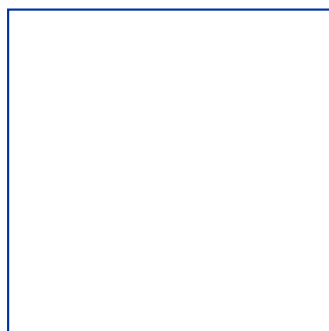
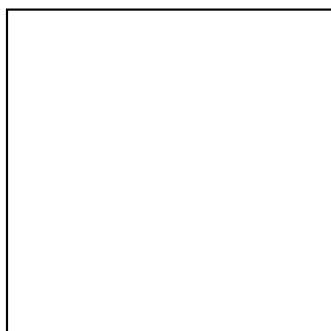
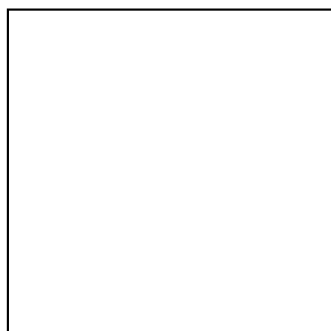
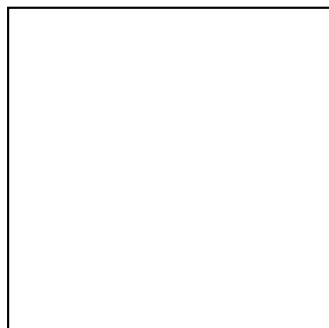
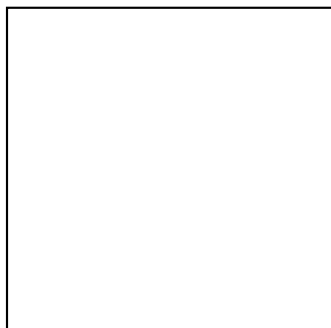
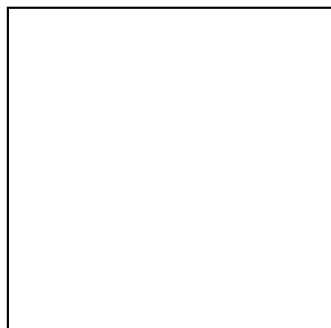


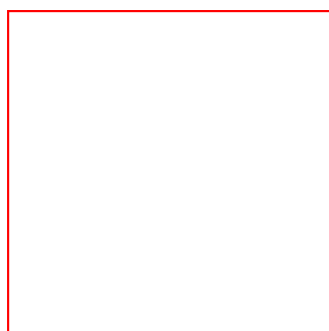


DORIN®

i n n o v a t i o n



**BOLLETTINO TECNICO
TECHNICAL BULLETIN**



BT 010



**MODULAZIONE DI FREQUENZA CON INVERTER
FREQUENCY VARIATION WITH INVERTER**

Indice / Table of contents / Inhaltsverzeichnis

Sommario / Summary	pag 3
Generalità / General information	pag 3
Parametri di gestione dell'inverter / Inverter operation parameters	pag 4
Regolazione di velocità del compressore / Compressor speed control	pag 4
Soluzioni per l'incremento della frequenza oltre i valori di rete / Solutions for frequency increase above the value available at the network	pag 5
I compressori della gamma HI caratteristiche e peculiarità / HI range: technical characteristics	pag 6
I compressori della gamma THI / THI compressor range	pag 8
I compressori della gamma standard: limiti ed applicazioni a frequenza variabile / Standard compressors: limits and applications at variable speed	pag 9
Uso di testa parzializzata nei compressori gestiti da inverter / Use of capacity control head on compressor driven by inverter	pag 11
Uso dei compressori tandem sotto inverter / Use of tandem compressors driven by inverter	pag 11
Uso di compressori doppio stadio sotto inverter / Use of double stage compressors driven by inverter	pag 11
Uso di compressori CO2 per applicazione sotto inverter / Use of compressors dedicated to CO2 applications driven by inverter	pag 11
Parametri per la corretta selezione dell'inverter / parameters for correct inverter selection	pag 12
Installazione e messa in servizio dell'inverter / Inverter commissioning	pag 12
Fenomeni di risonanza determinati dall'accoppiamento compressore- impianto / Resonance phenomena due to the installation of the compressor driven by inverter in the plant	pag 13

SOMMARIO

Il presente bollettino tecnico descrive il funzionamento dei compressori semiermetici prodotti da Officine Mario Dorin con modulazione di frequenza e fornisce delle linee guida per la corretta selezione dell'inverter e dei sistemi di controllo del compressore.

Officine Mario Dorin ha iniziato lo sviluppo della tecnologia inverter applicata ai compressori per refrigerazione all'inizio degli anni '90.

I primi test ebbero come oggetto compressori standard sviluppati per applicazione start and stop.

I risultati altamente incoraggianti portarono Officine Dorin a sviluppare una gamma di compressori dedicata all'applicazione con inverter e dotata di specifiche caratteristiche meccaniche per l'applicazione in un amplissimo range di funzionamento, quella che è attualmente la nuova gamma HI.

L'esperienza maturata con lo sviluppo della gamma HI è stata inoltre riversata anche sui compressori standard, sia per applicazione HFC che CO₂, che sono stati pensati e sviluppati per applicazione inverter.

Le gamme oggetto del presente bollettino tecnico sono:

- gamma HI
- gamma THI
- gamma H
- gamma CD
- gamma SCC

GENERALITÀ

Nei circuiti frigoriferi tradizionali i compressori semiermetici vengono fatti funzionare a frequenza costante, quella della rete elettrica di alimentazione.

E' possibile operare una riduzione della resa frigorifera dell'impianto ricorrendo ad uno dei seguenti metodi:

- Installazione di una testa idonea al controllo di capacità (vedi BT_002)
- installazione di una by pass sulla linea di mandata
- utilizzo del compressore in condizioni di start e stop.

Nessuno dei metodi indicati offre però la possibilità di effettuare una regolazione continua della capacità frigorifera fornita dal compressore.

Inoltre i sistemi descritti determinano un peggioramento della efficienza generale dell'impianto.

L'utilizzo dell'inverter per la modulazione di frequenza su un compressore semi-ermetico assicura invece i seguenti vantaggi:

- ✓ variazione continua della resa frigorifera fornita al sistema
- ✓ miglioramento dell'efficienza del sistema ai carichi parziali essendo la potenza assorbita dal compressore praticamente proporzionale al regime di rotazione della macchina.
- ✓ diminuzione del delta T all'evaporatore con un incremento generale del COP del sistema e della qualità di conservazione del prodotto.
- ✓ riduzione delle pendolazioni delle temperature in cella per una migliore conservazione del prodotto.
- ✓ incremento della vita del compressore e della affidabilità del sistema attraverso una drastica riduzione del numero di start and stop.
- ✓ riduzione della rumorosità specialmente durante le ore notturne quando la resa frigorifera richiesta dall'impianto è solitamente inferiore a quella diurna.
- ✓ possibilità di integrare la funzione di soft start direttamente nella rampa di avvio del compressore.
- ✓ riduzione del rischio di colpi di liquido alla partenza.
- ✓ Possibilità di utilizzare compressori di taglia minore sfruttando la possibilità del compressore di lavorare a frequenze anche maggiori di quella di rete con una conseguente incremento della resa frigorifera fornita.

SUMMARY

Present technical bulletin describes the operation of semi-hermetic compressors produced by Officine Mario Dorin under frequency modulation and indicates some guide lines for inverter selection and compressor operation control.

Officine Mario Dorin started with the use of the inverter technology applied to semi-hermetic compressors at the beginning of '90.

First tests were performed on compressor developed for standard start/stop operation.

Due to the great results Officine Mario Dorin decided to developed a dedicated compressor range to be used with inverter on a very wide frequency range: the actual HI range.

The know-how derived from the HI design has been therefore applied to the standard compressor range for application with both HFC and CO₂ application. The actual compressor ranges have been design to be driven by inverter.

Subjects of present technical bulletin are:

- HI range
- THI range
- H range
- CD range
- SCC range

GENERAL INFORMATION

On standard refrigeration systems compressors are used at constant speed determined by frequency available at the voltage supply net.

It is possible to reduce the cooling capacity supplied by the compressor using one of the following solutions:

- installation of capacity control heads (see BT_002)
- installation of a by pass on the discharge line
- using the compressor in the start/stop cycle

None of above method can ensure a continuous regulation of compressor cooling capacity.

Moreover mentioned solutions have a bad influence of general system efficiency.

The use of a frequency converter, usually called inverter, on semi-hermetic compressors ensures following advantages:

- ✓ continuous modulation of cooling capacity supplied by the system.
- ✓ increase of the system efficiency at partial load because the absorbed power is proportional to rotating speed of the compressor.
- ✓ general reduction of evaporating mean delta T with general increase of system COP and better food preservation
- ✓ general reduction of room temperature fluctuation with better food preservation.
- ✓ increase of compressor life time and system reliability due to the consistent reduction of start/stop cycles.
- ✓ reduction of noise emission especially during night time due to the compressor slow down with decreased requested load.
- ✓ integration of soft-start function of inverter set up.
- ✓ ruction of liquid slug risk at the start up.
- ✓ possibility of compressor downsizing due to the possibility to increase the compressor speed above the frequency of supply network.

The use of the inverter requires a good system design which must ensure the correct oil return even at low refrigerant mass flow.

It is also recommended to select a good quality inverter characterized by low harmonic frequency distortion factor.

The harmonics reduce the motor efficiency and cause motor superheating even during standard operation.

L'uso dell'inverter richiede però una attenta progettazione dell'impianto che deve prevedere un corretto ritorno dell'olio al compressore anche in condizioni di riduzioni di portata massica dello stesso.

E' bene inoltre selezionare un inverter di buona qualità caratterizzato da un basso fattore di distorsione delle armoniche. Le armoniche riducono l'efficienza del motore elettrico e possono provocare surriscaldamento del compressore anche in condizioni di funzionamento standard.

È necessario inoltre ottimizzare l'accoppiamento del compressore con l'impianto e curare sia il disegno delle tubazioni che quello del telaio di fissaggio del compressore per minimizzare fenomeni di risonanza che possono sempre verificarsi nelle applicazioni con inverter.

Tali fenomeni sono più comuni negli impianti dotati di compressori a due cilindri.

Essendo inoltre causati dall'interazione tra compressore ed impianto non è possibile stimare a priori quale sia la frequenza di risonanza caratteristica di ogni sistema.

Un sistema di fissaggio del compressore sufficientemente rigido, un corretto disegno delle tubazioni, e una corretta programmazione dell'inverter (basta che l'inverter salti le frequenze di risonanza del sistema che sono solitamente ristrette ad un campo di 1-2 Hz), possono comunque risolvere il problema sopra esposto.

PARAMETRI DI GESTIONE DELL'INVERTER

Il segnale in input all'inverter è solitamente ottenuto tramite una sonda (ad es 0-10 V o 4-20 mA) che rileva la pressione di evaporazione dell'impianto.

È però possibile operare il controllo della velocità del compressore anche in base ad altri parametri. Per esempio è possibile monitorare anche la pressione di scarico del compressore e prevedere una riduzione dei giri dello stesso qualora, in condizioni particolarmente gravose, ci si avvicini alla pressione di intervento delle protezioni dell'impianto (uno specifico allarme deve essere generato). Con questa soluzione si accetta di fornire una potenza frigorifera inferiore a quelle che sono le effettive richieste del sistema, ma si possono evitare pericolosi fermi macchina.

REGOLAZIONE DI VELOCITÀ DEL COMPRESSORE.

Regolazione del compressore con rapporto tensione (V) su frequenza (f) costante (k) : $V/f=k$

A parità di condizioni di funzionamento (temperatura di evaporazione, temperatura di condensazione e tipo di refrigerante) i compressori alternativi sono caratterizzati da valori di coppia resistente all'albero costante. Ciò comporta che la potenza assorbita all'albero vari proporzionalmente con la velocità dell'albero stesso.

I motori asincroni solitamente utilizzati per i compressori semiermetici forniscono una coppia costante a patto che la tensione di alimentazione vari in maniera proporzionale alla frequenza. Le costanti di proporzionalità sono determinate dal motore elettrico e dal tipo di collegamento e sono ricavabili dai dati riportati in targhetta.

Furthermore a good matching between the compressor and the system is generally required in order to avoid resonance problems which could always happen in case of use of inverter on reciprocating compressors.

Those phenomena depend on compressor and system design, therefore it is not possible to determine which will be the resonance frequency characteristic of each plant in advance.

A good piping design and a stiff compressor connection to the frame can prevent the majority of resonance problem. Moreover resonance frequencies are limited to a small frequency range (1-2 Hz) which can be easily avoided by the inverter.

INVERTER OPERATION PARAMETERS

The input data at the inverter is in general obtained by a probe (usually a 0-10 V or 4-20 mA) which detects the evaporating pressure of the system.

It possible to control the compressor speed also in accordance to some other parameters. For example it is possible to perform a control on compressor discharge pressure in order to prevent system block in case the discharge pressure is close to the system protection threshold (a dedicated alarm has to be installed). In this way the cooling capacity supplied by the compressor will be lower than the one required by the system but it will be possible to prevent dangerous interruption of cooling capacity.

COMPRESSOR SPEED CONTROL.

Compressor speed control with voltage (V) on frequency (f) ratio constant (k): $V/f=k$

In case of steady working conditions (evaporating and condensing temperature and refrigerant type) the resistant torque at the reciprocating compressor shaft is almost constant. Therefore the absorbed power varies proportionally with the compressor shaft speed.

Asynchronous motors used in semi-hermetic compressors supply a constant torque if the inlet voltage varies in linear proportion with the frequency. The constant of proportionality depend on both the motor type and on the type of electrical connection. It is possible to evaluate them from the data printed on the compressor label.

If the inverter makes a output frequency variation maintaining the voltage of frequency ratio constant ($V/f=constant$) the current absorbed by the compressors will remain almost stable at the value indicated at 50 Hz. The variation of power will be compensated by the variation of the voltage out from the inverter.

Mantenendo il rapporto tensione su frequenza costante la corrente assorbita dal compressore rimarrà pressoché costante al variare della frequenza di funzionamento essendo la variazione di potenza compensata dalla variazione di tensione a valle dell'inverter

Regolazione del compressore con rapporto tensione su frequenza non costante ($V/f \neq k$): regime sottoalimentazione.

Questa condizione di alimentazione è tipica delle applicazioni in cui si spinge il compressore a lavorare a frequenze maggiori di quella di rete senza un incremento proporzionale della tensione di alimentazione

Se ad esempio si spinge un compressore dotato di motore PWS 400/3/50 e collegato ad una rete avente stessa tensione nominale di alimentazione, a lavorare a frequenze maggiori di 50 Hz, il compressore lavorerà in regime di sottoalimentazione

L'inverter non è infatti in grado di fornire una tensione maggiore di quella di rete e si limiterà ad incrementare la frequenza in uscita mantenendo la tensione di alimentazione fissa sui valori di tensione disponibili alla rete. La maggior richiesta di potenza sarà quindi ottenuta con un incremento della corrente assorbita dal compressore con conseguente aumento del livello termico del motore elettrico.

Le condizioni operative (tipo di refrigerante, temperatura di evaporazione, temperatura di condensazione, surriscaldamento in aspirazione) hanno una notevole influenza sulla massima frequenza operativa raggiungibile poiché influiscono sia sulla potenza assorbita sia sul raffreddamento del motore elettrico.

La massima frequenza raggiungibile dai singoli modelli di compressori a seconda del sistema di collegamento alla rete elettrica vengono indicati a pag 12-13 del presente bollettino tecnico.

Oltre alle limitazioni di cui sopra ne esistono altre di tipo meccanico dovute al numero dei cilindri ed al sistema di lubrificazione di ogni compressore. Per questi motivi un paragrafo del presente bollettino viene dedicato al range di frequenze ammissibili per ogni modello di compressore.

SOLUZIONI PER L'INCREMENTO DELLA FREQUENZA OLTRE I VALORI DI RETE.

È possibile incrementare la velocità del compressore oltre i valori di frequenza disponibile alla rete usando i seguenti accorgimenti:

motori stella triangolo:

Avendo una rete con tensione di alimentazione 400/3/50 ed un compressore dotato di motore standard ed idoneo per collegamento a stella 400/3/50 o triangolo 230/3/50 è possibile collegare il compressore a triangolo ed impostare l'uscita dall'inverter a 230 V 50 Hz.

Si riuscirà a mantenere il rapporto $V/f=k$ fino alla frequenza di alimentazione di circa 87 Hz (pari a 400V) se la meccanica del compressore sopporta tale velocità.

La corrente assorbita dal compressore rimarrà costante su tutto l'arco di utilizzo.

D'altra parte sarà necessario selezionare un inverter che sopporti correnti di alimentazione al compressore 1,73 volte maggiori rispetto al compressore collegato a stella.

Compressori dotati di motori a 60 Hz

L'uso di un compressore dotato di motore idoneo per alimentazione 380/3/60 collegato ad una rete elettrica 400/3/50 attraverso un inverter consente di far lavorare il compressore con corrente assorbita costante fino a 60 Hz e di spingersi nel campo di sotto alimentazione fino a circa 70 Hz sulla maggior parte del campo di applicazione del compressore (il diagramma di applicazione è riferito a 50 Hz ed è pubblicato sul software di selezione Dorin Calc) con un uso limitato del compressore in condizioni di sottoalimentazione.

Per una esatta valutazione dei limiti di utilizzo dei compressori in queste condizioni si invita a consultare la pag 12-13 del presente bollettino tecnico

Compressor frequency regulation with non constant voltage on frequency ratio ($V/f \neq k$): under-voltage.

This motor supplied mode is typical when the motor is pushed to work at higher speed than frequency available on the net without a correspondent increase of voltage supply.

For example this operation mode is reached when a 400/3/50 PWS motor is connected to a 400/3/50 supply voltage network and it is pushed to work above 50 Hz by the inverter.

The inverter can not supply a higher voltage than the one available at the network, therefore it will increase the frequency maintaining the outlet voltage at the constant value available at the network.

The increase of power requested by the motor will be obtained with an increase of absorbed current to the compressor electrical motor, with a consequent increase of the motor temperature.

Compressor working conditions (refrigerant type, evaporating and condensing temperature, suction superheating) have a consistent influence on the maximum frequency the compressor can reach because of the big effect they have on the absorbed power and motor cooling.

The maximum allowable frequency for each compressor model is available on page 12-13 of present technical bulletin.

Further the electrical limits described in these paragraphs some other limitation due to the mechanical characteristics of the compressors must be taken in account. Therefore a paragraph of present bulletin is dedicated to the frequency limits of each compressor ranges.

SOLUTIONS FOR FREQUENCY INCREASE ABOVE THE VALUE AVAILABLE AT THE NETWORK

It is possible to drive the compressor at higher frequency than the one available at the network using following solutions:

Star-delta motors:

If the voltage available at the network is 400/3/50 and the compressor is equipped with a motor suitable to be connected either star 400/3/50 or delta 230/3/50 it is possible to connect the compressor delta at set the inverter output voltage at 230 V 50 Hz.

It will be therefore possible to run the compressor up to 87 Hz maintaining the $V/f=k$ if mechanical characteristics of the compressor tolerate such high speed.

On the other hand the inverter will be 1,73 times bigger than the one selected to drive the compressor star connected.

Compressor equipped with 60 Hz motor

The use of 380/3/60 electrical motor connected via inverter to a 400/3/50 supply voltage network allow the compressor to work up to 60 Hz with V/f ratio constant.

Moreover the compressor can work up to 70 Hz in the majority of compressor application envelope (see the application envelope referred to 50 Hz of each compressor on our selection software Dorin Calc) with a limited use of motor under-voltage compared to 50 Hz motor.

For correct limit operation in this working condition see page 12-13 of present bulletin.

I COMPRESSORI DELLA GAMMA HI CARATTERISTICHE TECNICHE E PECULIARITÀ

A seguito dei risultati ottenuti con le sperimentazioni sul campo dei primi compressori per inverter, Officine Mario Dorin ha sviluppato una gamma di prodotti dedicata all'utilizzo con modulazione di frequenza: **la gamma HI**.

I compressori tradizionali vengono solitamente progettati per un utilizzo a frequenza fissa (solitamente 50 o 60 Hz a seconda della tensione di rete disponibile nei vari paesi) e possono funzionare a frequenza variabile in un range ristretto di frequenze.

I compressori della gamma HI sono stati progettati espressamente per un utilizzo a frequenza variabile e ciò ha permesso di sviluppare una gamma idonea a lavorare tra 20 e 90 Hz (75Hz per i modelli HI1001CC e HI1501CC)

Le caratteristiche principali dei compressori della gamma HI sono:

- accumulatore cinetico per ridurre la vibrazione del compressore a basso regime di funzionamento (compressori a due cilindri)
- motore con isolamento speciale per una miglior risposta alla sinusoidi in uscita dall'inverter
- flusso interno ottimizzato per un efficiente raffreddamento di motore elettrico anche a basse temperature di evaporazione e bassi regimi di frequenza
- bilanciamento delle masse in movimento su tutto l'arco di velocità previsto dal compressore
- rubinetti di diametro maggiorato per consentire un corretto smaltimento del refrigerante anche ad alte frequenze di funzionamento
- testa maggiorata per un più efficace smorzamento delle pulsazioni di pressione ad alte frequenze di funzionamento (2 cilindri)
- sospensione più rigide
- motore maggiorato per una corretta risposta su tutto il campo di utilizzo

La foto seguente mostra le principali caratteristiche tecniche del compressore:

I compressori della gamma HI sono dotati dei seguenti motori elettrici:

HI100CC÷HI751CC : 230/400/3/50
HI1001CC-HI1501CC: 400/3/50 PWS

I compressori **HI100CC÷HI751CC** possono essere collegati a triangolo (230/3/50) e lavorare in regime $V/f = \text{costante}$ su tutto il campo di frequenze ammissibili (20-90 HZ) con un assorbimento in corrente costante e pari a quello assorbito dal compressore a 50 Hz a parità condizioni di funzionamento.

D'altra parte gli stessi compressori possono essere collegati alla rete di alimentazione direttamente (collegamento a stella 400/3/50) modificando il collegamento alla scatola attacchi elettrici del compressore o prevedendo un opportuno sistema di by pass dell'inverter, in caso di malfunzionamento dell'inverter stesso.

I compressori **HI1001CC** e **HI1501CC** possono lavorare in condizione $V/f=k$ tra 20 e 50 Hz.

Oltre i 50 Hz il compressore andrà a lavorare in regime di sottoalimentazione alla frequenza di 75Hz. Anche questi modelli possono essere collegati direttamente alla rete elettrica in caso di malfunzionamento dell'inverter.

HI RANGE COMPRESSORS: TECHNICAL CHARACTERISTICS.

Following the first test with standard compressors driven by inverter Officine Mario Dorin decided to develop a compressor range dedicated to be driven by inverter: **the HI range**.

Standard compressors are usually designed to work at constant frequency (50 or 60 Hz) and they can work in a limited frequency range.

The compressors of HI range have been designed to be driven by inverter due to dedicated technical solution, they can therefore work between 20 and 90 Hz (75 Hz for HI1001CC and HI1501CC).

The characteristics of those models are:

- kinetic accumulator for vibration reduction at low speed (2 cylinders compressors).
- special insulation motor for a better matching with the waves supplied by the inverter.
- optimized internal flow for better motor cooling in all the working condition foreseen in the application envelope.
- optimized mass balancing on the whole compressor frequency range
- bigger service valves for better refrigerant evacuation at higher speed
- bigger head for proper pulsation reduction (2 cylinders compressors)
- stiffer vibration damper
- bigger motor for a proper operation on the whole compressor application envelope.

Following picture describes some of the main compressor characteristics.

HI compressors are equipped with following motors:

HI100CC÷HI751CC : 230/400/3/50
HI1001CC-HI1501CC: 400/3/50 PWS

HI100CC÷HI751CC can be connected delta and work with V/f ratio constant on the whole allowable frequency range (20-90 Hz). The absorbed current will remain the same as the one absorbed by the compressor at 50 Hz at the same working conditions.

On the other hand those compressors can be connected directly to the supply voltage network (star connection 400/3/50) just modifying the connection at the compressor electrical box or via a by pass of the inverter which can energized by a switch.

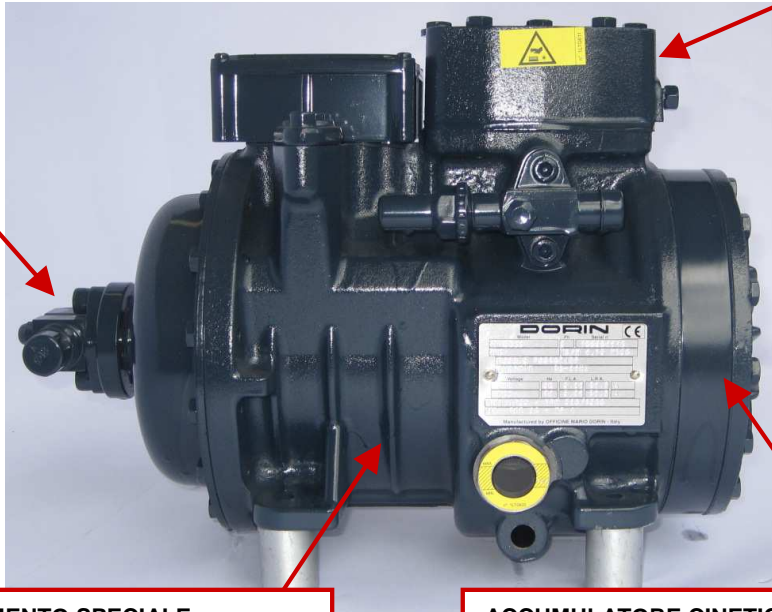
HI1001CC and **HI1501CC** can work with $V/f=k$ between 20 and 50 Hz.

Above 50 Hz those compressors can work in under fed (trans-synchronous) operation up to 75 Hz.

This model can be connected to the voltage supply directly as well.

RUBINETTO DI ASPIRAZIONE SU
COPERCHIO MOTORE PER UN MIGLIOR
RAFFREDDAMENTO
SUCTION SERVICE VALVE ON MOTOR
COVER FOR BETTER COOLING

TESTA DI DIMENSIONE MAGGIORATA (2 CILINDRI
PER RIDUZIONE DELLE PULSAZIONI)
LARGER DISCHARGE CHAMBER (2 CYLINDERS
FOR PULSATION REDUCTION)



MOTORE CON ISOLAMENTO SPECIALE
SPECIAL MOTOR INSULATION

ACCUMULATORE CINETICO PER OTTIMIZZARE LA
STABILITÀ DEL COMPRESSORE FINO A 10 Hz (TEST DI
LABORATORIO)
KYNETIC ACCUMULATOR FOR A BETTER COMPRESSOR
STABILITY UP TO 10 Hz (LAB TEST)

I COMPRESSORI DELLA GAMMA THI

È possibile utilizzare i compressori tandem a regime di funzionamento variabile a patto che sia assicurato un corretto livello dell'olio tra i due compressori.

Inoltre, in caso di funzionamento di uno solo dei due compressori è necessario evitare che il gas caldo proveniente dalla mandata dal compressore funzionante ritorni in testa al compressore fermo.

Per questi motivi Officine Mario Dorin ha previsto una gamma di compressori tandem dedicati al funzionamento con inverter: **gamma THI**.

I compressori di tale gamma sono composti dall'accoppiamento di un compressore per inverter e dal suo omologo standard.

Il compressore per inverter modulerà in maniera continua, mentre il compressore standard sarà azionato per far fronte ai picchi di richiesta di resa frigorifera dell'impianto.

Al fine di garantire un corretto funzionamento del tandem a tutti i regimi di funzionamento del compressore per inverter e con compressore standard acceso o spento, i compressori della gamma THI sono dotati di tutte le soluzioni tecniche caratteristiche dei compressori della gamma HI ed inoltre delle seguenti soluzioni tecniche dedicate:

- giunto tandem con guardia idraulica per un corretto bilanciamento dell'olio e delle pressioni in tutte le condizioni di funzionamento del compressore
- valvola di ritegno sulla tubazione di mandata del compressore standard per prevenire il ritorno del gas caldo in mandata del compressore non gestito da inverter.

I compressori della gamma THI assicurano una amplissima gamma di resa frigorifera determinata dalla condizione di funzionamento minimo (compressore per inverter funzionante a 20 Hz e da quello standard spento) fino alla massima (compressore per inverter funzionalmente a massima potenza e da standard acceso) e possono, in alcuni casi, essere utilizzati al posto delle centrali tradizionali evitando i consueti problemi di bilanciamento dell'olio e delle pressioni tipiche delle installazioni dei compressori in parallelo.

THI COMPRESSOR RANGE

Tandem compressors can be used at variable speed if the correct oil level is ensured at both compressors.

Moreover in case of operation of a single compressor it must be avoided that the hot gas coming from the discharge side of the working compressor enters in the standstill compressor head.

For this reason Officine Mario Dorin has developed a tandem compressor range dedicated to be driven by inverter: **the THI range**.

Compressors belonging to this range are made by matching an HI compressor and its correspondent model belonging to the standard H range.

The HI compressor will be driven at variable speed while the standard compressor will work in start/stop way and it will be energized to cover the cooling capacity request peak.

In order to allow the tandem with the inverter compressor working at various speed no matter if the standard compressor is switched on or off, the THI compressors are equipped with dedicated technical solutions:

- tandem joint with hydraulic seal for a proper oil and pressure balancing in all the operating conditions
- check valve on standard compressor discharge line to avoid hot gas return by pass.

THI compressor can supply a very big cooling capacity range from the lowest powerful condition (standard compressor off and HI compressor rotating at 20 Hz) up to the maximum powerful conditions (standard compressor on and HI compressor rotating at maximum speed). Those compressor can be therefore used, in some cases, as mini-rack where all the problem of oil and pressure equalization are automatically solved by the compressor matching design.

I COMPRESSORI DELLA GAMMA STANDARD: LIMITI ED APPLICAZIONI A FREQUENZA VARIABILE

I compressori standard prodotti da Officine Mario Dorin sono stati progettati per il funzionamento a frequenza variabile, seppur in un campo di frequenze limitato rispetto ai compressori della gamma HI.

Considerando una tensione di alimentazione disponibile alla rete di 400/3/50 è possibile utilizzare i compressori della gamma H a frequenza variabile secondo i limiti indicati nella tabella a pagina seguente.

Attenzione: Per uso a frequenze superiori a 50 Hz si consiglia di impiegare esclusivamente compressori in versione CC, dotati cioè di motore di potenza elettrica maggiore a parità di volume spostato.

STANDARD COMPRESSORS: LIMITS AND APPLICATION AT VARIABLE SPEED

Standard compressors produced by Officine Mario Dorin have been design to work at variable speed even though in a limited frequency range compared to the HI compressor range.

In case of available supply voltage of 400/3/50 it is possible to drive standard H compressor within the frequency limits indicated in following table.

Warning: to work at higher frequency than the one available at the net we recommend to use CC models, i.e. compressors equipped with more powerful motor for a given displacement.

GAMMA	N° CILINDRI	COLLEGAMENTO	ALIMENTAZIONE A 50 Hz	RANGE FREQUENZE AMMISSIBILI
RANGE	N° CYLINDERS	CONNECTION	SUPPLY VOLTAGE AT 50 Hz	PERMITTED FREQUENCY RANGE
			[V - ph- HZ]	Hz
H1	2	DELTA	230/3/50	30-70
		STAR	400/3/50	30-50
H2	2	DELTA	230/3/50	30-70
		STAR	400/3/50	30-50
H32	2	DELTA	230/3/50	30-65
		STAR	400/3/50	30-50
H35	4	DELTA	230/3/50	25-70
		STAR	400/3/50	25-50
H41	4	PWS	400/3/50	25-50
H5	4	PWS	400/3/50	30-50
H6	6	PWS	400/3/50	30-50
H7	8	PWS	400/3/50	30-50

Le tabelle precedenti descrivono il funzionamento dei compressori standard in condizioni di alimentazione $V/f=k$.

È possibile incrementare il campo di frequenze raggiungibili dai compressori standard appartenenti alla serie H e alla gamma CD anche in regime di sottoalimentazione purché si rispettino le seguenti prescrizioni:

Modelli serie H

- usare solo modelli CC
- $F_{max} \leq 70$ Hz (65Hz per serie H32)
- Limitare la massima frequenza di funzionamento secondo la formula

$$F_{max} = \frac{a \times FLA_{(400V)} \times 50_{(Hz)}}{I_{(50Hz, SST, SCT)}}$$

Dove:

$I_{(50Hz, SST, SCT)}$: è la corrente assorbita dal compressore a determinate condizioni di evaporazione (SST), condensazione (SCT) indicata per quel modello nel nostro software di selezione Dorin Calc

FLA: è la massima corrente di funzionamento del compressore a 50 Hz con collegamento stella o PWS. Questo dato è presente sulla targhetta di ogni compressore.

a: coefficiente variabile a seconda della gamma di appartenenza del compressore i cui valori sono elencati nella tabella seguente.

Previous table describes allowable frequency ranges for compressor working with $V/f=k$.

It is possible to reach higher speed than the ones indicated in table when the compressors work on under voltage conditions as well, if following requirements are met:

H range models

- use only CC models
- $F_{max} \leq 70$ Hz (65 Hz for H32 range)
- limit F_{max} following below formula

$$F_{max} = \frac{a \times FLA_{(400V)} \times 50_{(Hz)}}{I_{(50Hz, SST, SCT)}}$$

Where:

$I_{(50Hz, SST, SCT)}$ is the absorbed current of the compressor at certain working condition of saturated suction temperature (SST) and saturated discharge temperature (SCT) indicated in our selection software Dorin Calc

FLA: is the maximum operating current of the compressor (full load ampere) star or PWS connected. His value is indicated on compressor label.

a: is a coefficient which depends on the range the compressor belongs to. It is indicated in following table.

SERIE	a
RANGE	
H1	1
H2	1
H32	1
H35	1
H41	1
H5	0,97
H6	0,94
H7	0,90

USO DI TESTA PARZIALIZZATA NEI COMPRESSORI GESTITI DA INVERTER

L'uso di una o più teste parzializzate nei compressori gestiti da inverter non è permesso.

L'uso dei due sistemi in combinazione non assicura un corretto raffreddamento del motore elettrico.

Inoltre, essendo il carico sui cilindri non eguale, è possibile che si verifichino marcati fenomeni di vibrazione dei compressori stessi.

USO DEI COMPRESSORI TANDEM SOTTO INVERTER

Per i compressori tandem valgono le stesse prescrizioni dei compressori singoli da cui derivano.

È inoltre necessario curare la corretta distribuzione dell'olio tra i due compressori durante il regime di funzionamento a frequenza variabile.

È inoltre necessario installare una tubazione di aspirazione simmetrica rispetto al compressore per una lunghezza di almeno 50 diametri della tubazione stessa.

Si consiglia di installare una valvola di ritegno in mandata sul compressore che viene gestito in modalità start/stop al fine di evitare ritorni di gas caldo in testa o di liquido dal condensatore in caso di prolungato fermo del compressore standard.

Officine Mario Dorin ha sviluppato una gamma di compressori tandem dedicata all'utilizzo sotto inverter. Tale gamma viene descritta nel precedente paragrafo del presente bollettino tecnico.

USO DI COMPRESSORI DOPPIO STADIO SOTTO INVERTER

Per l'uso dei compressori a doppio stadio sotto inverter contattare il nostro servizio Tecnico-commerciale.

USO DI COMPRESSORI CO2 PER APPLICAZIONE SOTTO INVERTER

I compressori della gamma CO2 per applicazioni sub-critica (gamma SCC) e trans critica (gamma CD) sono stati progettati per essere utilizzati a frequenza variabile.

Il campo di frequenza ammissibile è tuttavia fortemente dipendente dalle condizioni di funzionamento della macchina.

Per l'applicazione a frequenza variabile dei compressori per applicazione con R744 si prega di contattare il nostro ufficio Tecnico-Commerciale.

USE OF CAPACITY CONTROL HEAD ON COMPRESSORS DRIVEN BY INVERTER

The use of one or more capacity control step on compressor driven by inverter is not permitted.

The use of capacity control step with frequency modulation does not ensure a proper motor cooling.

Moreover vibration phenomena can occur due to the differential load on the pistons.

TANDEM COMPRESSORS DRIVEN BY INVERTER

For tandem compressors the same indication as standard compressors are valid.

Moreover the correct oil and pressure balancing at various speed must be ensured between two compressors.

We recommend to install a symmetric suction line for a length of 50 diameters from the compressor suction service vale.

A non return valve on the discharge pipe of start/stop compressor is recommended to avoid hot gas return or liquid return from the condenser in case of prolonged stop of the compressor.

Officine Mario Dorin has developed a tandem compressor range dedicated to be driven by inverter. This range is described in the previous chapter of this technical bulletin.

USE OF DOUBLE STAGE COMPRESSOR DRIVEN BY INVERTER

To drive double stage compressors at variable speed contact our application engineering department.

USE OF COMPRESSORS DEDICATED TO CO2 APPLICATION DRIVEN BY INVERTER

Compressors dedicated to R744 application design by Officine Mario Dorin dedicated to both sub-critical application (SCC range) and trans-critical application (CD range) have been designed specifically to be driven by inverter.

However the permitted frequency range is dependent to the actual working conditions of the compressor.

In case of application of CD and SCC compressor under inverter kindly contact our technical-commercial office.

PARAMENTRI PER LA CORRETTA SELEZIONE DELL'INVERTER

I compressori prodotti da Officine Mario Dorin possono funzionare con qualsiasi inverter presente sul mercato a patto che lo stesso venga selezionato in base alle seguenti prescrizioni tecniche:

- l'inverter deve sopportare la massima corrente di funzionamento del compressore e precisamente: $1,5 \cdot \text{FLA}$ (full load ampere) del compressore per almeno 60s, o laddove sia previsto il funzionamento in regime di sottoalimentazione la massima corrente di funzionamento stimata del compressore secondo la formula pubblicata a pag 13-14.
- l'inverter deve mantenere il rapporto tensione su frequenza costante $V/f=k$ laddove il regime di funzionamento del compressore lo consenta al fine di limitare il più possibile il funzionamento in regime di sottoalimentazione
- l'inverter deve assicurare una corretta rampa di avvio (vedi prossimo paragrafo).
- l'inverter deve essere in grado di fornire una coppia di spunto corretta a seconda del tipo di compressore.

Si consiglia comunque di orientarsi, nella scelta del produttore dell'inverter, verso costruttori che abbiano dei prodotti dedicati all'uso in refrigerazione.

Per ulteriori informazioni sulla selezione dell'inverter contattare il nostro servizio tecnico-commerciale.

INSTALLAZIONE E MESSA IN SERVIZIO DELL'INVERTER

Per l'installazione ed il collegamento dell'inverter si consiglia l'uso di cavi schermati. Per il collegamento della schermatura dei cavi si raccomanda di attenersi alle specifiche del costruttore dell'inverter. L'inverter deve essere dotato di idonei filtri EMC (es in accordo alla EN60034).

ATTENZIONE:

La pulsazione di tensione in uscita dall'inverter cresce in maniera repentina e può causare danneggiamenti al motore. Si consiglia l'uso di filtri a sinusoidi per limitare il fenomeno e proteggere il motore del compressore.

Contattore al compressore

Per ragioni di sicurezza è sempre necessario prevedere al compressore un contattore di linea collegato alle sicurezze dell'impianto.

PARAMETERS FOR CORRECT INVERTER SELECTION

All the inverter present on the market can be used to drive compressor produced by Officine Mario Dorin if the inverter characteristics are in compliance to following advises:

- The inverter has to stand the maximum operating current of the compressor following the formula: $1,5 \cdot \text{FLA}$ (full load ampere) for 60 s. In case the compressor has to work in strong under-voltage conditions (up to 70 Hz) refer to the formula on pag 13-14 for the estimation of the maximum operating current of the compressor.
- the inverter has to keep the voltage on frequency ration constant $V/f=k$ on all the frequencies where it is possible to keep that ratio constant in order to reduce the under fed working condition as much it is possible.
- the inverter has to give a proper starting ramp (see next paragraph).
- the inverter has to supply a correct starting torque depending on the compressor type.

Our advise is to purchase inverter designed to be used on refrigeration system.

For further information about inverter selection refer to our technical-commercial office.

INVERTER COMMISSIONING

For inverter installation and commissioning we recommend to use screened cable.

Fro a proper screened cable connection we recommend to follow the inverter manufacturer instructions.

The inverter must be equipped with suitable EMC filter (e.g. to EN60034).

WARNING:

The inverter output is a sharp voltage pulse. We recommend to install sinusoidal filter to reduce that phenomena and protect the motor.

Compressor contactor

For safety reason a compressor contactor must be always installed and connected to the other protection of the system

Settaggio dell'inverter

Per un corretto avvio del compressore è necessario prevedere una corretta rampa di spunto.

Al fine di evitare problemi di lubrificazione è necessario porre particolare attenzione alla variazione della frequenza in funzione del tempo.

I valori raccomandati di dF/dt sono 15 Hz/s tra 0 e 30 Hz.

Si consiglia inoltre di prevedere una rampa di avvio di 5-8 s tra 0 e 50 Hz

I valori sopra indicati permettono di realizzare anche una partenza di tipo **soft start**.

Durante la partenza è necessaria una coppia di spunto generalmente maggiore di quella caratteristica del compressore in condizioni di funzionamento stazionarie (effetto booster).

Durante l'avvio il valore V/f può non essere costante, la tensione potrebbe crescere più rapidamente della frequenza per fornire un effetto booster alla partenza.

Spesso l'inverter prevede un valore caratteristico V/f per la fase booster.

ATTENZIONE: attestarsi sul valore di booster esclusivamente all'avvio del compressore e non superare mai tale valore.

Durante il normale funzionamento assicurarsi che venga mantenuto il rapporto V/f costante laddove possibile.

Durante il normale funzionamento si consiglia di impostare una variazione della frequenza in funzione del tempo

$dF/dt < 5 \text{ Hz/s}$.

Si raccomanda di verificare che tale valore sia compatibile con gli altri componenti dell'impianto.

Frequenza di commutazione dell'inverter.

La frequenza di commutazione dell'inverter può provocare stress sugli avvolgimenti e rumore acustico.

Si raccomanda di controllare la frequenza di commutazione dell'inverter. Tale frequenza può danneggiare il motore elettrico.

Valori raccomandati **2-6 kHz**

FENOMENI DI RISONANZA DETERMINATI DALL'ACCOPIAMENTO COMPRESSORE-IMPIANTO

Durante il funzionamento a frequenza variabile le vibrazioni intrinseche del compressore e le pulsazioni di pressione possono provocare fenomeni di risonanza che si manifestano con una marcata vibrazione del compressore stesso e delle tubazioni. Tali fenomeni possono provocare fastidiose rumorosità che si propagano al telaio dell'installazione tramite i piedi del compressore e al condensatore attraverso le tubazioni.

Sono inoltre possibili danneggiamenti delle tubazioni con perdite di refrigerante.

È quindi necessario prevenire tali fenomeni con un corretto progetto delle tubazioni e verificare comunque l'installazione durante la messa in servizio e le prime ore di funzionamento del compressore a frequenza variabile.

Avendo tali fenomeni carattere di risonanza è possibile attenuarli del tutto fino a farli scomparire con una corretta logica di programmazione dell'inverter saltando le frequenze caratteristiche del sistema solitamente concentrate nell'arco di 1-2 Hz attorno alla frequenza a cui si manifestano i fenomeni di risonanza.

Inverter setting

For a proper compressor starting it is advised to foresee a starting ramp.

In order to avoid lubricating problem a careful regulation of frequency on time variation value during the starting ramp is needed.

Recommended dF/dt value is 15 Hz/s between 0 and 30 Hz.

The whole starting ramp time is 5-8 s between 0 and 50 Hz

Above value can make a **soft starting** effect as well.

During compressor start up a starting torque usually higher than the one characteristic of the compressor during steady working condition is required.

For this reason it is possible to foresee a booster effect from the inverter during compressor start up.

During the starting ramp it is possible to set the V/f ratio at higher value compared to steady working conditions in order to have starting booster effect.

Inverter used on refrigeration have some boosting parameter already charged in the menu.

Warning: the use of booster effect must be limited only at the start up ramp. During standard compressor working condition set the V/f ratio at the value indicated on compressor label.

During normal compressor operation we recommend to variate the frequency depending on the time on the basis of following value:

$dF/dt < 5 \text{ Hz/s}$

We recommend to check if indicated value is compatible with other system component.

Elementary frequency of inverter

Check the elementary frequency of the inverter and, in case, adjust it.

Recommended value: 2..6 kHz.

Motor damage are possible in case of non correct elementary frequency adjusting.

RESONANCE PHENOMENA DUE TO THE INSTALLATION OF THE COMPRESSOR DRIVEN BY INVERTER IN THE PLANT

The pressure pulsations coming from the compressor at different speed can causes resonance phenomena which can affect the piping line and the compressor frame.

In this case the system can be very noisy. Noise can come from the condenser which emphasize pressure pulsation from the piping or from the compressor frame. In some cases pressure pulsation resonance can damage discharge line with refrigerant loses.

For this reason a dedicated design of discharge line and compressor fixing is required.

Moreover, because resonance phenomena are characteristics of each compressor and plant coupling, check carefully each compressor installation and control the system at various speed at the first start up of the system.

Resonance phenomena are characteristics of a small frequency range, usually 1-2 Hz around the frequency where resonance phenomena appears. In case of resonance phenomena it is possible to avoid it with a dedicated inverter setting, programming the inverter to jump resonance frequencies.

NOTE

NOTE



OFFICINE MARIO DORIN S.p.A.

Via Aretina, 388; 50061 Compiobbi Firenze (Italy)

Tel. +39.055.623211 - Fax +39.055.62321380

www.dorin.com - dorin@dorin.com