

# Trasduttori di temperatura: i PTC

*Continuando lo studio del funzionamento sui principali dispositivi elettronici, vediamo questo mese il Positive Temperature Coefficient (PTC) che fa parte della famiglia dei trasduttori di temperatura*

**Flavio Criseo**

Un termistore PTC è una resistenza a coefficiente termico positivo costituita da materiale semiconduttore. Al contrario dell'NTC, il suo valore resistivo aumenta bruscamente con l'innalzamento della temperatura.

I PTC sono costituiti da policristalli ceramici drogati su una base di bario.

È noto che un materiale ceramico è un buon isolante perché ha un'alta resistenza.

La sua struttura è composta da molti cristalli, così come illustrato in **Fig. 1**, che sono responsabili dell'effetto "PTC".

Sui bordi dei monocristalli si localizzano barriere di potenziale che impediscono agli elettroni di

diffondersi liberamente nelle aree adiacenti.

Questo effetto viene neutralizzato dalle basse temperature.

Al di sopra della temperatura di Curie, la costante dielettrica diminuisce innescando una forte crescita della barriera di potenziale. Ciò corrisponde a un aumento della resistenza.

La resistenza, come abbiamo appena accennato, dipende dai grani del cristallo e dai loro bordi:

$$R_{PTC} = R_{grano} + \text{il confine di } R_{grano}$$

Il confine di grano è fortemente dipendente dalla temperatura.

## Caratteristiche del PTC

Una corrente che fluisce attraverso un termistore può causare riscaldamento sufficiente per elevare la temperatura del termistore stesso.

Per gli effetti termoresistivi, si deve operare una distinzione tra le caratteristiche di un termistore caricato elettricamente e un termistore non caricato elettricamente.

Le proprietà di un termistore non polarizzato sono chiamate anche "caratteristiche di zero-potenziale".

## Termistori PTC non polarizzati

Il valore di resistenza  $R_T$  "zero-potenziale" è il valore di resistenza misurato a una determinata temperatura  $T_{with}$ , con un carico elettrico così piccolo da poter essere considerato trascurabile.

Vediamo la **Fig. 2**: il valore della resistenza è disegnato su una scala logaritmica (l'ordinata) contro una scala di temperatura lineare (l'ascissa).

$R_N$  = valore resistivo  $T_N = 25^\circ\text{C}$

$R_{min}$  = minima resistenza alla temperatura  $T_{Rmin}$

$R_{Ref}$  = resistenza di riferimento alla temperatura di riferimento

$T_{Ref}$  = temperatura di riferimento oltre la quale la  $R_T$  aumenta bruscamente

$R_{PTC}$  = resistenza nella regione ripida.

In Fig. 3 è invece possibile vedere le tolleranze offerte per termistori PTC.

### Verifica pratica delle caratteristiche

Per avere un'idea sul reale andamento della caratteristica dei PTC, è possibile controllarne il loro valore resistivo in diversi modi.

Il più semplice da realizzare nel proprio laboratorio è il seguente: si prende un PTC d'impiego generico e lo si collega a un tester analogico preposto in portata Ohm.

Si visualizza sulla scala graduata il valore resistivo corrispondente alla temperatura ambiente e, successivamente, si inizia a scaldare il PTC con un comunissimo asciugacapelli.

È possibile notare come il valore resistivo letto sullo strumento tenda inizialmente a diminuire finché, a un certo istante, il suo valore aumenta bruscamente.

Se guardiamo la Fig. 3, ci accorgiamo che quanto verificato con l'esperimento corrisponde al grafico visibile. All'inizio, infatti, la resistenza cala e la temperatura aumenta verso il valore  $T_{min}$ .

Da questo punto in poi abbiamo un aumento della resistenza in maniera abbastanza "dolce". Dopo poco, però, il valore resistivo aumenta fortemente anche per piccoli incrementi della temperatura.

A partire dal valore  $T_{Rmin}$ , il coefficiente termico diviene positivo e il grafico inizia a salire velocemente verso l'alto.

Alla  $T_{Rmin}$  corrisponde un valore della resistenza del PTC denominato  $R_{min}$ . Questo è il valore resistivo più basso che il termistore è capace di assumere.

### La resistenza $R_{Ref}$

La resistenza  $R_{ref}$  individua la temperatura di riferimento  $T_{ref}$ .

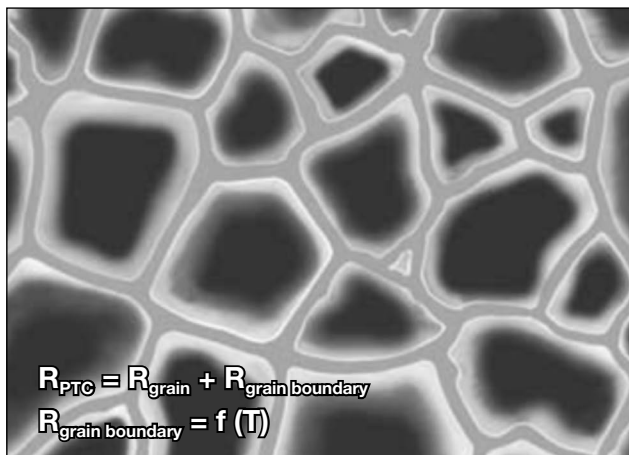


Fig. 1 - Rappresentazione schematica del policristallino costituente la struttura del PTC

L'inizio dell'aumento ripido di resistenza corrisponde, approssimativamente, al punto di Curie del materiale ferroelettrico.

Per l'individuazione approssimativa di tale punto, è possibile utilizzare la seguente relazione:

$$R_{Ref} = 2 \cdot R_{min}$$

Conoscendo, quindi, il minimo valore resistivo raggiunto dal PTC, il calcolo è molto semplice ed efficace. Quando la  $R_{min}$  non è specificata dal costruttore, o quando non si disponga dei dati tecnici del componente, questa la si può trovare sperimentalmente riscaldando il componente e monitorizzando su un Ohmmetro di precisione il valore resistivo.

### Coefficiente di temperatura $\alpha$

Così come si aveva nelle caratteristiche degli NTC, anche i PTC sono legati a un coefficiente indicato con la lettera greca  $\alpha$ .

Tale coefficiente permette di conoscere la pendenza della parte ripida del grafico visibile in Fig. 2 o in Fig. 3.

Il coefficiente può essere calcolato per ogni punto dell'ascissa R contro le ordinate T.

Nella sezione ripida, l'andamento può essere considerato continuo e  $\alpha$  viene considerato costante.

Il coefficiente  $\alpha$  è calcolabile con la seguente formula:

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

in un determinato range di temperatura possiamo quindi avere:  $R = R_0 e^{\alpha \Delta T}$

### PTC connessi a una tensione di riferimento

Le proprietà di termistori di PTC caricati elettricamente sono descritte meglio dalla caratteristica corrente tensione I/V visibile in Fig. 4.

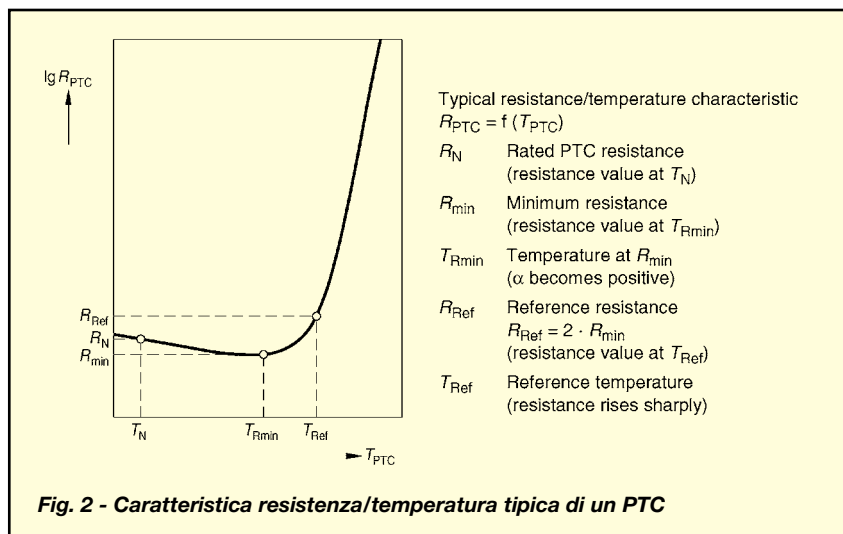
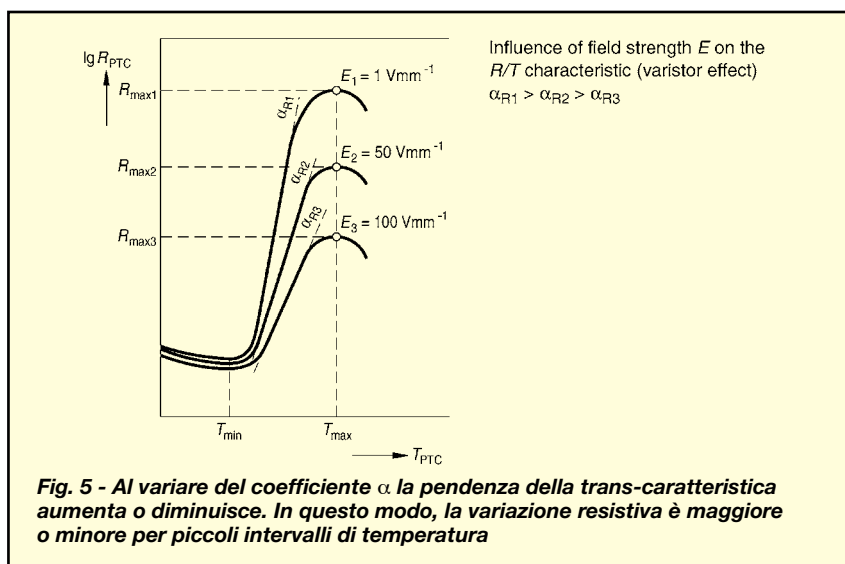
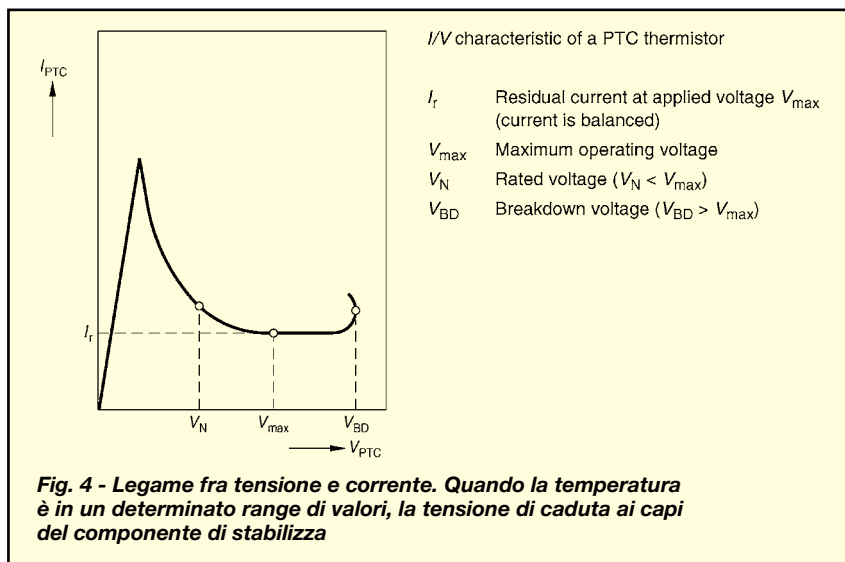
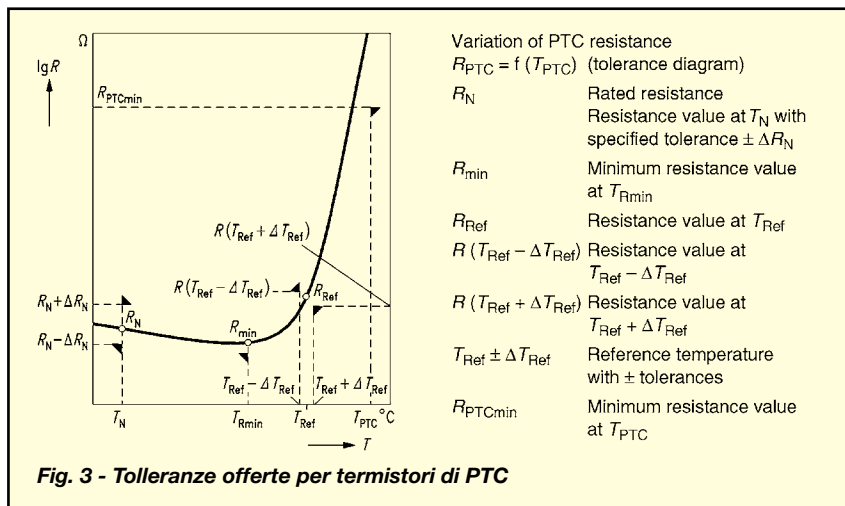


Fig. 2 - Caratteristica resistenza/temperatura tipica di un PTC



Quando il PTC assume la minima resistenza ( $R_{min}$ ), la corrente che vi fluisce al suo interno è la massima possibile (nel grafico è indicata con  $I_k$ ).

Man mano che ci si avvicina al punto di Curie, la diminuzione della corrente ha un andamento molto ripido, perché il valore resistivo aumenta velocemente.

Una determinata tensione applicata al dispositivo permette il raggiungimento di una determinata temperatura che, se risulta essere quella di regime, può determinare una condizione ben precisa di funzionamento. Si immagini per un istante se il PTC fosse connesso alla rete di polarizzazione di un transistor. Se per una qualsiasi causa il transistor cominciasse a dare più corrente al proprio carico, la sua corrente di base aumenterebbe di conseguenza e, quindi, il PTC sarebbe percorso da una corrente maggiore.

Trovandosi nel punto di funzionamento a pendenza molto ripida, la più piccola variazione di corrente provocherebbe una sensibile variazione resistiva che riporterebbe immediatamente il transistor alle condizioni di funzionamento iniziali.

## Applicazioni pratiche

Spesso si sente parlare di *fusibili auto-ripristinanti*. Quanti saprebbero dire con certezza come siano fatti e perché si "ripristinano"?

Dal grafico di **Fig. 5** è possibile comprendere come possano essere fatti.

Il punto di funzionamento è scelto nel tratto ripido della caratteristica del componente. Ammettiamo che il cosiddetto fusibile auto-ripristinante sia un PTC.

Quando la corrente che vi fluisce è molto elevata, il suo valore resistivo aumenta fortemente perché la sua temperatura è aumentata considerevolmente.

Una maggiore resistenza corrisponde a una maggiore caduta di potenziale, quindi il circuito si blocca smettendo di funzionare.

È mai capitato di riparare un filtro cross-over posto dentro una cassa acustica a due o tre vie?

Il componente più delicato è il *tweeter* e spesso questo viene protetto da un PTC (il cosiddetto fusibile auto-ripristinante). Questo accorgimento protegge il trasduttore da pericolosi picchi di correnti troppo prolungati e ripetitivi.

Anche in molte strumentazioni elettroniche sono presenti PTC atti a proteggere alcune sezioni o parti di essi.

Come accennato prima, è possibile impiegare i PTC in due modi diversi: come protezione, oppure come controllo della tensione in funzione della temperatura.

### Sono possibili anche altri modi applicativi

Nei Tvc è noto che tali componenti siano impiegati nei circuiti di smagnetizzazione.

Il campo elettrostatico ritenuto entro il TRC deve essere eliminato ogni qualvolta che il Tvc venga acceso. Questo è reso necessario per evitare che i colori possano essere falsati in alcune parti dello schermo, oppure per contrastare campi magnetici posti nelle vicinanze.

Le Fig. 6, 7, 8 e 9 mostrano le possibili connessioni dei PTC nei Tvc e l'andamento della tensione elettrica nella bobina di smagnetizzazione.

Le possibilità di connessione possono essere a singolo e doppio partitore resistivo, oppure a connessione serie. In tutti i casi, l'effetto è quello dell'eliminazione del campo elettrostatico entro il TRC. A temperatura ambiente i PTC presentano un basso valore resistivo ma, non appena il Tvc è acceso, la 220V percorre i partitori visibili nelle figure. Questo provoca una tensione ai capi della bobina di smagnetizzazione, così come visibile in Fig. 6.

Alcuni Tvc presentano i PTC connessi a valle di un relè, mentre la maggioranza dei costruttori li impiega direttamente dopo l'interruttore principale di rete.

Personalmente preferisco la prima delle due soluzioni perché il circuito di smagnetizzazione risulta efficiente ogni volta che il Tvc è acceso dal telecomando, anziché dall'interruttore di rete.

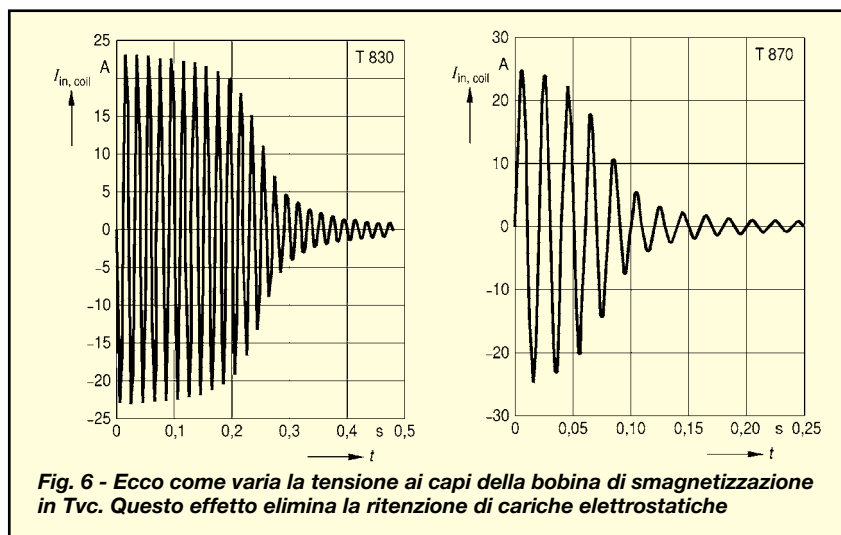


Fig. 6 - Ecco come varia la tensione ai capi della bobina di smagnetizzazione in Tvc. Questo effetto elimina la ritenzione di cariche elettrostatiche

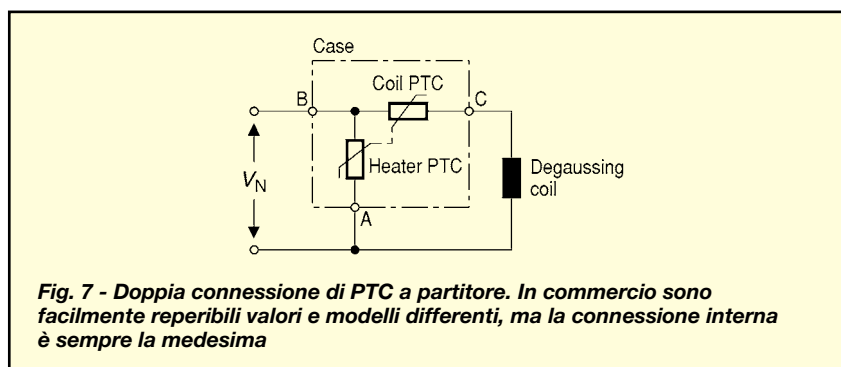


Fig. 7 - Doppia connessione di PTC a partitore. In commercio sono facilmente reperibili valori e modelli differenti, ma la connessione interna è sempre la medesima

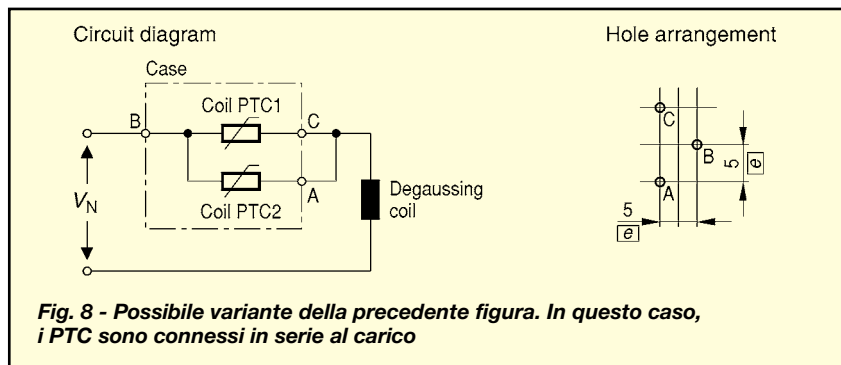


Fig. 8 - Possibile variante della precedente figura. In questo caso, i PTC sono connessi in serie al carico

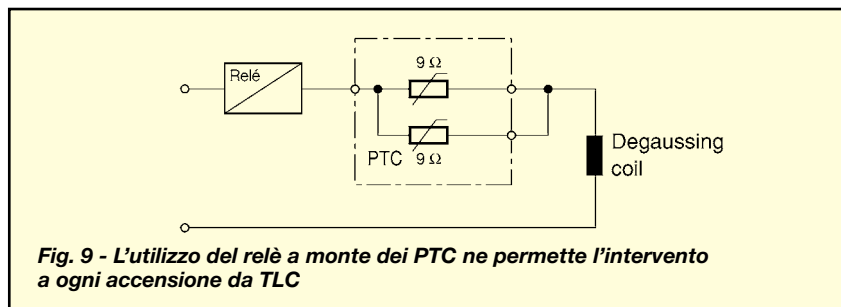
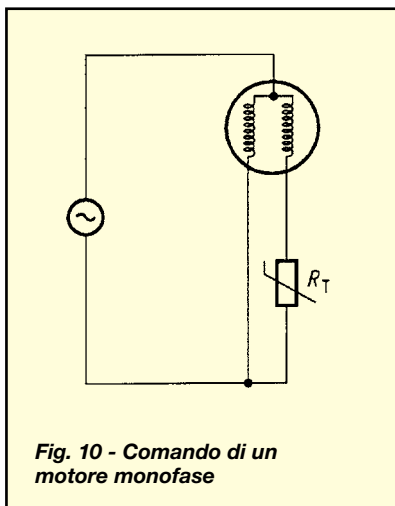
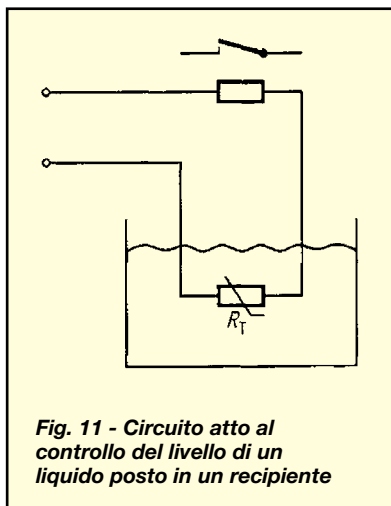


Fig. 9 - L'utilizzo del relè a monte dei PTC ne permette l'intervento a ogni accensione da TLC



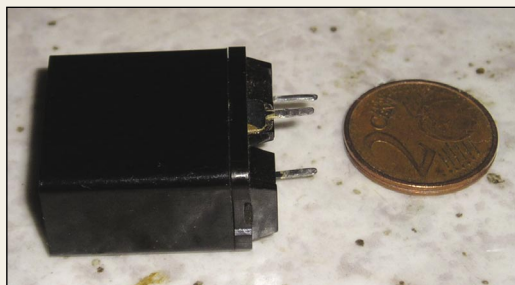
**Fig. 10 - Comando di un motore monofase**



**Fig. 11 - Circuito atto al controllo del livello di un liquido posto in un recipiente**

## IL QUESITO DEL MESE

Conoscendo gli amplificatori operazionali, in che modo può essere connesso un PT100, oppure PT190 (vedere foto sotto), per poter realizzare un termostato che, raggiunti i 70 °C, azioni una ventola (ad esempio una ventola di raffreddamento impiegata nei PC)?



*Il PT190, come possiamo vedere, possiede dimensioni molto piccole. È possibile realizzare facilmente un termostato impiegando questo componente (la sigla PT190 indica che alla temperatura di 0 °C abbiamo una resistenza pari a 190 Ω)*

I componenti citati sono facilmente reperibile nei negozi di ricambi elettronici. Aiutandovi con i grafici visti in precedenza e con le poche formule citate, cercate di realizzare un tale dispositivo e inviatene lo schema con la spiegazione del funzionamento alla Redazione.

Risposta al quesito del numero scorso:

**La domanda era: la maggior parte dei guasti nei Tvc si verifica perché la temperatura diviene troppo elevata. Perché non impiegare un circuito a NTC che agisca sul foto-accoppiatore presente in uno stadio SMPS in modo da proteggere lo stadio SMPS da guasti?**

*Se la temperatura sul transistor switching (oppure di riga) dovesse aumentare pericolosamente, si potrebbe diminuire la tensione in modo da "salvare" l'alimentatore o almeno parte di esso.*

*In effetti il ragionamento non sarebbe sbagliato, anzi! Il problema applicativo però è dato dal fatto che un circuito del genere farebbe diminuire la tensione (le tensioni) sulle uscite dell'alimentatore man mano che la soglia di pericolo si avvicina. Questa è una condizione non accettabile per un buon funzionamento del Tvc. L'effetto di una diminuzione della tensione principale determinerebbe una AHT inferiore e un restringimento dello schermo.*

**È vero quindi che si riuscirebbe a proteggere il Tvc, ma è altrettanto vero che uno schermo di ampiezza variabile non sarebbe "ottimale". Quanti di voi sopporterebbero un Tvc che, scaldatosi troppo, rimpicciolisce lo schermo?**

È facile infatti che il Tvc sia spento regolarmente dal TLC e al successivo riavvio presenti sullo schermo delle macchie colorate (spesso ai bordi).

Questo effetto negativo è determinato dal fatto che il PTC atto alla smagnetizzazione è già alla temperatura di esercizio perché il Tvc è in St-By, quindi non può più variare il suo valore resistivo.

Quando invece il dispositivo è connesso come in Fig. 9, lo spegnimento del Tvc da TLC ne provoca l'isolamento dalla rete elettrica permettendone il regolare raffreddamento. Quando il Tvc è nuovamente riacceso, il relè connette il circuito di Degaussing permettendone l'intervento.

L'andamento della tensione, come detto in precedenza, è quello di Fig. 6 tutte le volte che il Tvc viene acceso.

## Applicazioni differenti

Altre possibili applicazioni elettriche possono essere:

- sensori di livello per liquidi
- avviamento di motori monofase
- termostati.

La Fig. 10 mostra la possibile connessione che consente l'innesco di un motore monofase.

Al momento della partenza il motore vede due tensioni differenti, perché il PTC provoca una piccola caduta di tensione. Il termistore PTC, inoltre, protegge il motore ad accelerazione avvenuta.

La Fig. 11 mostra la possibile connessione di un PTC come sensore di livello. Il liquido presente nel recipiente permette il raffreddamento del componente e quindi permette il comando della bobina del relè che aziona la pompa di aspirazione.

Quando il liquido scende sotto la posizione del PTC, questi non è più raffreddato e quindi il valore resistivo inizia ad aumentare. Ad un certo punto il relè non è più polarizzato correttamente e la pompa si ferma. Un circuito analogo può essere impiegato nello scaldacqua per uso domestico. □