti	98
7.3 Variazioni di tensione e frequenza durante il funzionamento	101
7.4 Macchine trifase funzionanti su reti isolate	103
7.5 Livelli di tenuta alla tensione (picco e gradiente)	104
8 Caratteristiche termiche di funzionamento e prove termiche	104
8.1 Classificazione termica	104
8.2 Refrigerante di riferimento	104
8.3 Condizioni di prova termica	105
8.4 Riscaldamento di un elemento macchina	106
8.5 Metodi di misurazione della temperatura	107
8.6 Determinazione della temperatura dell'avvolgimento	107
8.7 Durata delle prove termiche	111
8.8 Determinazione della costante di tempo termica equivalente di macchine per servizio tipo S9	111
8.9 Misurazione della temperatura del cuscinetto	111
8.10 Riscaldamento e limiti di temperatura	112
9 Altre caratteristiche di funzionamento e prove	121
9.1 Prove individuali	121
9.2 Test di tensione di tenuta	122

9.3	Sovracorrente occasionale	125
9.4	Eccesso di coppia momentaneo dei motori	126
9.5	Coppia minima durante l'avviamento	127
9.6	Velocità di sicurezza durante il funzionamento dei motori a induzione a gabbia di scoiattolo	127
9.7	Sovravelocità	127
9.8	Corrente di cortocircuito delle macchine sincrone	129
9.9	Prova di tenuta al cortocircuito delle macchine sincrone ...	
9.10	Test di commutazione per macchine manifold	129
9.11	Distorsione armonica totale (<i>DHT</i>) per macchine sincrone	129
10	Targhette	130
10.1	Generale	130
10.2	Marcatura	130
11	Requisiti vari	132
11.1	Messa a terra di protezione delle macchine	132
11.2	Chiavetta / e estremità albero	133
12	Tolleranze	134
12.1	Generale	134
12.2	Tolleranze sui valori delle quantità	134
13	Compatibilità elettromagnetica (EMC)	135
13.1	Generale	135
13.2	Immunità	136
13.3	Emissione	136
13.4	Test di immunità	136
13.5	Prove di emissione	136
14	Sicurezza.....	137
Allegato A (informativo) Guida per l'applicazione del servizio di tipo S10 e per l'ottenimento del valore relativo dell'aspettativa di vita termica <i>TL</i>		138
Allegato B (informativo) Limiti di compatibilità elettromagnetica (EMC)		139
Bibliografia.....		140
Figura 1 - Servizio continuo - Servizio tipo S1		82
Figura 2 - Servizio temporaneo - Servizio tipo S2		83
Figura 3 - Servizio periodico intermittente - Servizio tipo S3		84
Figura 4 - Servizio intermittente periodico all'avviamento - Tipo di servizio S4		85
Figura 5 - Servizio intermittente periodico con frenatura elettrica - Servizio di tipo S5		86
Figura 6 - Servizio ininterrotto periodico con carico intermittente - Tipo di servizio S6		87
Figura 7 - Servizio ininterrotto periodico con frenatura elettrica - Servizio tipo S7		88
Figura 8 - Servizio periodico ininterrotto con relative variazioni di carico e velocità - Tipo di servizio S8		90
Figura 9 - Servizio con variazioni non periodiche di carico e velocità - Servizio tipo S9		91
Figura 10 - Servizio con carichi costanti separati - Servizio tipo S10		93
Figura 11 - Valori limite di tensione e frequenza per alternatori		103
Figura 12 - Valori limite di tensione e frequenza per motori		103

Tabella 1 - Tensioni nominali preferite	97
Tabella 2 - Condizioni di funzionamento sbilanciate per le macchine sincrono	100
Tabella 3 - Principali funzioni delle macchine	102
Tabella 4 - Refrigerante di riferimento (vedere anche Tabella 10)	105
Tabella 5 - Scadenza	109
Tabella 6 - Punti di misura	112
Tabella 7 - Limiti di sovratemperatura per avvolgimenti con raffreddamento ad aria indiretto ...	114
Tabella 8 - Limiti di sovratemperatura per avvolgimenti raffreddati indirettamente da idrogeno	115
Tabella 9 - Correzioni ai limiti di sovratemperatura nel sito di esercizio degli avvolgimenti con raffreddamento indiretto per tener conto delle condizioni di esercizio e delle caratteristiche nominali che non sono le condizioni di esercizio. riferimento	116
Tabella 10 - Temperature ambiente massime presunte	117
Tabella 11 - Limiti corretti degli aumenti di temperatura nel sito di prova ($\Delta \theta T$) avvolgimenti con raffreddamento ad aria indiretto per tener conto delle condizioni di funzionamento presso il sito di prova	119
Tabella 12 - Limiti di temperatura degli avvolgimenti di raffreddamento diretto e dei loro fluidi di raffreddamento	120
Tabella 13 - Correzioni ai limiti di temperatura nel sito di esercizio per avvolgimenti con raffreddamento diretto ad aria o idrogeno per tener conto delle condizioni di esercizio e delle caratteristiche nominali che non sono le condizioni di riferimento	121
Tabella 14 - Limiti di temperatura corretti nel sito di prova (θT) per avvolgimenti con raffreddamento ad aria diretto per tener conto delle condizioni di funzionamento presso il sito di prova	121
Tabella 15 - Elenco minimo delle singole prove	122
Tabella 16 - Prove di tensione di tenuta	124
Tabella 17 - Velocità massima di sicurezza operativa (min - 1) motori asincroni trifase a gabbia, singola velocità, per tensioni di alimentazione inferiore o uguale a 1000 V	127
Tabella 18 - Sovravelocità	128
Tabella 19 - Sezione conduttori di terra	133
Tabella 20 - Elenco tolleranze sui valori delle quantità	134
Tabella B.1 - Limiti di emissione elettromagnetica per macchine brushless	139
Tabella B.2 - Limiti di emissione elettromagnetica per macchine con spazzole	139

COMMISSIONE Elettrotecnica Internazionale

MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI -

Parte 1: caratteristiche nominali e caratteristiche di funzionamento

PREFAZIONE

- 1) L'International Electrotechnical Commission (IEC) è un'organizzazione mondiale di standardizzazione composta da tutti i comitati elettrotecnici nazionali (IEC National Committees). L'obiettivo dell'IEC è promuovere la cooperazione internazionale su tutte le questioni di standardizzazione nei settori dell'elettricità e dell'elettronica. A tal fine, la IEC - tra le altre attività - pubblica standard internazionali, specifiche tecniche, rapporti tecnici, specifiche disponibili al pubblico (PAS) e guide (di seguito denominate "pubblicazioni IEC"). Il loro sviluppo è affidato a Commissioni di studio, ai cui lavori può partecipare qualsiasi Commissione Nazionale interessata all'argomento trattato. Organizzazioni internazionali, governative e non governative, in collegamento con la CEI, partecipa anche ai lavori. L'IEC lavora a stretto contatto con l'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO), alle condizioni stabilite di comune accordo tra le due organizzazioni.
- 2) Le decisioni o gli accordi ufficiali dell'IEC su questioni tecniche rappresentano, per quanto possibile, un accordo internazionale sugli argomenti da studiare, poiché i comitati nazionali IEC competenti sono rappresentati in ciascun comitato di studio.
- 3) Le pubblicazioni IEC assumono la forma di raccomandazioni internazionali e sono approvate come tali dai comitati nazionali IEC. Viene compiuto ogni ragionevole sforzo per garantire che l'IEC assicuri l'accuratezza del contenuto tecnico delle sue pubblicazioni; la IEC non può essere ritenuta responsabile per qualsiasi uso improprio o errata interpretazione da parte di qualsiasi utente finale.
- 4) Al fine di incoraggiare l'uniformità internazionale, i Comitati Nazionali IEC si impegnano, per quanto possibile, ad applicare in modo trasparente le Pubblicazioni IEC nelle loro pubblicazioni nazionali e regionali. Eventuali discrepanze tra le pubblicazioni IEC e le corrispondenti pubblicazioni nazionali o regionali dovrebbero essere chiaramente indicate in queste ultime.
- 5) La CEI stessa non fornisce alcuna attestazione di conformità. Organismi di certificazione indipendenti forniscono servizi di valutazione della conformità e, in alcuni settori, accedono ai marchi di conformità IEC. L'IEC non è responsabile per nessuno dei servizi eseguiti da organismi di certificazione indipendenti.
- 6) Tutti gli utenti devono assicurarsi di essere in possesso dell'ultima edizione di questa pubblicazione.
- 7) Nessuna responsabilità sarà attribuita alla IEC, ai suoi direttori, dipendenti, ausiliari o agenti, inclusi i suoi esperti particolari e membri dei suoi comitati di studio e dei comitati nazionali IEC, per qualsiasi danno causato in caso di danno. Lesioni personali e proprietà, o qualsiasi altro danno di qualsiasi tipo, diretto o indiretto, o per sostenere i costi (inclusi i costi legali) e le spese derivanti dalla pubblicazione o dall'uso di questa pubblicazione della IEC o di qualsiasi altra pubblicazione IEC, o del credito ad essa concesso.
- 8) Si richiama l'attenzione sui riferimenti normativi citati in questa pubblicazione. L'utilizzo di pubblicazioni referenziate è obbligatorio per la corretta applicazione di questa pubblicazione.
- 9) Si richiama l'attenzione sul fatto che alcuni degli elementi di questa pubblicazione IEC possono essere oggetto di diritti di proprietà intellettuale o diritti simili. La CEI non può essere ritenuta responsabile per non aver individuato tali diritti di proprietà e per non averne denunciato l'esistenza.

Lo standard internazionale IEC 60034-1 è stato preparato dal comitato tecnico IEC 2: Macchine rotanti.

Questa dodicesima edizione annulla e sostituisce l'undicesima edizione pubblicata nel 2004. Costituisce una revisione tecnica.

Non sono state apportate modifiche importanti a questa edizione. Le correzioni, i chiarimenti e i miglioramenti apportati sono i seguenti:

Articolo o paragrafo	Modifiche
6.5	Chiarificazione della temperatura dell'acqua di raffreddamento Modifica minore alla Tabella 12
8.10.2	
10.2	Riconoscimento del codice IE, della tensione a circuito aperto di macchine sincrone eccitate da magneti permanenti e della velocità massima di funzionamento di macchine appositamente progettate per l'alimentazione di convertitori statici
12	Chiarimento del termine "tolleranze"

Il testo di questo standard è tratto dai seguenti documenti:

FDIS	Rapporto di votazione
2/1579 / FDIS	2/1587 / RVD

Il verbale di voto indicato nella tabella precedente fornisce tutte le informazioni sul voto che ha portato all'approvazione del presente standard.

Questa pubblicazione è stata redatta in conformità con le Direttive ISO / IEC, Parte 2.

Un elenco di tutte le parti della serie IEC 60034, sotto il titolo generale *Macchine elettriche rotanti*, può essere trovato sul sito web IEC.

NOTA Una tabella di riferimento incrociato di tutte le pubblicazioni IEC SG 2 è fornita nella scorecard SG 2 sul sito web IEC.

La commissione ha deciso che i contenuti di questa pubblicazione rimarranno invariati fino alla data di mantenimento indicata sul sito IEC alla voce "<http://webstore.iec.ch>" nei dati relativi alla specifica pubblicazione. In questa data la pubblicazione sarà

- Rinnovo,
- Cancellato,
- sostituito da un'edizione rivista, o
- modificato.

MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI -

Parte 1: caratteristiche nominali e caratteristiche di funzionamento

1 Campo di applicazione

Questa parte della norma IEC 60034 è applicabile a tutte le macchine elettriche rotanti ad eccezione di quelle coperte da altri standard IEC, ad esempio il

IEC 60349 [10] 1).

Le macchine che rientrano nell'ambito di questo standard possono anche essere soggette a requisiti nuovi, modificati o aggiuntivi che compaiono in altre pubblicazioni, ad esempio le serie IEC 60079 [8] e IEC 60092 [9].

NOTA Se è necessario modificare alcune clausole della presente norma al fine di consentire applicazioni speciali, ad esempio per apparecchiature soggette a radiazioni o per apparecchiature aerospaziali, tutte le altre clausole rimangono valide, a condizione che non siano in contraddizione con queste specifiche specifiche.

2 Riferimenti normativi

I seguenti documenti normativi sono indispensabili per l'applicazione di questa norma. Per i riferimenti datati, si applica solo l'edizione citata. Per i riferimenti non datati, si applica l'ultima edizione del documento a cui si fa riferimento (inclusi eventuali emendamenti).

IEC 60027-1, *Simboli delle lettere da utilizzare nell'ingegneria elettrica - Parte 1: Generale*

IEC 60027-4, *Simboli delle lettere da utilizzare nell'ingegneria elettrica - Parte 4: macchine impianto elettrico rotante*

IEC 60034-2 (tutte le parti), *Macchine elettriche rotanti - Parte 2: Metodi standard per la determinazione delle perdite e dell'efficienza dalle prove (escluse le macchine per veicoli a trazione)*

IEC 60034-3, *Macchine elettriche rotanti - Parte 3: Regole specifiche per generatori sincroni azionati da turbine a vapore o da turbine a gas a combustione*

IEC 60034-5, *Macchine elettriche rotanti - Parte 5: Gradi di protezione offerti dalla progettazione integrale delle macchine elettriche rotanti (codice IP) - Classificazione*

IEC 60034-8, *Macchine elettriche rotanti - Parte 8: Tacche di fine corsa e senso di rotazione*

IEC 60034-12, *Macchine elettriche rotanti - Parte 12: caratteristiche di avviamento dei motori a induzione trifase a gabbia di scoiattolo a velocità singola*

IEC 60034-15, *Macchine elettriche rotanti - Parte 15: Resistenza alle scosse elettriche a livelli di bobine di statore preformate di macchine rotanti a corrente alternata*

1) I dati tra parentesi quadre si riferiscono alla bibliografia.

IEC 60034-17, *Macchine elettriche rotanti - Parte 17: Motori a induzione a gabbia di scoiattolo alimentati da convertitori - Guida alle applicazioni*

IEC 60034-18 (tutte le parti), *Macchine elettriche rotanti - Parte 18: Valutazione funzionale dei sistemi di isolamento*

IEC 60034-30, *Macchine elettriche rotanti - Parte 30: Classi di efficienza per motori trifase a induzione a gabbia di scoiattolo, singola velocità (Codice IE)*

IEC 60038, *Tensioni normali IEC*

IEC 60050-411: 1996, *Vocabolario elettrotecnico internazionale (VEI) - Capitolo 411: Macchine rotanti*

IEC 60060-1, *Tecniche di prova ad alta tensione - Parte 1: Definizioni e requisiti generali di prova*

IEC 60072 (tutte le parti), *Dimensioni e serie di potenza delle macchine elettriche rotanti*

IEC 60085, *Isolamento elettrico - Valutazione termica e designazione*

IEC 60204-1, *Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine - Parte 1: Regole generali*

IEC 60204-11, S *Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine - Parte 11: Requisiti per apparecchiature ad alta tensione funzionanti a tensioni superiori a 1000 V ca o 1500 V cc e non superiori a 36 kV*

IEC 60335-1, *Apparecchi elettrici domestici e simili - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali*

IEC 60445, *Principi di base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Identificazione dei terminali delle apparecchiature e dei terminali dei conduttori (disponibile solo in inglese)*

IEC 60664-1, *Coordinamento dell'isolamento delle apparecchiature nei sistemi a bassa tensione (reti) - Parte 1: Principi, requisiti e prove*

IEC 60971, *Convertitori di semiconduttori. Codice di identificazione per supporti per convertitore 2)*

IEC 61293, *Marcatura di apparecchiature elettriche con caratteristiche nominali relative all'alimentazione - Requisiti di sicurezza*

CISPR 11, *Apparecchiature industriali, scientifiche e mediche - Caratteristiche delle interferenze radio - Limiti e metodi di misurazione*

CISPR 14 (tutte le parti), *Compatibilità elettromagnetica - Requisiti per elettrodomestici, utensili elettrici e simili*

CISPR 16 (tutte le parti), *Specifiche dei metodi e delle apparecchiature per misurare le interferenze radio e l'immunità alle interferenze radio*

2) La norma IEC 60971 è stata ritirata (senza essere sostituita) nel 2004.

3 Termini e definizioni

Ai fini del presente documento, si applicano i termini e le definizioni della norma IEC 60050-411, alcuni dei quali vengono ripetuti qui per comodità, nonché i seguenti termini e definizioni.

NOTA 1 Per definizioni diverse da quelle da 3.17 a 3.22 relative alle modalità di raffreddamento e ai fluidi, fare riferimento alla IEC 60034-6 [1].

NOTA 2 Ai fini del presente standard, il termine "accordo" significa "accordo tra il produttore e l'acquirente".

3.1

valore assegnato

valore di una quantità fissata, generalmente dal produttore, per una determinata operazione di una macchina

[VEI 411-51-23]

NOTA La tensione nominale o l'intervallo di tensione nominale è la tensione nominale o l'intervallo di tensione nominale tra le fasi ai terminali.

3.2

caratteristiche nominali

insieme di valori nominali e condizioni operative [VEI 411-51-24]

3.3

potenza nominale

valore di potenza compreso nelle caratteristiche nominali

3.4

caricare

insieme di valori di grandezze elettriche e meccaniche che caratterizzano i requisiti imposti ad una macchina rotante da un circuito elettrico o da un dispositivo meccanico, in un dato momento

[VEI 411-51-01]

3.5

funzionamento a vuoto

stato di funzionamento di una macchina funzionante a potenza zero (ma le altre condizioni sono normali condizioni di funzionamento)

[VEI 411-51-02, modificato]

3.6

Pieno carico

carico che fa funzionare una macchina alle sue caratteristiche nominali [VEI 411-51-10]

3.7

valore di pieno carico

valore di una quantità per una macchina funzionante a pieno carico [VEI 411-51-11]

NOTA Questa nozione è applicabile a potenza, coppia, corrente, velocità, ecc.

3.8

riposo

completa assenza di qualsiasi movimento e di qualsiasi alimentazione o azionamento meccanico

[VEI 411-51-03]

3.9

servizio

definizione del carico (i) a cui è sottoposta la macchina, compresi, se del caso, i periodi di avviamento, frenatura elettrica, a vuoto e di riposo, nonché la loro durata e il loro ordine di successione nel tempo

[VEI 411-51-06]

3.10

tipo di servizio

servizio continuo, temporaneo o periodico comprendente uno o più carichi che rimangono costanti per il tempo specificato o servizio non periodico durante il quale generalmente il carico e la velocità variano entro l'intervallo operativo consentito

[VEI 411-51-13]

3.11

ciclo di lavoro

rapporto tra il periodo di funzionamento sotto carico, compreso l'avviamento e la frenatura elettrica, e la durata del duty cycle, espresso in percentuale

[VEI 411-51-09]

3.12

coppia rotore bloccato

coppia minima misurata sviluppata dal motore all'estremità dell'albero motore, quando il suo rotore è bloccato, qualunque sia la sua posizione angolare e quando viene alimentato alla tensione e frequenza nominale

[VEI 411-48-06]

3.13

corrente a rotore bloccato

valore efficace massimo della corrente a regime, assorbita dal motore quando viene alimentato alla tensione e frequenza nominale e il suo rotore viene mantenuto bloccato indipendentemente dalla sua posizione angolare

[VEI 411-48-16]

3.14

coppia minima durante l'avviamento (di un motore AC)

valore minimo della coppia asincrona a regime, che il motore sviluppa tra velocità zero e la velocità che corrisponde alla coppia massima (coppia di stallo) quando il motore viene alimentato alla tensione e frequenza nominali

Questa definizione non si applica al caso di motori asincroni la cui coppia diminuisce continuamente con l'aumentare della velocità.

NOTA Oltre alle coppie asincrone in regime stazionario, a velocità specifiche, sono presenti coppie armoniche sincrone che sono funzione dell'angolo di carico del rotore.

A tali velocità, la coppia di accelerazione può essere negativa per determinati angoli di carico del rotore.

L'esperienza ed i calcoli dimostrano che questa è una condizione di funzionamento instabile e che di conseguenza le coppie armoniche sincrone non impediscono l'accelerazione del motore e sono escluse da questa definizione.

3.15

coppia massima (di un motore AC) coppia di stallo

valore massimo a regime della coppia asincrona che il motore sviluppa senza brusche cadute di velocità, quando alimentato a tensione e frequenza nominali

Questa definizione non si applica al caso di motori asincroni la cui coppia diminuisce continuamente con l'aumentare della velocità.

3.16

coppia di stallo sincrono (di un motore)

coppia massima sviluppata da un motore sincrono alla sua temperatura di esercizio e alla velocità di sincronismo, a tensione, frequenza ed eccitazione nominali

3.17

raffreddamento

operazione mediante la quale il calore dalle perdite prodotte in una macchina viene trasferito a un refrigerante primario che può essere continuamente sostituito o raffreddato a sua volta in uno scambiatore di calore da un refrigerante secondario

[VEI 411-44-01]

3.18

refrigerante

fluido, liquido o gas, attraverso il quale viene trasferito il calore [VEI 411-44-02]

3.19 3.19

refrigerante primario

fluido, liquido o gas, che essendo ad una temperatura inferiore a quella delle parti della macchina ea contatto con esse trasporta il calore sprigionato da queste parti

[VEI 411-44-03]

3.20

refrigerante secondario

fluido, liquido o gassoso, che, essendo ad una temperatura inferiore a quella del refrigerante primario, trasporta il calore rilasciato da questo fluido primario per mezzo di uno scambiatore di calore o attraverso la superficie esterna della macchina

[VEI 411-44-04]

3.21

avvolgimento con raffreddamento diretto avvolgimento

con raffreddamento interno

batteria raffreddata principalmente da un fluido refrigerante che scorre a diretto contatto con la parte raffreddata attraverso passaggi cavi, tubi, condotti o canali che, qualunque sia il loro orientamento, formano parte integrante della batteria all'interno dell'isolamento principale della batteria

[VEI 411-44-08]

NOTA In tutti i casi in cui non è indicato "indiretto" o "diretto", si tratta di un avvolgimento di raffreddamento indiretto.

3.22

avvolgimento di raffreddamento indiretto

qualsiasi avvolgimento diverso da un avvolgimento di raffreddamento diretto

NOTA In tutti i casi in cui non è indicato "indiretto" o "diretto", si tratta di un avvolgimento di raffreddamento indiretto.

[VEI 411-44-09]

3.23

isolamento aggiuntivo

isolamento indipendente fornito in aggiunta all'isolamento principale, al fine di fornire protezione contro le scosse elettriche in caso di guasto nell'isolamento principale

3.24

momento d'inerzia

somma (integrale) dei prodotti delle masse elementari di un corpo per il quadrato delle loro distanze (radiali) da un dato asse

3.25

equilibrio termale

stato raggiunto all'aumentare della temperatura delle varie parti della macchina non variano di oltre un gradiente di 2 K l'ora

[VEI 411-51-08]

NOTA L'equilibrio termico può essere determinato da un grafico dell'aumento di temperatura in funzione del tempo, quando le linee tra i punti presi all'inizio e alla fine di ciascuno di due intervalli di tempo ragionevoli successivi hanno una pendenza inferiore a 2 K all'ora.

3.26

costante di tempo termica equivalente

costante di tempo che, sostituendo più singole costanti di tempo, determina approssimativamente l'andamento della temperatura in un avvolgimento dopo una variazione di corrente di gradino

3.27

avvolgimento rivestito

avvolgimento completamente racchiuso o annegato in un isolante stampato [VEI 411-39-06]

3.28

valore nominale del fattore di forma della corrente continua fornita all'armatura di un motore a corrente continua da un convertitore di potenza statica

rapporto tra il valore effettivo massimo ammissibile della corrente $i_{o\text{ rms, maxN}}$ al suo valore medio

$i_{o\text{ avgN}}$ (valore medio integrato su un periodo) alle condizioni assegnate:

$$K_{fn} = \frac{i_{o\text{ rms, maxN}}}{i_{o\text{ media}}}$$

3.29

fattore di ondulazione corrente

rapporto della differenza tra il valore massimo $i_{o\text{ max}}$ e il valore minimo $i_{o\text{ min}}$ di una corrente di ondulazione doppia rispetto al suo valore medio $i_{o\text{ avg}}$ (valore medio integrato su un periodo):

$$q_{io} = \frac{i_{o\text{ max}} - i_{o\text{ min}}}{2 \times i_{o\text{ avg}}}$$

NOTA Per valori di ondulazione a bassa corrente, il fattore di ondulazione può essere approssimato dalla seguente formula:

$$q_{io} = \frac{io}{io_{\max} + io_{\min}}$$

La formula sopra può essere utilizzata come approssimazione se il valore calcolato risultante di q_{io} è minore o uguale a 0,4.

3.30

tolleranza

deviazione consentita tra il valore dichiarato e il valore misurato

3.31

prova di tipo

prova eseguita su una o più macchine realizzate secondo un determinato progetto per verificare che tale progetto soddisfi determinate specifiche

[VEI 411-53-01]

NOTA La prova di tipo può essere considerata valida anche se è stata eseguita su una macchina con scostamenti minori nelle caratteristiche nominali o di altro tipo. Queste deviazioni dovrebbero essere concordate.

3.32

test seriale

test a cui ogni macchina è sottoposta durante o alla fine della produzione per verificare che soddisfi determinati criteri definiti

[VEI 411-53-02]

3.33

velocità di fuga (di un generatore)

velocità massima raggiunta dall'unità, in caso di perdita del pieno carico del generatore e mancato funzionamento del regolatore di velocità

[VEI 811-17-23]

NOTA Per i motori, la velocità massima in caso di perdita di potenza che un motore potrebbe raggiungere quando azionato dall'apparecchiatura accoppiata

4 Servizi

4.1 Specifiche del servizio

La responsabilità di specificare il servizio è dell'acquirente. L'acquirente può descrivere il servizio con uno dei seguenti metodi:

- a) numericamente, se il carico non varia o varia in modo noto;
- b) graficamente, mediante una rappresentazione delle grandezze variabili in funzione del tempo;
- c) scegliendo uno dei servizi standard da S1 a S10 a condizione che questo servizio sia severo almeno quanto il servizio pianificato.

Il servizio tipico deve essere designato dall'abbreviazione appropriata specificata in 4.2, dopo il valore del carico.

Una formulazione del ciclo di lavoro è fornita sotto ogni valore di servizio tipico appropriato.

Normalmente l'acquirente non può fornire un valore per il momento di inerzia del motore (JM) né per l'aspettativa di vita termica in valore relativo (TL), vedere l'Allegato A. Questi valori sono forniti dal produttore.

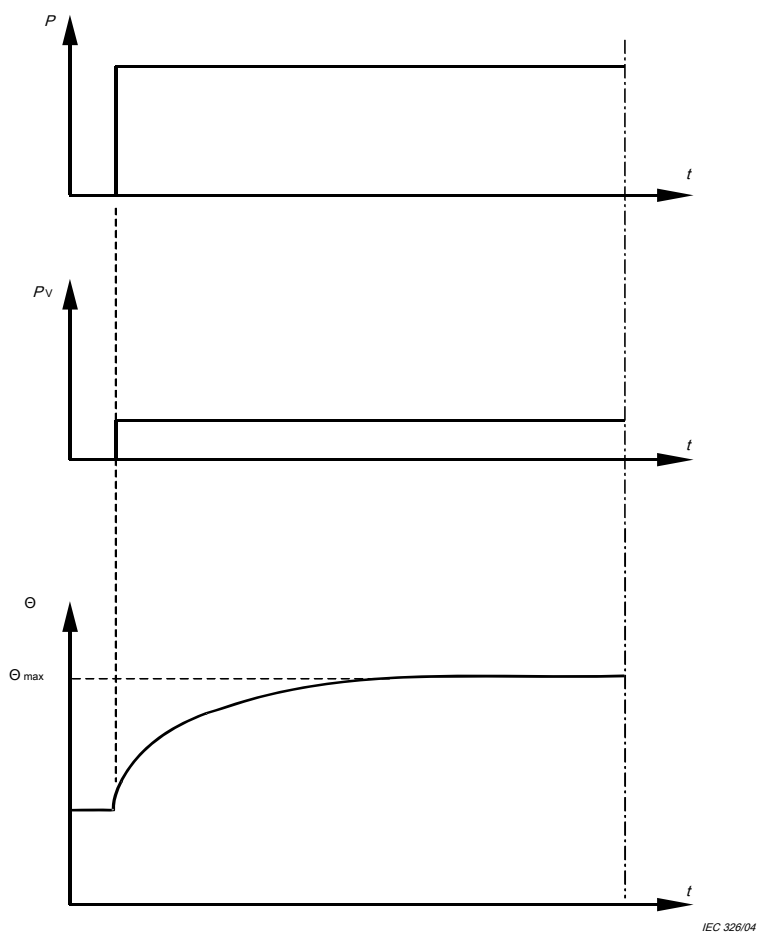
Quando l'acquirente non stipula un servizio, il produttore deve considerare che è applicabile il tipo di servizio S1 (servizio continuo).

4.2 Servizi tipici

4.2.1 Tipo di servizio S1 - Servizio continuo

Funzionamento a carico costante mantenuto per un tempo sufficiente affinché la macchina raggiunga l'equilibrio termico, vedi Figura 1.

L'abbreviazione appropriata è S1.



Leggenda

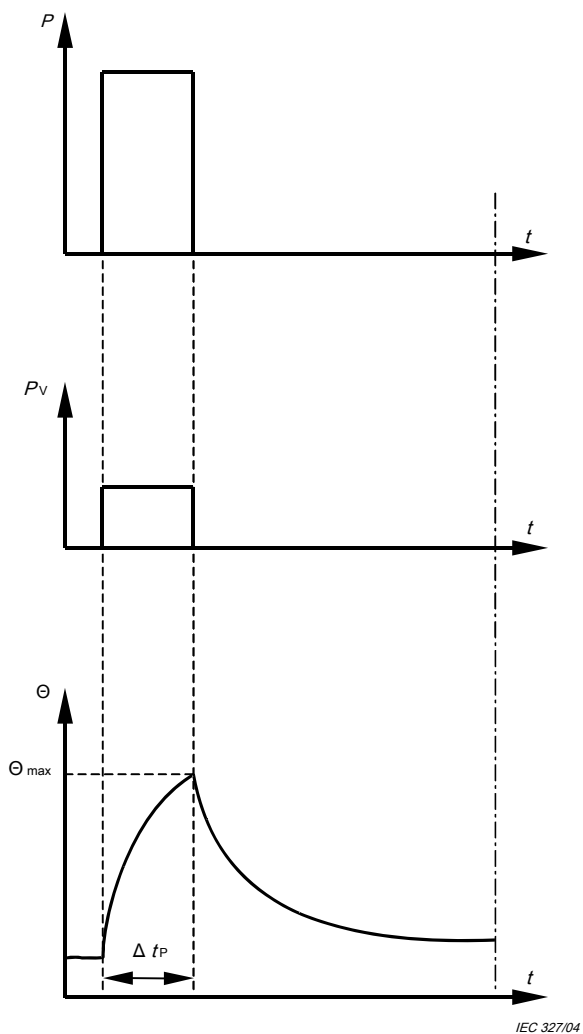
P	caricare
P_v	perdite elettriche
Θ	temperatura
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta
t	tempo

Figura 1 - Servizio continuo - Servizio tipo S1

4.2.2 Tipo di servizio S2 - Servizio temporaneo

Funzionamento a carico costante per un tempo determinato, inferiore a quello necessario per il raggiungimento dell'equilibrio termico, seguito da un periodo di riposo di durata sufficiente a riportare alla chiusura 2 K l'uguaglianza di temperatura tra macchina e fluido refrigerante, vedi figura 2.

L'abbreviazione appropriata è S2, seguita dal valore della durata del servizio. Esempio: S2 60 min.



Leggenda

P	caricare
P_v	perdite elettriche
Θ	temperatura
$\Theta_{\max}$	temperatura massima raggiunta
t	tempo
Δt_P	tempo di funzionamento a carico costante

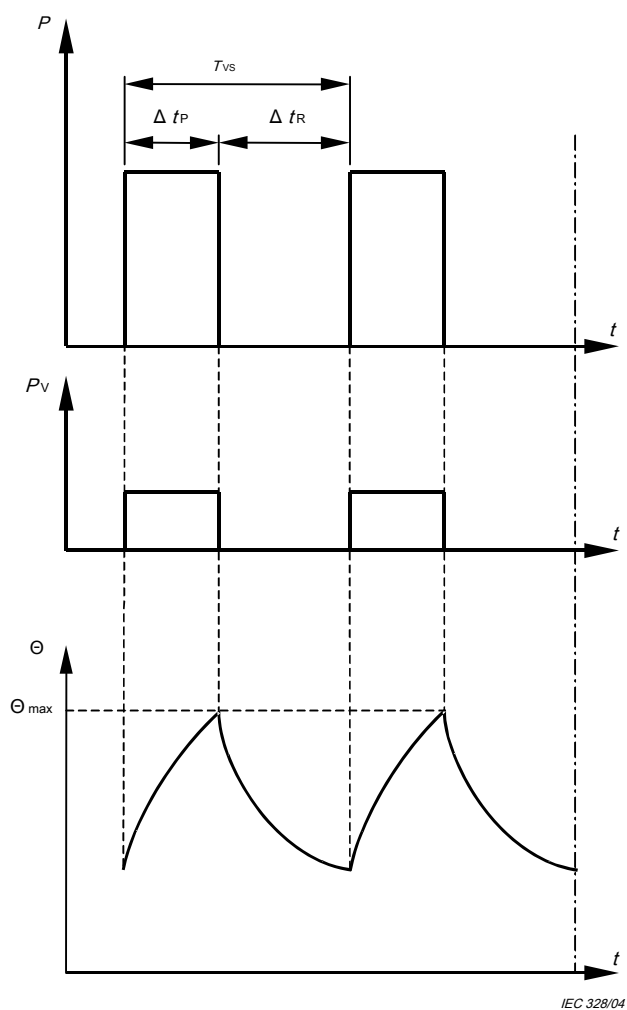
Figura 2 - Servizio temporaneo - Servizio di tipo S2

4.2.3 Tipo di servizio S3 - Servizio intermittente periodico

NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici comprendenti ciascuno un tempo di funzionamento a carico costante ed un tempo a riposo e non alimentato, vedi Figura 3. In questo servizio, il ciclo è tale che la corrente di avviamento non influisce in alcun modo sull'aumento di temperatura.

L'abbreviazione appropriata è S3 seguita dal valore del ciclo di lavoro. Esempio: S3 25%



Leggenda

P	caricare
P_v	perdite elettriche
Θ	temperatura
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta
t	tempo
T_{vs}	tempo di ciclo
Δt_P	tempo di funzionamento a carico costante tempo di inattività
Δt_R	
Ciclo di lavoro $\Delta t_P / T_{vs}$	

Figura 3 - Servizio periodico intermittente - Servizio tipo S3

4.2.4 Tipo di servizio S4 - Servizio intermittente periodico con avviamento

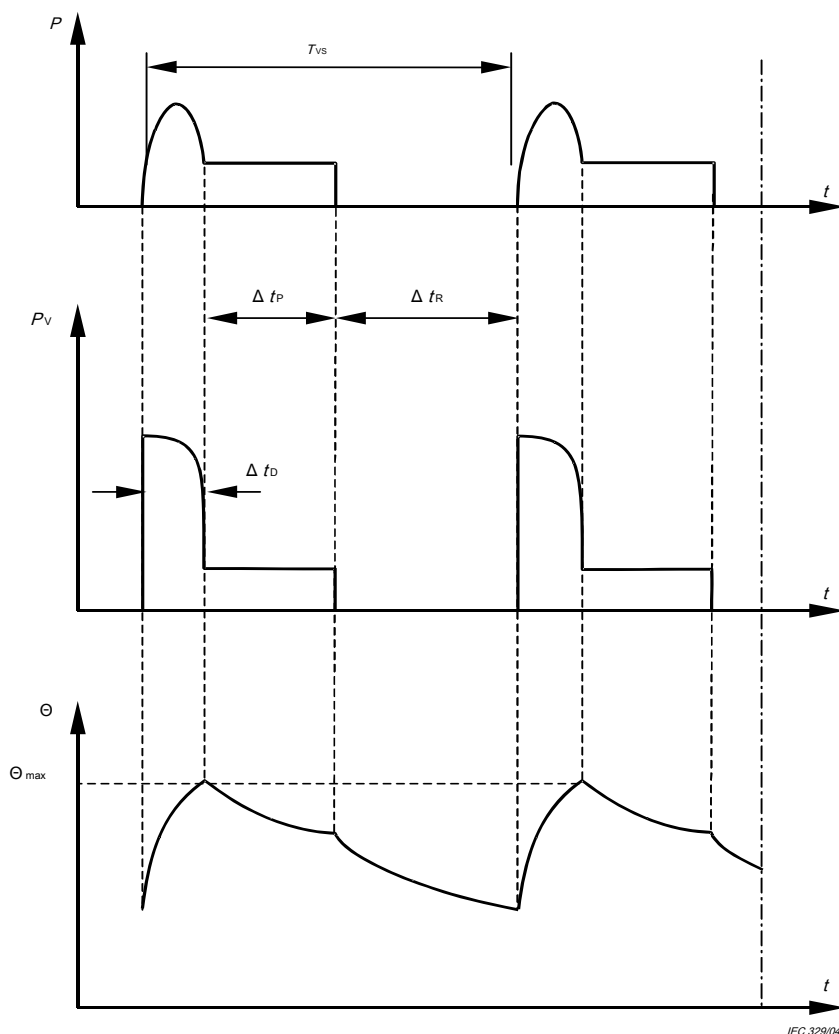
NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici, ciascuno comprendente un tempo di avvio significativo, un tempo di funzionamento a carico costante e un tempo di riposo e senza alimentazione, vedere la Figura 4.

L'abbreviazione appropriata è S4, seguita dai valori del fattore di carico, momento di inerzia del motore (J_M) e il momento d'inerzia del carico (J_{ext}), entrambi riferiti all'albero motore.

Esempio: S4 25% $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$

$J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



Leggenda

P	caricare	t	tempo
P_v	perdite elettriche	T_{vs}	tempo di ciclo
Θ	temperatura	Δt_D	tempo di inizio / accelerazione
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_P	tempo di funzionamento a carico costante
		Δt_R	tempo di inattività

$$\text{Ciclo di lavoro} = (\Delta t_D + \Delta t_P) / T_{vs}$$

Figura 4 - Servizio intermittente periodico all'avvio - Tipo di servizio S4

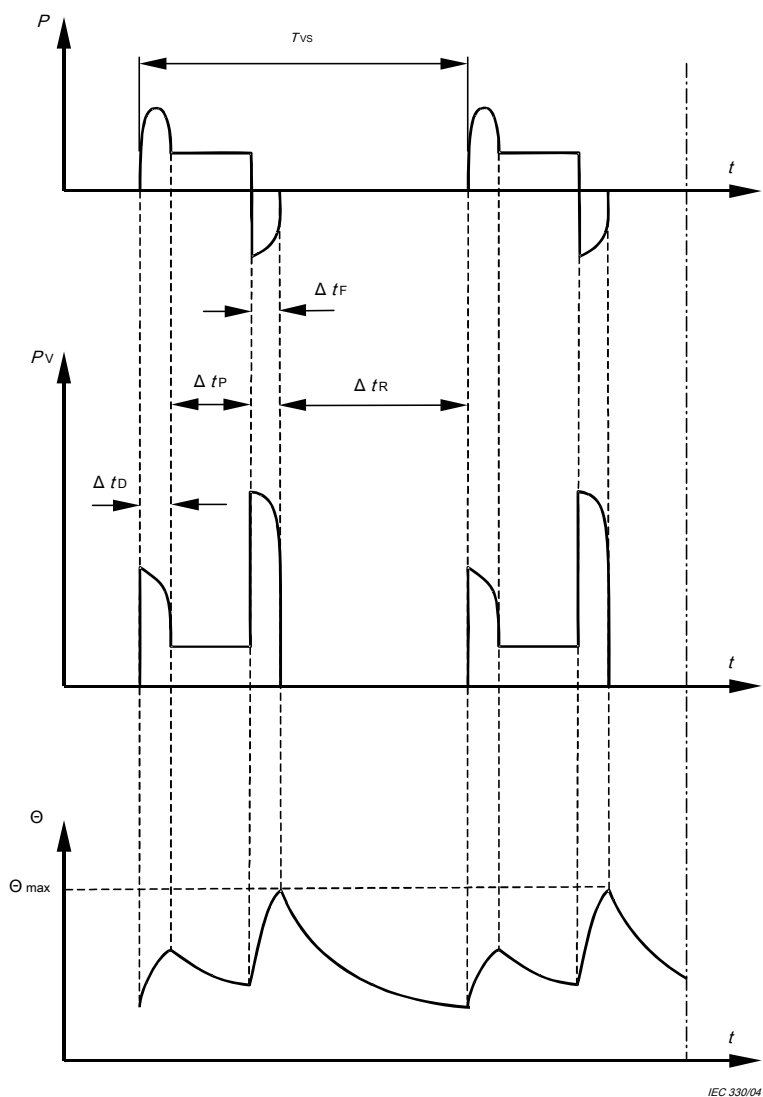
4.2.5 Tipo di servizio S5 - Servizio intermittente periodico con frenatura elettrica

NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici, ciascuno comprendente un tempo di avvio, un tempo di funzionamento a carico costante, un tempo di frenatura elettrica e un tempo di riposo e senza alimentazione, vedere la Figura 5.

L'abbreviazione appropriata è S5, seguita dai valori del duty cycle, il momento di inerzia del motore (J_M) e il momento d'inerzia del carico (J_{ext}), entrambi riferiti all'albero motore.

Esempio: S5 25% $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$



IEC 330/04

Leggenda

P	caricare	T_{vs}	tempo di ciclo
P_v	perdite elettriche	Δt_D	tempo di inizio / accelerazione
Θ	temperatura	Δt_P	durata del funzionamento a carico costante durata della
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_F	frenatura elettrica
t	tempo	Δt_R	tempo di riposo

Ciclo di lavoro ($\Delta t_D + \Delta t_P + \Delta t_F$) / T_{vs}

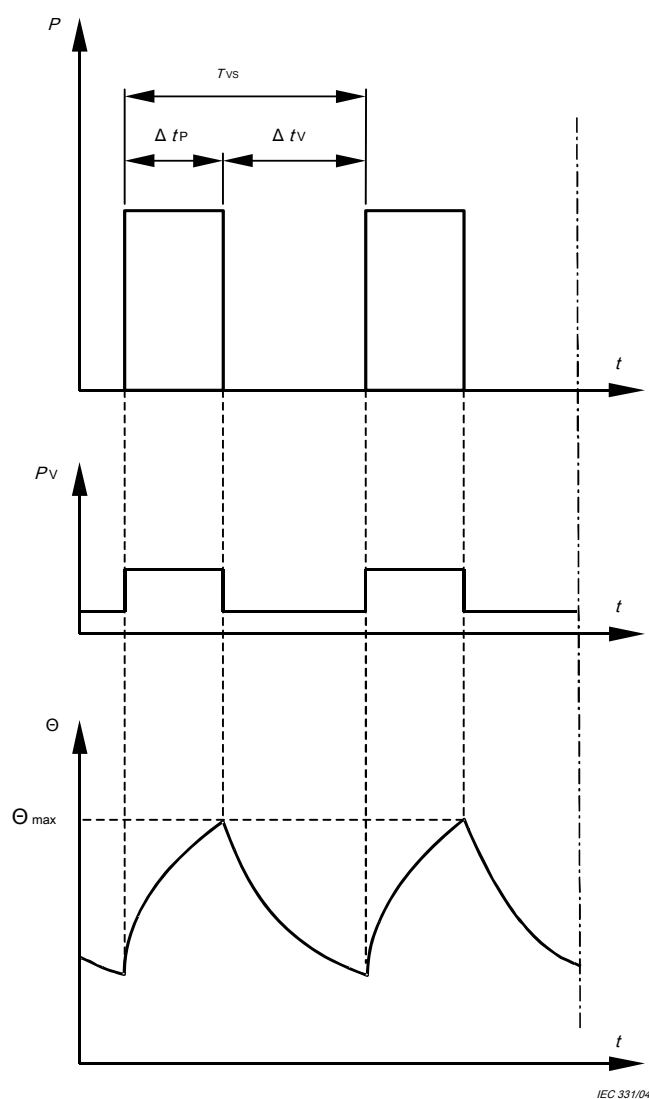
Figura 5 - Servizio intermittente periodico con frenatura elettrica - Servizio di tipo S5

4.2.6 Tipo di servizio S6 - Servizio periodico ininterrotto

NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici, ciascuno comprendente un tempo di funzionamento a carico costante e un tempo di funzionamento a vuoto. Non ci sono tempi di riposo e spegnimento, vedere la Figura 6.

L'abbreviazione appropriata è S6, seguita dal valore del ciclo di lavoro. Esempio: S6 40%



Leggenda

P	caricare	t	tempo
P_v	perdite elettriche	T_{vs}	tempo di ciclo
Θ	temperatura	Δt_P	tempo di funzionamento a carico costante tempo di
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_v	funzionamento a vuoto

Ciclo di lavoro $\Delta t_P / T_{vs}$

Figura 6 - Servizio periodico ininterrotto con carico intermittente - Tipo di servizio S6

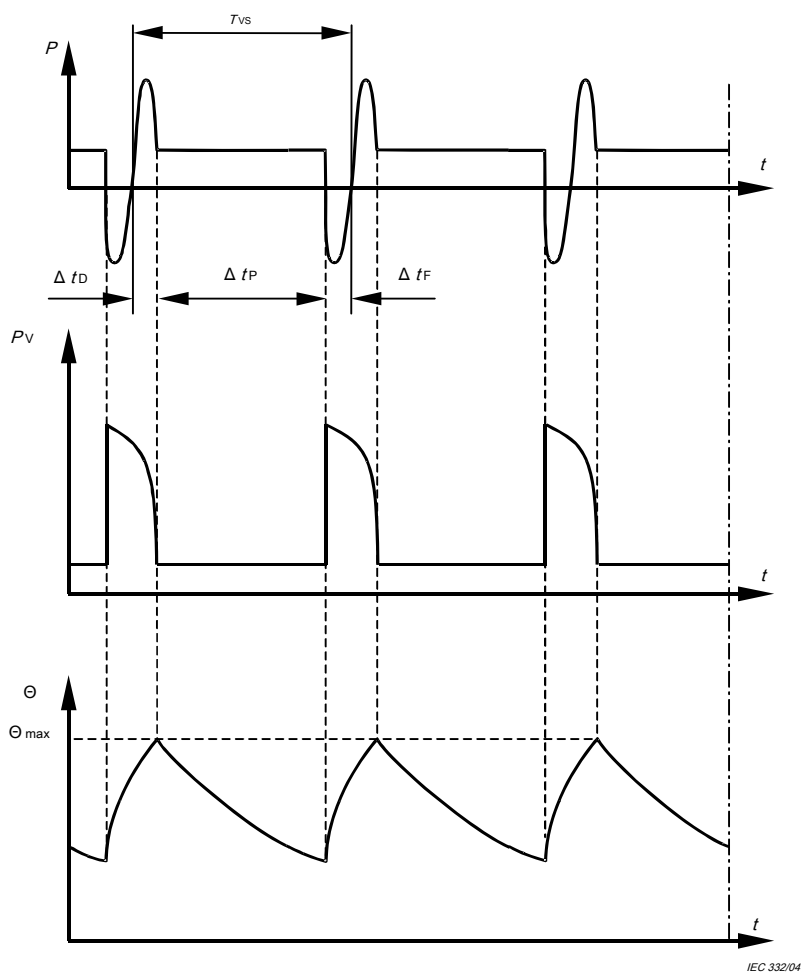
4.2.7 Servizio tipo S7 - Servizio periodico ininterrotto con frenatura elettrica

NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici, ciascuno comprendente un tempo di avviamento, un tempo di funzionamento a carico costante e un tempo di frenatura elettrica. Non c'è tempo di riposo né alimentazione, vedere la Figura 7.

L'abbreviazione appropriata è S7 seguita dai valori del momento d'inerzia del motore (J_M) e il momento d'inerzia del carico (J_{ext}), entrambi riferiti all'albero motore.

Esempio: S7 $J_M = 0,4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 7,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$



Leggenda

P	caricare	t	tempo
P_v	perdite elettriche	T_{vs}	tempo di ciclo
Θ	temperatura	Δt_D	tempo di inizio / accelerazione
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_P	durata del funzionamento a carico costante
Ciclo di lavoro = 1		Δt_F	frenatura elettrica

Figura 7 - Servizio ininterrotto periodico con frenatura elettrica - Tipo di servizio S7

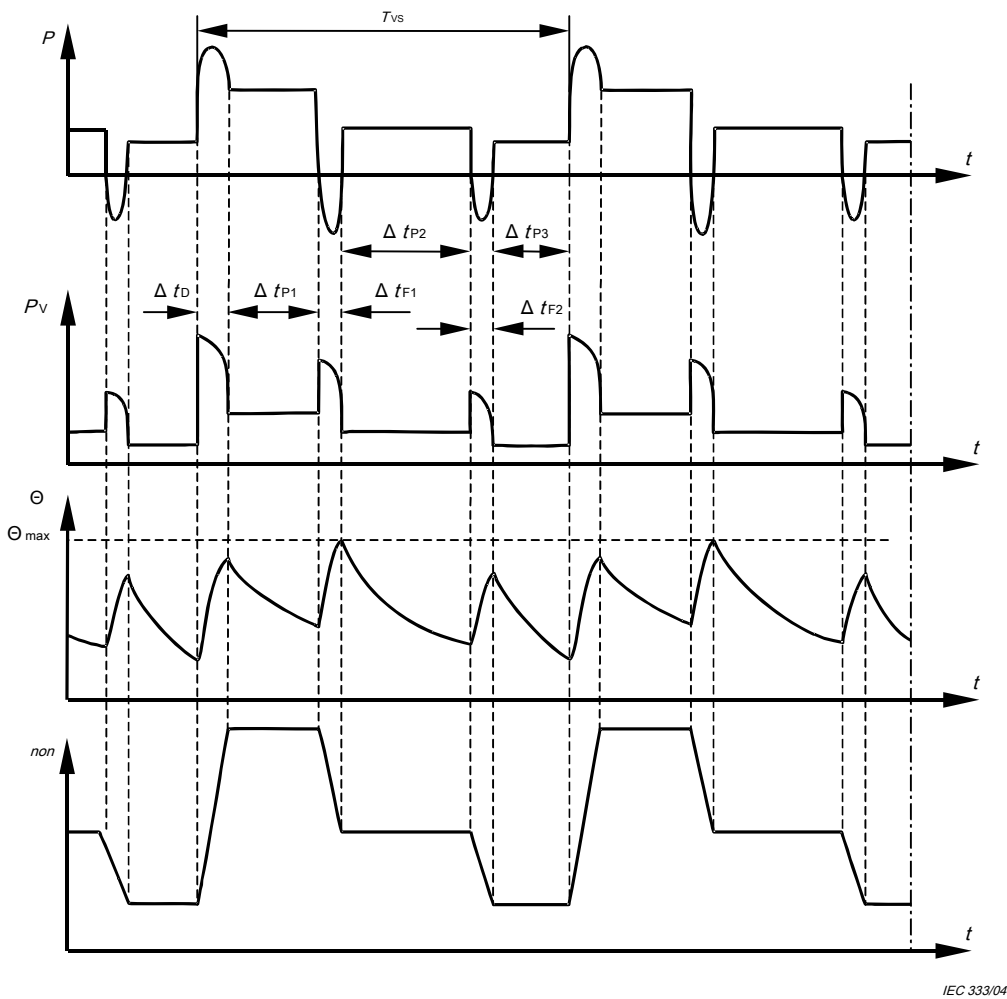
4.2.8 Tipo di servizio S8 - Servizio periodico ininterrotto con relative variazioni di carico e velocità

NOTA Un tipico servizio periodico implica che l'equilibrio termico non viene raggiunto durante il periodo di carico.

Sequenza di cicli di lavoro identici ciascuno comprendente un tempo di funzionamento a carico costante corrispondente a una velocità di rotazione predeterminata, seguito da uno o più tempi di funzionamento ad altri carichi costanti corrispondenti a velocità di rotazione diverse (ottenuto ad esempio variando il numero di poli nel caso di motori a induzione). Non c'è tempo di riposo (vedi Figura 8).

L'abbreviazione appropriata è S8 seguita dai valori del momento d'inerzia del motore (J_M) e momento d'inerzia del carico (J_{ext}), entrambi relativi all'albero motore, nonché carico, velocità e duty cycle per ciascuna delle velocità caratterizzate da una velocità.

Esempio:	S8 $J_M = 0,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$	$J_{ext} = 6 \text{ kg} \times \text{m}^2$	16 kW	740 min - 1	30%
			40 kW	1.460 min - 1	30%
			25 kW	980 min - 1	40%



Leggenda			
P	caricare	t	tempo
P_v	perdite elettriche	T_{vs}	tempo di ciclo
Θ	temperatura	Δt_D	tempo di inizio / accelerazione
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_P	tempo di manovra a carico costante (P1, P2, P3) tempo di frenatura elettrica
non	velocità	Δt_F	(F1, F2)

Ciclo di lavoro $(\Delta t_D + \Delta t_{P1}) / T_{vs}; (\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2}) / T_{vs}; (\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3}) / T_{vs}$

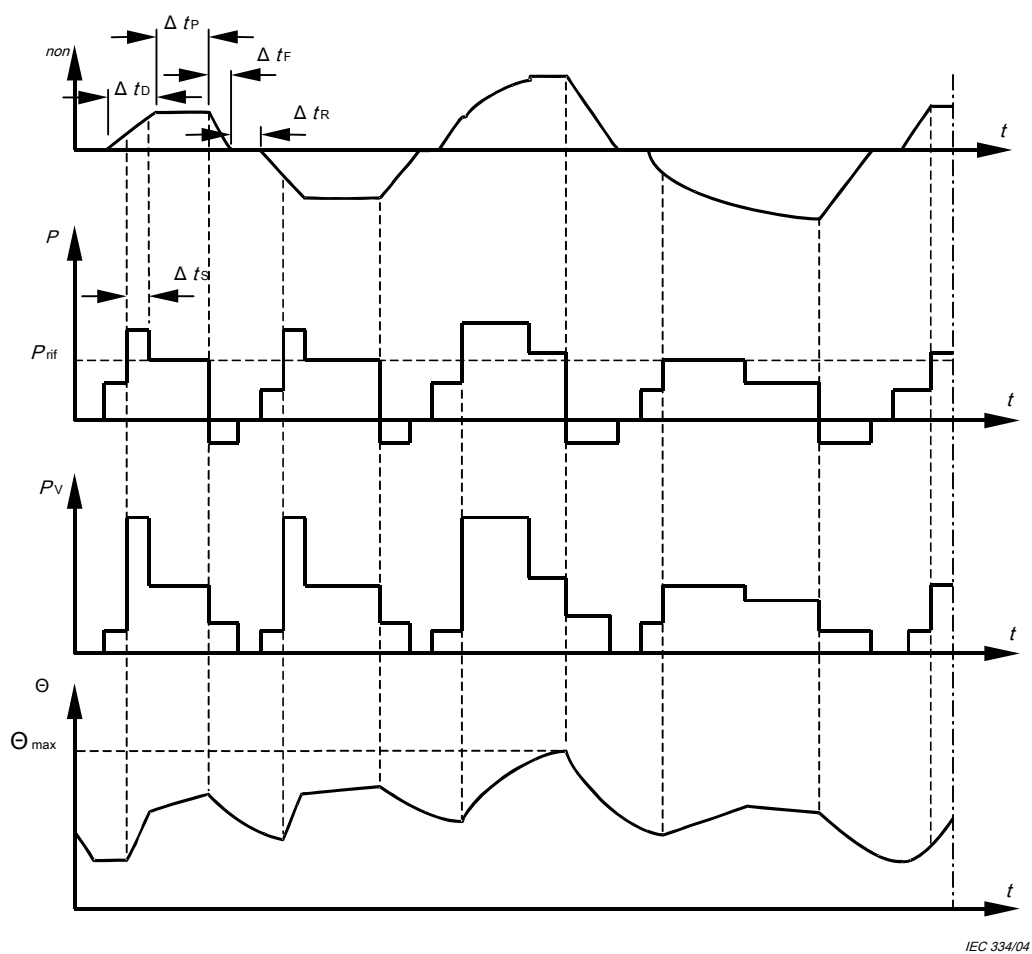
**Figura 8 - Servizio periodico ininterrotto con relative modifiche
carico e velocità - Tipo di servizio S8**

4.2.9 Servizio tipo S9 - Servizio con variazioni non periodiche di carico e velocità

Servizio in cui generalmente il carico e la velocità hanno una variazione non periodica entro il range di funzionamento consentito. Questo servizio include spesso sovraccarichi applicati che possono essere significativamente maggiori del carico di riferimento (vedere la Figura 9).

L'abbreviazione appropriata è S9.

Per questo tipico servizio, un carico costante, scelto con giudizio e basato sul servizio tipo S1, viene preso come valore di riferimento (" P_{rif} " Nella Figura 9) per la nozione di sovraccarico.



IEC 334/04

Leggenda

P	caricare	t	tempo
P_{rif}	carico di riferimento	Δt_D	tempo di inizio / accelerazione
P_v	perdite elettriche	Δt_P	durata del funzionamento a carico costante durata della
Θ	temperatura	Δt_F	frenatura elettrica
Θ_{max}	temperatura massima raggiunta	Δt_R	tempo di riposo
non	velocità	Δt_S	tempo di funzionamento in sovraccarico

Figura 9 - Servizio con variazioni non periodiche di carico e velocità - Servizio tipo S9

4.2.10 Servizio tipo S10 - Servizio con differenti carichi e velocità costanti

Servizio comprendente un numero specifico di valori di carico distinti (o carichi equivalenti) e velocità se applicabile, ciascuna combinazione di carico / velocità viene mantenuta per un tempo sufficiente a consentire alla macchina di raggiungere l'equilibrio termico, vedere la Figura 10. Il carico minimo durante un ciclo di lavoro può essere zero (funzionamento a vuoto o tempo di inattività e assenza di alimentazione).

L'abbreviazione appropriata è S10, seguita da valori ridotti (pu) $p/\Delta t$ per i diversi carichi e le rispettive durate e il valore ridotto (pu) TL per la relativa aspettativa di vita termica del sistema di isolamento. Il valore di riferimento per l'aspettativa di vita termica è l'aspettativa di vita termica alle caratteristiche nominali per il servizio continuo e ai limiti di aumento della temperatura consentiti in base al servizio di tipo S1. Per un periodo di riposo e non rifornito, il carico deve essere indicato dalla lettera r .

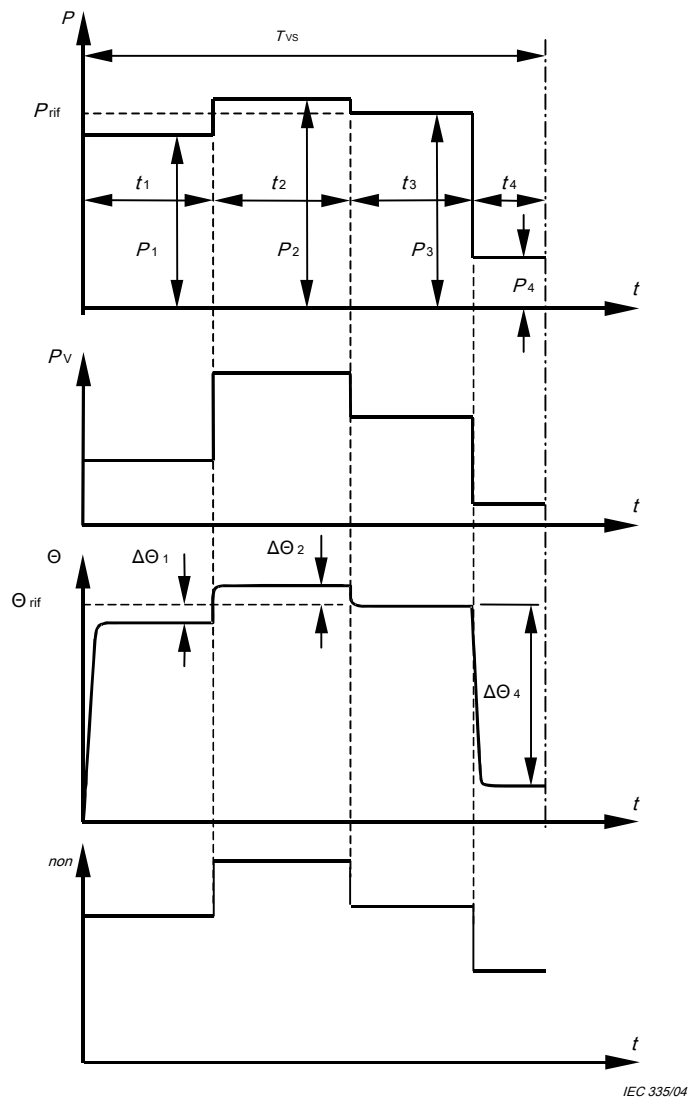
Esempio: S10 $p/\Delta t = 1,1 / 0,4; 1 / 0,3; 0,9 / 0,2; r / 0,1$

$TL = 0,6$

Il valore di TL al multiplo più vicino di 0,05. L'Allegato A fornisce indicazioni sul significato di questo parametro e sulla determinazione del suo valore.

Per questo tipico servizio, un carico costante, scelto con giudizio e basato sul servizio tipo S1, deve essere preso come valore di riferimento (" P_{rif} "Nella Figura 10) per carichi separati.

NOTA I valori distinti dei carichi saranno normalmente carichi equivalenti ottenuti per integrazione in funzione del tempo. Non è necessario che ogni ciclo di carica sia esattamente lo stesso, a condizione che ogni carica all'interno di un ciclo venga applicata per un periodo di tempo sufficiente affinché si raggiunga l'equilibrio termico e ogni ciclo di carica possa funzionare. Essere integrato per dare lo stesso aspettativa di vita termica relativa.



Leggenda

P	caricare	t	tempo
P_{io}	carico costante durante un ciclo	t_{io}	durata di una carica costante durante un ciclo
P_{rif}	carico di riferimento basato sul servizio tipico S1	T_{vs}	tempo di ciclo
P_v	perdite elettriche	$\Delta\Theta_{io}$	differenza tra l'aumento di temperatura dell'avvolgimento durante ciascun carico durante un ciclo e l'aumento di temperatura in base al servizio di tipo S1 al carico di riferimento
Θ	temperatura	non	velocità
Θ_{rif}	temperatura al carico di riferimento in base al tipo di servizio S1		

Figura 10 - Servizio con carichi costanti separati - Servizio tipo S10

5 Caratteristiche nominali

5.1 Assegnazione delle caratteristiche assegnate

Le caratteristiche nominali, definite al punto 3.2, devono essere assegnate dal produttore. Nell'assegnare le caratteristiche nominali, il fabbricante deve scegliere una delle classi di caratteristiche nominali definite nei punti da 5.2.1 a 5.2.6. La designazione della classe delle caratteristiche nominali deve essere scritta dopo la potenza nominale. Se non viene stabilita alcuna designazione, si applicano le caratteristiche classificate per il servizio continuo.

Quando componenti ausiliari (come bobine di induttanza, condensatori, ecc.) Vengono inseriti dal costruttore come parte della macchina, i valori nominali devono riferirsi ai morsetti di alimentazione del gruppo completo.

NOTA Questo non si applica ai trasformatori di potenza collegati tra la macchina e l'alimentatore.

Particolare attenzione è richiesta quando si assegnano le caratteristiche assegnate a macchine fornite da, o che forniscono, convertitori statici. La norma IEC 60034-17 fornisce una guida per il caso di motori a induzione a gabbia di scoiattolo coperti dalla norma IEC 60034-12.

5.2 Classi di caratteristiche nominali

5.2.1 Caratteristiche nominali per servizio continuo

Caratteristiche nominali alle quali la macchina può funzionare per un periodo di tempo illimitato e in conformità con i requisiti della presente norma.

Questa classe di caratteristiche nominali corrisponde al tipo di servizio S1 ed è designata come tipo di servizio S1.

5.2.2 Caratteristiche assegnate per servizio temporaneo

Caratteristiche nominali alle quali la macchina può funzionare per un tempo limitato, a partire dalla temperatura ambiente e in conformità ai requisiti della presente norma.

Questa classe di caratteristiche assegnate corrisponde al servizio di tipo S2 ed è designata come servizio di tipo S2.

5.2.3 Caratteristiche nominali per servizio periodico

Caratteristiche nominali alle quali la macchina può funzionare in cicli di lavoro, in conformità con i requisiti della presente norma.

Questa classe di caratteristiche assegnate corrisponde a uno dei servizi standard periodici da S3 a S8 ed è designata come servizio standard corrispondente.

Se non diversamente specificato, la durata di un duty cycle deve essere di 10 min e il duty cycle deve avere uno dei seguenti valori:

15%, 25%, 40%, 60%.

5.2.4 Caratteristiche nominali per servizio non periodico

Caratteristiche nominali alle quali la macchina può funzionare non periodicamente, in conformità con i requisiti della presente norma.

Questa classe di caratteristiche assegnate corrisponde al tipo di servizio non periodico S9 ed è denominata tipo di servizio S9.

5.2.5 Caratteristiche nominali per servizio con differenti carichi e velocità costanti

Caratteristiche nominali alle quali la macchina può funzionare con la combinazione di carichi e velocità del servizio di tipo S10, per un periodo illimitato rispettando i requisiti di questa norma. Il carico massimo ammissibile in un ciclo deve tenere in considerazione tutti gli elementi della macchina, ad esempio il sistema di isolamento per quanto riguarda la validità della legge esponenziale per la relativa aspettativa di vita termica, i cuscinetti per quanto riguarda la temperatura, altri elementi per quanto riguarda all'espansione termica. Se non specificato in altri standard IEC, il carico massimo non deve superare 1,15 volte il valore del carico basato sul servizio di tipo S1. Il carico minimo può essere zero quando la macchina è in funzione a vuoto o a riposo.

Questa classe di caratteristiche nominali corrisponde al servizio di tipo S10 ed è denominata servizio di tipo S10.

NOTA Altri standard IEC appropriati possono specificare il carico massimo in termini di limitazione della temperatura dell'avvolgimento (o aumento della temperatura) invece di un valore relativo del carico basato sul servizio di tipo S1.

5.2.6 Caratteristiche nominali per carico equivalente

Caratteristiche nominali alle quali, ai fini della prova, la macchina può funzionare a carico costante fino al raggiungimento dell'equilibrio termico e che portano allo stesso riscaldamento dell'avvolgimento statorico dell'aumento di temperatura medio durante un ciclo sotto carico per il tipo di servizio specificato.

NOTA Nel determinare le caratteristiche nominali del tipo equivalente, è necessario tenere conto della variazione del carico, della velocità e del raffreddamento del ciclo di lavoro.

Se del caso, questa classe di caratteristiche nominali è designata con "equ".

5.3 Scelta di una classe di caratteristiche nominali

Una macchina costruita per uso generale deve avere caratteristiche classificate per il servizio continuo ed essere in grado di funzionare in servizio di tipo S1.

Se il servizio non è stato specificato dall'acquirente, è applicabile il tipo di servizio S1 e le caratteristiche nominali devono essere caratteristiche nominali per il servizio continuo.

Quando una macchina è destinata alle caratteristiche nominali per un servizio temporaneo, le caratteristiche nominali devono essere basate sul servizio di tipo S2, vedere 4.2.2.

Quando una macchina è destinata a funzionare a carichi variabili o carichi comprendenti un tempo di funzionamento a vuoto o periodi durante i quali la macchina è ferma e non alimentata, le caratteristiche nominali devono essere le caratteristiche previste per il servizio. Periodico basato su un servizio standard periodico scelto tra i servizi standard da S3 a S8, vedere da 4.2.3 a 4.2.8.

Quando una macchina è destinata a funzionare in modo non periodico a carichi variabili a velocità variabili, inclusi i sovraccarichi, le caratteristiche nominali devono essere le caratteristiche nominali per il servizio non periodico basato sul servizio di tipo S9, vedere 4.2.9.

Quando una macchina è destinata a funzionare a carichi costanti separati, inclusi tempi di sovraccarico o tempi di inattività (o di riposo), le caratteristiche nominali devono essere caratteristiche nominali per il servizio con carichi costanti separati in base al servizio di tipo S10., Vedere 4.2.10.

5.4 Attribuzione della potenza a una classe di caratteristiche nominali

Nella determinazione delle caratteristiche nominali:

Per i servizi tipici da S1 a S8, i valori specificati dei carichi costanti devono essere le potenze nominali; vedere da 4.2.1 a 4.2.8.

Per i tipi di servizio S9 e S10, il valore di riferimento del carico basato sul tipo di servizio S1 deve essere considerato come potenza nominale, vedere 4.2.9 e 4.2.10.

5.5 Potenza nominale

5.5.1 Generatori di corrente continua

La potenza nominale è la potenza ai terminali; deve essere espresso in watt (W).

5.5.2 Alternatori

La potenza nominale è la potenza elettrica apparente ai terminali; deve essere espresso in volt-ampere (VA), completato dall'indicazione del fattore di potenza.

Il fattore di potenza nominale degli alternatori sincroni deve essere 0,8 sovraeccitato, se non diversamente specificato dall'acquirente.

5.5.3 Motori

La potenza nominale è la potenza meccanica disponibile sull'albero; deve essere espresso in watt (W).

NOTA È consuetudine in molti paesi esprimere anche la potenza meccanica disponibile sull'albero come potenza (1 hp equivale a 745,7 W; 1 hp equivale a 736 W).

5.5.4 Compensatori sincroni

La potenza nominale è la potenza reattiva ai terminali; deve essere espresso in volt-ampere reattivi (var) in condizioni di sottoeccitazione e sovraeccitazione.

5.6 Tensione nominale

5.6.1 Generatori di corrente continua

Per i generatori di corrente continua destinati a funzionare in un intervallo di tensione di entità relativamente ridotta, la potenza nominale e la corrente nominale, se non diversamente specificato, devono essere applicabili al limite superiore dell'intervallo di tensione, vedere anche 7.3.

5.6.2 Alternatori

Per gli alternatori destinati a funzionare in un intervallo di tensione di span relativamente ridotto, la potenza nominale e il fattore di potenza nominale devono, se non diversamente specificato, essere applicabili a qualsiasi tensione nell'intervallo (vedere anche 7.3).

5.7 Coordinamento delle tensioni e dei poteri

In pratica, le macchine con tutte le caratteristiche nominali non sono costruite per tutte le tensioni nominali. In generale, per le macchine CA, in base a considerazioni di progettazione e produzione, le tensioni nominali preferibili superiori a 1 kV sono riportate nella Tabella 1, a seconda delle potenze nominali.

Tabella 1 - Tensioni nominali preferite

Tensione nominale kV	Potenza nominale minima kW (o kVA)
$1.0 < U_{\text{NON}} \leq 3.0$	100
$3.0 < U_{\text{NON}} \leq 6.0$	150
$6.0 < U_{\text{NON}} \leq 11.0$	800
$11.0 < U_{\text{NON}} \leq 15.0$	2.500

5.8 Macchine con più di un insieme di caratteristiche assegnate

Le macchine destinate a più di una serie di caratteristiche nominali devono essere conformi sotto tutti gli aspetti alla presente norma per ciascuna serie di caratteristiche nominali.

Per i motori con più velocità, le caratteristiche nominali devono essere assegnate a ciascuna velocità.

Quando una grandezza nominale (potenza, tensione, velocità, ecc.) Può avere più valori o variare costantemente tra due limiti, a questi valori o limiti devono essere assegnate le caratteristiche nominali. Questa disposizione non si applica alle variazioni di tensione e frequenza nel funzionamento definite in 7.3, né al collegamento stella-triangolo per l'avviamento.

6 Condizioni operative in loco

6.1 Generale

Se non diversamente specificato, le macchine devono essere adatte alle condizioni operative in loco indicate di seguito. Per condizioni operative in loco diverse da questi valori, le correzioni sono fornite nella clausola 8.

6.2 Altitudine

L'altitudine non deve superare i 1000 m sul livello del mare.

6.3 Massima temperatura dell'aria ambiente

La temperatura dell'aria ambiente non deve superare i 40 °C.

6.4 Temperatura minima dell'aria ambiente

La temperatura dell'aria ambiente non deve essere inferiore a - 15 °C, qualunque sia la macchina.

La temperatura dell'aria ambiente non deve essere inferiore a 0 °C per una macchina con:

- a) una potenza nominale superiore a 3.300 kW (o kVA) per 1.000 min - 1;
- b) una potenza nominale inferiore a 600 W (o VA);
- c) un collezionista;
- d) un blocchetto di cuscono;
- e) acqua come refrigerante primario o secondario.

6.5 Temperatura dell'acqua di raffreddamento

Per la temperatura dell'acqua di raffreddamento di riferimento, vedere la Tabella 4. Per altre temperature dell'acqua di raffreddamento, vedere la Tabella 9. La temperatura dell'acqua di raffreddamento non deve essere inferiore a +5 ° vs.

6.6 Stoccaggio e trasporto

Quando è probabile che si verifichino temperature inferiori a quelle specificate in 6.4 durante il trasporto, l'immagazzinamento o dopo l'installazione, l'acquirente deve informare il produttore e specificare la temperatura minima prevista.

6.7 Purezza dell'idrogeno in raffreddamento

Le macchine raffreddate a idrogeno devono essere in grado di funzionare alla potenza nominale in condizioni nominali con un refrigerante contenente almeno il 95% di idrogeno in volume.

NOTA Per motivi di sicurezza, il contenuto di idrogeno deve essere sempre mantenuto al 90% o più, supponendo che l'altro gas che entra nella miscela sia aria.

Per calcolare l'efficienza in conformità con la norma IEC 60034-2 (tutte le parti), la composizione standardizzata della miscela di gas deve essere del 98% di idrogeno e del 2% di aria in volume, a valori specificati di pressione e temperatura del fluido raffreddato, a meno che diversamente concordato. Le perdite per ventilazione devono essere calcolate per la densità corrispondente.

7 Condizioni di funzionamento elettrico

7.1 Alimentazione elettrica

Per le macchine trifase, 50 Hz o 60 Hz, destinate al collegamento diretto a una rete di distribuzione o utenza, le tensioni nominali devono essere dedotte dalle tensioni nominali indicate nella IEC 60038.

NOTA Per le macchine CA ad alta tensione ad alta potenza, è possibile scegliere le tensioni per ottenere caratteristiche operative ottimali.

Per i motori CA alimentati da convertitori statici, queste restrizioni su tensione, frequenza e forma d'onda non si applicano. In questo caso la scelta delle tensioni nominali deve essere concordata.

7.2 Forma e simmetria di tensioni e correnti

7.2.1 Motori AC

7.2.1.1 I motori AC aventi tra le loro caratteristiche nominali il funzionamento con alimentazione a frequenza fissa, alimentata da un alternatore (localmente o tramite rete di distribuzione) devono poter funzionare ad una tensione di alimentazione il cui fattore di armonica di tensione (*HVF*) è minore o uguale a:

- 0,02 per motori monofase e trifase, inclusi i motori sincroni, ma esclusi i motori N concept (vedere IEC 60034-12), a meno che il produttore non dichiari diversamente.

- 0,03 per i motori di progettazione N.

Il *HVF* deve essere calcolato dalla seguente formula:

$$HVF = \sqrt{\frac{K U^2}{\sum_{n=2}^{non} U_{non}^2}}$$

o

U_{non} è il rapporto dell'armonica di tensione *U_{non}* sulla tensione nominale *U_{NON}*;

non è l'ordine dell'armonica (non divisibile per tre nel caso di un motore trifase);

k = 13.

I motori trifase devono essere idonei al funzionamento su un sistema di tensione la cui componente inversa non superi l'1% della componente diretta per un lungo periodo, o l'1,5% per un breve periodo non superiore a pochi minuti, e la cui componente sequenza zero non superi l'1% della componente diretta.

Se i limiti dei valori di *HVF* e la componente inversa e sequenza zero vengono raggiunti contemporaneamente in servizio al carico nominale, ciò non deve portare ad una temperatura dannosa nel motore e si raccomanda che l'aumento di temperatura risultante al di sopra dei limiti specificati in questa norma non superi circa 10 K.

NOTA In prossimità di carichi monofase pesanti (es. Forni ad induzione) e nelle zone rurali, in particolare nel caso di rete mista industriale e domestica, l'alimentazione elettrica può risultare distorta oltre i limiti sopra fissati. Una situazione del genere richiede accordi speciali.

7.2.1.2 I motori AC alimentati da convertitori statici devono sopportare un livello più elevato di armoniche dalla tensione di alimentazione; vedere IEC 60034-17 per il caso di motori a gabbia di scoiattolo coperti da IEC 60034-12.

NOTA Se la tensione di alimentazione è notevolmente non sinusoidale, ad esempio nel caso di alimentazione di un convertitore statico, il valore efficace della forma d'onda totale e quello dell'onda fondamentale sono entrambi idonei per determinare le caratteristiche di funzionamento di una macchina AC.

7.2.2 Alternatori

Gli alternatori trifase devono essere idonei ad alimentare circuiti alimentati da un sistema di tensioni bilanciate e sinusoidali:

a) portano a correnti che non superano un fattore di corrente armonica (*HCF*) di

0,05 e

b) portano a un sistema corrente in cui né la componente inversa né la componente sequenza zero superano il 5% della componente diretta.

Il *HCF* deve essere calcolato dalla seguente formula:

$$HCF = \sqrt{\frac{K}{\sum_{n=2}^{non} I_{on}^2}}$$

o

I_{on} è il rapporto della corrente armonica *I_{on}* sulla corrente nominale *I_{NON}*;

non è l'ordine dell'armonico;

k = 13.

Se i limiti di deformazione e squilibrio vengono raggiunti simultaneamente in servizio al carico nominale, ciò non deve portare ad una temperatura sfavorevole nell'alternatore e si raccomanda che l'aumento di temperatura risultante al di sopra dei limiti specificati in questa norma non superi circa 10 K.

7.2.3 Macchine sincrone

Se non diversamente specificato, le macchine sincrone trifase devono essere in grado di funzionare in continuo su una rete sbilanciata tale che, nessuna delle correnti di fase eccedenti la corrente nominale, il rapporto della componente inversa del sistema di

correnti (i_{02}) alla corrente nominale (i_{0N}) non supera i valori nella tabella 2 e

funzione, in caso di guasto ai valori del prodotto di (i_{02} / i_{0N}) $2 \times t$ per il momento in cui (t) non superiore ai valori della tabella 2.

**Tabella 2 - Condizioni di funzionamento sbilanciate
per macchine sincrone**

Punto	Tipo di macchine	Valore massimo i_{02} / i_{0N} per un funzionamento, un'operazione, un funzionamento, un'operazione permanente	Valore massimo (i_{02} / i_{0N}) $2 \times t$ in secondi per funzionamento stazionario predefinito
Macchine a palo salienti			
1	Avvolgimenti di raffreddamento indiretta		
	motori	0,1	20
	generatori	0,08	20
	compensatori sincroni	0,1	20
2	Avvolgimenti con raffreddamento diretto (raffreddamento interno) allo statore e / o all'induttore		
	motori	0,08	15
	generatori	0,05	15
	compensatori sincroni	0,08	15
Macchine sincrone a rotore liscio			
3	Avvolgimenti rotorici a raffreddamento indiretto		
	per via aerea	0,1	15
	dall'idrogeno	0,1	10
4	Avvolgimenti del rotore di raffreddamento diretto (raffreddamento interno)		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	a	b
	$> 900 \leq 1250$ MVA	a	5
	$> 1.250 \leq 1.600$ MVA	0,05	5
a Per queste macchine, il valore i_{02} / i_{0N} è calcolato come segue: $\frac{i_{02}}{i_{0N}} = \frac{0,08 - S_{NON} - 350}{3 \times 10^4}$ b Per queste macchine, il valore (i_{02} / i_{0N}) $2 \times t$, in secondi, viene calcolato come segue: (i_{02} / i_{0N}) $2 \times t = 8 - 0,00545 (S_{NON} - 350)$ dove (nelle due note a piè di pagina della tabella) S_{NON} è la potenza apparente nominale in megavolt-ampere MVA.			

7.2.4 Motori DC alimentati da convertitori statici di potenza

Nel caso di un motore CC alimentato da un convertitore di potenza statica, la forma di ondulazione della tensione e della corrente influisce sulle caratteristiche di funzionamento della macchina. Le perdite e il riscaldamento aumenteranno e la commutazione sarà più difficile che con un motore a corrente continua alimentato da una sorgente di corrente continua pura.

Di conseguenza, per i motori con una potenza nominale superiore a 5 kW destinati ad essere forniti da un convertitore di potenza statico, è necessario progettare il loro funzionamento da una specifica alimentazione e se il produttore del motore lo ritiene necessario, con un induttore esterno fornito per ridurre il ripple .

L'alimentazione tramite convertitore statico di potenza deve essere caratterizzata mediante un codice di identificazione come segue:

$$[CCC - U_{\text{anno}} - f - L]$$

o

CCC è il codice di identificazione della connessione del convertitore secondo IEC 60971;

U_{anno} è composto da tre o quattro cifre indicanti il valore nominale della tensione alternata ai terminali di ingresso del convertitore, in V;

f è composto da due cifre che indicano la frequenza assegnata ai terminali di ingresso, in Hz;

L è composto da una, due o tre cifre indicanti il valore dell'induttanza in serie da sommare esternamente al circuito di armatura del motore, in mH. Se questo valore è zero, viene omissso.

I motori di potenza nominale inferiore a 5 kW, anziché essere abbinati ad un tipo specifico di convertitore di potenza statica, possono essere progettati per essere utilizzati con qualsiasi convertitore di potenza statica, con o senza induttore esterno, a condizione che il valore nominale del fattore di forma per il quale il motore è progettato non viene superato e il livello di isolamento del circuito di armatura del motore è adattato al valore nominale della tensione alternata ai terminali di ingresso del convertitore di potenza statica.

In ogni caso, si presume che l'ondulazione di corrente fornita dal convertitore di potenza statica sia sufficientemente bassa da ottenere un fattore di ondulazione di corrente inferiore a 0,1 nelle condizioni nominali.

7.3 Variazioni di tensione e frequenza durante il funzionamento

Per le macchine AC aventi tra le loro caratteristiche nominali il funzionamento con alimentazione a frequenza fissa, alimentata da un alternatore (localmente o tramite rete di distribuzione), le combinazioni di variazioni di tensione e frequenza sono classificate in zona A o in zona B, secondo la Figura 11 per alternatori e compensatori sincroni e Figura 12 per motori.

Per le macchine CC direttamente collegate a un'alimentazione CC normalmente costante, le zone A e B si applicano solo alle tensioni.

Una macchina deve essere in grado di svolgere la sua funzione principale come specificato nella Tabella 3 in modo continuo all'interno della zona A, ma potrebbe non soddisfare completamente le sue caratteristiche di funzionamento alla tensione e frequenza nominali (vedere il punto delle caratteristiche assegnate nelle Figure 11 e 12), e mostrare alcune deviazioni . Gli aumenti di temperatura possono essere maggiori di quelli a tensione e frequenza nominali.

Una macchina deve essere in grado di svolgere la sua funzione principale all'interno della zona B, ma può presentare deviazioni maggiori rispetto a quelle della zona A dalle sue caratteristiche di funzionamento alla tensione e frequenza nominali. Gli aumenti di temperatura possono essere superiori a quelli a tensione e frequenza nominali e molto probabilmente saranno superiori a quelli della zona A. Il funzionamento prolungato alla periferia della zona B non è raccomandato.

NOTA 1 Nelle applicazioni pratiche e nelle condizioni operative, a volte sarà necessario che una macchina funzioni al di fuori del perimetro della zona A. Si consiglia di limitare tali deviazioni in termini di valore, durata e frequenza di occorrenza. Se possibile, l'azione correttiva dovrebbe essere intrapresa entro un tempo ragionevole, ad esempio la riduzione della potenza. Tali interventi possono impedire una riduzione della vita della macchina dovuta agli effetti della temperatura.

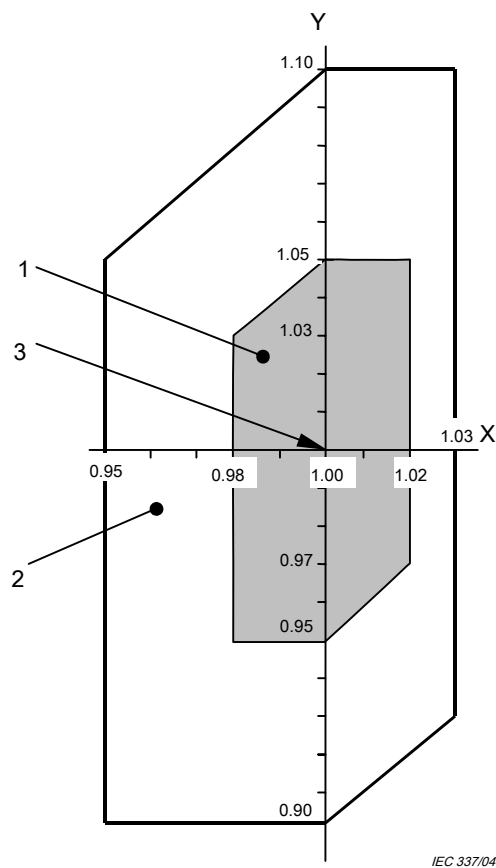
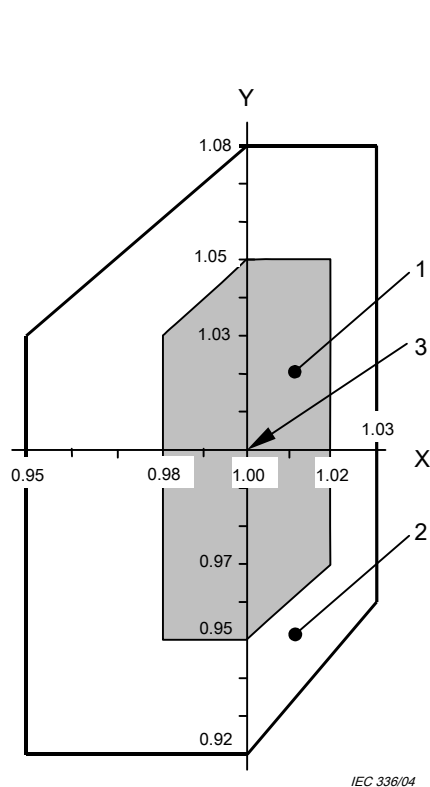
NOTA 2 L'aumento di temperatura o i limiti di temperatura secondo questo standard sono applicabili nel punto delle caratteristiche nominali e possono essere progressivamente superati se il punto di lavoro devia dal punto delle caratteristiche nominali. Per le condizioni ai limiti estremi della zona A, gli aumenti e le temperature di solito superano i limiti specificati in questo standard di circa 10 K.

NOTA 3 Un motore CA si avvia solo al limite di tensione inferiore se la sua coppia di avviamento è appropriata per la coppia resistiva del carico, ma questo non è un requisito di questa clausola. Per le caratteristiche di avviamento dei motori di progettazione N, vedere IEC 60034-12.

NOTA 4 Per le macchine coperte dalla norma IEC 60034-3 si applicano limiti di tensione e frequenza diversi.

Tabella 3 - Principali funzioni delle macchine

Punto	Tipo di macchine	Funzione principale
1	Alternatore, fuori punto 5	Potenza nominale apparente (kVA), al fattore di potenza nominale se controllato separatamente
2	Motore AC, esclusi i punti 3 e 5	Coppia nominale (Nm)
3	Motore sincrono, fuori punto 5	Coppia nominale (Nm) con eccitazione che mantiene la corrente di eccitazione nominale o il fattore di potenza nominale, quando questo può essere ordinato separatamente
4	Compensatore sincrono, fuori punto 5	Potenza apparente nominale (kVA) entro zona applicabile a un generatore se non diversamente concordato, vedere la Figura 11
5	Power turbo-alternatore assegnato ≥ 10 MVA	Vedere IEC 60034-3
6	Motore DC generatore DC	Potenza nominale (kW)
7		Coppia nominale (Nm) con l'eccitazione di un motore in derivazione che mantiene una velocità nominale, quando questo può essere ordinato separatamente



Leggenda

Asse X. frequenza pu

Asse Y. tensione dell'unità di elaborazione

1 zona A

2 zona B (fuori zona A)

3 punto delle caratteristiche nominali

Figura 11 - Valori limite di tensione e frequenza per alternatori

Figura 12 - Valori limite di tensione e frequenza per motori

7.4 Macchine trifase operanti su reti isolate

Le macchine trifase devono poter funzionare in servizio continuo con il neutro ad un potenziale prossimo o uguale a quello di terra. Devono inoltre essere in grado di operare su reti isolate aventi una fase a potenziale di terra per periodi di tempo brevi molto rari, ad esempio necessari per azzerare normalmente il guasto. Se la macchina deve essere utilizzata in modo continuativo, o per lunghi periodi, in queste condizioni, è essenziale prevedere una macchina speciale con il livello di isolamento appropriato.

Se gli avvolgimenti non hanno un isolamento identico alle estremità sul lato fase e sul lato neutro, questo deve essere specificato dal produttore.

NOTA La messa a terra o l'interconnessione dei punti neutri delle macchine non deve mai essere eseguita senza consultare i costruttori delle macchine, questo a causa dei pericoli della circolazione di correnti di sequenza zero di tutte le frequenze in determinate condizioni operative e dei rischi di incidenti meccanici su gli avvolgimenti durante i guasti tra fase e neutro.

7.5 Livelli di tenuta alla tensione (picco e gradiente)

Per i motori AC, il produttore deve specificare un valore limite per picchi di tensione e gradienti di tensione, in funzionamento continuo.

Per i motori a induzione a gabbia di scoiattolo coperti da IEC 60034-12, vedere anche IEC 60034-17.

Per i motori CA ad alta tensione, vedere anche IEC 60034-15.

Per le linee di dispersione e le distanze di isolamento del rame nudo vivo, vedere IEC 60664-1.

8 Caratteristiche termiche di funzionamento e prove termiche

8.1 Classificazione termica

Ai sistemi di isolamento utilizzati nelle macchine deve essere assegnata una classificazione termica secondo IEC 60085.

È responsabilità del produttore della macchina interpretare i risultati ottenuti dalla prova di resistenza termica in conformità con la parte pertinente della norma IEC 60034-18.

NOTA 1 Si raccomanda di non assumere una relazione diretta tra la classificazione termica di un nuovo sistema di isolamento e l'attitudine termica dei diversi materiali di cui è composto.

NOTA 2 L'uso continuato di un sistema di isolamento esistente è accettabile se è stato dimostrato dall'esperienza di confermare un funzionamento soddisfacente.

8.2 Refrigerante di riferimento

Il refrigerante di riferimento, per un dato metodo di raffreddamento, è specificato nella Tabella 4.

Tabella 4 - Refrigerante di riferimento (vedere anche Tabella 10)

Punto	Fluido raffreddato furbo primario	Modo di raffreddato furbo	Fluido raffreddato furbo secondario	Tabella n °	La tabella citata nella colonna 5 specifica si limita a:	Fluido raffreddamento di riferimento
1	Aria	Indiretto	No	7	Riscaldamento	Aria di atmosfera
2	Aria	Indiretto	Aria	7		Temperatura riferimento: 40 ° C
3	Aria	Indiretto	acqua	7		Fluido di raffreddamento all'ingresso del macchina o acqua ambiente Temperatura riferimento di gas raffreddamento in ingresso temperatura macchina: 40 ° C Temperatura riferimento all'acqua ambiente: 25 ° C (vedi Nota)
4	Idrogeno	Indiretto	acqua	8		
5	Aria	Diretto	No	12	Temperatura	Aria di atmosfera
6	Aria	Diretto	Aria	12		Temperatura riferimento: 40 ° C
7	Aria	Diretto	acqua	12		Gas che entra nella macchina o liquido entrare in avvolgimento Temperatura riferimento: 40 ° C
8	Idrogeno o liquido	Diretto	acqua	12		
NOTA Le caratteristiche nominali di una macchina raffreddata ad acqua con raffreddamento indiretto possono essere assegnate utilizzando il refrigerante primario o il refrigerante secondario come refrigerante di riferimento (vedere anche 10.2 per le informazioni da fornire sul refrigerante di riferimento). Targhetta dati). Quelle di una macchina sommersa con raffreddamento superficiale o raffreddamento ad acqua della camicia devono essere assegnate utilizzando il refrigerante secondario come fluido di riferimento.						

Se viene utilizzato un terzo refrigerante, gli aumenti di temperatura devono essere misurati al di sopra della temperatura del refrigerante primario o secondario come specificato nella Tabella 4.

NOTA La disposizione e il raffreddamento di una macchina possono essere tali da applicare diversi punti della Tabella 4; in questo caso refrigeranti di riferimento differenti possono essere applicati a differenti avvolgimenti.

8.3 Condizioni di prova termica

8.3.1 Alimentazione elettrica

Durante il test termico di un motore CA, l'HVF dell'alimentatore non deve superare 0,015 e il componente inverso del sistema di tensione deve essere inferiore a

0,5% della componente diretta, eliminando l'influenza della componente sequenza zero.

Di comune accordo, è possibile misurare la componente inversa del sistema di corrente invece della componente inversa del sistema di tensione. La componente inversa del sistema attuale non deve superare il 2,5% della componente diretta.

8.3.2 Temperatura della macchina prima del test

Quando la temperatura di un avvolgimento deve essere determinata dall'aumento della resistenza, la temperatura iniziale dell'avvolgimento non deve differire di oltre 2 K da quella del liquido di raffreddamento.

Quando una macchina deve essere testata a caratteristiche classificate per servizio temporaneo (servizio di tipo S2), la sua temperatura all'inizio della prova non deve differire di oltre 5 K dalla temperatura del liquido di raffreddamento.

8.3.3 Temperatura del refrigerante

La macchina può essere testata a qualsiasi temperatura disponibile del liquido di raffreddamento. Vedere la Tabella 11 (per avvolgimenti raffreddati indirettamente) o la Tabella 14 (per avvolgimenti raffreddati direttamente).

8.3.4 Misurazione della temperatura del liquido di raffreddamento durante le prove

Il valore da adottare per la temperatura del liquido di raffreddamento durante una prova deve essere la media delle letture effettuate sui rivelatori di temperatura a intervalli di tempo uguali durante l'ultimo quarto della durata della prova. Per ridurre gli errori che possono derivare dalla lentezza con cui la temperatura di grandi macchinari segue i cambiamenti nella temperatura del liquido di raffreddamento, si dovrebbero prendere tutte le misure ragionevoli per ridurre tali variazioni.

8.3.4.1 Macchine aperte o macchine chiuse senza scambiatori di calore (raffreddate dall'aria o dal gas circostante)

La temperatura ambiente dell'aria o del gas deve essere misurata per mezzo di più rilevatori di temperatura distribuiti intorno ed a metà della macchina, ad una distanza da 1 ma 2 m da essa. Ogni rivelatore deve essere protetto dal calore irradiato e dalle correnti d'aria.

8.3.4.2 Macchine raffreddate ad aria o gas da una sorgente remota tramite condotti di ventilazione e macchine con scambiatori di calore montati separatamente

La temperatura del liquido di raffreddamento primario deve essere misurata quando si entra nella macchina.

8.3.4.3 Macchine chiuse con scambiatori di calore montati sulla macchina o incorporati

La temperatura del liquido di raffreddamento primario deve essere misurata quando si entra nella macchina. La temperatura del liquido di raffreddamento secondario deve essere misurata quando entra nello scambiatore di calore.

8.4 Riscaldamento di un elemento macchina

Il riscaldamento di un elemento macchina, $\Delta \theta$, è la differenza tra la temperatura di questo elemento, misurata con il metodo appropriato, conformemente al punto 8.5, e la temperatura del liquido di raffreddamento, misurata secondo il punto 8.3.4.

Per il confronto con i limiti di aumento della temperatura (vedere Tabella 7 o 8) o temperatura (vedere Tabella 12), ove possibile, la temperatura deve essere misurata immediatamente prima dell'arresto della macchina al termine della prova termica, come definito in 8.7.

Quando ciò non è possibile, ad esempio quando si misura direttamente con il metodo di variazione della resistenza, vedere 8.6.2.3.

Per le macchine testate nel loro effettivo servizio periodico (tipo da S3 a S8) la temperatura deve essere considerata quella nel mezzo del periodo che fornisce il maggior riscaldamento nell'ultimo ciclo di funzionamento (ma vedere anche 8.7.3).

8.5 Metodi di misurazione della temperatura

8.5.1 Generale

Sono accettati tre metodi per determinare le temperature degli avvolgimenti e di altri elementi:

- metodo di variazione della resistenza;
- metodo che utilizza indicatori di temperatura interna (IIT);
- metodo del termometro.

I diversi metodi non dovrebbero essere utilizzati per il controllo reciproco. Per i test indiretti vedere IEC 60034-29.

8.5.2 Metodo di variazione della resistenza

La temperatura degli avvolgimenti è determinata dall'aumento della loro resistenza.

8.5.3 Metodo dell'indicatore di temperatura interna (IIT)

La temperatura viene misurata mediante indicatori di temperatura interni (ad esempio termometri a resistenza, coppie termoelettriche o termistori a semiconduttore con coefficiente di temperatura negativo) introdotti nella macchina in fase di costruzione, in punti che diventano inaccessibili a macchina finita.

8.5.4 Metodo del termometro

La temperatura viene misurata mediante termometri applicati alle superfici accessibili della macchina finita. Il termine "termometro" si applica non solo ai termometri a serbatoio, ma anche alle coppie termoelettriche non da incasso e alle termoresistenze esterne. Quando i termometri a serbatoio vengono utilizzati in punti in cui è presente un campo magnetico intenso, variabile o in movimento, i termometri ad alcool dovrebbero essere utilizzati preferibilmente ai termometri a mercurio.

8.6 Determinazione della temperatura dell'avvolgimento

8.6.1 Scelta del metodo

In generale, per misurare la temperatura degli avvolgimenti di una macchina, dovrebbe essere applicato il metodo di variazione della resistenza, secondo 8.5.1 (ma vedere anche 8.6.2.3.3).

Per gli avvolgimenti dello statore CA di macchine con una potenza nominale uguale o superiore a 5.000 kW (o kVA), deve essere applicato il metodo degli indicatori di temperatura interna (IIT).

Per le macchine CA con una potenza nominale inferiore a 5.000 kW (o kVA) e superiore a 200 kW (o kVA), il produttore deve scegliere il metodo di variazione della resistenza o il metodo dell'indicatore di temperatura interna (IIT), se non diversamente concordato.

Per le macchine AC con potenza nominale inferiore o uguale a 200 kW (o kVA), il produttore deve scegliere il metodo per variazione di resistenza, per misurazione diretta o per metodo di sovrapposizione (vedere 8.6.2.1), salvo diverso accordo (ma vedere anche sotto).

Per macchine con potenza nominale inferiore o uguale a 600 W (o VA), se gli avvolgimenti non sono uniformi o se si effettuano i necessari collegamenti si ottiene

gravi complicazioni, la temperatura può essere determinata utilizzando termometri. Devono essere applicati i limiti di aumento della temperatura secondo la Tabella 7, punto 1d) per il metodo di variazione della resistenza.

Il metodo del termometro è consentito nei seguenti casi:

- a) quando la determinazione dell'aumento di temperatura per variazione di resistenza non è in pratica fattibile, come ad esempio nel caso di bobine di commutazione e avvolgimenti di compensazione di bassa resistenza e, in generale, nel caso di avvolgimenti di bassa resistenza, in particolare quando la resistenza delle giunzioni e dei collegamenti rappresenta una proporzione significativa della resistenza totale;
- b) avvolgimenti in un unico strato, rotanti o fissi;
- vs) durante i test individuali su macchine prodotte in serie.

Per gli avvolgimenti dello statore CA a fascio singolo per slot, il metodo dell'indicatore di temperatura interna (IIT) non deve essere utilizzato per verificare la conformità a questo standard: deve essere applicato il metodo di variazione della resistenza.

NOTA Per controllare la temperatura di tali avvolgimenti in servizio, un indicatore interno posto nella parte inferiore della tacca è di scarso valore in quanto indica principalmente la temperatura del ferro. Un indicatore posto tra la bobina e il blocco ad intaglio segue molto più da vicino la temperatura dell'avvolgimento ed è quindi preferibile per scopi di monitoraggio del funzionamento. Poiché la temperatura di questo luogo può essere relativamente bassa, è opportuno determinare mediante un test di aumento della temperatura la relazione tra la temperatura misurata in questo luogo e la temperatura misurata dalla variazione della resistenza.

Per altri avvolgimenti con una sola trave per tacca ed evolventi, il metodo di misurazione della temperatura IIT non deve essere utilizzato per verificare la conformità a questa norma.

Per gli avvolgimenti d'armatura con collettori e per gli avvolgimenti di eccitazione sono accettati il metodo della variazione di resistenza e il metodo del termometro. Il metodo preferito è il metodo di variazione della resistenza, ma per gli avvolgimenti ad eccitazione fissa di macchine CC con più di uno strato, può essere utilizzato il metodo dell'indicatore di temperatura interna.

8.6.2 Determinazione con il metodo della variazione di resistenza

8.6.2.1 Misurazione

È necessario utilizzare uno dei seguenti metodi.

- misura diretta, all'inizio e alla fine della prova, utilizzando uno strumento avente una portata adeguata;
- per avvolgimenti in corrente continua: misurando la corrente nell'avvolgimento e la tensione ai suoi terminali, utilizzando strumenti agli opportuni range;
- per avvolgimenti in corrente alternata: iniettando corrente continua nell'avvolgimento, in assenza di tensione alternata.

8.6.2.2 Calcolo

Riscaldamento $\theta_2 - \theta_1$, può essere ottenuto dall'equazione:

$$\frac{\theta_2 + K}{\theta_1 + K} = \frac{R_2}{R_1}$$

o

θ_1 è la temperatura (° C) dell'avvolgimento (freddo) al momento della misura della resistenza iniziale;

θ_2 è la temperatura (° C) dell'avvolgimento alla fine della prova;

θ_a è la temperatura (° C) del liquido di raffreddamento al termine della prova termica;

R_1 è la resistenza dell'avvolgimento alla temperatura θ_1 (freddo); è la resistenza dell'avvolgimento

R_2 al termine della prova termica;

k è l'inverso del coefficiente di variazione della resistività in funzione della temperatura a 0 ° C del materiale conduttivo.

Per il rame $k = 235$.

Per alluminio $k = 225$ se non diversamente specificato.

Da In pratica, è conveniente calcolare l'aumento di temperatura con la formula equivalente

Il prossimo:

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1 \times (k + \theta_1) + \theta_1}{R_1} \times (1 - \theta_a)$$

8.6.2.3 Correzione per le misurazioni effettuate dopo l'arresto della macchina

8.6.2.3.1 Generale

La misurazione della temperatura al termine della prova termica con il metodo della variazione di resistenza richiede che la macchina si arresti rapidamente. Sono necessarie una procedura attentamente pianificata e un numero adeguato di persone.

8.6.2.3.2 Arresto della macchina in breve tempo

Se la lettura della variazione di resistenza iniziale viene ottenuta entro il periodo di tempo mostrato nella Tabella 5, questa lettura deve essere adottata per la misurazione della temperatura.

Tabella 5 - Ritardo

Potenza nominale (P_{NON}) kW o kVA	Ritardo dopo lo spegnimento s
$P_{NON} \leq 50$	30
$50 < P_{NON} \leq 200$	90
$200 < P_{NON} \leq 5.000$	120
$5.000 < P_{NON}$	Per accordo

8.6.2.3.3 Macchina ferma per molto tempo

Se la lettura della variazione di resistenza non può essere presa entro il tempo specificato nella Tabella 5, dovrebbe essere presa il prima possibile ma non più del doppio di quella specificata nella Tabella 5, e ulteriori letture dovrebbero essere prese ad intervalli di circa 1 min, fino a quando tale volta che queste letture iniziano a mostrare una notevole diminuzione dei loro valori massimi. Una curva di queste letture deve essere tracciata rispetto al tempo ed estrapolata a un intervallo di tempo appropriato secondo la Tabella 5 per la potenza nominale della macchina. Si consiglia di disegnare una curva semi-logaritmica, dove la temperatura è sull'ordinata logaritmica. Il valore di temperatura così ottenuto deve essere considerato come la temperatura a macchina ferma.

Se la lettura della variazione di resistenza iniziale può essere presa solo dopo un ritardo pari al doppio del ritardo specificato nella Tabella 5, questo metodo di correzione deve essere utilizzato solo mediante la messa a punto.

8.6.2.3.4 Avvolgimenti con un fascio per tacca

Per le macchine con un raggio per tacca, il metodo per variazione della resistenza mediante misurazione diretta può essere applicato se la macchina si ferma entro il tempo specificato nella Tabella 5. Se la macchina impiega più di 90 s per fermarsi dopo il cut, il metodo della sovrapposizione può essere applicato previo accordo.

8.6.3 Determinazione con il metodo mediante indicatori di temperatura interna (IIT)

8.6.3.1 Generale

Gli indicatori devono essere distribuiti correttamente nell'avvolgimento della macchina e il numero di indicatori installati non deve essere inferiore a sei.

Va compiuto ogni sforzo, per quanto compatibile con la sicurezza, per posizionare gli indicatori nei vari punti presunti più caldi in modo che siano efficacemente protetti dal contatto con il liquido di raffreddamento primario.

La lettura più alta degli elementi IIT dovrebbe essere utilizzata per determinare la temperatura dell'avvolgimento.

NOTA Gli elementi IIT o le loro connessioni possono essere difettosi e fornire letture errate. Di conseguenza, se una o più letture, dopo l'analisi, risultano irregolari, dovrebbero essere eliminate.

8.6.3.2 Due o più fasci per tacca

Gli indicatori di temperatura vanno posti tra le travi coibentate all'interno della tacca, nei punti presumibilmente più caldi.

8.6.3.3 Un raggio per tacca

Gli indicatori vanno posti tra il cuneo ad intaglio e la parte esterna dell'isolamento dell'avvolgimento, nei punti presumibilmente più caldi; vedere 8.6.1.

8.6.3.4 Sviluppando

Gli indicatori di temperatura vanno posti tra due fasci di avvolgenti adiacenti, nei presunti punti più caldi. La parte sensibile di ogni indicatore deve essere a stretto contatto con la superficie della trave ed essere efficacemente protetta dall'influenza del liquido di raffreddamento; vedere 8.6.1.

8.6.4 Determinazione con il metodo del termometro

Va fatto ogni sforzo, per quanto compatibile con la sicurezza, per posizionare i termometri nei punti più caldi presunti (ad esempio negli avvolgenti in prossimità del circuito magnetico) in modo che siano efficacemente protetti dal contatto con il fluido. Sono in buon contatto termico con l'avvolgimento o altro elemento della macchina.

Indipendentemente dal termometro, la lettura più alta dovrebbe essere considerata come il valore della temperatura dell'avvolgimento o dell'elemento della macchina.

8.7 Durata delle prove termiche

8.7.1 Caratteristiche nominali per servizio continuo

Il test dovrebbe durare fino al raggiungimento dell'equilibrio termico.

8.7.2 Caratteristiche assegnate per servizio temporaneo

La durata della prova deve essere quella indicata nelle caratteristiche nominali.

8.7.3 Caratteristiche nominali per servizio periodico

Normalmente le caratteristiche nominali per carico equivalente (vedere 5.2.6) assegnate dal produttore devono essere applicate fino al raggiungimento dell'equilibrio termico. Se esiste un accordo per eseguire un test di servizio effettivo, il ciclo di carico specificato deve essere applicato fino a quando non si ottengono cicli di temperatura sostanzialmente identici. Il criterio è che la linea che collega i punti corrispondenti di due cicli di carica successivi su un diagramma di temperatura deve avere una pendenza inferiore a 2 K all'ora. Se necessario, le misurazioni devono essere effettuate a intervalli ragionevoli per un periodo di tempo.

8.7.4 Caratteristiche nominali per servizio non periodico e caratteristiche nominali per servizio con carichi costanti separati

Le caratteristiche nominali per carico equivalente (vedere 5.2.6), assegnate dal produttore, devono essere applicate fino al raggiungimento dell'equilibrio termico.

8.8 Determinazione della costante di tempo termica equivalente delle macchine per servizio tipo S9

La costante di tempo termica equivalente (con ventilazione come in condizioni di funzionamento normale) adatta per la determinazione approssimativa dell'andamento della temperatura può essere determinata dalla curva di raffreddamento tracciata secondo 8.6.2.3. Il valore della costante di tempo è pari a 1,44 volte (ovvero $1 / \ln(2)$ volte) il tempo che intercorre tra lo scollegamento del motore e il raffreddamento ad una temperatura corrispondente alla metà del riscaldamento della macchina a pieno carico.

8.9 Misurazione della temperatura dei cuscinetti

È consentito il metodo del termometro o dell'indicatore della temperatura interna (IIT).

Il punto di misurazione deve essere posizionato il più vicino possibile a una delle due posizioni specificate nella Tabella 6.

Tabella 6 - Punti di misurazione

Tipo di cuscinetto	Punto di misurazione	Posizione del punto di misura
Rilevamento a palle o rulli	A	Nella sede del cuscinetto ea distanza b dell'anello esterno del cuscinetto non superiore a 10 mm ^a
	B	Superficie esterna dell'alloggiamento del cuscinetto il più vicino possibile alla pista esterna del cuscinetto
Con pad	A	Nella zona di pressione del semicuscinetto ^{vs} ea distanza b film d'olio non superiore a 10 mm ^a
	B	In un'altra posizione sul guscio del pad
^a La distanza viene misurata dal punto più vicino all'indicatore interno o al termometro. ^b Nel caso di una macchina con rotore esterno, il punto A si trova nella parte fissa ad una distanza dall'anello interno non superiore a 10 mm e il punto B si trova sulla superficie esterna della parte fissa, il più vicino possibile all'anello interno . ^{vs} Il guscio del pad è la parte che supporta il materiale del pad che viene pressato e fissato nell'alloggiamento. La zona di pressione è la porzione di circonferenza che supporta la combinazione di peso del rotore e carichi radiali.		

La resistenza termica tra l'indicatore di temperatura interna e l'oggetto di cui si sta misurando la temperatura deve essere misurata, ad esempio, ogni traferro deve essere riempito con un prodotto termoconduttore.

NOTA Tra i punti di misurazione A e B come tra questi punti e il punto più caldo del cuscinetto, vi sono differenze di temperatura che dipendono, tra l'altro, dalle dimensioni del cuscinetto. Per i cuscinetti a bussola cilindrica montati a pressione e per i cuscinetti a sfere oa rulli con un diametro interno di 150 mm o inferiore, le differenze di temperatura che si verificano tra i punti di misurazione A e B. possono essere considerate trascurabili. Nel caso di cuscinetti più grandi, la differenza di temperatura tra i punti di misurazione A e B è di circa 15 K.

8.10 Limiti di riscaldamento e temperatura

Sono previsti limiti per il funzionamento alle condizioni operative in sito, definite al punto 6, e alle caratteristiche nominate per servizio continuo (condizioni di riferimento), seguite da regole che danno le correzioni a tali limiti in caso di funzionamento in sito con altre condizioni operative e con altre caratteristiche nominali. Norme aggiuntive danno le correzioni ai limiti durante la prova termica in caso di condizioni operative nel sito di prova diverse da quelle del sito operativo.

I limiti sono indicati rispetto al refrigerante di riferimento definito nella Tabella 4.

Viene data una regola per tenere conto della purezza dell'idrogeno di raffreddamento.

8.10.1 Avvolgimenti di raffreddamento indiretto

L'aumento della temperatura nelle condizioni di riferimento non deve superare i limiti indicati nella Tabella 7 (raffreddamento ad aria) o nella Tabella 8 (raffreddamento a idrogeno) a seconda dei casi.

Per diverse condizioni operative in loco, per caratteristiche nominali diverse dal servizio continuo e per tensioni nominali superiori a 12.000 V, i limiti devono essere corretti secondo la Tabella 9. (Vedere anche la Tabella 10 per un limite alla temperatura del liquido di raffreddamento che è assunto nella Tabella 9.)

In caso di letture del termometro effettuate secondo 8.6.1, il limite di aumento della temperatura deve essere conforme alla tabella 7.

Se per gli avvolgimenti raffreddati ad aria indiretta le condizioni di esercizio nel sito di prova differiscono da quelle del sito di esercizio, nel sito di prova si applicano i limiti corretti indicati nella tabella 11.

Se i limiti corretti indicati nella tabella 11 portano a temperature ammissibili nel sito di prova che il produttore considera eccessive, il metodo di prova ei limiti devono essere concordati.

Non viene fornita alcuna correzione per il sito di prova per gli avvolgimenti di raffreddamento a idrogeno indiretto poiché è molto improbabile che vengano testati a pieno carico, a parte il loro sito di funzionamento.

**Tabella 8 - Limiti di sovratemperatura dell'avvolgimento
raffreddato indirettamente da idrogeno**

Classe termica		130 (B)		155 (F)	
Metodo di misurazione		Resistenza	IO ESSO	Resistenza	IO ESSO
ITT = Indicatore della temperatura interna		K	K	K	K
Punto					
1	Avvolgimenti in corrente alternata di macchine con una potenza maggiore o uguale a 5.000 kW (o kVA) o la cui lunghezza assiale del nucleo è uguale o superiore a 1 m				
	Pressione assoluta di idrogeno $b \leq 150$ kPa (1,5 bar)	-	85 ^a	-	105 ^a
	> 150 kPa ≤ 200 kPa (2,0 bar)	-	80 ^a	-	100 ^a
	> 200 kPa ≤ 300 kPa (3,0 bar)	-	78 ^a	-	98 ^a
	> 300 kPa ≤ 400 kPa (4,0 bar)	-	73 ^a	-	93 ^a
	> 400 kPa	-	70 ^a	-	90 ^a
2a	Avvolgimenti di macchine in corrente alternata con potenza inferiore a 5.000 kW (o kVA) e la cui lunghezza del nucleo assiale è inferiore a 1 m	80	85 ^a	100	110 ^a
2b	Avvolgimenti di eccitazione in corrente continua di macchine in corrente alternata e continua diversi da quelli dei punti 3 e 4	80	-	105	-
3	Macchine dotate di rotori cilindrici con avvolgimenti di eccitazione in corrente continua	85	-	105	-
4a	Bassa resistenza, più di uno strato, avvolgimenti di eccitazione e avvolgimenti di compensazione	80	-	100	-
4b	Avvolgimenti monostrato con superfici metalliche scoperte o verniciate ^{vs}	90	-	110	-
^a Per la correzione in caso di avvolgimenti in corrente alternata di alta tensione (vedi punto 4 della Tabella 9). Questo punto è l'unico per cui il riscaldamento ammissibile dipende dalla pressione dell'idrogeno. ^b ammissibile dipende dalla pressione dell'idrogeno. ^{vs} Comprende anche avvolgimenti di eccitazione multistrato, a condizione che gli strati inferiori siano ciascuno in contatto con il refrigerante primario circolante.					

**Tabella 9 - Correzioni ai limiti di aumento della temperatura nel sito operativo
avvolgimenti con raffreddamento indiretto da tenere in considerazione
funzionamento e caratteristiche nominali che non lo sono
le condizioni di riferimento**

Punto	Condizioni operative o caratteristiche nominali		Correzioni ai limiti di aumento della temperatura ($\Delta \theta$) delle tabelle 7 e 8
1a	Temperatura massima di aria ambiente o gas raffreddamento in ingresso della macchina (θ_{vs}) e per altitudini fino a 1000 Sig. Se la differenza tra la classe termica e il limite osservabile di temperatura, composto da la somma dei temperatura fredda a l'ingresso del fluido di raffreddamento 40 ° C e limite di aumento della temperatura secondo le tabelle 7 e 8, è minore o uguale a 5 K: Per un'altitudine sostituzione superiore 40 ° C dal valore riportato in Tabella 10	$0^{\circ}\text{C} \leq \theta_{vs} \leq 40^{\circ}\text{C}$	Aumento della differenza tra la temperatura del liquido di raffreddamento e 40 ° C
Punto	Condizioni operative o caratteristiche nominali		Correzioni ai limiti di aumento della temperatura ($\Delta \theta$) delle tabelle 7 e 8
1b	Temperatura massima di aria ambiente o gas raffreddamento in ingresso della macchina (θ_{vs}) e per altitudini fino a 1000 m. Se la differenza tra la classe termica e il limite osservabile di temperatura, coerente nella somma della temperatura fredda a l'ingresso del liquido di raffreddamento 40 ° C e il limite di riscaldamento secondo il Tabelle 7 e 8, è maggiore di 5K: Per un'altitudine sostituzione superiore 40 ° C in valore riportato nella tabella 10	$0^{\circ}\text{C} \leq \theta_{vs} \leq 40^{\circ}\text{C}$	Aumentata della differenza tra la temperatura del liquido di raffreddamento e 40 ° C, ma questa differenza viene ridotta dal fattore: $\bullet \frac{1 - \text{classe termica} - (40^{\circ}\text{C} + \text{lim.tmp})}{80\text{K}} \bullet$ con lim.tmp. = limite di aumento della temperatura secondo le tabelle 7 e 8 per una temperatura del refrigerante freddo di 40 ° C
1c		$40^{\circ}\text{C} < \theta_{vs} \leq 60^{\circ}\text{C}$	Ridotto dalla differenza tra la temperatura del liquido di raffreddamento e 40 ° C
1d		$\theta_c < 0$ o $\theta_c > 60^{\circ}\text{C}$	Per accordo

Tabella 9 (dopo)

Punto	Condizioni operative o caratteristiche nominali		Correzioni ai limiti di aumento della temperatura ($\Delta \theta$) delle tabelle 7 e 8
2	Temperatura massima di acqua all'ingresso idro-refrigeranti o temperatura massima di acqua ambiente per macchine sommerse raffreddando da superficie o raffreddamento da l'involucro (θ_w)	$5^\circ \text{C} \leq \theta_w \leq 25^\circ \text{C}$ $\theta_w > 25^\circ \text{C}$	Aumentato di 15 K e della differenza tra 25°C e θ_w Aumentato di 15 K e diminuito della differenza tra θ_w e 25°C
3a	Altitudine (H) - regola generale	$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ temperatura massima aria ambiente n specificato $H > 4000 \text{ m}$ secondo le specifiche di Il compratore	Nessuna correzione. Bisogna ammettere che la diminuzione della potenza frigorifera derivante dall'altitudine è compensata da una riduzione della temperatura ambiente massima al di sotto dei 40°C e che le temperature totali non supereranno quindi i 40°C più gli aumenti di temperatura nelle Tabelle 7 e 8 a Per accordo
3b	Altitudine (H) - specifico per un generatore di una centrale elettrica	secondo le specifiche di Il compratore	Le capacità dei generatori delle centrali elettriche dovrebbero essere corrette per l'altitudine (pressione atmosferico). Una La correzione della capacità non è necessaria per i generatori di centrali elettriche se la pressione assoluta del refrigerante viene mantenuta a un livello costante indipendentemente dall'altitudine.
4	Tensione nominale di avvolgimento dello statore (U_{NOM})	$12 \text{ kV} < U_{\text{NOM}} \leq 24 \text{ kV}$ $U_{\text{N}} > 24 \text{ kV}$	$\Delta \theta$, per gli indicatori di temperatura interna (IIT) deve essere ridotto di 1 K per sezione di 1 kV (o frazione di sezione) da 12 kV fino a 24 kV inclusi Per accordo
5 b	Caratteristiche nominali per servizio temporaneo (S2), con potenza nominale inferiore a 5.000 kW (kVA)		Aumentato di 10K
6 b	Caratteristiche nominali per servizio non periodico (S9)		$\Delta \theta$, può essere superato per brevi periodi durante il funzionamento della macchina
7 b	Caratteristiche nominali per servizio con carichi costanti separati (S10)		$\Delta \theta$, può essere superato per periodi separati durante il funzionamento della macchina.
^a Supponendo che la riduzione richiesta della temperatura ambiente sia l'1% dei limiti di aumento della temperatura per 100 m oltre i 1000 m, la temperatura ambiente massima presunta del sito di funzionamento è mostrata nella Tabella 10. ^b Solo per avvolgimenti raffreddati ad aria.			

Tabella 10 - Temperature ambiente massime presunte

Altitudine m	Classificazione termica		
	130 (B)	155 (F)	180 (H)
	Temperatura °C		
1000	40	40	40
2.000	32	30	28
3000	24	19	15
4000	16	9	3

8.10.2 Avvolgimenti di raffreddamento diretto

Le temperature nelle condizioni di riferimento non devono superare i limiti indicati nella Tabella 12.

Per diverse condizioni di funzionamento in sito, i limiti devono essere corretti secondo la Tabella 13.

Se le condizioni operative nel sito di prova differiscono da quelle del sito operativo, si applicano al sito di prova i limiti corretti indicati nella Tabella 14.

Se i limiti corretti indicati nella tabella 14 portano a temperature nel sito di prova che il produttore considera eccessive, il metodo di prova ei limiti devono essere concordati.

8.10.3 Correzioni per tenere conto della purezza dell'idrogeno durante la prova

Per avvolgimenti con raffreddamento a idrogeno diretto o indiretto, non è necessario apportare correzioni ai limiti di riscaldamento o di temperatura totale, se la proporzione di idrogeno è compresa tra il 95% e il 100%.

8.10.4 Avvolgimenti continuamente chiusi su se stessi, circuiti magnetici e tutti gli elementi strutturali (esclusi i cuscinetti), indipendentemente dal fatto che siano a diretto contatto con l'isolamento

Il riscaldamento o la temperatura non devono essere dannosi per l'isolamento di questa parte o di qualsiasi parte vicina.

8.10.5 Collettori e anelli, aperti o chiusi, e relative spazzole e portaspazzole

La temperatura o il riscaldamento di qualsiasi collettore, anello, spazzola o portaspazzole non deve essere dannoso per l'isolamento di questa parte o di qualsiasi parte vicina.

La temperatura o il riscaldamento di un collettore o di anelli non deve superare il livello che garantisce il passaggio di corrente in tutto il campo di funzionamento, per la combinazione della qualità delle spazzole e del materiale del collettore o degli anelli.

**Tabella 11 - Limiti corretti degli aumenti di temperatura nel sito di prova ($\Delta \theta_T$)
avvolgimenti con raffreddamento ad aria indiretto da tenere in considerazione
condizioni operative nel sito di prova**

Punto	Condizioni operative nel sito di prova		Limiti corretti sul sito test $\Delta \theta_T$
1	Differenza di temperatura del refrigerante di riferimento tra il sito di prova (θ_{cT}) e sito operativo (θ_{vs})	Valore assoluto di ($\theta_{vs} - \theta_{cT}$) $\leq 30K$	$\Delta \theta_T = \Delta \theta$
		Valore assoluto di ($\theta_{vs} - \theta_{cT}$) $> 30 K$ $1000 m < H$	Per accordo
2	Differenza di altitudine tra i siti prova (H_T) e sito operativo (H)	$\leq 4000 m$ $H_T < 1000 m$	$\Delta \theta_T = \Delta \theta \cdot 1 - \frac{H - 1000m}{10.000 m}$
		$H < 1000 m$ $1000 m < H_T \leq 4000 m$ $1000 m < H$	$\Delta \theta_T = \Delta \theta \cdot 1 + \frac{H_T - 1000 m}{10.000 m}$
		$\leq 4000 m$ $1000 m < H_T \leq 4000 m$	$\Delta \theta = \Delta \theta \cdot 1 + \frac{H_T - H}{10.000 m}$
		$H > 4000 m$ o $H_T > 4000 m$	Per accordo

NOTA 1 $\Delta \theta$ è riportato nella Tabella 7 ed è corretto, se necessario, secondo la Tabella 9.

NOTA 2 Se l'aumento di temperatura deve essere misurato al di sopra della temperatura dell'acqua che entra nel refrigerante, in senso stretto, si deve tenere conto dell'effetto dell'altitudine sulla differenza di temperatura tra l'aria e l'acqua. Tuttavia, per la maggior parte dei modelli di refrigerante, l'effetto sarà piccolo e la differenza aumenterà con l'altitudine alla velocità di circa 2 K per 1000 m. Se è necessaria una correzione, dovrebbe essere concordata.

Tabella 12 - Limiti di temperatura per avvolgimenti di raffreddamento diretto e i loro fluidi di raffreddamento

Classificazione termica		130 (B)			155 (F)		
Metodo di misurazione		Resistenza termica essere ° C	° C	IO ESSO ° C	Resistenza Termomè essere ° C	° C	IO ESSO ° C
Punto	Parte della macchina						
1	Fluido di raffreddamento in uscita dagli avvolgimenti CA raffreddati direttamente. È preferibile utilizzare questi valori, piuttosto che quelli del punto 2, per la definizione delle caratteristiche nominali.						
1a)	Gas (aria, idrogeno, elio, ecc.) Acqua	110	-	-	130	-	-
1b)		90	-	-	90	-	-
2	Avvolgimenti AC						
2a) 2b)	Raffreddato a gas Raffreddato a liquido	-	-	120 a	-	-	145 a
3	Avvolgimenti di eccitazione della turbina						
3a)	Raffreddato da un gas in uscita dal rotore per il numero successivo di zone di uscita b						
	1 e 2	-	100	-	-	115	-
	3 e 4	-	105	-	-	120	-
	5 e 6	-	110	-	-	125	-
	7-14	-	115	-	-	130	-
	oltre 14	-	120	-	-	135	-
3b)	Raffreddato a liquido	Il rispetto delle temperature massime del liquido di raffreddamento specificate al punto 1b) garantisce che la temperatura nei punti caldi dell'avvolgimento non sia eccessiva.					
4	Avvolgimenti di eccitazione in corrente continua di macchine in corrente alternata e continua, diversi da quelli del punto 3						
4a)	Raffreddato a gas Raffreddato a	-	130	-	-	150	-
4b)	liquido	Il rispetto delle temperature massime del liquido di raffreddamento specificate al punto 1b) garantisce che la temperatura nei punti caldi dell'avvolgimento non sia eccessiva.					

a Nessuna correzione è da effettuare in questi punti nel caso di avvolgimenti in corrente alternata di alta tensione, vedi punto n° 2 della tabella 13.

b La ventilazione del rotore è caratterizzata dal numero di zone di uscita radiali lungo l'intera lunghezza del rotore. Le zone speciali di uscita del refrigerante nelle teste della bobina vengono contate al tasso di un'uscita a ciascuna estremità. La zona di uscita comune di due correnti dirette nella direzione opposta viene conteggiata come due zone.

Tabella 13 - Correzioni ai limiti di temperatura nel sito di funzionamento per avvolgimenti con raffreddamento diretto ad aria o idrogeno da tenere in considerazione

**condizioni operative e caratteristiche nominali
che non sono le condizioni di riferimento**

Punto	Condizioni operative o caratteristiche nominali	Correzioni ai limiti di temperatura dalla tabella 12
1	Temperatura fluido $0^{\circ}\text{C} \leq \theta_{\text{vs}} \leq 40^{\circ}\text{C}$ di riferimento (θ_{vs})	Raffreddamento a 40°C Ridotto della differenza tra 40°C e θ_{vs} . Tuttavia, previo accordo, è possibile una riduzione inferiore effettuato, a condizione che se $\theta_{\text{c}} < 10^{\circ}\text{C}$, la riduzione è almeno pari alla differenza tra 10°C e θ_{vs}
	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{vs}} \leq 60^{\circ}\text{C}$	Nessuna correzione.
	$\theta_{\text{c}} < 0^{\circ}\text{C}$ o $\theta_{\text{c}} > 60^{\circ}\text{C}$	Per accordo
2	Tensione nominale di avvolgimento statore (U_{NOM})	$U_{\text{N}} > 11\text{ kV}$ Nessuna correzione. Il flusso di calore passa principalmente al refrigerante all'interno dei conduttori e non attraverso l'isolamento dell'avvolgimento principale.

Tabella 14 - Limiti di temperatura corretti nel sito di prova (θ_{T}) per il avvolgimenti con raffreddamento ad aria diretto per accogliere condizioni operative nel sito di prova

Punto	Condizioni operative nel sito di prova		Limiti di temperatura corretti su sito di test θ_T
1	Differenza temperatura del liquido di raffreddamento di riferimento al sito di test (θ_{cT}) e	Valore assoluto di ($\theta_{vs} - \theta_{cT}$) $\leq 30K$	$\theta_T = \theta$
	sito operativo (θ_{vs})	Valore assoluto di ($\theta_{vs} - \theta_{cT}$) $> 30\text{ K}$ $1000\text{ m} < H \leq 4000$	Per accordo
2	Dislivello tra il sito di prova (H_T) e sito operativo (H)	m $H_T < 1000\text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_{vs}) \cdot 1 + \frac{H_T - 1000\text{ m}}{10.000\text{ m}} \cdot \theta_{cT}$
		$H < 1000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H$	$\theta_T = (\theta - \theta_{vs}) \cdot 1 + \frac{H_T - 1000\text{ m}}{10.000\text{ m}} \cdot \theta_{cT}$
		$\leq 4000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_{vs}) \cdot 1 + \frac{H_T - 1000\text{ m}}{10.000\text{ m}} \cdot \theta_{cT}$
		$H > 4000\text{ m}$ o $H_T > 4000\text{ m}$	Per accordo
		NOTA θ è riportato nella Tabella 12 e viene corretto, se necessario, secondo la Tabella 13.	

9 Altre caratteristiche di funzionamento e prove

9.1 Test individuali

I test individuali sono sempre test di fabbrica. Possono essere eseguiti solo su macchine assemblate nelle officine del produttore. La macchina non necessita di essere completamente assemblata. Potrebbe mancare di componenti non significativi per il test. I test di serie non richiedono l'accoppiamento della macchina tranne che per il test a vuoto delle macchine sincrone.

L'elenco minimo di queste prove è riportato nella Tabella 15 ed è applicabile a macchine con potenza nominale inferiore o uguale a 20 MW (MVA). Test

Ulteriori possono essere effettuate in particolare su macchine con potenza nominale superiore a 200 kW (kVA). La terminologia delle macchine sincrone include le macchine a magneti permanenti.

Per le macchine CC, a seconda delle dimensioni o del design, è possibile eseguire un test di commutazione sotto carico come test individuale.

Tabella 15 - Elenco minimo delle singole prove

Punto	saggio	Macchine asincrono (Compreso motori asincrono sincronizzato) ^a	Macchine sincrone		Macchine corrente continua con eccitazione separato o shunt
			Motori	Generatori	
1	Resistenza all'avvolgimento (freddo)	sì	sì		sì
2	Perdite e corrente a vuoto	sì	-		-
3a	Perdite a vuoto con un fattore di potenza unitario ^b	-	Sì ^d		-
3b	Corrente di eccitazione a vuoto alla tensione nominale di una prova a vuoto ^b	-	Sì ^d		-
4	Corrente di eccitazione alla velocità e tensione nominali dell'indotto	-	-		sì
5	Tensione indotta al circuito aperto secondario e all'arresto (rotore avvolto) ^{vs}	sì	-		-
6a	Senso di rotazione	sì	sì	-	sì
6b	Sequenza di fase	-	-	sì	-
7	Prova di tensione di tenuta secondo 9.2	sì	sì		sì

^a Vei 411-33-04.

^b Macchine a magneti permanenti escluse.

^{vs} Per motivi di sicurezza, questo test può essere eseguito a tensione ridotta.

^d I test 3a e 3b sono esclusivi. È richiesto solo uno di questi test.

9.2 Resistere a prove di tensione

Tra gli avvolgimenti sottoposti alla prova e l'involucro della macchina a cui sono collegati il circuito magnetico e gli avvolgimenti non sottoposti alla prova deve essere applicata una tensione di prova come di seguito definita. La prova deve essere eseguita solo su una macchina nuova e completa, tutte le parti della quale sono posizionate in condizioni equivalenti in condizioni di funzionamento normali; deve essere eseguito nell'officina del produttore o dopo il montaggio in loco. Se viene eseguita una prova di aumento della temperatura, la prova della tensione di tenuta deve essere eseguita immediatamente dopo questa prova.

Nel caso di macchine polifase con tensione nominale maggiore di 1 kV, i cui due estremi di ciascuna fase sono singolarmente accessibili, la tensione di prova deve essere applicata tra ciascuna fase e l'involucro, a cui sono collegati il circuito magnetico e gli altri fasi e avvolgimenti non testati.

Con le eccezioni seguenti, la tensione di prova deve essere alla frequenza di rete e di forma quasi sinusoidale. Il valore finale della tensione di prova deve essere conforme alla tabella 16. Tuttavia, per macchine con tensione nominale maggiore o uguale a 6 kV, quando non esiste la disponibilità di un impianto di prova della frequenza di rete e dopo

D'accordo, la prova può essere eseguita in tensione continua, ad un livello pari a 1,7 volte il valore rms specificato in Tabella 16.

NOTA Si presume che in un test di tensione CC la distribuzione del potenziale superficiale lungo l'isolamento evolvente e i meccanismi di invecchiamento siano diversi da quelli della tensione CA.

Il test dovrebbe essere avviato con una tensione non superiore alla metà della tensione di prova completa. La tensione viene quindi aumentata alla tensione di prova completa, in modo graduale o graduale non superiore al 5% del valore pieno, la durata dell'aumento della tensione da metà a valore pieno non inferiore a 10 s. La tensione di prova completa viene quindi mantenuta per 1 minuto al valore specificato nella Tabella 16. Non devono esserci guasti (vedere IEC 60060-1) durante questa sequenza.

Durante le prove individuali di macchine costruite in serie con potenza inferiore o uguale a 200 kW (o kVA) e la cui tensione nominale è inferiore o uguale a 1 kV, la prova di 1 min può essere sostituita da una prova di 1 s al 120% di la tensione di prova specificata nella Tabella 16.

La prova di alta tensione eseguita a piena tensione sugli avvolgimenti in accettazione non deve essere ripetuta. Se, invece, viene eseguita una seconda prova su richiesta dell'acquirente, dopo un'ulteriore asciugatura se ritenuto necessario, la tensione di prova sarà pari all'80% della tensione specificata in Tabella 16.

Per determinare la tensione di prova dalla Tabella 16 per i motori CC alimentati da convertitori di potenza statica, deve essere utilizzata la tensione CC del motore o il valore efficace della tensione CA nominale tra le fasi ai terminali di ingresso del convertitore di potenza statica, a seconda di quale è maggiore.

Gli avvolgimenti completamente riavvolti dovrebbero essere testati al valore completo previsto per le nuove macchine.

Se un utente e un riparatore hanno concordato di eseguire prove di tenuta alla tensione in caso di avvolgimento parziale di avvolgimenti o revisione di una macchina, si consiglia di procedere come segue:

- a) Gli avvolgimenti parzialmente riavvolti vengono testati al 75% della tensione di prova prevista per una macchina nuova. Prima della prova, la parte vecchia dell'avvolgimento deve essere accuratamente pulita e asciugata;
- b) le macchine revisionate vengono sottoposte, dopo la pulizia e l'asciugatura, ad una prova ad una tensione pari a 1,5 volte la tensione nominale, con un minimo di 1000 V se la tensione nominale è maggiore o uguale a 100 V e un minimo di 500 V se la tensione nominale è inferiore a 100 V.

Tabella 16 - Prove di tensione di tenuta

Punto	Macchina o parte della macchina	Tensione di prova (valore rms)
1	Avvolgimenti isolati di macchine rotanti con potenza nominale inferiore a 1 kW (o kVA) e tensione nominale inferiore a 100 V ad eccezione di quelli dei punti da 4 a 8	500 V + due volte la tensione nominale
2	Avvolgimenti isolati di macchine rotanti con potenza nominale inferiore a 10.000 kW (o kVA) ad eccezione di quelli di cui ai punti 1 e da 4 a 8	1000 V + il doppio della tensione nominale con un minimo di 1500 V. a
3	Avvolgimenti isolati di macchine rotanti con una potenza nominale maggiore o uguale a 10.000 kW (o kVA) eccetto quelli dei punti da 4 a 8 Tensione nominale a: - inferiore o uguale a 24.000 V. - maggiore di 24.000 V	1000 V + due volte la tensione nominale Soggetto ad accordo
4	Avvolgimenti di eccitazione separati di macchine a corrente continua	1000 V + il doppio della tensione di eccitazione nominale massima con un minimo di 1500 V.
5	Avvolgimenti di eccitazione di generatori sincroni, motori sincroni e compensatori sincroni	
5a)	Tensione di eccitazione nominale - inferiore o uguale a 500 V - maggiore di 500 V	Dieci volte la tensione di eccitazione nominale con un minimo di 1500 V. 4000 V + due volte la tensione di eccitazione nominale
5b)	Se la macchina è destinata ad avviarsi con l'avvolgimento di campo cortocircuitato o chiuso su una resistenza inferiore a dieci volte la resistenza dell'avvolgimento	Dieci volte la tensione di eccitazione nominale con un minimo di 1500 V e un massimo di 3500 V.
5c)	Se la macchina deve iniziare con uno dei due l'avvolgimento dell'induttore si chiude su una resistenza effettiva che può verificarsi, in condizioni di valore maggiore o uguale a dieci volte la resistenza dell'avvolgimento, sia con il avvolgimenti di eccitazione a circuito aperto con o senza divisore di campo	1000 V + il doppio del valore massimo della tensione di avviamento specificata, tra i terminali di l'avvolgimento di eccitazione o, nel caso di a avvolgimento di eccitazione scollegato, tra i terminali di qualsiasi sezione, con un minimo di 1500 V. vs
6	Avvolgimenti secondari (solitamente rotor) di motori asincroni o motori asincroni sincronizzati non permanentemente cortocircuitati (ad esempio destinati all'avviamento con reostati)	
6a)	Solo per motori irreversibili o per motori reversibili da fermo	1000 V + il doppio della tensione a circuito aperto da fermo, misurata tra gli anelli o i terminali secondari con la tensione nominale applicata agli avvolgimenti primari
6b)	Per motori che possono essere invertiti o frenati invertendo l'alimentazione primaria quando il motore è in funzione	1000 V + quattro volte la tensione secondaria a circuito aperto a fermo come definita al punto 6a)
7	Eccitatori (con le eccezioni di seguito)	Come gli avvolgimenti a cui sono collegati
	<i>Eccezione 1:</i> eccitatori motori sincrono (compresi i motori asincroni sincronizzati) quando sono collegati a terra o scollegati dagli avvolgimenti di campo durante l'avviamento	1000 V + il doppio della tensione nominale dell'eccitatore con un minimo di 1500 V.
	<i>Eccezione 2:</i> avvolgimento con eccitazione separata degli eccitatori (vedi punto 4)	

Tabella 16 (*dopo*)

Punto	Macchina o parte della macchina	Tensione di prova (valore rms)
8	Insieme di macchine e dispositivi collegati elettricamente	Si raccomanda di evitare, se possibile, la ripetizione delle prove dei punti da 1 a 7, ma se la prova viene eseguita su un insieme di macchine e dispositivi ciascuno dei quali ha già subito una prova di tensione di tenuta, la tensione di prova applicata a tale gruppo collegato elettricamente non deve superare l'80% della tensione più bassa applicabile a uno qualsiasi dei singoli elementi del gruppo a
9	Le apparecchiature che sono a contatto fisico con gli avvolgimenti, ad esempio i rilevatori di temperatura, devono essere testate rispetto alla custodia Durante la prova di resistenza della macchina, tutte le apparecchiature a contatto fisico con l'avvolgimento devono essere collegate al telaio della macchina.	1.500 V
a	Nel caso di avvolgimenti bifase aventi un terminale comune, la tensione nella formula dovrebbe essere la tensione rms più alta che appare tra due terminali qualsiasi durante il funzionamento.	
b	Dovrebbero essere concordati i test dielettrici delle macchine di isolamento graduato.	
vs	La tensione che si forma ai terminali degli avvolgimenti di campo o delle loro sezioni, nelle condizioni di avviamento specificate, può essere misurata ad una opportuna tensione di alimentazione ridotta; la tensione così misurata deve essere aumentata del rapporto tra la tensione di avviamento specificata e la tensione di alimentazione della prova.	
d	Per gli avvolgimenti di una o più macchine elettricamente collegate tra loro, la tensione da considerare è la massima tensione che si stabilisce rispetto alla terra.	

9.3 Sovracorrente occasionale

9.3.1 Generale

Viene data la possibilità di sovracorrente delle macchine rotanti al fine di coordinare queste macchine con dispositivi di controllo e protezione. Il test per dimostrare queste possibilità non è un requisito di questo standard. L'effetto di riscaldamento negli avvolgimenti della macchina varia approssimativamente come il prodotto del tempo per il quadrato della corrente. Una corrente maggiore della corrente nominale provoca un aumento della temperatura. Se non diversamente concordato, si può presumere che la macchina funzionerà solo a queste sovracorrenti specificate per pochi brevi periodi durante la sua vita di servizio. Se una macchina CA deve essere utilizzata sia come alternatore che come motore, si consiglia di concordare la sovracorrente.

NOTA Per le macchine sincrone, la capacità di funzionare con un componente di corrente inversa in condizioni di guasto è fornita in 7.2.3.

9.3.2 Generatori

Gli alternatori con una potenza nominale inferiore o uguale a 1.200 MVA devono essere in grado di sopportare una corrente pari a 1,5 volte la corrente nominale per almeno 30 s.

Gli alternatori con potenza nominale superiore a 1.200 MVA devono essere in grado di sopportare una corrente pari a 1,5 volte la corrente nominale per un periodo da concordare, ma tale periodo non deve essere inferiore a 15 s.

9.3.3 Motori (eccetto motori a commutatore e motori a magneti permanenti)

I motori polifase la cui potenza nominale è inferiore o uguale a 315 kW e la cui tensione nominale è inferiore o uguale a 1 kV devono essere in grado di sopportare:

- una corrente pari a 1,5 volte la corrente nominale per almeno 2 min.

NOTA Per i motori polifase con una potenza nominale superiore a 315 kW e per tutti i motori monofase, non è specificata alcuna sovracorrente occasionale.

9.3.4 Macchine da collezione

Una macchina del collettore deve essere in grado di sopportare, per 60 s, 1,5 volte la corrente nominale nella combinazione appropriata delle seguenti condizioni:

a) velocità:

- | | |
|------------------------------|---|
| 1) motore DC: | velocità massima a piena eccitazione; velocità nominale; |
| 2) Generatore DC: | |
| 3) Motore del collettore AC: | velocità massima a piena eccitazione; quello corrispondente |

b) tensione di armatura: alla velocità specificata.

NOTA È necessario prestare attenzione ai limiti delle possibilità di commutazione.

9.4 Momentaneo eccesso di coppia dei motori

9.4.1 Motori a induzione polifase e motori a corrente continua

I motori devono, qualunque sia il loro servizio e la loro costruzione, essere in grado di sopportare, per 15 s, senza stalli o bruschi cambi di velocità (sotto un graduale aumento di coppia) un eccesso di coppia del 60% del loro valore nominale, della tensione e della frequenza (motori asincroni) mantenuti ai valori nominali.

NOTA Per alcuni motori prodotti in conformità con la norma IEC 60034-12, sono richieste coppie più elevate.

Per i motori DC, la coppia deve essere espressa in termini di sovracorrente.

I motori di servizio di tipo S9 devono essere in grado di sopportare momentaneamente una determinata coppia in eccesso in base al servizio specificato.

NOTA Per una determinazione approssimativa delle variazioni di temperatura dovute a variazioni delle perdite in funzione della corrente, è possibile utilizzare la costante di tempo termica equivalente, determinata secondo 8.8.

Devono essere concordati motori per applicazioni speciali che richiedono una coppia elevata (es. Per paranchi).

Per i motori asincroni a gabbia di scoiattolo appositamente progettati per garantire all'avviamento una corrente inferiore a 4,5 volte la corrente nominale, la coppia in eccesso può essere inferiore al 60% del valore indicato al paragrafo 1, ma deve essere meno pari al 50% di questo valore.

Nel caso di motori a induzione di tipo speciale con proprietà intrinseche di avviamento speciali, ad esempio motori destinati al funzionamento a frequenza variabile o motori a induzione alimentati da convertitori statici, il valore della coppia in eccesso deve essere uguale a quello oggetto di un accordo.

9.4.2 Motori sincroni polifase

Salvo diverso accordo, un motore sincrono polifase deve, qualunque sia il suo servizio, essere in grado di sopportare per 15 s, senza perdita di sincronismo, la coppia in eccesso sotto specificata, l'eccitazione essendo mantenuta al valore corrispondente al carico nominale. Nel caso di eccitazione autoregolante, i limiti di coppia devono avere gli stessi valori, con il dispositivo di eccitazione funzionante in condizioni normali:

- motori asincroni sincronizzati (rotore avvolto): coppia in eccesso 35%;
- motori sincroni (rotore cilindrico): coppia in eccesso 35%;
- motori sincroni (poli salienti): coppia in eccesso 50%.

9.4.3 Altri motori

La coppia momentanea in eccesso di motori monofase, commutatore e altri motori deve essere concordata.

9.5 Coppia minima durante l'avviamento

Se non diversamente specificato (ad es. Per macchine conformi a IEC 60034-12), la coppia minima durante l'avviamento a piena tensione dei motori a induzione a gabbia di scoiattolo non deve essere inferiore a 0,3 volte la coppia nominale.

9.6 Velocità di sicurezza durante il funzionamento dei motori a induzione a gabbia di scoiattolo

Tutti i motori a induzione a gabbia di scoiattolo a velocità singola e trifase con una designazione dell'involucro di 315 o inferiore e per tensioni di alimentazione di 1.000 V o meno devono essere in grado di funzionare in modo continuo sicuro a velocità inferiori o uguali alla velocità appropriata nella tabella 17 a meno che diversamente indicato in targa.

**Tabella 17 - Velocità massima di sicurezza operativa (min -1)
motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo, a singola velocità, per tensioni di alimentazione
inferiori o uguali a 1000 V**

Designazione della carcassa	2 poli	4 poli	6 poli
≤ 100	5.200	3.600	2.400
112	5.200	3.600	2.400
132	4.500	2.700	2.400
160	4.500	2.700	2.400
180	4.500	2.700	2.400
200	4.500	2.300	1.800
225	3.600	2.300	1.800
250	3.600	2.300	1.800
280	3.600	2.300	1.800
315	3.600	2.300	1.800
NOTA Potrebbe essere necessario ridurre i valori sopra riportati per soddisfare la serie IEC 60079 [8].			

NOTA Quando si opera a velocità superiori alla velocità nominale, ad esempio se utilizzato con il controllo della velocità regolabile, i livelli di rumore e vibrazione aumenteranno. L'utente potrebbe dover mettere a punto il bilanciamento del rotore del motore per un funzionamento accettabile al di sopra della velocità nominale. La durata dei cuscinetti può essere ridotta. Occorre prestare attenzione alla frequenza di lubrificazione e alla durata del grasso.

9.7 Velocità eccessiva

Le macchine devono essere progettate per resistere alle velocità specificate nella Tabella 18.

Normalmente una prova di velocità eccessiva non è considerata necessaria, ma può essere eseguita se questa è stata specificata e concordata (per i turbogeneratori vedere

anche IEC 60034-3). Una prova di velocità eccessiva è considerata soddisfacente se, come risultato di questa prova, non si osservano deformazioni permanenti anormali o altri segni di debolezza che potrebbero impedire il normale funzionamento della macchina e gli avvolgimenti del rotore superano le prove dielettriche specificate. La durata di qualsiasi prova di velocità eccessiva deve essere di 2 min.

A causa del cedimento dei bordi del rotore in lamiera, dei pali di lamiera tenuti da spessori o bulloni, ecc., Un leggero aumento permanente del diametro è naturale e non deve essere considerato come una deformazione anomala indicante che la macchina non è adatta per il normale funzionamento.

Durante le prove di accettazione di un alternatore sincrono azionato da una turbina idraulica, la macchina deve girare alla velocità che può raggiungere con la protezione di fuorigiri in funzione, in modo da poter verificare che l'equilibratura sia soddisfacente fino a 'ora velocità.

Tabella 18 - Sovraccarico

Punto	Tipo di macchine	Requisito di velocità eccessiva
1	Macchine AC Tutte le macchine diverse da quelle specificate di seguito:	1,2 volte la velocità massima nominale
1a)	Alternatori azionati da una turbina idraulica e macchine ausiliarie di ogni tipo accoppiate direttamente (elettricamente o meccanicamente) alla macchina principale	Se non diversamente specificato, velocità di fuga di gruppo, ma almeno 1,2 volte la velocità massima nominale
1b)	Macchine che, in determinate circostanze, possono essere azionate dal carico	Il gruppo ha specificato la velocità di fuga, ma almeno 1,2 volte la velocità massima
1c)	Motori in serie e motori universali	1,1 volte la velocità a vuoto alla tensione nominale. Per i motori legati al carico in modo tale da non potersi dissociare accidentalmente da esso, l'espressione "velocità a vuoto" va interpretata "velocità corrispondente al minor carico possibile"
1d)	Motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo, singola velocità secondo 9.6	1,2 volte la velocità operativa massima di sicurezza
2	Macchine DC	
2a)	Motori con shunt o eccitazione separata	1,2 volte la velocità massima nominale, o 1,15 volte la velocità a vuoto corrispondente, quale di questi 2 valori è maggiore.
2b)	Motori ad eccitazione composta aventi una gamma di velocità inferiore o uguale al 35%	1,2 volte la velocità nominale massima o 1,15 volte la velocità a vuoto corrispondente, quale di questi 2 valori è maggiore senza superare 1,5 volte la velocità massima nominale
2c)	Motori ad eccitazione composta con una gamma di velocità superiore al 35% e motori ad eccitazione in serie	Il produttore deve assegnare una velocità massima di sicurezza durante il funzionamento che sarà contrassegnata sulla targhetta. La velocità eccessiva di questi motori deve essere uguale a 1,1 volte questa velocità operativa massima di sicurezza. Questa marcatura non è necessaria se la velocità eccessiva corrisponde a 1,1 volte la velocità a vuoto alla tensione nominale
2d)	Motori ad eccitazione a magneti permanenti	Sovravelocità come specificato al punto 2a) a meno che il motore non abbia anche un avvolgimento in serie; in questo caso deve essere in grado di resistere alle velocità eccessive specificate ai punti 2b) e 2c) a seconda dei casi
2 °)	Generatori	1.2 volte la velocità nominale

9.8 Corrente di cortocircuito delle macchine sincrone

Salvo diversa indicazione, il valore di picco della corrente di cortocircuito delle macchine sincrone, comprese le macchine turbo non coperte dalla IEC 60034-3, in caso di cortocircuito su tutte le fasi in esercizio alla tensione nominale, non deve essere superiore a 15 volte il valore di picco o 21 volte il valore efficace della corrente nominale.

La verifica può essere effettuata mediante calcolo oppure mediante prova ad una tensione almeno pari a 0,5 volte la tensione nominale.

9.9 Prova di tenuta al cortocircuito delle macchine sincrone

La prova di cortocircuito trifase delle macchine sincrone viene eseguita solo su richiesta dell'acquirente. In questo caso la prova deve essere eseguita sulla macchina in funzionamento a vuoto con un'eccitazione corrispondente, salvo diverso accordo, alla tensione nominale. La prova non deve essere eseguita con un'eccitazione maggiore di quella che corrisponde a 1,05 volte la tensione nominale a vuoto.

L'eccitazione di prova così determinata può essere ridotta di comune accordo per tenere conto dell'impedenza del trasformatore che può essere interposto tra le macchine e la rete. In quest'ultimo caso si può anche accettare che il test venga effettuato sul sito operatorio con il dispositivo di sovraeccitazione in servizio. Il cortocircuito deve essere mantenuto per 3 s.

La prova è considerata soddisfacente se non si verificano deformazioni avverse e se i requisiti della prova dielettrica della tensione applicata (vedere Tabella 16) sono soddisfatti dopo la prova di cortocircuito. Per le macchine turbo trifase, vedere la IEC 60034-3.

9.10 Test di commutazione per macchine manifold

Una macchina a corrente continua o alternata che incorpora un commutatore deve essere in grado di funzionare dal minimo al funzionamento alla sovracorrente o alla coppia in eccesso specificata rispettivamente in 9.3 e 9.4, senza danni permanenti alla superficie del commutatore o delle spazzole e senza scintille pericolose, le spazzole rimanenti bloccato nella stessa posizione. Se possibile, il test dell'interruttore deve essere eseguito a caldo.

9.11 Distorsione armonica totale (*DHT*) per macchine sincrone

9.11.1 Generale

I requisiti del presente paragrafo si applicano solo alle macchine sincrone con una potenza nominale uguale o superiore a 300 kW (o kVA), destinate al collegamento a reti funzionanti a frequenze nominali di 16 2/3 Da Hz a 100 Hz inclusi per ridurre al minimo le interferenze dai macchinari.

9.11.2 Limiti

Quando testato in circuito aperto a velocità e tensione nominali, la distorsione armonica totale (*DHT*) della tensione tra i terminali di fase, misurata secondo i metodi riportati in 9.11.3, non deve superare il 5%.

NOTA La limitazione di ciascuna armonica non è specificata singolarmente, poiché si ritiene che le macchine che soddisfano i requisiti sopra riportati funzionino in modo soddisfacente.

9.11.3 Test

Le macchine sincrone a corrente alternata devono essere sottoposte a prove di tipo per verificarne la conformità con 9.11.2. La gamma delle frequenze di misurazione deve coprire tutte le armoniche dalla frequenza assegnata fino a 100th

armonico.

Il DHT può essere misurato direttamente utilizzando un misuratore associato ad una rete appositamente predisposta a tale scopo, oppure viene misurata ogni singola armonica, il DHT essendo calcolato dai valori misurati dalla seguente formula:

$$DHT = \sqrt{\sum_{n=2}^K U_{2non}^2}$$

o

U_{non} è il rapporto tra la tensione tra i terminali U_{non} della macchina sulla fondamentale U_1 la tensione della macchina;

n è l'ordine dell'armonico;

$k = 100$.

10 targhette

10.1 Generale

Tutte le macchine elettriche devono essere dotate di una o più targhette identificative. Le piastre devono essere realizzate con un materiale durevole e devono essere montate in modo sicuro. Le voci devono essere persistenti.

Le targhette identificative devono essere preferibilmente fissate al telaio della macchina ed essere collocate in modo da essere facilmente leggibili nella posizione di utilizzo determinata dal tipo di costruzione e dalle disposizioni di montaggio della macchina. Se la macchina elettrica fa parte dell'apparecchiatura o è incorporata in essa in modo tale che la sua targa non sia facilmente leggibile, il costruttore deve, a richiesta, fornire una seconda targa da applicare all'apparecchiatura.

10.2 Marcatura

Per le macchine con una potenza nominale inferiore o uguale a 750 W (o VA) e le cui dimensioni non rientrano nell'ambito di applicazione della norma IEC 60072, almeno le informazioni di seguito ai punti a), b), k), l) e z) sono indicati. Per macchine specifiche e macchine integrate in un quadro con potenze nominali inferiori o uguali a 3 kW (o kVA), i punti a), b), k) e l) devono essere indicati come minimo e punto

z) può essere fornito in un'altra forma.

In tutti gli altri casi, la / e targhetta / e deve / e deve recare una marcatura persistente con le indicazioni dell'elenco sottostante, per quanto applicabili. Non è necessario che tutte le indicazioni appaiano sulla stessa targa. I simboli letterali per unità e quantità devono essere conformi a IEC 60027-1 e IEC 60027-4.

Se il produttore fornisce ulteriori informazioni, non è necessario includerle sulla / e targhetta / e.

Le indicazioni sono numerate per facilitarne la consultazione, ma l'ordine in cui appaiono sulla / e targhetta / e non è standardizzato. Le indicazioni possono essere opportunamente combinate.

a) Nome o marchio del produttore.

b) Numero di serie o marchio di identificazione del produttore.

NOTA Un marchio di identificazione univoco può essere utilizzato per identificare ciascuna parte di un gruppo di macchine che hanno subito lo stesso progetto elettrico e meccanico e sono prodotte in un unico lotto utilizzando la stessa tecnologia.

- c) Informazioni che consentono di identificare l'anno di fabbricazione. Questo deve essere riportato sulla targa dati o riportato su una scheda tecnica separata da fornire con la macchina.

NOTA Se queste informazioni possono essere ottenute dal costruttore dalle indicazioni riportate al punto b), possono essere omesse sia dalla targa che dalla scheda tecnica separata.

- d) Codice macchina del costruttore.
- e) Per macchine AC, numero di fasi.
- f) Riferimento numerico delle caratteristiche nominali applicabili e degli standard sulle caratteristiche di funzionamento (IEC 60034-X e / o norme nazionali equivalenti). Se viene indicata la norma IEC 60034, ciò implica la conformità a tutti gli standard pertinenti della serie IEC 60034.
- g) Grado di protezione fornito dal progetto complessivo della macchina elettrica rotante (codice IP) secondo IEC 60034-5.
- h) Per i motori coperti da IEC 60034-30, la classe di efficienza (codice IE) e l'efficienza nominale come specificato in IEC 60034-30.
- io) Classificazione termica e temperatura o limite di riscaldamento (quando è inferiore a quella della classificazione termica) e, se necessario, metodo di misurazione, seguito nel caso di una macchina raffreddata ad acqua di "P" o "S", a seconda che il riscaldamento è misurato rispetto al fluido di raffreddamento rispettivamente primario o secondario; vedere 8.2. Questa informazione, scritta con una linea di frazione obliqua, deve essere fornita sia per lo statore che per il rotore se le loro classificazioni termiche differiscono.
- j) Classe o classi di caratteristiche nominali della macchina, se progettata per caratteristiche diverse da quelle per il servizio continuo S1, vedere 5.2.
- k) Potenze nominali o intervallo di potenza nominale. Tensione / i nominale / e o intervallo
- l) di tensione nominale.
- m) Per le macchine AC la frequenza nominale o una gamma di frequenza assegnata.

Per i motori universali, la frequenza nominale deve essere seguita dal simbolo appropriato: ad esempio ~ 50 Hz /

— — — o AC 50 Hz / DC

- non) Per macchine sincrone eccitate da magneti permanenti, tensione a circuito aperto alla velocità nominale.

- o) Corrente (i) nominale o intervallo di corrente nominale. Velocità nominale o gamma di
- p) velocità nominale. Sovravelocità ammissibile se diversa da quella specificata in 9.7. o
- q)

la velocità massima di sicurezza operativa se è inferiore al valore dato in 9.6 o se la macchina è appositamente progettata per il funzionamento a velocità variabile.

- r) Per macchine CC con eccitazione separata o eccitazione shunt e per macchine sincrone, tensione di eccitazione nominale e corrente di eccitazione nominale.
- s) Per macchine CA, fattore / i di potenza nominale.
- t) Per le macchine ad induzione a rotore avvolto, tensione tra anelli a circuito aperto e corrente nominale del rotore.
- u) Per i motori a corrente continua la cui armatura è destinata ad essere alimentata da convertitori di potenza statica, codice di identificazione del convertitore di potenza statico secondo IEC 60971. Altrimenti, per motori non superiori a 5 kW, fattore di forma nominale e tensione alternata nominale ai morsetti di ingresso del convertitore di potenza statica, se questa è maggiore della tensione diretta nominale del circuito dell'indotto del motore.
- v) Temperatura massima dell'aria ambiente, se diversa da 40 ° C.

- Temperatura massima dell'acqua di raffreddamento, se diversa da 25 ° C. Temperatura ambiente minima, se diversa
- w) da quella specificata al 6.4.
 - X) Altitudine per la quale la macchina è progettata (se maggiore di 1000 m sul livello del mare).
 - y) Per macchine raffreddate a idrogeno, pressione dell'idrogeno alla potenza nominale.
 - z) Quando specificato, massa totale approssimativa della macchina, se superiore a 30 kg.
 - aa) Per macchine destinate a funzionare in un solo senso di rotazione, senso di rotazione, indicato da una freccia. Non è necessario posizionare questa freccia sulla targhetta, ma dovrebbe essere facilmente distinguibile.
 - bb) Istruzioni per il collegamento secondo IEC 60034-8 mediante uno schema o un testo indicato vicino ai terminali.

Due diversi valori nominali devono essere indicati con X / Y e un intervallo di valori nominali deve essere indicato con X - Y (vedere IEC 61293).

Salvo la normale manutenzione, se una macchina viene riparata o rimessa a nuovo, deve essere fornita una targa aggiuntiva per indicare il nome del riparatore, l'anno della riparazione e le modifiche apportate.

11 Requisiti vari

11.1 Messa a terra di protezione delle macchine

Le macchine devono avere un terminale di terra o un altro dispositivo che consenta il collegamento a un conduttore di protezione o un conduttore di terra.

Il simbolo  o la legenda deve identificare questo dispositivo. Tuttavia, le macchine non devono essere collegate a terra né avere un terminale di terra se:

- a) sono dotati di isolamento aggiuntivo o;
- b) sono destinati ad essere installati in un insieme dotato di isolamento aggiuntivo o;
- c) hanno tensioni nominali inferiori o uguali a 50 V in corrente alternata o 120 V in corrente continua e sono progettati per funzionare su circuiti SELV.

NOTA Il termine SELV è definito in IEC 60884-2-4.

Nel caso di macchine con una tensione nominale maggiore di 50 V in corrente alternata o 120 V in corrente continua, ma non superiore a 1.000 V in corrente alternata o 1.500 V in corrente continua, il terminale del conduttore di terra deve essere posizionato in prossimità dei morsetti di collegamento dei conduttori di fase, all'interno dell'eventuale scatola di connessione. Anche le macchine con una potenza nominale superiore a 100 kW (o kVA) devono avere un terminale di terra montato sul telaio.

Le macchine con tensione nominale maggiore di 1000 V in corrente alternata o 1500 V in corrente continua devono avere un morsetto di terra sull'involucro, ad esempio una linguetta di ferro e, inoltre, se del caso, un punto di connessione all'interno della scatola di giunzione per il collegamento una guaina conduttiva del cavo.

Il morsetto di terra deve essere progettato in modo da garantire un buon collegamento con il conduttore di terra, senza danneggiare il conduttore o il morsetto. Le parti conduttive accessibili che non fanno parte del circuito utente devono essere collegate tra loro e al terminale di terra, mediante un collegamento elettrico di buona qualità. Se tutti i cuscinetti e l'avvolgimento del rotore di una macchina sono isolati, l'albero deve essere collegato elettricamente al

terminale di terra, a meno che non vi sia un accordo tra il produttore e l'acquirente su altri mezzi di protezione.

Se la morsettiera è dotata di un morsetto di terra, si deve presumere che il conduttore di terra sia dello stesso metallo dei conduttori di fase.

Se un terminale di terra è posizionato sul telaio, il conduttore di terra può, previo accordo, essere di un altro metallo (acciaio per esempio). In questo caso, il design del terminale deve essere considerato tenendo conto della conduttività del nucleo del conduttore.

Il terminale di terra deve essere progettato per ammettere un conduttore di terra della sezione trasversale del nucleo in conformità con la Tabella 19. Se viene utilizzato un cavo più grande, si raccomanda che la sua sezione trasversale sia il più vicino possibile a uno degli altri valori di questa tabella.

Per altre sezioni di conduttori di fase, il conduttore di terra o di protezione deve avere una sezione almeno equivalente a:

- quella del conduttore di fase per sezioni inferiori a 25 mm²;
- 25 mm² per sezioni comprese tra 25 mm² e 50 mm²;
- 50% di quella del conduttore di fase per sezioni maggiori di 50 mm².

Il terminale di terra deve essere identificato in conformità con la norma IEC 60445.

Tabella 19 - Sezione dei conduttori di terra

Sezione conduttore fase mm ²	Sezione conduttore di terra o protezione mm ²
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

11.2 Chiavetta / e estremità albero

Quando un'estremità dell'albero di una macchina viene fornita con una o più sedi per chiavetta, ciascuna sede per chiavetta deve essere dotata di un'intera chiavetta di forma e lunghezza normali.

12 Tolleranze

12.1 Generale

La tolleranza corrisponde allo scostamento massimo ammesso tra il valore di una grandezza ottenuto mediante prova in Tabella 20 ed il valore dichiarato in targa o in catalogo. Se vengono utilizzati metodi di prova e apparecchiature conformi agli standard IEC, il risultato del test non deve superare il valore di deviazione consentito indipendentemente dal laboratorio o dall'attrezzatura di prova. La tolleranza non copre l'incertezza di un metodo di prova, cioè la deviazione tra il risultato del test e il valore effettivo.

NOTA Nel caso di produzione in serie, la tolleranza si applica a qualsiasi campione scelto, cioè copre le variazioni nelle proprietà delle materie prime e nei metodi di fabbricazione.

12.2 Tolleranze sui valori delle quantità

Salvo diversa indicazione, le tolleranze sui valori dichiarati sono quelle specificate nella tabella 20.

Tabella 20 - Elenco tolleranze sui valori delle quantità

Punto	Taglia	Tolleranza
1	dare la precedenza η - macchine di potenza minore o uguale a 150 kW (o kVA) - macchine con potenza superiore a 150 kW (o kVA)	- 15% di $(1 - \eta)$ - 10% di $(1 - \eta)$
2	Perdite totali (applicabili a macchine con potenza nominale superiore a 150 kW o kVA)	+ 10% delle perdite totali
3	Fattore di potenza, $\cos \varphi$, per macchine ad induzione	$1/6 (1 - \cos \varphi)$ Minimo del valore assoluto 0,02 Massimo del valore assoluto 0,07
4	Velocità dei motori DC (a pieno carico e alla temperatura di esercizio) a	
4a)	Motori con shunt o eccitazione separata	$1000 P_{NOM} / n_{NOM} < 0.67 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 0.67$ $\pm 15\%$ $0.67 \leq n_{NOM} < 2.5 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 2.5$ $\pm 10\%$ $2.5 \leq n_{NOM} < 10 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 10$ $\pm 7.5\%$ $10 \leq n_{NOM}$ $\pm 5\%$
4b)	Motori di eccitazione in serie	$1000 P_{NOM} / n_{NOM} < 0.67 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 0.67$ $\pm 20\%$ $0.67 \leq n_{NOM} < 2.5 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 2.5$ $\pm 15\%$ $2.5 \leq n_{NOM} < 10 \ 1000 P_{NOM} / n_{NOM} \geq 10$ $\pm 10\%$ $10 \leq n_{NOM}$ $\pm 7.5\%$
4c)	Motori ad eccitazione composta	Le tolleranze sono le stesse del punto 4b) salvo diverso accordo
5	Variazione della velocità di shunt a corrente continua o motori ad eccitazione composta (tra carico zero e pieno carico)	$\pm 20\%$ della variazione garantita con un minimo di $\pm 2\%$ della velocità nominale
6	Variazione di tensione dei generatori di corrente continua, con shunt o eccitazione separata, in qualsiasi punto della caratteristica	$\pm 20\%$ della variazione garantita a questo punto

Tabella 20 (*dopo*)

Punto	Taglia	Tolleranza
7	Variazione di tensione dei generatori fase-fase (al fattore di potenza nominale nel caso di corrente alternata)	$\pm 20\%$ della variazione di tensione garantita con un minimo di $\pm 3\%$ della tensione nominale. (Questa tolleranza si applica alla deviazione massima, a qualsiasi carico, tra la tensione osservata a quel carico e una linea tracciata tra i punti della tensione garantita a vuoto e sotto carico.)
8 a)	Motori a induzione di scorrimento (a pieno carico e alla temperatura di esercizio) $P_N < 1 \text{ kW}$ $P_{\text{NON}} \geq 1 \text{ kW}$	$\pm 30\%$ di scivolo garantito $\pm 20\%$ di scivolo garantito
8 b)	Velocità dei motori a commutazione CA con caratteristiche di shunt (a pieno carico e alla temperatura di esercizio)	- alla massima velocità: - 3% di velocità di sincronismo - alla velocità più bassa: + 3% di velocità di sincronismo
9	Corrente a rotore bloccato dei motori a induzione a gabbia di scoiattolo con qualsiasi dispositivo di avviamento specificato	+ 20% di corrente garantita
10	Coppia rotore bloccato di +25 motori a induzione a gabbia	- 15% della coppia garantita (+ 25% può essere superato previo accordo)
11	Coppia minima durante l'avviamento dei motori a induzione a gabbia di scoiattolo	- 15% della coppia garantita
12	Coppia massima all'avvio dei motori a induzione (coppia di stallo)	- 10% della coppia garantita a condizione che dopo aver applicato questa tolleranza la coppia rimanga maggiore o uguale a 1,6 o 1,5 volte la coppia nominale, vedere 9.4.1
13	Corrente a rotore bloccato dei motori sincroni Coppia rotore	+ 20% del valore garantito
14	bloccato dei motori sincroni	+ 25 - 15% del valore garantito (+ 25% superabile previo accordo)
15	Coppia di stallo dei motori sincroni	- 10% del valore garantito a condizione che dopo l'applicazione di questa tolleranza la coppia rimanga maggiore o uguale a 1,35 o 1,5 volte la coppia nominale, vedere 9.4.2
16	Valore di picco della corrente di cortocircuito di un alternatore in condizioni specificate	30% del valore garantito
17	Corrente di cortocircuito permanente di un alternatore in condizioni specificate	15% del valore garantito
18	Momento d'inerzia	10% del valore garantito
NOTA Quando una tolleranza è specificata solo in una direzione, il valore non è limitato nell'altra direzione.		
^a Le tolleranze al punto 4 dipendono dal rapporto di potenza nominale P_{NON} in kW, alla velocità nominale in min ⁻¹ .		

13 Compatibilità elettromagnetica (EMC)

13.1 Generale

I seguenti requisiti sono applicabili alle macchine elettriche rotanti con tensione nominale non superiore a 1000 V (corrente alternata) o 1500 V (corrente continua) e che sono destinate al funzionamento in un ambiente industriale.

Fanno parte della macchina i componenti elettronici che sono montati all'interno della macchina elettrica rotante e che sono essenziali per il suo funzionamento (es. Sistemi di eccitazione rotante).

I requisiti applicabili a un sistema di trasmissione finale e ai suoi componenti, ad esempio apparecchiature elettroniche di potenza e controllo, macchine accoppiate, dispositivi di controllo, ecc., Indipendentemente dal fatto che siano montati all'interno o all'esterno della macchina, non rientrano nell'ambito di applicazione della presente norma.

I requisiti di questo articolo si applicano alle macchine fornite direttamente all'utente finale.

NOTA Le macchine destinate a essere incorporate come componenti in un sistema, il cui involucro o i cui componenti influiscono sulle emissioni EMC, sono coperte dallo standard EMC per il prodotto finale.

I transistori (come all'avvio) non sono trattati in questo articolo.

13.2 Immunità

13.2.1 Macchine che non incorporano un circuito elettronico

Le macchine sprovviste di circuito elettronico non sono sensibili alle emissioni elettromagnetiche in condizioni operative normali e pertanto non è richiesto alcun test di immunità.

13.2.2 Macchine che incorporano circuiti elettronici

I circuiti elettronici incorporati nelle macchine utilizzano generalmente componenti passivi (quali, ad esempio, diodi, resistenze, varistori, condensatori, soppressori di sovratensioni, bobine di induttanza), pertanto non sono richieste prove di immunità.

13.3 Emissione

13.3.1 Macchine brushless

Le radiazioni e la conduzione interferenti devono soddisfare i requisiti di CISPR 11, classe B, gruppo 1, vedere tabella B.1.

13.3.2 Macchine con spazzole

Le radiazioni e la conduzione interferenti (se applicabile) devono soddisfare i requisiti di CISPR 11, classe A, gruppo 1, vedere la tabella B.2.

13.4 Test di immunità

Non sono richiesti test di immunità.

13.5 Prove di emissione

I test di tipo devono essere eseguiti in conformità con CISPR 11, CISPR 14 e CISPR 16, a seconda dei casi.

13.5.1 Macchine brushless

Le macchine senza spazzole devono rispettare i limiti di emissione di 13.3.1.

NOTA Le emissioni dei motori asincroni a gabbia di scoiattolo sono sempre così basse che non sono necessarie prove.

13.5.2 Macchine con spazzole

Le macchine con spazzole, se provate a vuoto, devono soddisfare i limiti di emissione di 13.3.2.

NOTA 1 Le misurazioni a vuoto sono giustificate perché l'influenza del carico è trascurabile.

NOTA 2 Non ci sono conduzioni di disturbo provenienti dalle macchine in corrente continua perché non sono direttamente collegate ad un'alimentazione alternata.

NOTA 3 Le emissioni delle spazzole di messa a terra sono sempre così basse che non è necessario alcun test.

14 Sicurezza

Le macchine rotanti conformi a questo standard devono soddisfare i requisiti di IEC 60204-1 o IEC 60204-11 o, nel caso di macchine rotanti incorporate in apparecchi elettrici domestici e simili, IEC 60335-1, a seconda dei casi., Se non diversamente specificato in questo standard e, per quanto possibile, devono

anche essere progettato e costruito secondo il migliore design riconosciuto a livello internazionale per l'applicazione di queste macchine.

NOTA È responsabilità del produttore o dell'assemblatore di apparecchiature che incorporano macchine elettriche garantire che l'apparecchiatura completa sia sicura.

Ciò può portare alla considerazione di standard di prodotto applicabili come: serie IEC 60079 (tutte le parti), *Atmosfere esplosive* [8]

e altre parti della IEC 60034, tra cui:

IEC 60034-5, IEC 60034-6 [1], IEC 60034-7 [2], IEC 60034-8, IEC60034-9 [3], IEC 60034-11 [4], IEC 60034-12 e IEC 60034-14 [5].

Inoltre, può essere necessario considerare la limitazione della temperatura superficiale e caratteristiche simili; vedere ad esempio IEC 60335-1, clausola 11: aumento della temperatura.

Annesso A (Informativo)

Guida per l'applicazione del servizio tipo S10 e per l'ottenimento valore relativo dell'aspettativa di vita termica TL

A.1 Il carico della macchina è sempre equivalente al servizio di tipo S1 corrispondente

4.2.1. Tuttavia, il ciclo di carico può includere carichi diversi dal carico nominale in base al tipo di servizio S1. La Figura 10 mostra un ciclo di carico comprendente quattro distinte combinazioni di carico / velocità.

A.2 A seconda del valore e della durata dei diversi carichi in un ciclo, l'aspettativa di vita relativa della macchina basata sull'invecchiamento termico del sistema di isolamento può essere calcolata con la seguente equazione:

$$\frac{1}{TL} = \sum_{io=1}^{non} \frac{\Delta t_{io} \times 2^K}{\Delta \Theta_{io}}$$

o

TL è l'aspettativa di vita termica in valore relativo rispetto all'aspettativa di vita termica nel caso di servizio di tipo S1 a potenza nominale;

$\Delta \Theta_{io}$ è la differenza tra l'aumento di temperatura dell'avvolgimento durante i diversi carichi in un ciclo e l'aumento di temperatura in base al servizio di tipo S1 al carico di riferimento;

Δt_{io} è la durata ridotta (pu) di una carica costante in un ciclo di carica;

K è l'aumento del riscaldamento in Kelvin che porta ad una riduzione del 50% dell'aspettativa di vita termica del sistema di isolamento;

non è il numero di valori di carico distinti.

A.3 Il valore di TL è parte integrante della precisa individuazione della classe di caratteristiche assegnate.

A.4 Il valore di TL può essere determinato solo quando, oltre alle informazioni sul ciclo di carica secondo la Figura 10, il valore K del sistema di isolamento è noto. Questo valore K deve essere determinato mediante sperimentazione in conformità alla norma IEC 60034-18 sull'intero intervallo di temperatura coperto dal ciclo di carico secondo la Figura 10.

ALLE 5 Possiamo ragionevolmente dare il valore di TL solo sotto forma di valore relativo. Questo valore può essere utilizzato per stabilire approssimativamente la variazione reale della vita termica attesa rispetto a quella del servizio di tipo S1 a potenza nominale in quanto si può ipotizzare, considerando i diversi carichi esistenti in un ciclo, che gli altri effetti sulla durata prevista di la macchina (es. sollecitazioni dielettriche, influenze ambientali) sono sostanzialmente le stesse di quelle del servizio di tipo S1 a potenza nominale.

A.6 Il costruttore della macchina è responsabile dell'esatta compilazione dei vari parametri utilizzati per determinare il valore. TL .

Allegato B (Informativo)

Limiti di compatibilità elettromagnetica (EMC)

Tabella B.1 - Limiti di emissione elettromagnetica per macchine brushless

	Dominio della frequenza	Limiti
Radiazioni dirompenti	Da 30 MHz a 230 MHz	30 dB (μ V / m) quasi picco, misurato a distanza di 10 m (Nota 1)
	Da 230 MHz a 1000 MHz	37 dB (μ V / m) quasi picco, misurato a distanza di 10 m (Nota 1)
Conduzione dirompente a terminali di alimentazione di corrente alternativa	Da 0,15 MHz a 0,50 MHz I limiti diminuiscono linearmente in funzione del logaritmo della frequenza	66 dB (μ V) a 56 dB (μ V) quasi picco 56 dB (μ V) a 46 dB (μ V) nella media
	Da 0,50 MHz a 5 MHz	56 dB (μ V) quasi picco 46 dB (μ V) nella media
	Da 5 MHz a 30 MHz	60 dB (μ V) quasi picco 50 dB (μ V) nella media
NOTA 1 Può essere misurato a una distanza di 3 m aumentando i limiti di 10 dB. NOTA 2 I limiti di emissione sono presi da CISPR 11, Classe B, Gruppo 1.		

Tabella B.2 - Limiti di emissione elettromagnetica per macchine con spazzole

	Dominio della frequenza	Limiti
Radiazioni dirompenti	Da 30 MHz a 230 MHz	30 dB (μ V / m) quasi picco, misurata a 30 m di distanza (Nota 1)
	Da 230 MHz a 1000 MHz	37 dB (μ V / m) quasi picco, misurata a 30 m di distanza (Nota 1)
Conduzione dirompente a terminali di alimentazione di corrente alternativa	Da 0,15 MHz a 0,50 MHz	79 dB (μ V) quasi picco 66 dB (μ V) nella media
	Da 0,50 MHz a 30 MHz	73 dB (μ V) quasi picco 60 dB (μ V) nella media
NOTA 1 Può essere misurato a una distanza di 10 m aumentando i limiti di 10 dB o ad una distanza di 3 m con un aumento di 20 dB.		
NOTA 2 I limiti di emissione sono presi da CISPR 11, Classe A, Gruppo 1.		

Bibliografia

- [1] IEC 60034-6, *Macchine elettriche rotanti - Parte 6: modalità di raffreddamento (codice IC)*
 - [2] IEC 60034-7, *Macchine elettriche rotanti - Parte 7: Classificazione dei metodi di costruzione, disposizioni di montaggio e posizione della morsettiera (codice IM)*
 - [3] IEC 60034-9, *Macchine elettriche rotanti - Parte 9: limiti di rumore*
 - [4] IEC 60034-11, *Macchine elettriche rotanti - Parte 11: protezione termica*
 - [5] IEC 60034-14, *Macchine elettriche rotanti - Parte 14: Vibrazioni meccaniche di alcune macchine con telaio di dimensioni maggiori o uguali a 56 mm - Misurazione, valutazione e limiti dell'intensità della vibrazione*
 - [6] IEC 60034-29 *Macchine elettriche rotanti - Parte 29: Carico equivalente e tecniche di sovrapposizione - Prove indirette per determinare l'aumento di temperatura*
 - [7] IEC 60050-811: 1991, *Vocabolario elettrotecnico internazionale - Capitolo 811: Trazione elettrica*
 - [8] IEC 60079 (tutte le parti), *Atmosfere esplosive*
 - [9] IEC 60092 (tutte le parti), *Impianti elettrici a bordo delle navi*
 - [10] IEC 60349 (tutte le parti), *Trazione elettrica - Macchine elettriche rotanti veicoli ferroviari e stradali*
-

INTERNAZIONALE
ELETTROTECNICO
COMMISSIONE

3, rue de Varembe PO
Box 131
CH-1211 Ginevra 20
Svizzera

Tel: + 41 22919 02 11 Fax: +
41 22919 03 00 info@iec.ch

www.iec.ch