

# Regolazione di temperatura

La regolazione di temperatura serve in generale per adattare la potenza irradiante installata alle effettive esigenze dell'applicazione.

Infatti si tende ad installare una potenza sovrabbondante in modo da garantirsi una certa flessibilità, anche perchè è difficile centrare esattamente la potenza necessaria per un certo trattamento termico, non conoscendo il rendimento della trasmissione dei raggi infrarossi al materiale. Tale rendimento dipende, oltre che dalla potenza e tipo dell'irradiatore, da numerosi fattori tra cui: il coefficiente di assorbimento del materiale da riscaldare, il colore, lo stato della superficie, la distanza, il tempo di applicazione, le caratteristiche costruttive del forno, ecc.

Tutte queste variabili rendono assai difficile il calcolo della potenza necessaria per una certa applicazione, per cui il dimensionamento è spesso basato sull'esperienza o, in caso di nuove applicazioni, su semplici prove di laboratorio.

Gli irradiatori infrarossi, dal punto di vista elettrico, sono carichi resistivi e seguono la legge di Ohm. La regolazione della temperatura avviene tramite una regolazione di energia (vedere più avanti, sotto Regolatori di energia).

La regolazione può avere diverse applicazioni: la più generale è quella di variare l'energia assorbita dagli irradiatori infrarossi per variare la temperatura di tutto il sistema irradiante. Un'altra possibilità che offre la regolazione è quella di dividere gli irradiatori in zone, ciascuna zona con una regolazione diversa: ciò è utile per esempio per differenziare l'irradiazione tra centro e bordi (i bordi sono sempre più freddi rispetto al centro). Oppure è possibile differenziare le zone di regolazione per adattarsi a particolari lavorazioni che richiedono solo in certi punti maggiori temperature. Ovviamente la divisione in zone presuppone un adeguato cablaggio che raggruppi gli irradiatori formanti le diverse zone.

Come modalità di regolazione, si può avere:

- regolazione manuale
- regolazione automatica

## a) Regolazione manuale

Per regolazione manuale si intende un controllo da parte di un operatore che valuta a che livello di percentualizzazione devono essere impostati i regolatori di energia e se è o meno il caso di operare variazioni. Questo tipo di regolazione è adatta per quei processi che non richiedono grandi precisioni e laddove le condizioni di lavorazione permangono senza variazioni di rilievo.

Pertanto, nel caso di regolazione manuale, l'apparecchiatura consiste in regolatori di energia con relativo potenziometro o dispositivo percentualizzatore.

## b) Regolazione automatica

In questo tipo di regolazione viene impostato su un *termoregolatore* il livello di temperatura che interessa ed il sistema, tramite la retroazione di una *termocoppia* che sente la temperatura effettiva, provvede automaticamente a mantenere tale livello, indipendentemente da variazioni di tensione in rete, variazioni termiche ambientali, variazioni di carico (presenza o meno di materiale da scaldare).

La catena di regolazione automatica prevede quindi le seguenti apparecchiature:

- sonda di temperatura (con cavo compensato per collegamento a termoregolatore)
- termoregolatore
- regolatori di energia a treni d'onda a Triac oppure SCR

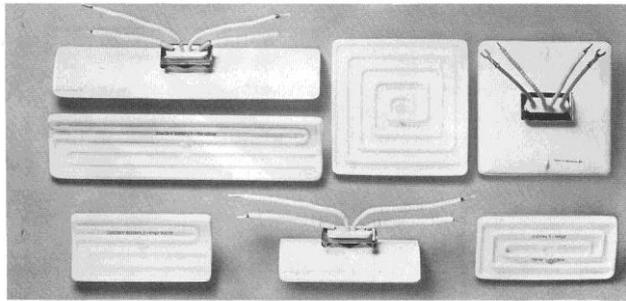
Il collegamento tra termocoppia e termoregolatore deve essere effettuato con cavo compensato (tipo K).

Infatti la termocoppia non è altro che la giunzione di 2 metalli diversi: per l'effetto termoelettrico, tale giunzione di metalli diversi a diverse temperature genera una differenza di potenziale agli estremi liberi, proporzionale alla temperatura. Le giunzioni dei cavi di termocoppia devono essere quindi effettuate con lo stesso materiale della termocoppia: ossia il conduttore Nichel Cromo deve continuare con Nichel Cromo e l'altro conduttore in Nichel deve continuare con un cavo di Nichel. Se si usasse del rame (Cu) per fare le giunzioni, faremmo altre termocoppie NiCr/Cu e Ni/Cu le cui differenze di potenziale andrebbero ad aggiungersi a quella principale, falsando la misura. Si raccomanda quindi di curare le giunzioni, che è preferibile fare unendo i due fili da giuntare e fissandoli con un'unica vite del morsetto e avendo l'avvertenza di non invertire i fili: collegare il positivo della termocoppia con rosso del filo compensato e quest'ultimo al morsetto (+) del termoregolatore.

## Sonde di temperatura

La soluzione piu' economica e' quella di avere una **termocoppia incorporata** in un irradiatore: tale sonda sente la **temperatura di superficie dell'irradiatore**, temperatura che sara' proporzionale a quella del materiale irradiato.

*Irradiatori con termocoppia interna*



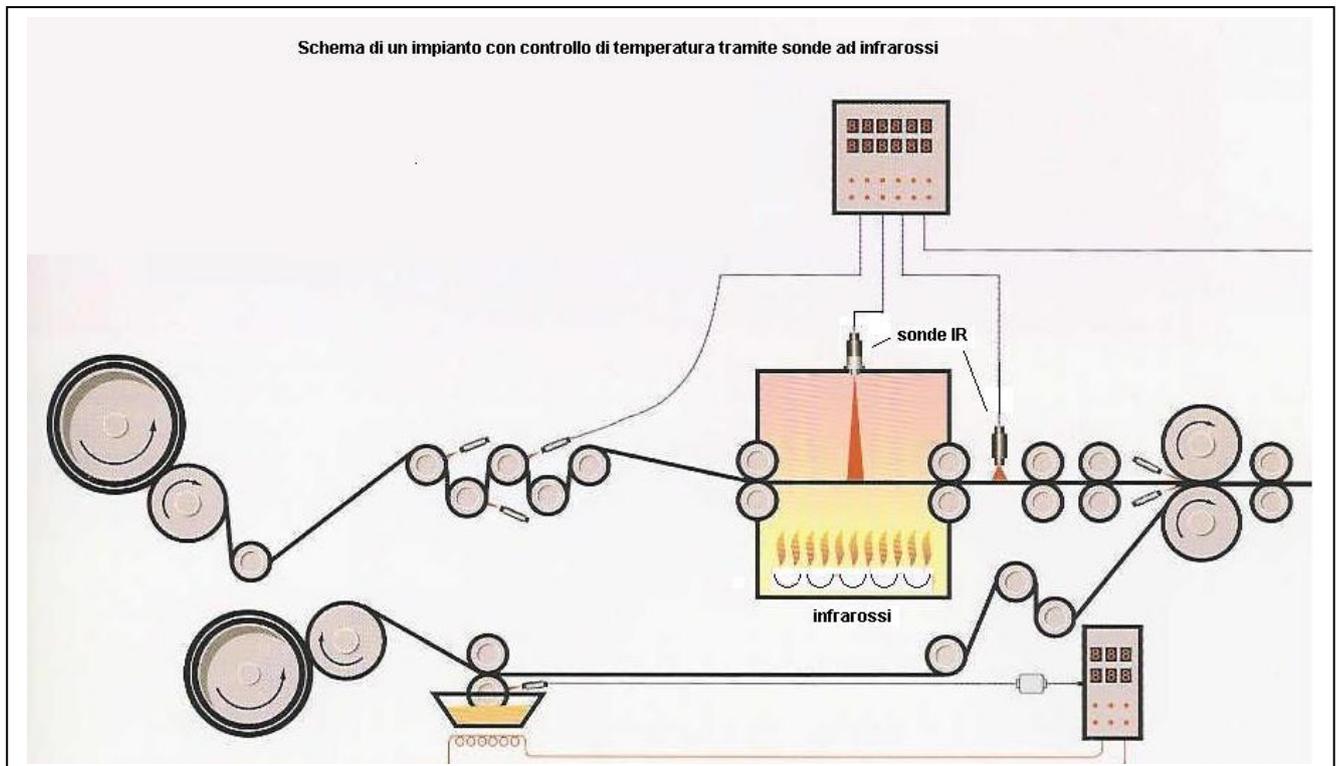
Altra soluzione è quella di avere una **sonda ad infrarossi** che legga direttamente la **temperatura del materiale** senza contatto; tale soluzione è però più costosa e richiede qualche studio nel piazzamento

*Sonda ad infrarossi con scatola controllo*



*E' invece sconsigliabile l'uso di termocoppia in aria, la quale sentirebbe la temperatura ambiente del punto ove è collocata: tale temperatura è difficilmente rapportabile con la temperatura del materiale e risente in modo inaccettabile dei transitori, con tempi di risposta estremamente lunghi.*

Schema di un impianto con controllo di temperatura tramite sonde ad infrarossi



## Termoregolatore

Il termoregolatore è un apparecchio elettronico che fa il confronto tra il segnale di temperatura impostato e il segnale di temperatura effettiva che gli viene inviato dalla termosonda nel forno. Se i due segnali non sono uguali, il termoregolatore, tenendo conto delle sue azioni PID (proporzionale, integrativa, derivativa), agisce sulla sua uscita (analoga o a relè).

L'uscita del termoregolatore si utilizza per regolare l'energia assorbita dal carico. Cio' si realizza tramite unità statiche di potenza a Triac o SCR.

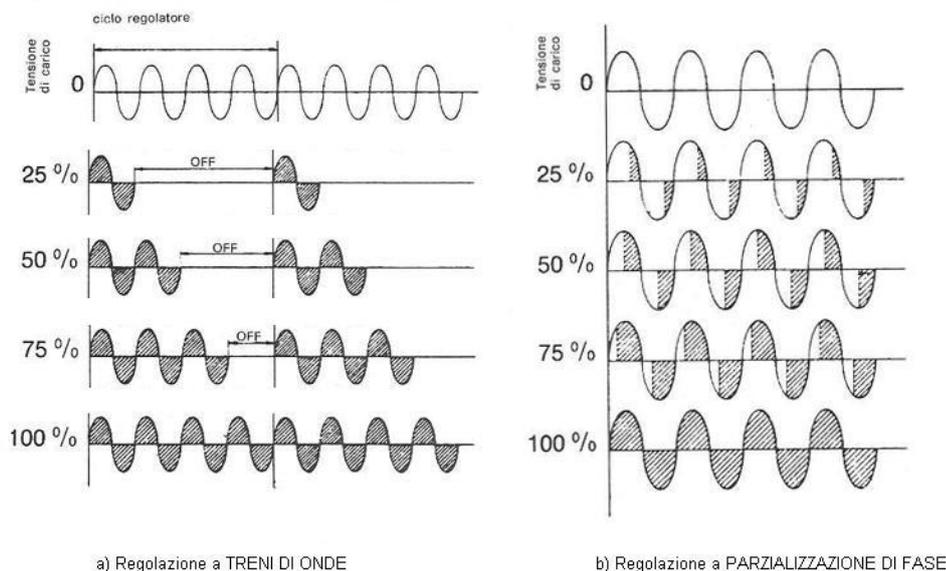
**Termoregolatore RTH4938**, digitale, , già programmato con le impostazioni per comando carichi resistivi, per termocoppie K, azioni PID. Uscite a relè statico (contatto normalmente chiuso per pilotare gruppi statici RE), alimentazione 24 Vcc (oppure 230Vca tramite trasformatore opzionale), formato orizzontale 48x96 mm



## Regolatori di energia

I regolatori di energia statici utilizzano il sistema di regolazione a **treni di onde**: con questo sistema non si varia la potenza elettrica che si invia alla resistenza (tramite variazione di tensione), ma si varia il **tempo** di applicazione di tale potenza al carico, ossia si dà e si toglie la potenza ad intervalli brevissimi. Dato che la temperatura delle resistenze è proporzionale alla energia assorbita ( $\text{energia} = \text{tensione} \times \text{corrente} \times \text{tempo}$ ), si varia il numero di cicli in cui le resistenze vengono alimentate. L'alimentazione avviene sempre per numero di cicli interi (=zero cross firing) in modo da non dare alcun disturbo in rete.

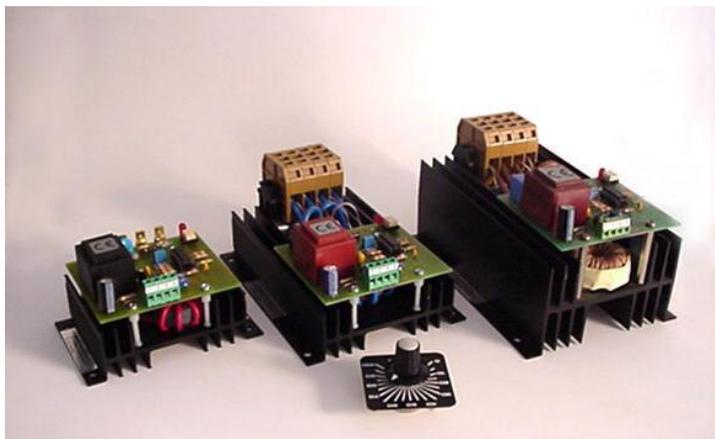
Facciamo notare che la radiazione da parte delle resistenze dipende dalla loro temperatura e quindi le resistenze ad una certa temperatura irradiano comunque, anche quando non sono alimentate dalla rete elettrica.



### Confronto tra sistemi di regolazione:

- Con la **regolazione a treni di onde** si inviano al carico "pacchetti" o "treni" di onde formati da cicli completi (con accensione e spegnimento a tensione =0) di onde sinusoidali: il sistema non dà quindi alcun disturbo alla rete.
- Con la **regolazione a parzializzazione di fase**, si varia la tensione da inviare al carico e tale variazione è ottenuta in modo statico inviando solo una parte dell'onda di tensione: la forma d'onda quindi non sarà più sinusoidale e ciò equivale ad introdurre dei disturbi in rete (tale regolazione non è quindi raccomandabile).

## Regolatori di Energia RE



*Regolatori monofasi di energia RE*

### Caratteristiche generali

I regolatori d'energia RE sono dei regolatori elettronici di temperatura caratterizzati dalla possibilità di regolare da zero al 100 % la potenza applicata a qualsiasi tipo di resistenza (ceramiche ad infrarossi, corazzate, al quarzo, a filo, ecc.) prefissando sul potenziometro in dotazione la percentualizzazione di energia desiderata senza necessità di controreazione con termocoppia. Volendo invece la regolazione automatica (con retroazione temperatura da termocoppia), basta collegare al regolatore RE un termoregolatore al posto del potenziometro percentualizzatore.

Il dispositivo è completamente statico avendo l'organo finale di potenza realizzato con triac e non ha bisogno di altri componenti meccanici quali relé o teleruttori.

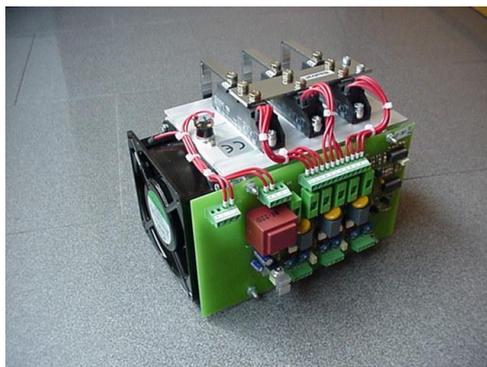
Gli RE hanno la regolazione « a treni di onde » e con accensione e spegnimento del triac sempre con tensione passante per lo zero in ottemperanza alle Norme Internazionali, per evitare disturbi in rete ed alle telecomunicazioni.

Il regolatore è provvisto di una spia luminosa (LED) che segnala l'accensione e lo spegnimento del triac e permette un controllo visivo della percentualizzazione di energia.

Il triac è protetto da un gruppo R-C e filtro per ottemperare alle disposizioni CE; inoltre è presente un dispositivo MOV per tagliare eventuali picchi di tensione presenti in rete.

Si consiglia l'inserzione di fusibili extrarapidi per semiconduttori, a protezione del triac da corti circuiti sul lato del carico.

Fino a 12 KW i regolatori RE sono monofasi e utilizzano triacs; da 25 a 80 KW gli RE sono realizzati in costruzione trifase ed impiegano SCR in antiparallelo in costruzione compatta (RE- TS, cioè « Trifase-Stella »).



*Regolatore trifase RE50-TS*

## Possibilità di funzionamenti particolari

Normalmente i collegamenti sulla morsettiere di regolazione prevedono un cavallotto tra 1-2 ed il collegamento del potenziometro tra 3-4.

Il funzionamento del potenziometro è tale da dare "tutto acceso" (100%) con massima resistenza e "tutto spento" (0%) con valore resistivo=0.

Si possono però realizzare funzionamenti particolari:

### *Forzamento in accensione:*

Serve ad abbreviare il tempo di andata a regime della macchina, senza cambiare la impostazione percentuale del potenziometro

Si collega il potenziometro in dotazione sui morsetti 3-4 ed uno switch sui morsetti 1-2. Agendo su tale switch, si ha « tutto acceso » (100 %) a switch aperto e funzionamento percentuale a switch chiuso. Tale switch è normalmente il contatto di uscita di un temporizzatore, tarato in modo da chiudersi al raggiungimento della temperatura voluta.

### *Termoregolazione ad anello chiuso*

Bisogna aggiungere una sonda di temperatura ed un termoregolatore. Si mettono in corto circuito i morsetti 1-2 e si collega il contatto normalmente chiuso del relé d'uscita del termoregolatore ai morsetti 3-4.

Serve per ottenere una regolazione automatica della temperatura con retroazione data dalla sonda.

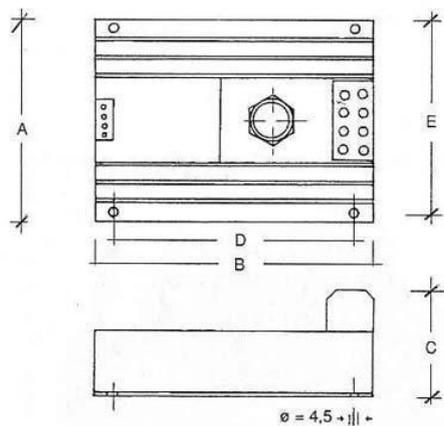
### *Comando da PLC*

Come costruzione speciale, è possibile avere i regolatori RE previsti per comando analogico da PLC (generalmente 0-1V oppure 0-10V): in tale caso il tempo di accensione/spegnimento dei triac sarà in proporzione al segnale di tensione inviato dal PLC.

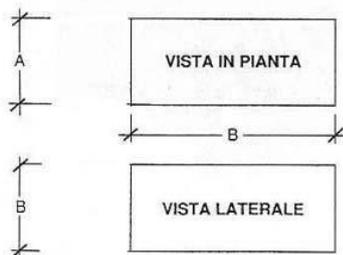
## **CARATTERISTICHE TECNICHE:**

DATI TECNICI RE						
Modelli disponibili	Potenza monofase max. (KW)	Corrente nominale del triac (A)	Tensione nominale del triac (V)	Tensione monofase di alimentazione (V)	Temperatura max. d'esercizio (°C)	Isolamento del triac verso massa
RE-2	2	10	600	220	45	SI
RE-3	3	15	600	220	45	SI
RE-5	5	25	600	220	45	SI
RE-8	8	40	600	220	45	SI
RE-12	12	60	600	220	45	NO

DATI TECNICI RE-TS							
Modelli disponibili	Potenza massima del carico trifase collegato a stella (KW)	Tensione di alimentazione trifase (V)	Tensione di punta nominale di fase (V)	Corrente nominale di fase (A)	Isolamento del dispositivo verso massa	Ventilazione forzata	Temperatura max. ambiente (°C)
RE-25TS	25	380	800	45	SI	NO	45
RE-50TS	50	380	800	90	SI	SI	45
RE-80TS	80	380	800	150	SI	SI	45



Dimensioni di ingombro (mm)	A	B	C	D	E
RE-2	116	75	70	57	105
RE-3	116	75	70	57	105
RE-5	116	150	75	130	105
RE-8	122	170	92	130	112
RE-12	122	200	92	150	112



Dimensioni di ingombro (mm)	A	B	H
RE-25TS	190	180	180
RE-50TS	210	220	180
RE-80TS	210	220	180

## Consigli per un corretto montaggio dei regolatori di energia RE

I regolatori RE sono regolatori di energia monofasi per carichi resistivi, a triac, con regolazione a treni di onde ed accensione a zero, in ottemperanza alla Norme Internazionali per evitare disturbi in rete. Ciò significa che in questo tipo di regolatori la tensione e la corrente applicate al carico hanno sempre forma sinusoidale, inoltre il triac viene acceso o spento solo quando la tensione passa per lo zero (=zero cross firing).

Il parametro variabile per la regolazione è allora il tempo durante il quale il carico viene alimentato, ossia il numero di onde di tensione che sono inviate al carico resistivo.

I regolatori RE sono provvisti di bobine antidisturbo in modo da conformarsi alle specifiche di compatibilità elettromagnetica (CE).

- Montare gli RE sulla parete del quadro con gli elementi del dissipatore verticali.
- Effettuare i collegamenti di potenza in sbarre largamente dimensionate; in particolare, surdimensionare la sezione della sbarra del neutro (2 volte la sezione di fase).
- Quando i regolatori sono numerosi nello stesso quadro, prevedere ventilazione forzata, in modo che la temperatura interna non superi mai i 45°C. I dissipatori degli RE devono essere liberamente lambiti dall'aria di ventilazione (non incassare i regolatori tra le canaline di cablaggio).
- Assicurarci che i morsetti A B C D siano sempre ben serrati.
- Per i collegamenti ai morsetti A B C D usare filo in treccia e non a conduttore unico. Se si ritiene che dalla rete possano provenire disturbi (sovratensioni, disturbi provocati da macchine ad alta frequenza, ecc.), è meglio prevedere all'ingresso linea del quadro opportuni condensatori filtro.
- Nei collegamenti su sistemi a 3 fili + Neutro, il conduttore di neutro non deve mai essere interrotto: infatti in caso di mancanza di neutro, i regolatori sarebbero sottoposti alla tensione di 380V, anziché 220V.
- Evitare di montare cavi di potenza (50 Hz) insieme ai fili di collegamento al potenziometro. In caso di necessità, per evitare disturbi, è meglio adottare un cavetto schermato per i collegamenti di comando.
- Ricordare che: con circuito aperto tra i morsetti 3-4 si ha "tutto acceso" (100%); con corto circuito tra i morsetti 3-4 si ha "spento" (0%)
- Il triac all'interno del regolatore è collegato tra 'D' e 'B': i cavi corrispondenti uscenti da tali morsetti sono collegamenti di potenza. Il filo uscente dal morsetto 'C' è invece la sincronizzazione e può essere collegato con un filo di sezione minore.

# SCHEMI DI COLLEGAMENTO TIPICI PER REGOLATORI RE

## SIMBOLI:

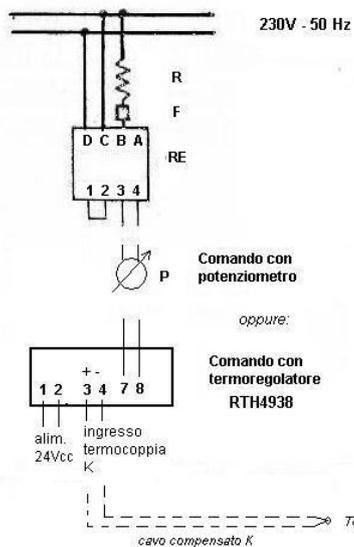
RE : Regolatore di Energia  
R : carico resistivo  
F : fusibile  
P : potenziometro

## NOTE:

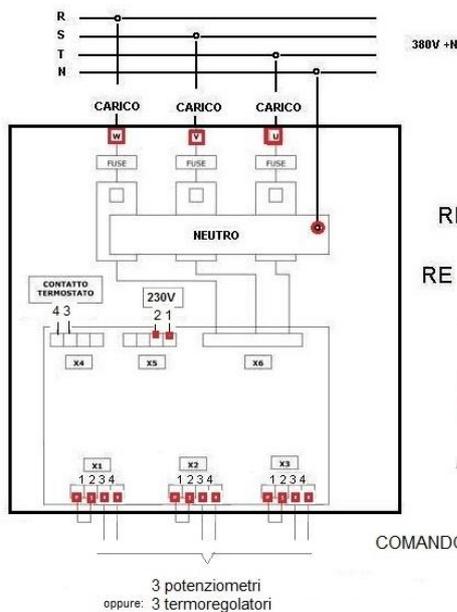
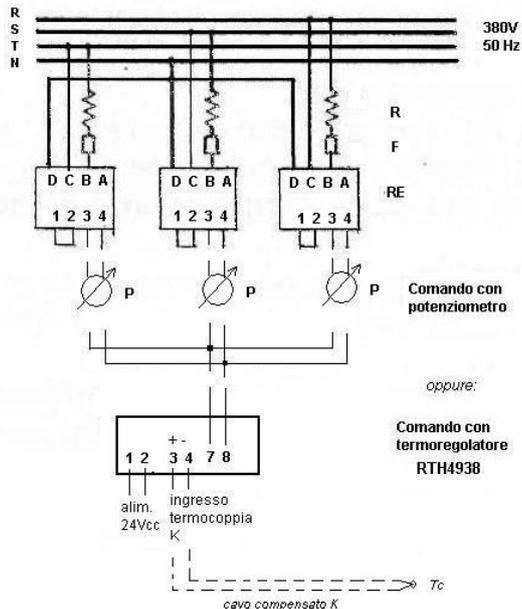
Il collegamento tra termocoppia e termoregolatore deve essere effettuato con cavo compensato (di solito, il terminale rosso =+)

Ai morsetti 3-4 dei regolatori RE si collega l'organo di comando (potenziometro, oppure termoregolatore)

### 1. COLLEGAMENTO MONOFASE



### 2. COLLEGAMENTO TRIFASE 380V + NEUTRO



### SCHEMA COLLEGAMENTI REGOLATORE DI ENERGIA

RE TS } 25  
50  
80

X1, X2, X3, X4,...= morsettiere

■ = collegamenti da effettuare

Nota: il termostato è presente solo su mod. RE 50 e 80

COMANDO INDIVIDUALE DELLE 3 FASI

3 potenziometri  
oppure: 3 termoregolatori

# ALTRI SISTEMI DI REGOLAZIONE DI ENERGIA

Sistemi di regolazione monofasi e trifasi, a treni di onde o a parzializzazione di fase, per potenze da 0,9kW fino ad oltre 200 kW. Percentualizzatori e termoregolatori.

## REGOLATORI DI ENERGIA SERIE 6000 PER CARICHI RESISTIVI

Sono regolatori statici con SCR in antiparallelo, accensione a zero, adatti a pilotare esclusivamente carichi resistivi monofasi e trifasi, con uno sbilanciamento massimo del 10%.

Sono disponibili due serie di regolatori:

**H-DL:** regolatori standard

**M-DL:** regolatori con diagnostica rottura carico, fusibile, SCR, trigger (vedere tabella per caratteristiche tecniche e dimensionali)

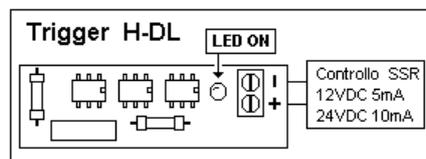


### RELE' STATICI MOD. H-DL ZERO CROSSING

Da 27Amp. a 900Amp. **MONOFASI - BIFASI - TRIFASI**  
48-440V e 100-500Vca 50/60Hz.

Queste versioni sono dotate di scheda trigger H-DL che aziona due "SCR" IN ANTIPARALLELO con segnale logico compreso tra 12-24V DC on-off. 10mA .  
( Su richiesta 4-6V, 8-12V 10mA).

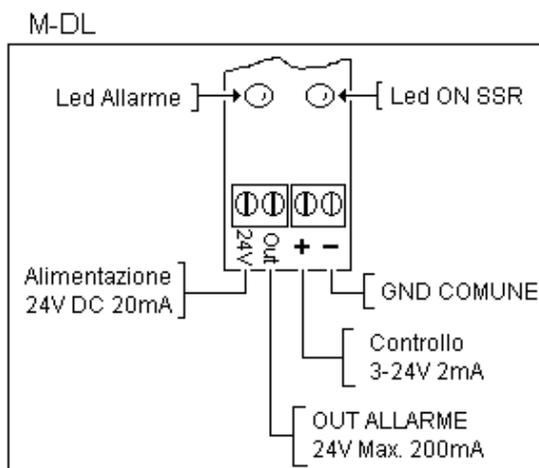
Di serie per carichi da 48 a 440V e su richiesta 100 a 500V AC



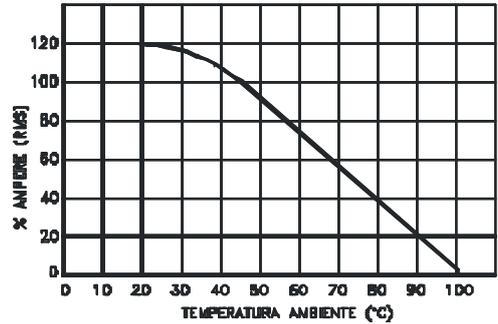
### RELE' STATICI MOD. M-DL ZERO CROSSING

Da 27Amp. a 900Amp. **MONOFASI - BIFASI - TRIFASI** 230-440Vca 50/60Hz.

Queste versioni sono dotate di scheda trigger M-DL con diagnostica rottura carico- fusibile- SCR - trigger.. Il trigger deve essere alimentato a 24Vcc



**REGOLATORI BIFASI -TRIFASI serie 6000 (a treni di onde, zero cross fire)  
tipo H-DL / M-DL 27-300 Ampere**



CE

DIMENSIONI in mm 	Amp	H	L	P	VENTILAZIONE FORZATA	cod. H-DL	cod. M-DL	cod. M-DLPC
	27	206	158	140				
55	NO				2/6010H	2/6010	2/6010PC	
85	351	204	173	NO	2/6015H	2/6015	2/6015PC	
125				YES	2/6020H	2/6020	2/6020PC	
165	399	305	173	YES	2/6025H	2/6025	2/6025PC	
225				YES	2/6030H	2/6030	2/6030PC	
300	499			YES	2/6040H	2/6040	2/6040PC	

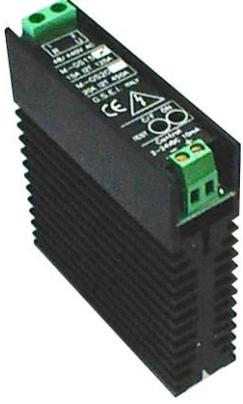
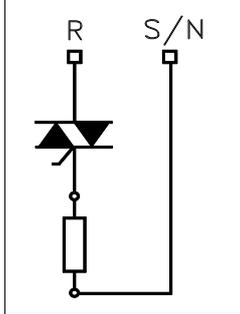
N 2 VENTILATORI ASSIALI 230V TOT.600mA  
N 2 TERMOSTATO N.C. 80 5A 230V

DIMENSIONI in mm 	Amp	H	L	P	VENTILAZIONE FORZATA	cod. H-DL	cod. M-DL	cod. M-DLPC
	27	206	237	140				
55	NO				3/6010H	3/6010	3/6010PC	
85	351	306		NO	3/6015H	3/6015	3/6015PC	

DIMENSIONI in mm 	Amp	H	L	P	VENTILAZIONE FORZATA	cod. H-DL	cod. M-DL	cod. M-DLPC
	125	450	310	195				
165	3/6025H				3/6025	3/6025PC		
225	550	3/6030H	3/6030	3/6030PC				
300		3/6040H	3/6040	3/6040PC				

N 2 VENTILATORI ASSIALI 230V TOT.600mA  
N 3 TERMOSTATI N.C. 80 5A 230V

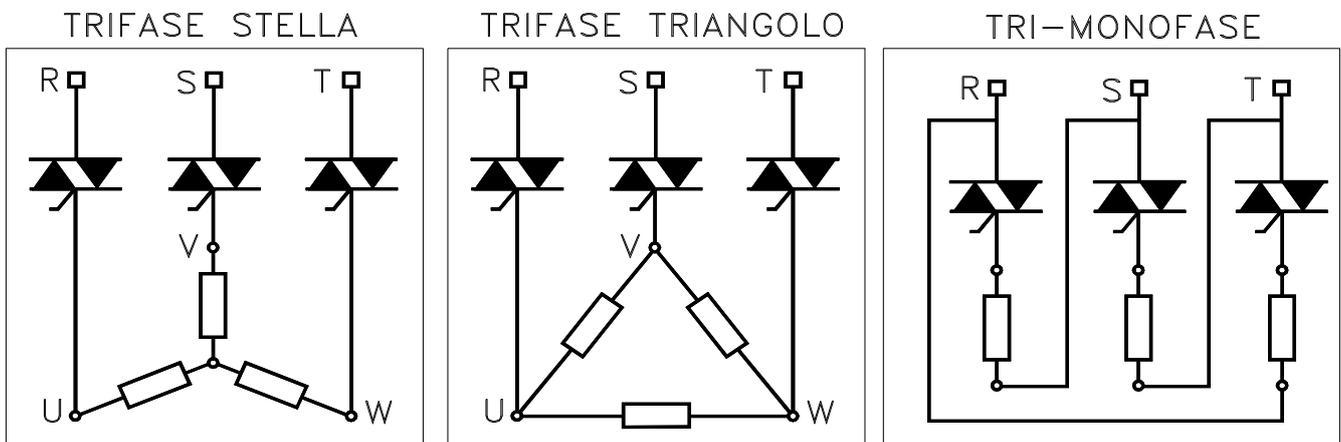
## M-GS 15-20-40 Amp , 48-440Vca - MONOFASI

	<p>Collegamento MONOFASE</p> 	<p><b>RELE' STATICI ZERO CROSSING MONOFASI</b>          Diagnostica con segnalazione a LED di mancanza carico o segnale di controllo. Programmabile per funzionamento a treni di onde o parzializzazione di fase.          Varistore per protezione da sovratensioni. Comandabile con segnale 12-24 Vcc- 10 mA (normalmente fornito da termoregolatore).          Aggancio da canalina DIN per versioni M GS15-20, con zanche per mod. M GS 40</p> <p><b>Modelli:</b>  <b>M-GS15, 15 A</b>, dim. 80 (H)x 24 (L)x 108 (P) mm  <b>M-GS20, 20 A</b>, dim. 130 (H)x 24 (L)x 108 (P) mm  <b>M-GS40, 40 A</b>, dim. 195 (H)x 24 (L)x 108 (P) mm</p>
---	--	---

## T-GS 15-40 Amp , 48-440Vca - TRIFASI

	<p><b>RELE' STATICI ZERO CROSSING TRIFASI</b>          Diagnostica con segnalazione a LED .          Varistore per protezione da sovratensioni.          Comandabile con segnale 12-24 Vcc- 20 mA (normalmente fornito da termoregolatore).          Ventilazione forzata per mod. T GS 40</p> <p><b>Modelli:</b>  <b>T-GS15, 15 A</b>, dim. 100(H)x 60(L)x 115(P) mm  <b>T-GS40, 40 A</b>, dim. 147(H)x 60 (L)x 115(P) mm</p>
--	--

### COLLEGAMENTO ELETTRICO



## DOSATORI, TERMOREGOLATORI

<p><b>Dosatore PIC24</b>, per impostare una regolazione percentuale 0-99% sui relè statici. Alimentazione 24V ac/cc; opzionale 230Vca. Uscita SSR (20Vcc, 50mA). Dimensioni 48x48x128 mm</p>	
<p><b>Dosatore PIC24 4A</b> Per regolazione manuale con relè statico incorporato per controllo diretto di carichi fino a <b>4 A</b> (0,9 kW a 230V) Impostazione regolazione su 20 gradini programmabili e linearizzati in corrente. La regolazione può essere ad angolo di fase o zero crossing impostabile da tastiera. Allarme visivo rottura carico o fusibile. Alimentazione 230Vca Dimensioni 48x48x128 mm</p>	
<p>Per regolazione manuale con con relè statico incorporato per controllo diretto di carichi fino a <b>20 A</b> (4 kW a 230V): <b>Dosatore VLC20</b> per il controllo diretto di una o più resistenze <b>max 4 kW</b>. 230VAC. Impostazione regolazione su 20 gradini programmabili e linearizzati in corrente. La regolazione può essere ad angolo di fase o zero crossing impostabile da tastiera. Fusibile extrarapido incorporato. Allarme visivo rottura carico o fusibile. Alimentazione 230Vca Dimensioni 170x150x70 mm Contenitore metallico con passacavi</p>	
<p><b>Termoregolatore GS-CH</b> universale Termoregolatore PID autotune, ingresso per Termocoppie K.Y.R.S.B.E.N.T., Pt100, Pt1000, V, mA. alimentazione: 100-240 Vca, scala: -199,9+1800°C doppio display per set point e temperatura sonda uscita Logica 15Vcc, 2 allarmi relè seriale RS485-MODBUS, uscita aux. 24Vcc, ingresso digitale possibilità di uscita continua 4-20mA e uscita a relè. dimensioni 48x48x110mm (anche 48x96mm mod. GSCH6)</p>	