



TA 2108-0031

Istruzione tecnica

Generalità del funzionamento in isola



© INNIO Jenbacher GmbH & Co OG
Achenseestr. 1-3
A-6200 Jenbach, Austria
www.innio.com



JENBACHER
INNIO

1	Campo di applicazione	2
2	Scopo	2
3	Ulteriori informazioni	2
4	Definizione	3
4.1	Definizione generale del funzionamento in isola	3
4.2	Norme e linee guida rilevanti	4
5	Categorie del funzionamento in isola	4
6	Fattori di influenza nel funzionamento in isola	5
6.1	Risposta di carico	5
6.2	Distacco brusco del carico	6
7	Fattori influenti nell'interconnessione ad isola (sistemi multi-motore)	6
8	Valutazione delle prestazioni del funzionamento in isola	6
9	Schemi di connessione del carico per funzionamento in isola	8
9.1	Schemi di connessione del carico	8
9.2	Distacco brusco del carico	10
10	Pianificazione e possibilità tecniche	11
10.1	Alimentazione dei gruppi di continuità (impianti UPS)	12
10.2	Funzionamento parallelo con impianti UPS	12
10.3	Tempo di backup di 15 s secondo DIN VDE 0100, parte 710 o parte 718	12
10.4	Magnetizzazione dolce di trasformatori	12
10.5	Funzionamento autonomo (Black-Start)	12
10.6	Funzionamento parallelo di più gruppi	13
10.6.1	Grado P (statismo di velocità o di frequenza, speed droop)	13
10.6.2	Conduzione parziale del carico attivo (modalità isocrona)	14
10.6.3	Conduzione parziale del carico reattivo (statismo di tensione, voltage droop)	14
10.6.4	Gestione del carico	15
10.7	Punti che richiedono particolare attenzione	16
10.7.1	Informazioni sullo stato operativo tramite stati interruttore – tempi di ritardo	16
10.7.2	Rapporti di carico sconosciuti del cliente – carichi capacitivi	16
10.7.3	Regolazione di riferimento della rete	16
10.7.4	Azionamenti ausiliari	16
11	Condizioni limite	17
11.1	Carico nominale motore	17
11.2	Emissioni dei motori a gas	17
11.3	Emissioni dei motori diesel	17
11.4	Temperatura dell'acqua di raffreddamento miscela, temperatura della miscela	17
11.5	Punto di accensione/timing di iniezione	17
11.6	Temperatura di aspirazione	17
11.7	Contropressione dei gas di scarico	18
11.8	Funzionamento in isola con gas biologici / di discarica e gas di fogna	18
11.9	Alimentazione di gas	18
11.10	Alimentazione diesel	18
11.11	Generatore	18
12	Appendice A. Parametri per la valutazione della performance funzionamento in isola ...	19
13	Indice delle revisioni	22

I destinatari del presente documento sono i seguenti:

Cliente, partner commerciali, officine autorizzate, partner IB, filiali/uffici esterni, stabilimento di Jenbach

Nota relativa al diritto di autore di INNIO: RISERVATO

Le informazioni contenute nel documento sono dati protetti e confidenziali di INNIO Jenbacher GmbH & Co OG e delle società affiliate. Tali informazioni sono di proprietà di INNIO e non potranno essere utilizzate, divulgate a terzi o riprodotte se non previa autorizzazione scritta di INNIO. Rientrano in questa disposizione, in via non esaustiva, l'utilizzo di informazioni per la creazione, produzione, lo sviluppo o la definizione di riparazioni, modifiche, ricambi, strutture, modifiche di configurazione oppure la relativa richiesta ad autorità statali. In presenza di un'autorizzazione per la riproduzione totale o parziale, questa indicazione e l'altra dovranno essere riportate in tutto o in parte su tutte le pagine del documento.

COPIA NON CONTROLLATA SE STAMPATA O TRASMESSA ELETTRONICAMENTE

1 Campo di applicazione

La presente istruzione tecnica (TA) si riferisce a Motori a gas Jenbacher:

- Serie 2
- Serie 3
- Serie 4
- Serie 6

che sono equipaggiati con il modo operativo disponibile come optional "Funzionamento in isola".

2 Scopo

3 Ulteriori informazioni

Norme e linee guida rilevanti:

Salvo diversa indicazione, questo documento fa riferimento alle edizioni più recenti delle norme e delle linee guida qui citate (ad es. ISO 8528-5). Laddove in questo documento sono riportate edizioni precedenti nell'ambito di descrizioni, tali edizioni sono contrassegnate con il rispettivo anno di emissione (ad es. ISO 8528-5:2018).

Documenti rilevanti:

TA 1000-0001 – Qualità del carburante – gasolio

TA 1000-0300 – Requisiti per gas propulsore e combustione

TA 1503-0057 – Funzionamento del motore in isola separata con regolatore GEN2

TA 1530-0182 – Riduzione di potenza del generatore e gestione potenza reattiva

TA 2108-0025 – Funzionamento in isola di motori a gas a ciclo Otto equipaggiati con DIA.NE (serie 3)

TA 2108-0026 – Funzionamento in isola di motori a gas a ciclo Otto equipaggiati con DIA.NE (serie 6)

TA 2108-0029 – Funzionamento in isola di motori a benzina - a gas con DIA.NE (tipo 4)

TA 2108-0030 – Funzionamento in isola J208 con DIA.NE XT

TA 2108-0032 – Servizio in isola J920 con DIA.NE XT

TA 2108-0033 –

ISO 8528-2

ISO 8528-5

ISO 8528-12

DIN VDE 0100

4 Definizione

4.1 Definizione generale del funzionamento in isola

Il funzionamento in isola / con corrente di riserva / in sostituzione della rete avviene quando l'impianto continua a fornire l'alimentazione elettrica alle utenze senza essere collegato alla rete pubblica (vedere figura 1). In questo caso, sia la frequenza che la tensione delle sbarre collettrici devono essere mantenute entro i limiti predefiniti.

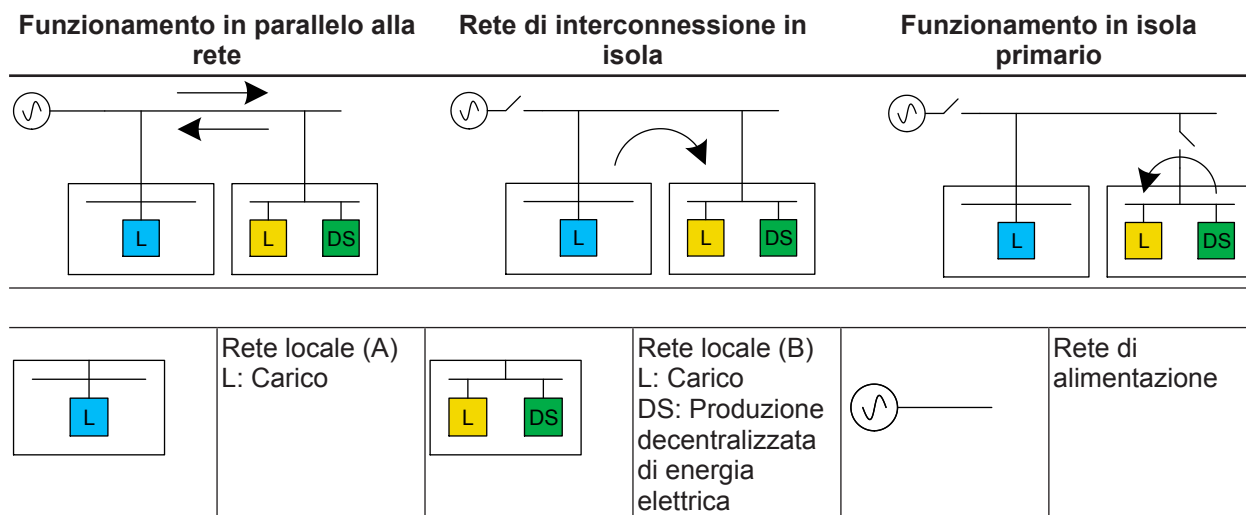


Figura 1: Configurazioni di rete

Se le utenze vengono alimentate con energia da un generatore azionato da un motore a pistone alternativo (di seguito indicato come gruppo motore), la regolazione della frequenza avviene tramite la regolazione del numero di giri. La regolazione della tensione avviene tramite il regolatore di tensione (Automatic Voltage Regulator – AVR) integrato nel generatore. A partire da giugno 2019, per la Serie 3 con dosaggio gas TecJet e per la Serie 4 è disponibile un nuovo sistema di regolazione della frequenza basato su modelli. Questo sistema di regolazione è descritto nelle istruzioni tecniche **TA 1503-0057**.



TA 1503-0057 – Funzionamento del motore in isola separata con regolatore GEN2

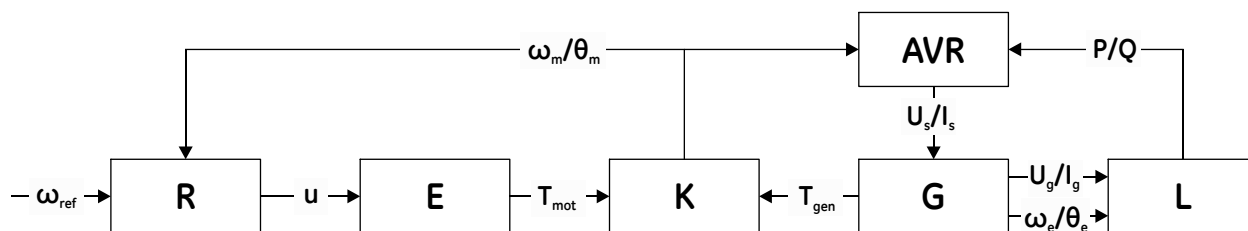


Figura 2: Funzionamento in isola

E	Motori Jenbacher	L	Carico
K	Giunto	AVR	Automatic Voltage Regulator
R	Regolatore	G	Generatore
u	Grandezza di regolazione	U_s/I_s	Tensione o corrente di eccitazione
ω_e/θ_e	Generatore regime elettrico/posizione angolare elettrica	U_g/I_g	Generatore tensione/corrente
ω_m/θ_m	Generatore regime meccanico/posizione angolare meccanica	T_{gen}	Momento torcente del generatore
ω_{ref}	Valore nominale del numero di giri	T_{mot}	Momento torcente del motore
P/Q	Potenza attiva/potenza reattiva		

Negli impianti con più motori interconnessi in isola, la frequenza e la tensione sono regolate da una sola parte oppure da tutti i gruppi motore. La potenza attiva e la potenza reattiva devono essere regolate attraverso un sistema di gestione del carico. Nell'ambito di questa interconnessione, una piccola parte può essere soggetta a regolazione anche per quanto riguarda esclusivamente la potenza. In tal caso, la regolazione di potenza dei rispettivi motori deve essere sufficientemente dinamica per adattarsi in modo affidabile a eventuali variazioni molto rapide del valore nominale.

4.2 Norme e linee guida rilevanti

Salvo diversa indicazione, questo documento fa riferimento alle edizioni più recenti delle norme e delle linee guida qui citate (ad es. ISO 8528-5). Laddove in questo documento sono riportate edizioni precedenti nell'ambito di descrizioni, tali edizioni sono contrassegnate con il rispettivo anno di emissione (ad es. ISO 8528-5:2018).

5 Categorie del funzionamento in isola

Funzionamento in sostituzione della rete	Il funzionamento in isola del motore serve solo come soluzione in presenza di recidiva per l'alimentazione di rete e non è previsto per il funzionamento continuato.
Funzionamento primario (100% in isola)	Il funzionamento in isola del motore è impiegato come fonte primaria di energia per le utenze. Come fonti di energia in standby possono essere disponibili ulteriori aggregati o la rete.
Funzionamento di emergenza	Stesso significato di funzionamento in backup, ma con requisiti molto superiori per quanto riguarda il tempo di avviamento (ad es. 15 secondi tempo di avviamento, avviamento autonomo) e la disponibilità massima.
Alimentazione di reti interconnesse in isola	Il motore funziona come alimentatore in una rete interconnessa localmente che non è collegata alla rete pubblica. Ne risultano requisiti particolari a livello di interruzioni in corto, risposte e distacchi del carico e funzionamenti ridondanti (n-1).

Applicazioni in serre¹⁾	Attività di carico molto lineari, dovute all'entità relativamente contenuta dei carichi, alla gestione ampia dei carichi, al passaggio da funzionamento in rete a funzionamento in isola. Il motore viene azionato prevalentemente al 100% del suo carico nominale, poiché sono disponibili livelli di carico bassi idonei.
Sistemi di spegnimento d'emergenza¹⁾ (funzionamento sprinkler/di emergenza antincendio)	Il motore è concepito come fonte di alimentazione per le pompe antincendio. Occorre rispettare requisiti speciali in relazione all'intervallo fino alla prima risposta di carico. La disponibilità del motore deve essere garantita anche in presenza di errori, e il motore non deve essere spento per motivi di priorità inferiore quando usato per un intervento di emergenza antincendio.

¹⁾ Se disponibile

6 Fattori di influenza nel funzionamento in isola

La dinamica di un gruppo è influenzata da molti fattori. Le proprietà meccaniche ed elettriche determinano il comportamento della velocità e della tensione in caso di variazioni di carico a gradino. Per specificare il comportamento della frequenza e della tensione di un gruppo in variazione di carico, è necessario determinare il massimo delle potenze di inserimento e disinserimento. Tra le altre cose occorre tenere in considerazione:

- Fattore di simultaneità delle utenze
- Potenze operative intermittenti

La richiesta di potenza nominale del gruppo può essere determinata solo conoscendo le utenze elettriche da rifornire. Sono da osservare, in particolare, variazioni repentine del carico elettrico che si verificano quando si accendono le utenze, come per esempio ascensori, pompe, ventilatori, dispositivi d'illuminazione e diverse utenze non lineari. Se il profilo di carico associato è noto, nel corso dell'ulteriore progettazione si devono considerare i punti seguenti:

6.1 Risposta di carico

La capacità di carico del gruppo dipende, oltre che dalla regolazione della velocità in base al tipo di motore, anche dalla pressione media specifica del motore (BMEP) a frequenza e potenza nominale, dalla dinamica del turbocompressore a gas di scarico, dalla dinamica del dosaggio gas e dalle caratteristiche e impostazioni del regolatore del generatore (AVR). Anche i momenti di inerzia di massa del motore e del generatore hanno grande influenza: di regola i momenti di inerzia più elevati consentono risposte di carico maggiori, in particolare per i generatori, mentre momenti d'inerzia inferiori comportano deviazioni di frequenza ridotte.

Dato che non è possibile valutare la dipendenza di tutti gli effetti, occorre specificare i valori medi consigliati per la risposta di carico, stabilendo come criteri principali il calo di frequenza massimo consentito e il calo di tensione massimo.

A causa dell'elevata pressione media di Motori a gas Jenbacher, è necessario un inserimento di potenza a stadi limitati (vedere ISO 8528-2). Poiché i tempi ammissibili tra i singoli stadi di potenza dipendono dai fattori di influenza sopra descritti, se necessario occorre concordare con il conduttore dell'impianto un profilo di carico adatto in funzione del tempo. Se è necessario inserire la potenza in più stadi, va considerato l'inserimento opportuno per l'impianto dell'utenza attraverso un sistema di gestione del carico. I criteri validi riguardano i valori consentiti relativi alla deviazione dinamica di tensione e frequenza durante la variazione di potenza.

Tra i singoli inserimenti del carico, a seconda delle dimensioni il gruppo motore richiede da alcuni secondi a pochi minuti, in particolare per la stabilizzazione termica. Questo deve essere tenuto in considerazione in particolare all'avvio di motori a freddo. I valori esatti variano a seconda che si tratti di motori diesel o a gas.

Per prevenire il sovraccarico e il conseguente deterioramento del gruppo, occorre assicurarsi che, durante l'acquisizione di potenza prevista dai requisiti di alimentazione, l'impianto dell'utenza non superi il livello di potenza specifica consigliata per quel gruppo e quella serie.

6.2 Distacco brusco del carico

La reazione di un gruppo alimentato a gas in seguito all'eliminazione del carico dipende anche dai fattori d'influenza sopra descritti. In alcuni motori a gas a carica mista viene preimpostato un carico eliminabile massimo consentito per minimizzare il rischio di calo di potenza del turbocompressore o di deflagrazione.

I limiti per l'eliminazione di carico vengono stabiliti in base alla serie (attenersi alle TA specifiche corrispondenti). Per maggiori informazioni, consultare il capitolo ⇒ Distacco brusco del carico.

7 Fattori influenti nell'interconnessione ad isola (sistemi multi-motore)

Il comportamento della frequenza e della tensione nel funzionamento in isola con interconnessione di più motori può essere influenzato, tra le altre cose, dai fattori seguenti:

- Suddivisione del carico
- Preimpostazione esterna o interna di un valore nominale di velocità variabile (speed droop) sul regolatore di velocità
- Comportamento dinamico dei singoli motori come sopra descritto
- Impostazioni di statismo dei regolatori di tensione (voltage droop e angolo di tensione)
- Comportamento dinamico del generatore, tenendo conto delle proprietà di attenuazione in rete specificata.

Una spiegazione dettagliata dei fattori d'influenza per la distribuzione della potenza attiva e reattiva in base alla norma ISO 8528-5 è riportata nelle istruzioni tecniche **TA 1530-0182**.



TA 1530-0182 – Riduzione di potenza del generatore e gestione potenza reattiva

Se nell'interconnessione sono azionati generatori diversi (gruppi motore di altri costruttori o tipi diversi di generatori di energia), oltre alla conduzione parziale del carico o alla regolazione del grado P (speed droop), una gestione sovraordinata del carico offre altre possibilità, che però devono essere verificate sul prodotto specifico. Ulteriori informazioni sono riportate nel capitolo ⇒ Funzionamento autonomo (Black-Start).

8 Valutazione delle prestazioni del funzionamento in isola

Il comportamento in esercizio di un gruppo con motore a pistone alternativo viene valutato a livello generale in base alla norma ISO 8528-5.

A seconda dello scopo di utilizzo, la norma ISO 8528-5 distingue diverse versioni per le prestazioni di funzionamento in isola da G1 a G4. I valori numerici indicati nella norma sono valori limite consentiti che, salvo diversa indicazione, non devono essere superati (vedere anche la Tabella 1 di seguito). Questi valori fanno riferimento ai motori alternativi sovralimentati, come specificato in ISO 8528-5.

Per l'impianto generatore vale essenzialmente la versione per la quale sono soddisfatti tutti i limiti definiti. Qualora il cliente richieda deviazioni dai valori limite per motivi di maggiore qualità, deve avvalersi di un accordo scritto. Per tali accordi speciali è prevista la Classe G4 ai sensi della norma ISO 8528-5.

La Classe G4 può essere quindi definita liberamente - in base alle richieste specifiche del cliente (KSA) - e viene stabilita specificatamente per Motori a gas Jenbacher con una variazione dinamica di tensione e frequenza pari al $\pm 7\%$, senza tenere conto del tempo di assestamento nei diagrammi di funzionamento in isola delle diverse serie di motori. Qualora sussistessero problematiche specifiche per una particolare applicazione, è possibile definire e rappresentare altri valori limite.

In caso di installazione di un'alimentazione di corrente di sicurezza presso ospedali o altre strutture di raccolta di persone (secondo DIN VDE 0100 parte 710 e/o parte 718), la valutazione del comportamento in esercizio avviene in base alla norma ISO 8528-12. In entrambi i casi occorre prestare particolare attenzione ai tempi di interruzione e di transizione necessari. I criteri di valutazione in base a ISO 8528-12 corrispondono a quelli in base a ISO 8528-5.

Tabella 1: Estratto di alcuni limiti operativi per le versioni a titolo di esempio, secondo la norma ISO 8528-5:2018. Per una panoramica completa consultare la Tabella 4 nel capitolo 15.2 della norma.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori limite			
			G1	G2	G3	G4
Ampiezza di banda della deviazione di frequenza per la valutazione del tempo di assestamento dopo variazioni di carico	α_f	%	3,5	2	2	KSA
Ampiezza di banda stazionaria della frequenza	β_f	%	$\leq \pm 2,5$	$\leq \pm 1,5$	$\leq \pm 0,5$	KSA
Deviazione di frequenza transitoria dopo un inserimento del carico per:						
• Motori a gas Otto	δ_{dyn}^-	%	≤ -25	≤ -20	≤ -15	KSA
• Motori diesel	δ_{dyn}^-	%	≤ -15	≤ -10	≤ -7	KSA
Deviazione di frequenza transitoria dopo un disinserimento del carico	δ_{dyn}^+	%	$\leq +18$	$\leq +12$	$\leq +10$	KSA
Tempo di assestamento frequenza dopo un inserimento del carico	$t_{f,zu}$	s	≤ 10	≤ 5	≤ 3	KSA
Tempo di assestamento frequenza dopo un disinserimento del carico	$t_{f,ab}$	s	≤ 10	≤ 5	≤ 3	KSA
Deviazione di tensione statica	δU_{st}	%	$\leq \pm 5$	$\leq \pm 2,5$	$\leq \pm 1$	KSA
Deviazione di tensione dinamica dopo un inserimento del carico	δU_{dyn}^-	%	≤ -25	≤ -20	≤ -15	KSA
Deviazione di tensione dinamica dopo un disinserimento del carico	δU_{dyn}^+	%	$\leq +35$	$\leq +25$	$\leq +20$	KSA
Tempo di assestamento tensione dopo un inserimento del carico	$t_{U,zu}$	s	≤ 10	≤ 6	≤ 4	KSA
Tempo di assestamento tensione dopo un disinserimento del carico	$t_{U,ab}$	s	≤ 10	≤ 6	≤ 4	KSA

9 Schemi di connessione del carico per funzionamento in isola

Gli schemi di connessione del carico delle rispettive serie o dei rispettivi tipi di motore sono disponibili nelle Istruzioni tecniche indicate qui di seguito:

- Motori a gas Otto serie 2 - J208 con DIA.NE XT TA 2108-0030
- Motori a gas Otto serie 3 con DIA.NE XT TA 2108-0025
- Motori a gas Otto serie 4 con DIA.NE XT TA 2108-0029
- Motori a gas Otto serie 6 con DIA.NE XT TA 2108-0026
- Motori a gas Otto serie 9 con DIA.NE XT TA 2108-0032
- Motori diesel serie 6 con DIA.NE XT TA 2108-0033

Gli schemi indicati forniscono informazioni sulla potenza attiva elettrica commutabile ammessa "*carico di blocco*" (sia positiva che negativa) riportata sull'asse y in relazione alla potenza attiva effettiva "*carico base*" riportata sull'asse x, con attribuzione della classe richiesta secondo ISO 8528-5.

Le potenze sono indicate come percentuale della potenza nominale (tenendo conto delle riduzioni indicate), della frequenza nominale e di $\cos\varphi=1$ della rispettiva versione di motore secondo il programma di produzione.

9.1 Schemi di connessione del carico

Gli schemi di connessione del carico contenuti nelle istruzioni tecniche per le rispettive serie valgono per il motore caldo.

In questi schemi sono riportate le versioni da G1 a G4 e la potenza limite (vedere gli schemi di esempio per la capacità di inserimento del carico nella Figura 3 e la capacità di eliminazione del carico nella Figura 4). Qui la potenza limite indica la potenza che può essere ancora inserita, tenendo conto dei valori limite minimo e massimo per la frequenza e la tensione, senza che il motore si spenga. Le linee visualizzate rappresentano la potenza inseribile e disinseribile massima corrispondente ai valori limite della versione. Se esistono requisiti particolari per la qualità di distacco e di risposta, è necessario considerare ulteriori misure tecniche (scelta degli stadi di distacco, regolazione di riferimento rete, gestione del carico).

Nelle istruzioni tecniche specifiche della serie per il funzionamento in isola sono riportati i (2) schemi di risposta e distacco del carico, rispettivamente con e senza considerazione del tempo di assestamento per la frequenza e la tensione. Per i gruppi diesel viene sempre considerato anche il tempo di assestamento per la tensione. La seconda forma di rappresentazione considera il criterio del calo di

frequenza massimo (consultare allegato A). L'asse x descrive il carico iniziale (carico base) e l'asse y il carico di commutazione (carico di blocco), ciascuno indicato come percentuale [%] della potenza nominale.

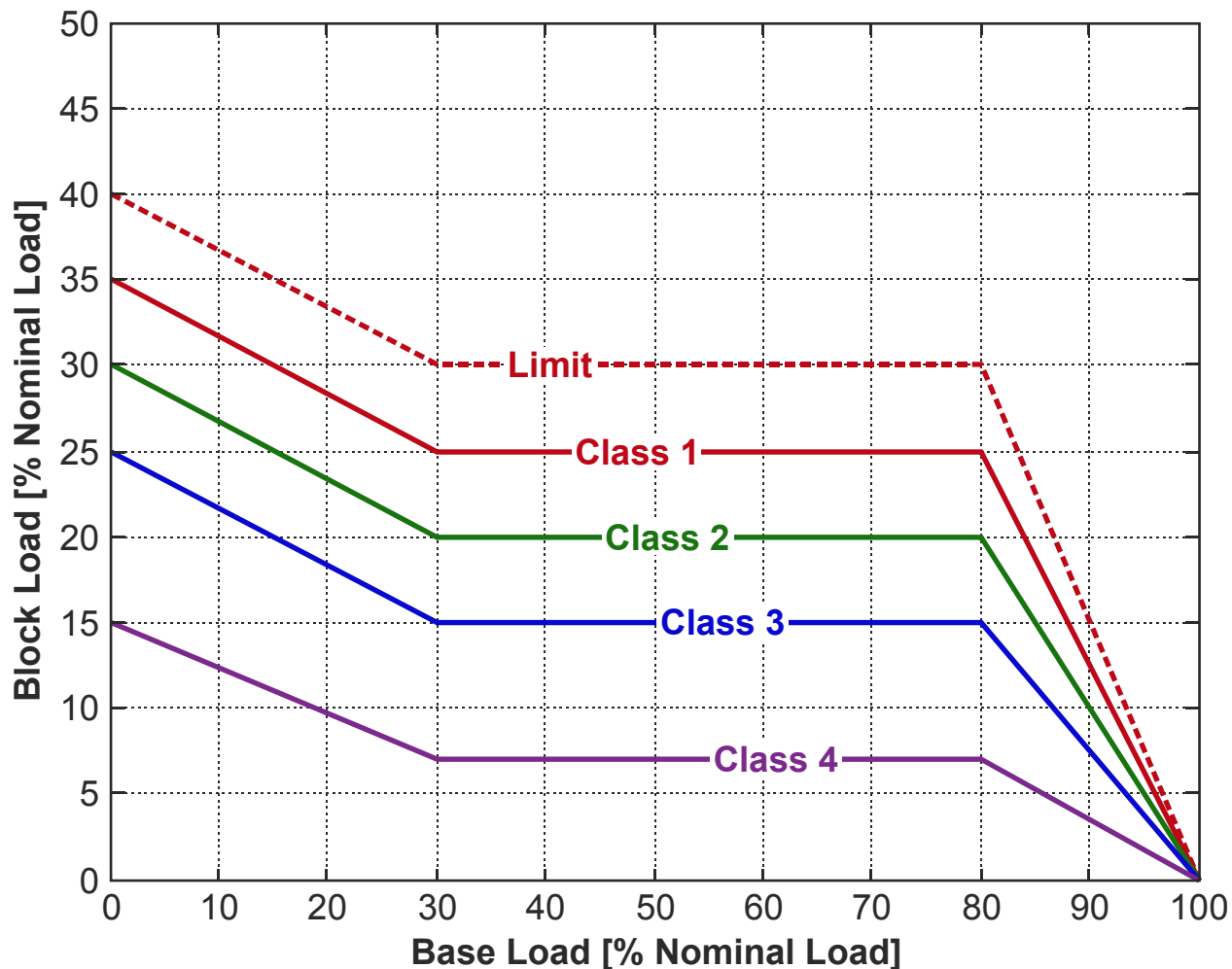


Figura 3. Schema di inserimento del carico

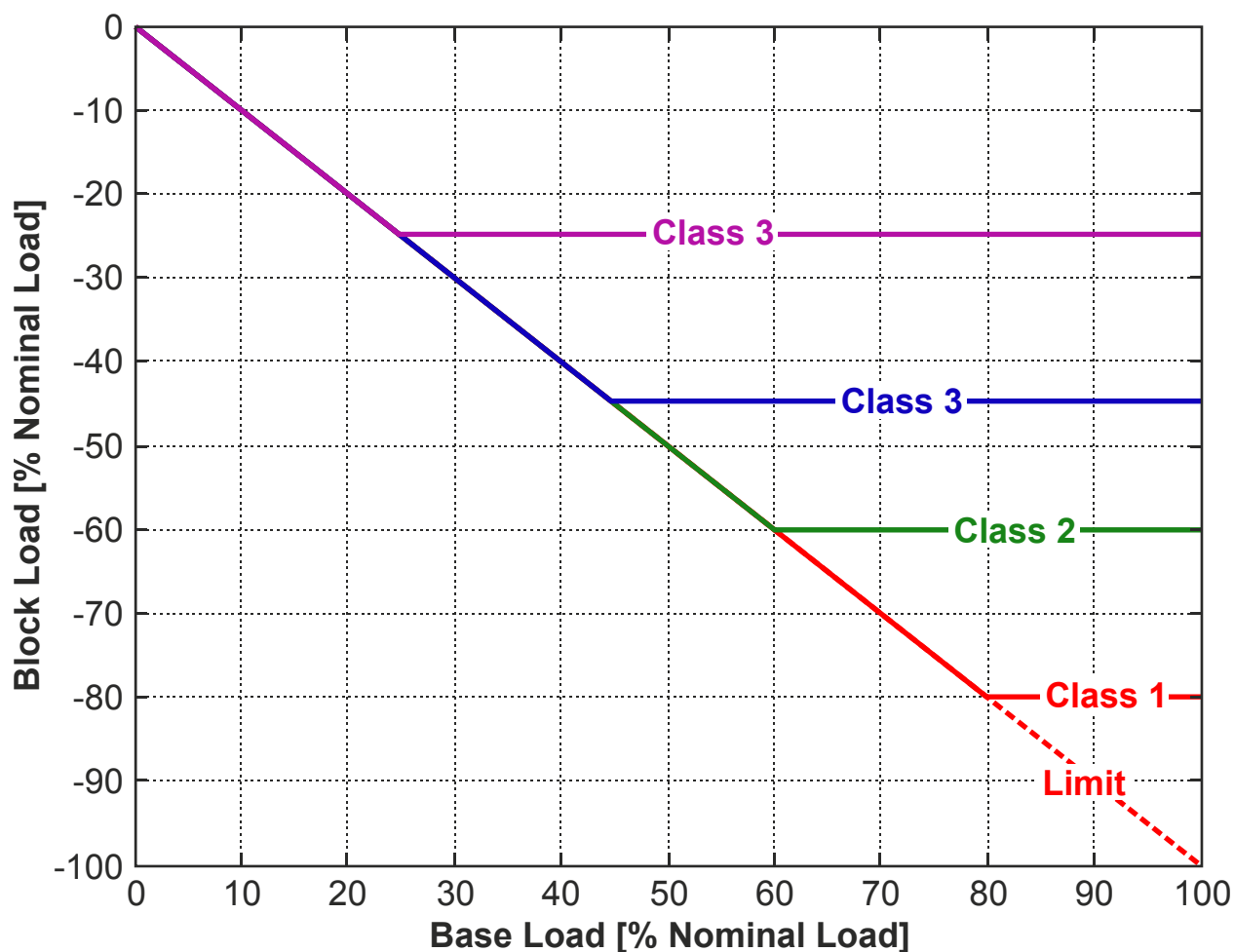


Figura 4. Schema di disinserimento del carico

9.2 Distacco brusco del carico

Motori a gas:

Al passaggio da funzionamento parallelo a funzionamento in isola o durante il funzionamento in isola avvengono solitamente riduzioni di carico improvvise e impreviste per il gruppo. A causa dell'impostazione del turbocompressore ottimizzata in termini di efficienza si possono avere cali di potenza del turbocompressore. Per motori della serie 6 valgono i valori soglia particolari delle potenze di disinserimento, vedere al riguardo **TA 2108-0026**, potenza di disinserimento.



TA 2108-0026 – Funzionamento in isola di motori a gas a ciclo Otto equipaggiati con DIA.NE (serie 6)

Motori diesel:

I motori diesel con sistema di iniezione Common Rail non necessitano di limitazioni per quanto riguarda l'eliminazione di carico al passaggio da funzionamento parallelo a quello in isola o durante il funzionamento in isola. (Il 100% dell'eliminazione di carico senza surregime è accessibile)

10 Pianificazione e possibilità tecniche

La classificazione di una versione (capitolo ⇒ Valutazione delle prestazioni del funzionamento in isola) dipende dalle utenze da alimentare nel funzionamento in isola e quindi deve essere prestabilita dal cliente. Da ciò risultano gli inserimenti del carico massimi possibili in base alla versione specificata. Pertanto è molto importante chiarire bene questo aspetto con il cliente già in fase di offerta e di pianificazione. In questa fase devono essere registrati dati quali dimensioni e tipo di utenza, caratteristiche di avvio e di esercizio. Nel caso di azionamento con motori elettrici è rilevante l'entità della potenza effettiva di avviamento, in quanto essa determina il momento torcente effettivo che agisce sull'albero del motore. Questo dipende dal tipo di motore elettrico e dalle condizioni di avvio (avvio stella-triangolo, avvio dolce, funzionamento a tiristore, avvio difficile, eccetera).

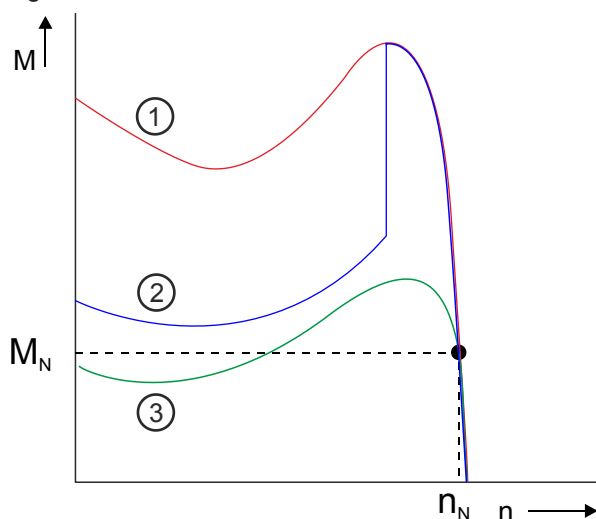


Figura 5. Profilo del momento torcente all'avvio di motori elettrici

①	Avvio diretto
②	Avvio stella-triangolo
③	Avvio dolce

Gruppo a gas

Si prega di notare che nel funzionamento in isola la potenza assorbita dalle singole utenze "rotanti" con un momento d'inerzia J relativamente alto (grandi ventole, pompe, ecc.) non può superare ca. il 40% della potenza nominale del gruppo. Si deve inoltre notare che il valore della corrente reattiva di avvio di motori elettrici è un multiplo del valore nominale. Questo valore percentuale è un valore empirico, a partire dal quale si possono verificare delle interazioni dinamiche tra il gruppo e l'utenza. In casi di questo tipo occorre adottare particolari misure, identificabili mediante simulazione. In tal caso vengono utilizzate analisi del flusso di potenza, che possono essere realizzate da INNIO Jenbacher GmbH & Co OG previa autorizzazione speciale e fornitura dei dati dell'impianto dell'utenza.

Nel funzionamento in isola con più motori spesso si verifica la situazione in cui il primo gruppo deve alimentare l'utenza, mentre altri gruppi vengono sincronizzati sulla sbarra collettiva. In questi casi è assolutamente necessario garantire che le variazioni di carico siano minime durante il processo di sincronizzazione (max. 2 % del carico nominale del gruppo). Più sono frequenti tali variazioni di carico, più tempo richiede la sincronizzazione.

Poiché l'andamento di corrente e $\cos(\phi)$ di utenze influisce sulla dinamica del motore, in caso di richieste particolari è necessario richiedere questi dati al cliente e comunicarli a INNIO Jenbacher GmbH & Co OG.

Gruppi diesel

Con i gruppi diesel, il regime del motore viene stabilizzato attraverso l'iniezione del carburante e può essere controllato all'interno di un'ampiezza di banda ridotta del regime. (Errore assoluto < 5 U/min). La sincronizzazione completa può essere effettuata dopo qualche secondo.

10.1 Alimentazione dei gruppi di continuità (impianti UPS)

Relativamente all'alimentazione di impianti UPS è assolutamente necessario utilizzare le possibilità di intervento (ad es. accensione scaglionata, carico a rampe). In questo modo gli inserimenti avvengono in forma più blanda e ciò si traduce in un andamento del carico più vantaggioso per il gruppo. Le variazioni di tensione e di frequenza massime ammesse all'entrata dei gruppi UPS solitamente prevedono stretti margini di tolleranza. Questo fatto deve assolutamente essere preso in considerazione.

10.2 Funzionamento parallelo con impianti UPS

A causa delle diverse forme di tensione e delle diverse caratteristiche dinamiche (la regolazione di frequenza del gruppo funziona con "masse rotanti", negli impianti UPS la regolazione di frequenza è priva di inerzia – elettronica di potenza) il funzionamento parallelo con software standard non è possibile. In questi casi è necessario un chiarimento specifico in fase di progetto, seguito dagli adattamenti corrispondenti.

10.3 Tempo di backup di 15 s secondo DIN VDE 0100, parte 710 o parte 718

I motori a gas Jenbacher delle Serie 2, 3 e 4 sono in grado di fornire alimentazione di corrente di riserva alle utenze entro un intervallo di 15 secondi come richiesto dalla suddetta norma, tuttavia i dettagli specifici devono essere chiariti in fase di progetto (autorizzazione speciale). Considerata la disposizione dei suoi servizi ausiliari, nella Serie 6 l'alimentazione di corrente di riserva è generalmente possibile solo previo chiarimento specifico in fase di progetto.

10.4 Magnetizzazione dolce di trasformatori

Se è necessario accelerare i trasformatori in funzionamento autonomo, considerare la loro potenza di accelerazione per non sovraccaricare il gruppo motore. Come valore di riferimento per l'accelerazione di trasformatori, considerare una **Potenza nominale a partire da 2x potenza nominale generatore**. Attenersi comunque come standard alla procedura seguente.

In caso di grossi carichi durante funzionamento in isola, ad esempio grandi trasformatori che a causa delle elevate correnti d'inserzione non possono essere collegati direttamente, è possibile sottoporli a magnetizzazione dolce. Il gruppo motore si avvia con generatore eccitato, e l'eccitazione viene attivata all'accensione dell'interruttore del generatore. Con questa procedura è possibile accelerare i trasformatori (= somma di tutti i trasformatori collegati) con una potenza pari a dieci volte la potenza apparente del generatore.

10.5 Funzionamento autonomo (Black-Start)

In caso di avviamento autonomo, scollegare completamente l'impianto dalla rete elettrica pubblica. Il motore a gas di INNIO Jenbacher è il motore principale in questa situazione e deve solo garantire l'avviamento del motore con un'energia ausiliaria a 24V DC dalle batterie del motorino di avviamento e chiudere l'interruttore del generatore a velocità nominale per fornire tensione all'impianto dell'utenza del cliente.

Un avviamento autonomo può avvenire tramite un motore fermo (avvio preriscaldato) o direttamente dopo uno spegnimento del motore (avvio a caldo).

10.6 Funzionamento parallelo di più gruppi

In relazione ai generatori utilizzati si deve notare che avvengono una determinata suddivisione del carico reattivo tramite statismo di tensione e un analogo abbassamento di tensione tramite angolazione di tensione. Inoltre è da considerarsi il fattore di accorciamento/allungamento dell'avvolgimento per i centri stella generatore collegati. Se questo fattore non è identico, è necessario utilizzare bobine di induttanza sui centri stella. Inoltre è possibile preimpostare un valore di correzione della tensione esterno (90-110% della tensione nominale) mediante un sistema di gestione del carico reattivo sovraordinato.

Durante il funzionamento parallelo dei gruppi Jenbacher trova utilizzo la cosiddetta conduzione parziale del carico attivo. Essa consente di impostare la ripartizione del carico desiderata tra i singoli gruppi. In caso di carichi diversi della conduzione parziale, è necessario verificare l'impiego di convertitori di misura. Inoltre è possibile una distribuzione controllata del carico tramite regolazione del grado P (speed droop) o la preimpostazione di un offset esterno per il valore nominale di velocità tramite un comando impianto o un comando stazione sovraordinato.

10.6.1 Grado P (statismo di velocità o di frequenza, speed droop)

In questo caso il numero di giri motore viene variato dalla transconduttanza predefinita "Power Gradient" (speed droop) per rendere disponibile una quota desiderata (preimpostazione a rampa limitata tramite bus o ingresso analogico) del carico nominale come carico dell'isola. Variando la transconduttanza si possono applicare carichi più pesanti su motori più potenti (ad esempio gruppi motore diesel). Inoltre è possibile variare il punto d'intersezione (droop offset) tra lo statismo di velocità e la velocità nominale utilizzando un segnale esterno (preimpostazione a rampa limitata tramite ingresso bus o ingresso analogico). In questo modo si ha la garanzia che a carico nominale l'interconnessione in isola operi alla velocità nominale. Assicurarsi che le impostazioni del grado P non influiscano in alcun modo sulla dinamica dell'impianto (frequenza e tensione). Si noti inoltre che eventuali riduzioni di potenza del motore portano alla limitazione dei segnali esterni predefiniti.

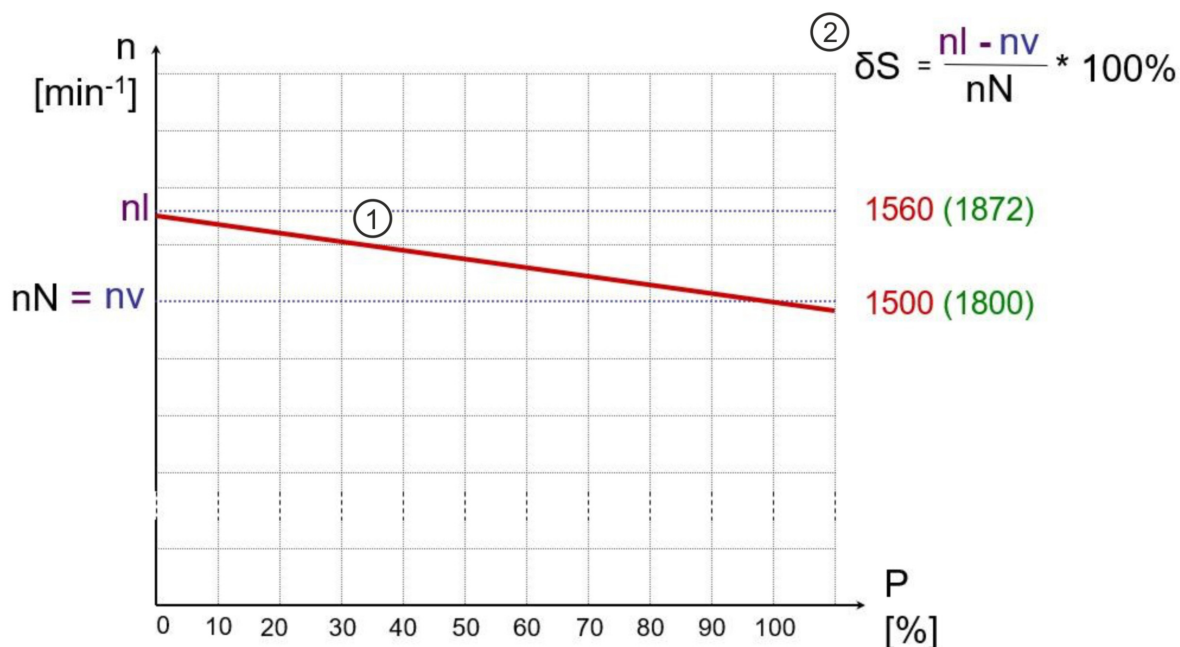


Figura 6. Statismo di velocità

①	Statismo di velocità con incremento del 4% (δS)
②	Funzione di statismo di velocità nI → valore nominale di velocità con funzionamento del motore senza carico nv → valore nominale di velocità con funzionamento a pieno carico

|nN → velocità nominale del motore

10.6.2 Conduzione parziale del carico attivo (modalità isocrona)

Nella versione standard della conduzione parziale del carico INNIO Jenbacher, su ogni gruppo motore viene emesso un segnale di uscita mA indicante la potenza prodotta e su un'entrata mA viene letta la potenza media di tutti i motori. I valori di entrambi questi segnali, che rientrano nell'intervallo 4...16 mA, sono compresi nella scala standard del campo 0...100% della potenza nominale del rispettivo gruppo motore. La suddivisione tra i motori può essere regolata in percentuale (normalmente suddivisione percentualmente uguale). In caso di collegamento e scollegamento di singoli motori, carico e scarico avvengono tramite una rampa in funzione del tempo.

Quando si applica questa variante di conduzione parziale del carico a impianti con motori di produttori diversi, è necessario tenere in considerazione i diversi fattori di scala e resistenze in ingresso e in uscita dei vari comandi motore. Si noti inoltre che eventuali riduzioni di potenza del motore influiscono sulla distribuzione del carico.

10.6.3 Conduzione parziale del carico reattivo (statismo di tensione, voltage droop)

Nel caso di impianti con più motori, la potenza reattiva necessaria alle utenze è rappresentata dalla distribuzione uniforme sui generatori che funzionano in interconnessione. La distribuzione viene eseguita mediante impostazione dello "statismo di tensione". È fondamentale in questo contesto che tutti i generatori abbiano le stesse impostazioni di tensione nominale, statismo di tensione (tipicamente 3%), angolo di tensione (punto di risposta, transconduttanza, DWELL) e stessi tempi di reazione AVR. Se le impostazioni differiscono, si può avere inversione di polarità con conseguenti danni al generatore. In alternativa è possibile preimpostare un fattore di correzione della tensione esterno tramite un sistema di gestione del carico reattivo. Questo valore viene limitato nell'intervallo massimo consentito del 90-110%. Inoltre viene limitata anche la modifica temporale massima possibile del valore predefinito esterno

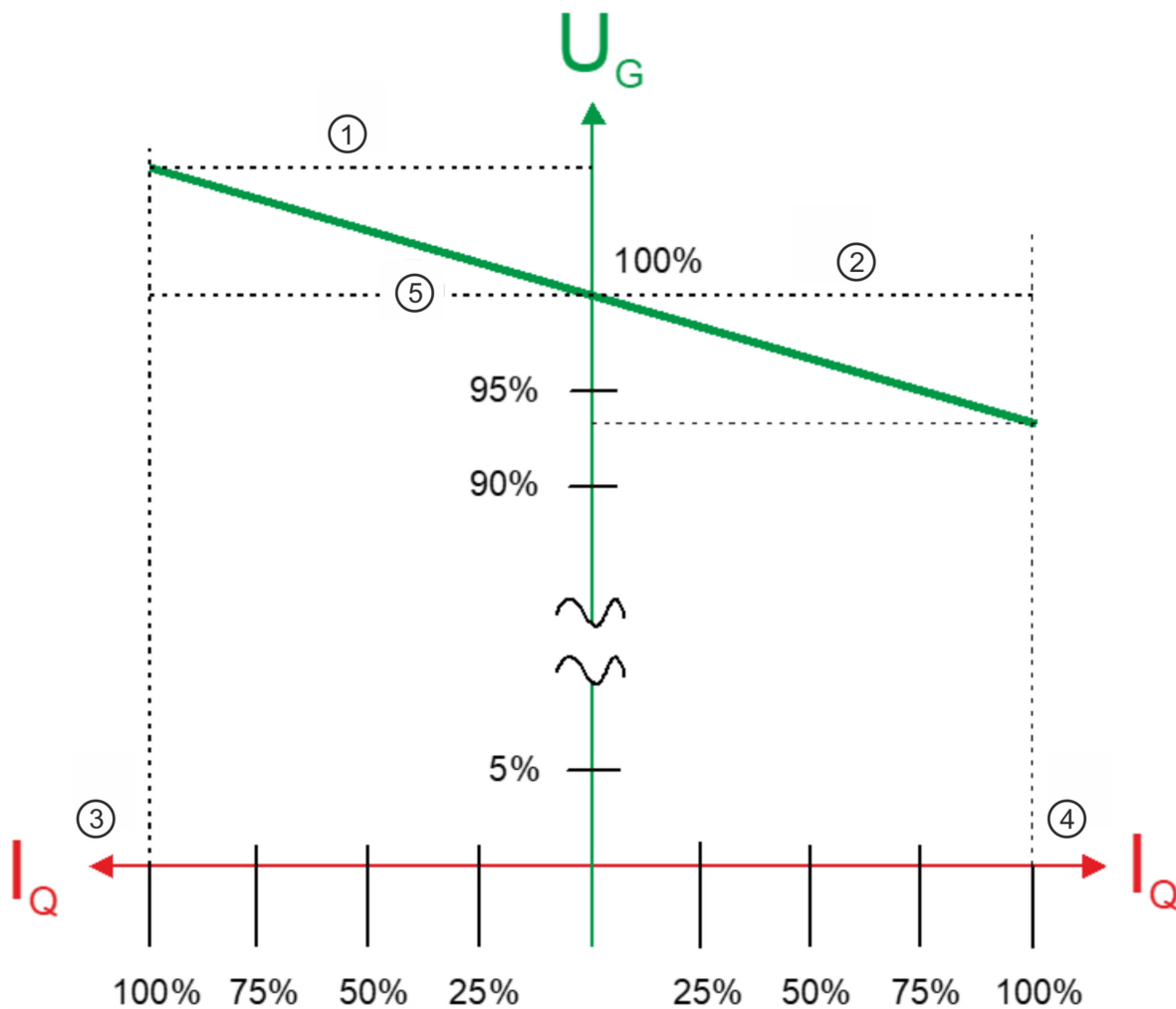


Figura 7. Suddivisione del carico reattivo

①	Funzionamento generatore sottoeccitato	③	Funzionamento generatore sovraccitato
②	Attacco	④	Stacco
⑤	Statismo di tensione con incremento del 6% (standard 3%)		
U_G	Tensione del generatore	I_Q	Corrente reattiva del generatore (potenza reattiva)

10.6.4 Gestione del carico

Se una rete interconnessa viene implementata con diversi tipi di generatori di energia (motore a gas, motore diesel, turbina a gas, energia solare, turbina eolica, energia idrica o batteria), o almeno con più generatori di energia di uguale tipo, si parla di una micro/mini rete. In questi casi sono assolutamente utili simulazioni di rete e approcci mirati alla conservazione dell'energia. Se nella fase di analisi esistono progetti concreti, come grandezze in entrata essenziali per il sistema, occorre considerare le inerzie dei sistemi parziali nonché le funzioni di trasmissione nel campo per motore, regolatore e generatore. Sulla

base di ciò si possono scegliere e simulare i suddetti o altri approcci di interconnessione del carico. Su generatori di energia di base particolarmente stabili e potenti che operano a velocità variabile è possibile collegare gruppi di potenza inferiore nella modalità di funzionamento con regolazione della potenza.

Per questo caso si applica la regola del **rapporto delle inerzie modulari pari almeno a 2:1**. Se il sistema deve soddisfare elevati requisiti tecnici, il dimensionamento dev'essere verificato e convalidato attraverso la simulazione.

Per l'impiego di un sistema di controllo del carico sovraordinato è possibile utilizzare un ingresso per applicare un valore esterno predefinito di offset della velocità. Si noti inoltre che eventuali riduzioni di potenza del motore portano alla limitazione dei segnali esterni predefiniti. L'aumento di carico massimo attualmente consentito per il singolo motore viene fornito come uscita del comando motore. In tal caso vengono prese in considerazione tutte le riduzioni di potenza attive.

10.7 Punti che richiedono particolare attenzione

10.7.1 Informazioni sullo stato operativo tramite stati interruttore – tempi di ritardo

L'attribuzione dello stato operativo del motore si basa sulle risposte degli interruttori del generatore e di rete. Esistono passaggi di stato operativo essenziali nei quali è necessario avere una risposta più rapida possibile per attivare le relative funzioni del regolatore.

In alcuni impianti di campo proprio questa risposta rapida comporta delle difficoltà. Assicurarsi che vengano utilizzati solo interruttori di bassa tensione e interruttori di media tensione con tempi di chiusura < 60 ms. Se queste risposte vengono fornite anche tramite relè o comandi di livello superiore (software), si verificano ulteriori tempi di ritardo indesiderati. Già un tempo di chiusura dell'interruttore raddoppiato può causare spegnimenti del motore per "eccesso di numero di giri" nel passaggio da funzionamento parallelo in rete a funzionamento in isola con carico basso. Per questo motivo, le risposte degli interruttori devono sempre essere inviate direttamente al comando del modulo.

10.7.2 Rapporti di carico sconosciuti del cliente – carichi capacitivi

Se il rapporto carichi capacitivi – carichi induttivi (ad esempio nel campo inferiore del carico, se tutti gli impianti di compensazione sono collegati) è molto alto, si possono avere elevati carichi imprevedibili per il generatore, inversione di polarità e danni al generatore. Occorre assicurare che il generatore sia azionato sempre nel campo induttivo. Un *worst-case* scenario può essere esaminato attraverso un'analisi della stabilità di rete.

10.7.3 Regolazione di riferimento della rete

Qualora sul punto di alimentazione venga registrata la potenza effettivamente necessaria per l'impianto da alimentare, può essere ragionevole dal punto di vista finanziario e tecnico adottare una regolazione di riferimento della rete. La potenza registrata viene qui predisposta fino a una determinata differenza necessaria tramite un motore a combustione interna; nel passaggio da funzionamento in rete a funzionamento in isola si ottiene così un comportamento particolarmente lineare (senza strappi).

10.7.4 Azionamenti ausiliari

Per il funzionamento con corrente di riserva, nelle Serie 6 e 9 non viene eseguito alcun lavaggio del tratto gas di scarico.

In questo caso, il tempo massimo tra la richiesta di funzionamento con corrente di riserva e l'inizio dell'avvio del motore (il motore gira) è determinato principalmente dalla durata della prelubrificazione specifica della serie.

11 Condizioni limite

11.1 Carico nominale motore

Il carico nominale della rispettiva versione di motore si ricava dalla gamma di prodotti e deve essere corretto in base ai corrispondenti diagrammi di riduzione. Ne risulta il carico nominale effettivo del 100%, che viene inserito come grandezza di riferimento nei diagrammi di carico.

Le versioni con potenza maggiorata vengono azionate nel funzionamento in isola con il rispettivo carico nominale originario.

Per gruppi motore con funzionamento a più gas o miscela di gas sono inoltre ammessi solo i carichi nominali corrispondenti al tipo di gas utilizzato.

11.2 Emissioni dei motori a gas

Per il funzionamento a isola viene utilizzata una regolazione attiva delle emissioni con un'emissione definita di gas di scarico pari a 500 mg/Nm NO_x³ @ 5% O₂ NO_x indipendentemente dalle emissioni richieste nel funzionamento parallelo. I parametri della gestione motore permettono la commutazione automatica a emissioni maggiori durante il passaggio al funzionamento in isola. Questo determina nel range complessivo di prestazione una migliore qualità di regolazione, migliori capacità di risposta e un aumento della disponibilità. La commutazione è parametrizzabile, ma non obbligatoria.

Se le emissioni sono mantenute al di sotto del valore di cui sopra, ad esempio 250mg/Nm³ @ 5% O₂ di NO_x, è necessaria un'autorizzazione speciale.

11.3 Emissioni dei motori diesel

I motori diesel perseguono lo stesso obiettivo in termini di emissione, sia che utilizzino un funzionamento parallelo sia che utilizzino la modalità in isola. Essi fanno riferimento ai valori delle emissioni fissati da World Bank per i gruppi stazionari, che corrispondono a un massimo di 1460 mg/m³ NO_x. Le tabelle di comando vengono regolate offline per raggiungere gli obiettivi di emissione prefissati.

11.4 Temperatura dell'acqua di raffreddamento miscela, temperatura della miscela

Gli schemi di connessione del carico valgono per una temperatura della miscela secondo la gamma di prodotti. L'abbassamento della temperatura della miscela produce una maggiore capacità di risposta e quindi un aumento della disponibilità.

11.5 Punto di accensione/timing di iniezione

Motori a gas

Il punto di accensione nel funzionamento in isola viene selezionato di 2° inferiore rispetto al funzionamento in parallelo alla rete. Gli schemi di connessione del carico valgono per il punto di accensione corrispondente ai valori dei parametri predefiniti.

Motori diesel

Nei motori diesel, il punto di accensione è confrontabile con il timing di iniezione.

11.6 Temperatura di aspirazione

Gli schemi di connessione del carico valgono per temperature di aspirazione corrispondenti alla gamma di prodotti. Una riduzione della temperatura di aspirazione produce un miglioramento della capacità di risposta.

11.7 Contropressione dei gas di scarico

Gli schemi di connessione del carico valgono per un valore massimo della contropressione dei gas di scarico di 60 mbar. Una minore contropressione dei gas di scarico produce una risposta migliore.

11.8 Funzionamento in isola con gas biologici / di discarica e gas di fogna

L'utilizzo di gas biologici / di discarica e di fogna per il funzionamento in isola non richiede autorizzazioni speciali per le Serie 2, 3 e 4. I moduli in funzionamento a gas doppio richiedono un iter specifico del progetto per il contenuto energetico del gas. Durante il funzionamento in isola, il funzionamento con miscela di gas e l'commutazione tra tipi di gas diversi richiedono un'autorizzazione speciale.

Durante il passaggio da funzionamento parallelo a funzionamento in isola assicurare in particolare che siano soddisfatti i requisiti di pressione gas e qualità (TA 1000-0300).

In caso di avviamento autonomo, l'alimentazione del compressore a gas deve essere garantita mediante un'alimentazione esterna.

Nel funzionamento in isola con gas non naturale per sistemi salvavita, data l'insicurezza connessa all'alimentazione di gas, non è ammesso l'impiego di motori a gas!

11.9 Alimentazione di gas

Per un buon funzionamento del gruppo è necessario assicurare una qualità idonea e una pressione di alimentazione costante del gas propulsore (TA 1000-0300).

Per garantire la capacità di avviamento autonomo del modulo deve essere disponibile una qualità di gas adeguata e una pressione del gas sufficiente. Occorre inoltre garantire un'alimentazione elettrica ininterrotta alle valvole principali del gas a monte. In motori della Serie 6 con precamera, l'autorizzazione per l'avviamento autonomo (black start) è indicata nella gamma di prodotti (a partire dal 2012), poiché è richiesta sia una prelubrificazione che l'azionamento di una pompa di precompressione.

Per funzionamento in isola con più gas è dunque necessario prevedere l'impiego del gas con maggiore disponibilità.

11.10 Alimentazione diesel

Per quanto riguarda il comportamento di esercizio relativo al gruppo, occorre verificare che l'alimentazione avvenga tramite carburante diesel adatto e compreso nei valori limite stabiliti (TA 1000-0001).

Questa capacità di avviamento autonomo del modulo può essere assicurata solo a patto che la qualità del carburante diesel sia idonea.

11.11 Generatore

Per mantenere la riduzione del numero di giri nelle risposte di carico entro i limiti soglia della classe di regolazione, la tensione del generatore viene diminuita dinamicamente mediante l'"angolo di tensione del generatore". Per impianti con più motori prestare particolare attenzione a eseguire esattamente nello stesso modo le regolazioni su tutti i gruppi motore.

La norma ISO 8528-5 fissa valori per la regolazione dell'angolo di tensione del generatore (punto iniziale e transconduttanza). Per INNIO Jenbacher GmbH & Co OG si applicano i punti di regolazione seguenti.

Impostazioni comuni basate su due gruppi con numero di giri nominale diverso.

1500 min ⁻¹ GenSet	1800 min ⁻¹ GenSet	
1500 – 1470 min ⁻¹	1800 – 1764 min ⁻¹	Tensione nominale
1370 min ⁻¹	1644 min ⁻¹	0,9 x tensione nominale

Nel diagramma seguente è illustrato l'angolo di tensione.

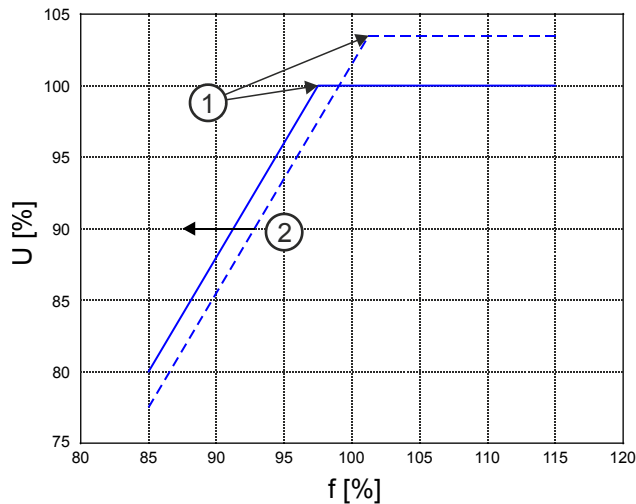


Figura 8. Frequenza - Tensione - Caratteristica

U [%]	Tensione [% valore nominale]	①	Angolazione di tensione
f [%]	Frequenza [% valore nominale]	②	Aumento grandezza

Per aumentare la stabilità del motore si deve applicare possibilmente, in sintonia con le utenze, l'angolo di tensione oltre il 100% del numero di giri nominale (linea tratteggiata).

12 Appendice A. Parametri per la valutazione della performance funzionamento in isola

A.1. Frequenza del generatore

Entrambe le caratteristiche di frequenza statica e dinamica sono influenzate dal circuito di regolazione generale (regolazione motore, AVR, comportamento del motore, momento di inerzia di massa, ecc.).

Nella Figura 9 sono riportati i parametri rilevanti per valutare la risposta in frequenza stazionaria e non stazionaria di un gruppo secondo la norma ISO 8528-5. La risposta in frequenza viene visualizzata dopo una brusca variazione positiva e una negativa del valore nominale di frequenza (speed droop). I parametri sono riportati nella Tabella 2.

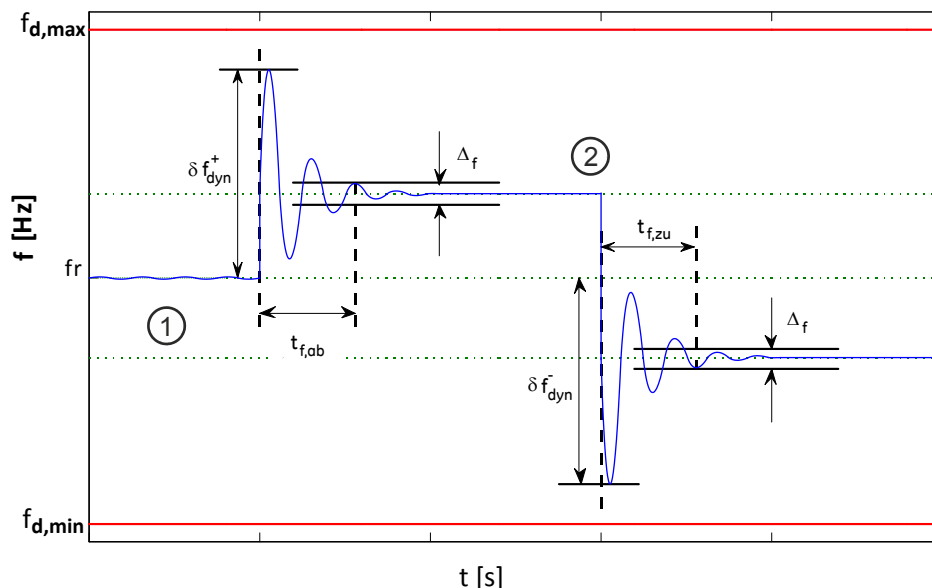


Figura 9. Comportamento di assestamento frequenza

f Frequenza	t Tempo
① Distacco brusco del carico	② Risposta di carico

Parametri	Simbolo	Unità	Descrizione
Larghezza di banda della variazione di frequenza per la determinazione del tempo di regolazione.	α_f	%	Entrata permanente nella rete di una banda di frequenza, a seguito di un collegamento/ scollegamento di carico, in un determinato lasso di tempo per l'assestamento, espresso come percentuale della frequenza nominale. $\alpha_f = \frac{\Delta_f}{f_r} \times 100$
Ampiezza di banda stazionaria della frequenza	β_f	%	Valore medio stazionario di un'oscillazione della frequenza a potenza costante, espressa in percentuale della frequenza nominale.
Frequenza sub-armonica	$f_{d,min}$	Hz	Minima deviazione di frequenza ammissibile, dopo unimprovviso collegamento del carico.
Frequenza armonica	$f_{d,max}$	Hz	Deviazione di frequenza massima ammessa dopo un improvviso distacco del carico.
Dinamica (temporaneo) deviazione di frequenza (in base alla frequenza di rete) inseguito ad una connessione del carico.	δf_{dyn}	%	Processo di assestamento dopo un improvviso collegamento di carico, dove si verifica una differenza di frequenza tra la frequenza transitoria e la frequenza nominale, espresso in percentuale della frequenza nominale. La deviazione di frequenza dinamica non deve superare la tolleranza ammessa frequenza.

Dinamica (temporaneo)deviazione di frequenza (in base alla frequenza di rete) inseguito ad una sconnessione del carico	δf_{dyn}^{+}	%	Processo di assestamento dopo un improvviso collegamento di carico, dove si verifica una differenza di frequenza tra la frequenza transitoria e la frequenza nominale, espresso in percentuale della frequenza nominale. La deviazione di frequenza dinamica non deve superare la tolleranza ammessa frequenza.
Tempo di assestamento frequenza dopo un inserimento del carico	$t_{f,zu}$	s	Tempo fra l'improvvisa connessione di carico e l'ammissione definitiva della frequenza nella banda di tolleranza stazionaria.
Tempo di assestamento frequenza dopo un disinserimento del carico	$t_{f,ab}$	s	Tempo tra la l'improvvisa sconnessione di carico e l'ingresso permanente della frequenza nella banda di tolleranza stazionaria.

A.2. Tensione generatore

Il comportamento della tensione globale del gruppo è essenzialmente influenzato dal comportamento della tensione del generatore e eventualmente il regolatore di tensione. Influenza sul comportamento statico e in particolare sul comportamento dinamico nella zona del range nominale ne hanno anche la risposta infrequenza statica e dinamica del gruppo. Ciò dipende quindi anche dalla progettazione individuale del gruppo. La Figura 9 mostra i valori limite di tensione dopo una brusca variazione positiva e una negativa del valore nominale di tensione (voltage droop).

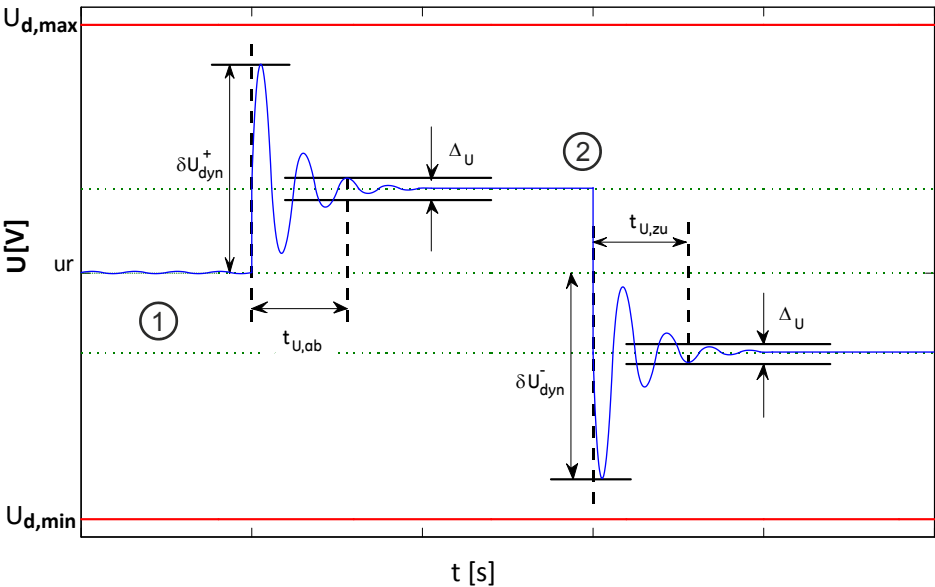


Figura 9. Comportamento di assestamento della tensione

U	Tensione	t	Tempo
①	Distacco brusco del carico	②	Risposta di carico

Larghezza di banda della variazione di tensione per la determinazione del tempo di regolazione	ΔU	V	Banda di frequenza attorno al valore dello stato stazionario, in seguito ad un collegamento/scollegamento all'interno di un determinato tempo di assestamento, espresso in volt. $\Delta U = 2\delta U_{st} \times \frac{U_r}{100}$
Deviazione di tensione statica	δU_{st}	%	Massima deviazione della tensione dalla tensione nominale, dopo la risoluzione dei processi dinamici nella gamma dal minimo alla potenza nominale, tenendo conto dell'influenza del riscaldamento e della dinamica della frequenza del gruppo. a deviazione statica della tensione è espressa nella percentuale della tensione nominale: $\delta U_{st} = \pm \frac{U_{st,max} - U_{st,min}}{2U_r} \times 100$
Tensione sub-armonica	$U_{d,min}$	V	Variazione di tensione minima ammissibile che si verifica dopo un'improvvisa connessione di carico.
Tensione armonica	$U_{d,max}$	V	Deviazione di tensione massima ammissibile, che si verifica dopo un'improvviso scollegamento di carico.
Variazione (temporanea) di frequenza (a seguito di un collegamento del carico).	δU_{dyn}^-	%	Differenza tra il picco minimo del valore massimo della tensione, dopo un improvviso scollegamento di carico e il valore massimo della tensione nominale, rispetto al valore massimo della tensione nominale. E' espresso in percentuale della tensione nominale.
Variazione (temporanea) di frequenza (a seguito di un scollegamento del carico).	δU_{dyn}^+	%	Differenza tra il picco minimo del valore massimo della tensione, dopo un improvviso scollegamento di carico e il valore massimo della tensione nominale, rispetto al valore massimo della tensione nominale. E' espresso in percentuale della tensione nominale.
Tempo di assestamento tensione dopo un inserimento del carico	$t_{U,zu}$	s	Lasso di tempo tra lo stacco improvviso di corrente e il rientro e la permanenza della tensione nella deviazione statica della tensione, considerando il tempo di assestamento della frequenza. Nota: Di grande influenza è la dimensione e la tempistica del cambiamento dinamico del numero di giri del motore.
Tempo di assestamento tensione dopo un disinserimento del carico	$t_{U,ab}$	s	Lasso di tempo tra lo stacco improvviso di corrente e il rientro e la permanenza della tensione nella deviazione statica della tensione, considerando il tempo di assestamento della frequenza. Nota: Di grande influenza è la dimensione e la tempistica del cambiamento dinamico del numero di giri del motore.

13 Indice delle revisioni

Revisioni

Indice	Data	Descrizione / Riepilogo delle modifiche	Esperto Controllore
--------	------	---	------------------------

Revisioni

6	31.07.2019	Generelle Überarbeitung aufgrund der Einführung der Gen2 Inselregelung / General adoption due to the introduction of Gen2 island operation	Mayer R. <i>Kopecek H.</i>
5	15.04.2019	GE durch INNIO ersetzt / GE replaced by INNIO	Opoku <i>Pichler R.</i>
4	19.12.2014	Anpassung an Diesel / Adaption to Diesel	Bacher/Attia <i>Hirzinger-Unterrainer</i>
3	05.03.2012	Überarbeitung / revision	Bilek <i>Graus</i>
2	16.02.2011	Komplette Überarbeitung / complete revision	Provin <i>Samiento</i>

