

In questo articolo vi spieghiamo cosa sono le celle di Peltier, come vanno usate, dove trovarle, quali vantaggi presentano ma anche quali svantaggi. Se desiderate svolgere qualche esperienza, ad esempio costruirvi un piccolo frigorifero o uno scaldavivande, in questo articolo troverete tutti i consigli utili per farlo.

ESPERIENZE con le celle di

Articoli sulle celle di Peltier ne avrete già letti tanti, ma avrete anche avuto modo di constatare come il più delle volte siano incompleti e sommari, tanto che ancora non sapete come tali celle siano fatte, né come funzionino, per cui sfruttarle per realizzare anche il più piccolo frigorifero vi appare un'impresa assai ardua.

Scrivere infatti che per fare questo o quell'altro frigorifero è necessario semplicemente collegare ai terminali di alimentazione una cella di Peltier, è come scrivere che per realizzare uno stadio finale di BF è sufficiente collegare un transistor.

Una simile affermazione non può che suscitare nel lettore interrogativi di questo genere:

"Ma che tipo di transistor? Un PNP o un NPN, uno di media o di alta potenza, e qual è la sua sigla?"

Generalmente, quando si omettono questi dati è solo perché il progetto pubblicato non è mai stato né montato né provato.

Vi chiederete allora come sia possibile pubblicarne le foto, ma l'enigma è presto risolto perché, in realtà, si tratta di riproduzioni ricevute dai vari "data sheet" forniti dalle Case Costruttrici.

Parlare delle celle di Peltier riprendendo quelle poche notizie riportate su questi depliant non aiuta nessuno.

Per fare una cosa seria bisogna procedere in una ben diversa direzione, cioè ricercarle, acquistarne diversi esemplari e verificarle se in pratica quanto è scritto corrisponde a verità.

Solo procedendo in questo modo si possono scoprire i pregi ma anche i difetti di questo componente, che raramente vengono menzionati.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Se pensate che la "bolla di Peltier" sia una scoperta recente, vi possiamo subito dire che la vostra

convincione è errata, in quanto fu nel lontano 1834 che il fisico francese Jean Charles Peltier, dedicandosi a ricerche sull'elettricità, scoprì questo effetto termoelettrico.

Egli infatti constatò che facendo passare una tensione continua attraverso la superficie di contatto di due diverse sostanze conduttrici, da un lato veniva assorbito calore (lato freddo) e dal lato opposto invece si generava calore (lato caldo).

Tale scoperta in passato non fu molto sfruttata, ma quando sul mercato cominciarono ad apparire i nuovi materiali semiconduttori attivamente usati per costruire i transistor, molte Case Costruttrici iniziarono a realizzare tantissimi tipi di celle, di bassa, media ed alta potenza, per gli innumerevoli vantaggi che queste offrivano.

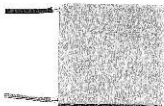
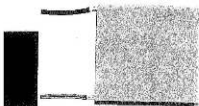
Infatti, oltre ad essere totalmente silenziose, hanno dimensioni e peso ridottissimi, sopportano senza problemi urti e vibrazioni, possono essere usate in qualsiasi posizione, verticale, orizzontale, inclinate, non solo, ma grazie ad esse è possibile regolare la potenza frigorifera variando semplicemente la corrente di alimentazione.

Ciò che le rende ancor più interessanti è il fatto che, invertendo la polarità di alimentazione, s'inverte anche il loro funzionamento, cioè la superficie che prima generava freddo si mette a generare calore e quella che generava calore si mette a generare freddo.

Le applicazioni pratiche di questo effetto, ovviamente subordinate al tipo ed alla relativa potenza, sono infinite:

- = piccoli condizionatori d'aria calda e fredda
- = raffreddamento di liquidi
- = frigoriferi portatili da alimentare con la batteria dell'auto
- = raffreddamento dell'involucro del transistor di potenza

In questa foto vi facciamo vedere diverse celle di Peltier del tipo "isolato". Chi acquisterà queste celle, dovrà fare attenzione alla loro caratteristica, perché spesso la "potenza" in watt dichiarata è quella di assorbimento (volt x amper). La potenza REFRIGERANTE è normalmente uguale alla metà di quella assorbita.



PELTIER

- = raffreddamento in estate delle bacinelle di sviluppo fotografico
- = riscaldamento in inverno delle bacinelle di sviluppo fotografico
- = regolazione della temperatura per acquari

Passando alla chimica, alla biologia ed alla medicina, in questi settori possono essere impiegate per:

- = analisi del gas
- = raffreddamento di provette
- = riscaldamento o raffreddamento di piastre
- = raffreddamento dei portavetrini per microscopi
- = raffreddamento della circolazione sanguigna
- = per realizzare camere climatiche
- = in chirurgia per anestetzizzare parti del corpo

e qui ci fermiamo perché tale elenco potrebbe continuare all'infinito, dato che innumerevoli sono le applicazioni in cui si ha necessità di utilizzare il freddo e, contemporaneamente, il caldo.

LA STRUTTURA DI UNA CELLA

Questa nostra breve introduzione avrà certamente suscitato in voi la curiosità di sapere come sia composta una cella di Peltier.

Osservando la fig. 1, potrete scoprire che essa è praticamente composta da due materiali semiconduttori, uno a canale N e l'altro a canale P, collegati tra loro da una lamina di rame.

Fig.1 Una cella di Peltier è composta da due blocchi di materiale semiconduttore di polarità opposta. Applicando il positivo sul lato N ed il negativo sul lato P, la parte superiore si raffredderà e quella inferiore si riscalderà. Invertendo la polarità, il lato caldo si raffredderà e quello freddo si riscalderà.

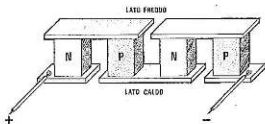
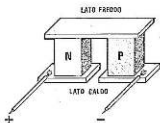


Fig.2 Una sola cella non riesce mai ad erogare una elevata potenza refrigerante, perciò per aumentare quest'ultima si devono collegare più celle in serie.

Fig.3 Per ottenere delle potenze interessanti si devono costruire dei blocchi cementati racchiudendo al loro interno circa 30-40 celle.

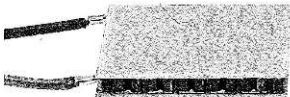
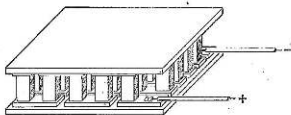


Fig.4 Una Peltier da 25 watt di potenza "refrigerante" (38 watt di assorbimento), malgrado al suo interno siano racchiuse così tante celle, ha dimensioni veramente ridotte, infatti il suo spessore è di soli 4 millimetri e i lati non superano i 30x30 millimetri.

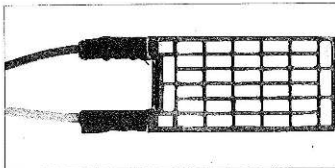


Fig. 5 In questa foto vi mostriamo una cella di Peltier "non isolata", cioè con le placchette in rame che collegano le varie celle non protette da alcun isolante.

Se dal lato del materiale N applichiamo la polarità **positiva** di alimentazione è dal lato del materiale **P** la polarità **negativa**, la lastra di rame superiore **gelerà** mentre quella inferiore **scalderà** (vedi figg. 1-2).

Se sulla stessa cella invertiamo la polarità di alimentazione, cioè applichiamo dal lato del materiale **N** la polarità **negativa** e dal lato del materiale **P** la polarità **positiva**, s'inverterà la funzione caldo/freddo, ed infatti la parte superiore **scalderà** e quella inferiore **gelerà**.

Una sola cella, considerato che le sue dimensioni sono di pochi millimetri, non potrà mai generare una potenza utile a fini pratici, pertanto anche inserendone due in **serie** (vedi fig. 2) si potrà arrivare al massimo ad una potenza frigorifera di 0,5 watt.

Quindi, per ottenere potenze frigorifere di 15-20 watt, occorre realizzare delle batterie composte con almeno 30-40 celle (vedi fig. 3).

Aumentando il numero delle celle, aumenta in-

fatti la superficie irradiante e, di conseguenza, la potenza refrigerante.

A questo proposito si potrebbe fare un semplice paragone con il "calore".

Se avete a disposizione un fornello elettrico con piastra irradiante di diametro ridotto, ponendo sopra quest'ultima un recipiente molto grande pieno di acqua, constaterete che occorreranno ore ed ore prima che questa si riscaldi ed entri in ebollizione (figg. 6-7).

Ponendo lo stesso recipiente sopra ad una piastra di diametro notevolmente maggiore, l'acqua in poco tempo raggiungerà la temperatura di ebollizione.

Di celle di Peltier ne esistono di dimensioni e potenze diverse.

Riteniamo a questo punto utile riportare le caratteristiche essenziali di **qualche** cella, perchè tantissimi sono i modelli che le Case costruiscono, anche se poi, in pratica, in commercio risultano intro-

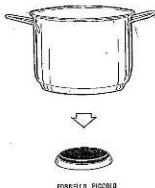


Fig. 6 Se la piastra di un fornello eroga "poca potenza", occorrerà un tempo maggiore per portare ad ebollizione l'acqua contenuta in un recipiente, rispetto a quello necessario con una piastra più grande che eroga maggior potenza.

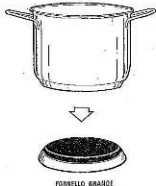


Fig. 7 Lo stesso discorso vale anche per le celle di Peltier, con la sola differenza che queste generano "freddo". Quindi più elevata risulterà la loro potenza, minor tempo occorrerà per raffreddare l'interno di un piccolo frigorifero.

visibili, perché forniti solo alle industrie che costruiscono frigoriferi portatili, apparecchiature medicali o per altre specifiche applicazioni industriali.

PKE.12 A/0030 (isolata)
Dimensioni 8,5x13x5 millimetri

Potenza refrigerante	1,2 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	1,3 volt
Corrente ottimale	1,6 amper
Max. temperatura lato caldo	70 gradi

PKE.18 A/001 (non isolata)
Dimensioni 28x28x4,5 millimetri

Potenza refrigerante	10 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	2,0 volt
Corrente ottimale	8 amper
Max. temperatura lato caldo	70 gradi

PKE.12 A/0021 (isolata)
Dimensioni 8,5x13x5 millimetri

Potenza refrigerante	3,6 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	1,4 volt
Corrente ottimale	4,5 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

PKE.72 A/0020 (isolata)
Dimensioni 30x30x5 millimetri

Potenza refrigerante	13 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	7,6 volt
Corrente ottimale	3,3 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

— **PKE.72 A/0021 (isolata)**
Dimensioni 30x30x4 millimetri

Potenza refrigerante	25 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	8,5 volt
Corrente ottimale	4,5 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

● **PKE.126 A/0020 (isolata)**
Dimensioni 39x39x5 mm.

Potenza refrigerante	24 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	15 volt
Corrente ottimale	3,3 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

PKE.126 A/0021 (isolata)
Dimensioni 39x39x4 millimetri

Potenza refrigerante	36 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	13,5 volt
Corrente ottimale	4,5 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

PKE.32 A/0021 (non isolata)
Dimensioni 50x58x5 millimetri

Potenza refrigerante	45 watt
Salto termico	60 gradi
Tensione alimentazione	3,2 volt
Corrente ottimale	25 amper
Max temperatura lato caldo	70 gradi

Accanto alla sigla della cella abbiamo ritenuto utile riportare anche l'indicazione **isolata** o **non isolata** o la relativa dimensioni in millimetri.

La definizione "cella isolata" indica che sopra e sotto alle due superfici riscaldanti e refrigeranti è cementato un sottile spessore di materiale ceramico, necessario per isolare le lamelle in rame di collegamento delle varie celle (vedi fig. 8); pertanto, queste due superfici le potremo appoggiare sopra a qualsiasi piano metallico senza alcun isolamento.

La definizione "cella non isolata" indica che le lamelle in rame risultano da entrambi i lati scoperte (vedi fig. 5), quindi per poter fissare la cella di Peltier sopra ad una superficie metallica, si dovrà necessariamente interporvi una sottile mica tipo Slid-Pad (vedi fig. 10), in modo che il calore o il freddo possano essere facilmente trasferiti sull'altrettanta superficie senza provocare dei cortocircuiti.

In pratica, anche se risultano leggermente più costose (di circa il 5%), conviene sempre scegliere le celle isolate, perché il materiale ceramico utilizzato ha una resistenza termica molto bassa, quindi la perdita di trasferimento è irrisoria.

Per quelle non isolate incontreremo una certa difficoltà a reperire una mica Slid-Pad delle dimensioni utili e, se anche riusciamo a reperirla, poiché ne servono due, oltre al costo che non è irrisorio, aumenterebbe il valore della resistenza termica e quindi avremmo un rendimento minore.

Sotto all'indicazione delle dimensioni, è riporta-

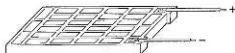


Fig. 8 Le celle di Peltier "non isolate" sono poco pratiche, perché non sempre è facile trovare delle miche Sild-Pad da collocare lateralmente.

Fig. 9 Ai lati delle celle di Peltier "isolato" è incollata una sottile lastra di materiale ceramico, in grado di trasferire il calore o il freddo con un elevato rendimento.

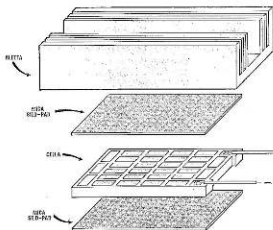
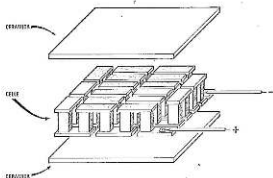


Fig. 10 In una cella "non isolata" bisogna porre una mica sia sul lato superiore che inferiore per isolare le lamelle in rame che risultano scoperte.

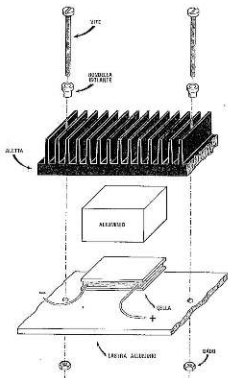
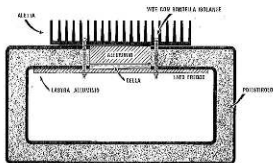


Fig.11 Usando una cella "Isolata", potremo appoggiare direttamente sul suo lato "freddo" una lastra di alluminio e sul suo lato "caldo" un blocchetto di alluminio ben levigato, fissando quest'ultimo ad un'aletta di raffreddamento necessaria per dissipare il più velocemente possibile il calore generato.

Fig.12 Come per i "thermos", tra l'esterno e l'interno della camera frigorifera occorre sempre interporre uno spessore di materiale isolante (polistirolo, lana di vetro, ecc.) per evitare dispersioni. Più ventilata manterremo l'aletta esterna, più freddo otterremo all'interno della camera.



ta nella prima riga la potenza refrigerante che, come motore, è in rapporto alle dimensioni della cella.

Nella seconda riga troviamo l'indicazione **salto termico**, cioè la differenza che potremo raggiungere tra il lato caldo ed il lato freddo.

In teoria un **salto termico** = 60 gradi sta a significare che se il lato caldo della cella si è stabilizzato su una temperatura di 45 gradi, sull'opposto lato freddo è presente una temperatura di:

$$45 - 60 = -15 \text{ gradi}$$

Se invece il lato caldo risultasse di soli 35 gradi, sul lato freddo sarebbe presente una temperatura di:

$$35 - 60 = -25 \text{ gradi}$$

In pratica, per le immane perdite di trasferimento di calore tra cella ed aletta di raffreddamento, difficilmente raggiungeremo questo salto termico, quindi conviene sempre considerare, come noi stessi abbiamo appurato, una differenza di temperatura tra le due superfici di circa 40 gradi.

Vale a dire che se il lato caldo della cella si stabilizzerà su una temperatura di 45 gradi, sul lato freddo la temperatura risulterà di circa:

$$45 - 40 = +5 \text{ gradi}$$

Se invece il lato caldo non supererà i 35 gradi, sul lato freddo avremo:

$$35 - 40 = -5 \text{ gradi}$$

Però se volessimo ottenere sul lato freddo della cella una temperatura di -15 gradi, dovremmo fare in modo che il lato opposto, cioè quello caldo, non raggiunga mai una temperatura di:

$$40 - 15 = 25 \text{ gradi}$$

una condizione questa che si raggiungerà soltanto applicando sul lato caldo una aletta di raffreddamento di dimensioni appropriate e facendo smaltire velocemente il calore tramite una ventola.

In molte applicazioni industriali, per raggiungere sul lato freddo temperature di -30 - 40 gradi, si utilizza un raffreddamento forzato ad acqua corrente.

Nella terza riga troviamo la **tensione di alimentazione** e a questo proposito potremo facilmente no-

lare che esistono celle che è necessario alimentare a 1,4 volt, altre a 7,6 volt oppure a 13,5 volt, ecc.

Per tanto, ogni tipo di cella va alimentata con la tensione indicata dalla Casa Costruttrice per evitare di metterla subito fuori uso.

Comprenderete quindi che non è possibile presentare un progetto alimentato con la tensione di 12-13 volt di una batteria, come spesso è stato scritto, senza precisare il tipo di cella da impiegare, perché chi acquistasse una cella di Peltier che necessitasse di una tensione di alimentazione di soli 3-6-8 volt, alimentandola con 12 volt la brucerebbe subito.

Nella quarta riga abbiamo riportato la **corrente ideale**, cioè quella richiesta per ottenere il massimo rendimento.

In pratica, questa corrente si può anche ridurre, ma come è facile intuire, in tal caso si ridurrà anche la potenza refrigerante.

A questo proposito si potrebbe anche pensare che ridurre la corrente non sia una condizione che possa dare dei vantaggi, invece in molti casi è indispensabile.

Ammettiamo che si voglia costruire un piccolo frigorifero portatile.

Appena alimenteremo la cella, sarà necessario che questa porti l'interno del frigorifero dalla temperatura ambiente (20-25 gradi) ad una temperatura di 0 gradi o poco più.

Raggiunta tale temperatura, converrà ridurre la corrente in quanto non sarà più necessario che la cella lavori al suo massimo.

Infatti, anche il compressore del vostro frigorifero di casa, si comporta allo stesso modo.

Non appena collegato, il compressore lavorerà a pieno regime per portare la temperatura all'interno del frigorifero sul valore richiesto e, una volta raggiunto, automaticamente si fermerà, riaccendendosi solo se la temperatura inizierà a salire, una condizione questa che si verifica se vi sono delle perdite o quando si apre lo sportello per prelevare delle vivande.

La quinta riga **max temperatura lato caldo** indica la temperatura che il lato caldo della cella di Peltier non dovrebbe mai raggiungere.

Se la temperatura dovesse superare tale valore e mantenersi stabile per circa 10-15 minuti, la cella potrebbe rovinarsi.

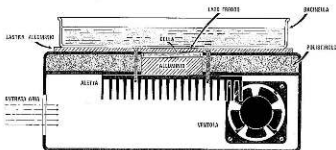


Fig. 13 Una cella di Peltier si può usare anche per raffreddare dei liquidi contenuti in una bacinella. Anche in questo caso è necessario interporre tra le due superfici uno strato di materiale isolante ed inserire una ventola per raffreddare l'aletta posta sul lato caldo.

ESPERIENZE pratiche

Per realizzare queste prove pratiche vi consigliamo la cella PKE72A-0021 da 25 watt, perché oltre ad avere una potenza refrigerante interessante, è anche la più economica.

Infatti, il prezzo di tale cella è di L.89.000 e una potenza di 25 watt è più che sufficiente per realizzare un piccolo frigorifero o per essere sfruttata in altre analoghe applicazioni.

Le celle di potenza maggiore costano, in proporzione, cifre molto più elevate. Infatti se una cella da 4 watt costa L.60.000, una da 25 watt costa L.89.000 ed una da 95 watt costa ben L.160.000.

Una volta in possesso di tale cella, provate e collegarla al nostro alimentatore LX938 dopo aver ruotato la corrente al minimo.

A questo punto potrete accendere l'alimentatore e regolare l'assorbimento sul 3 amper circa.

Se toccherete le due superfici della cella, noterete che una di esse è calda e l'altra è gelata.

Aumentando leggermente la corrente, varierà notevolmente la differenza di temperatura fino ad un massimo di 4,5 amper, tanto che una di queste elettrodi, mentre sull'altra si formerà uno strato di brina.

Se invertirete la polarità di alimentazione constaterete che il lato che in precedenza si scaldava ora gela, e ovviamente il lato che prima generava "freddo" ora genererà calore.

Questo tipo di esperienza non va mai protratto

per tempi lunghi perché, come saprete, non conviene far raggiungere al lato caldo una temperatura di 70 gradi.

Per sfruttare tali celle in una applicazione pratica, ad esempio per realizzare un piccolo frigorifero portatile, è necessario che il lato freddo della cella risulti ben aderente alla lastra di alluminio posta all'interno del frigo e la parte opposta, cioè il lato caldo, ad un'aletta di raffreddamento di dimensioni sufficienti per dissipare il calore generato.

Poiché lo spessore di questo cella è veramente minimo, 4 - 5 millimetri, per far sì che la camera frigorifera interna non disperda il freddo accumulato, è necessario interporre tra la lastra di alluminio intorno e l'aletta esterna, una lastra pressata di 1 centimetro o più di polistirolo o altro materiale isolante.

Fertanto, come abbiamo rappresentato in fig. 12, occorre appoggiare sul lato caldo della cella un blocchetto di alluminio, rame o piombo, che abbia le stesse dimensioni della cella e uno spessore uguale a quello del polistirolo.

Le superfici di questo blocchetto, usato come spessore, dovranno risultare ben levigate, in modo che spoggi uniformemente sulla superficie della cella, diversamente, il trasferimento di calore tra la cella e l'aletta di raffreddamento sarà più difficoltoso e di conseguenza il salto di temperatura all'interno del frigorifero risulterà inferiore ai 40 gradi.

Perciò, se si riuscirà a far dissipare molto velo-

cedente il calore dal lato caldo della cella, il lato freddo potrà facilmente scendere sotto agli 0 gradi, diversamente rimarrà, anche per pochi gradi, sopra allo 0.

Per aumentare il rendimento, oltre a serrare bene la cella tra la lastra di alluminio sottostante e l'aletta esterna di raffreddamento, è necessario isolare le viti di bloccaggio con delle rondelle di plastica, per evitare che le viti, surriscaldandosi al contatto con l'aletta, trasferiscano il calore all'interno della camera frigorifera.

Applicando in prossimità dell'aletta di raffreddamento una ventola, è possibile raffreddare più velocemente il lato caldo della cella di Peltier e di conseguenza abbassare ulteriormente la temperatura all'interno della cella frigorifera.

Svolgendo delle prove, constaterete che non è difficile scendere sotto i - 10 gradi sul lato freddo.

A titolo sperimentale siamo riusciti a realizzare un piccolo frigorifero portatile, acquistando in un supermercato, un economico contenitore termico per week-end già completo di uno spessore di materiale isolante.

Inserendo al suo interno una lastra di alluminio da 3 mm, e forando la plastica, siamo riusciti a fissare la cella da 25 watt, completa di un'aletta di raffreddamento ed, in sua prossimità, di una ventola a 12 volt.

Dopo questa prova, visto che il contenitore ter-

mico l'avevamo già forato, abbiamo provato a collegarne due in serie per aumentare la potenza frigorifera ed il risultato ci ha confermato che con due celle si riesce a raffreddare più velocemente l'interno della camera frigorifera.

Per raffreddare invece dei liquidi contenuti all'interno di bottiglie, vedi ad esempio i bagni di sviluppo per fotografi, si potrebbe usare la lastra di alluminio come piastra raffreddante.

L'aria calda generata dalla superficie opposta, grazie ad una ventola verrà espulsa all'esterno della camera oscura (vedi fig. 13).

DUE CELLE IN SERIE

Come abbiamo già avuto modo di accennare, è possibile aumentare la potenza frigorifera aumentando il numero delle celle.

Utilizzando due celle da 25 watt si riuscirà ad ottenere una potenza frigorifera di 50 watt, utilizzando 5 si otterrà una potenza frigorifera di 125 watt, ma considerato il loro costo, questa soluzione può essere adottata solo per particolari applicazioni industriali.

Due celle in serie si possono utilizzare soltanto se hanno identiche caratteristiche, cioè stessa tensione di alimentazione, identica corrente di assorbimento e potenza frigorifera, cioè soltanto se han-



Fig.14 Collegando due celle in serie e rispettando la polarità dei terminali si raddoppia la potenza refrigerante. Le celle da porre in serie dovranno risultare di identiche caratteristiche.

Fig.15 Controllate che le due superfici che fissarete sulla lastra di alluminio, corrispondano entrambe al lato "freddo".



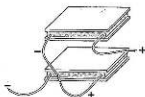


Fig. 16 Per scendere molto sotto allo "zero" conviene collocare le due celle una sopra all'altra. Questo sistema risulta particolarmente valido se si ha la necessità di congelare molto velocemente l'interno di camere frigorifere.



Fig. 17 Collocando due celle una sopra all'altra, bisognerà porre sul "lato caldo" della prima cella, il lato "freddo" della seconda cella. Sul lato caldo della seconda cella occorrerà sempre applicare un'aletta di raffreddamento.

no identica sigla.

È abbastanza intuitivo il concetto che collegando in serie due celle che richiedono una tensione di alimentazione di 8,5 volt ciascuna, lo dovremo alimentare con una tensione di 17 volt, collegandole invece in serie tre, dovremo triplicare la tensione di alimentazione, cioè usare 25,5 volt.

Non è comunque mai consigliabile collegarle in parallelo, perché occorrerebbero alimentatori in grado di erogare correnti esagerate.

Se costassero di meno, con queste celle si potrebbero anche realizzare dei frigoriferi ecologici, cioè senza compressore e senza il cosiddetto freon che, disperdendosi nell'aria, è uno dei fattori che incrementa l'ormai noto buco nell'ozono.

Un domani forse, qualche Industria presenterà queste celle come una novità, ma per voi non sarà più tale, dato che avrete già provato e sperimentato da tempo il loro funzionamento.

A questo proposito, se il costo di tali celle non vi spaventa, potreste anche realizzare progetti di un certo interesse e di pratica utilità.

Nell'esempio del frigorifero, anziché applicare una sola cella al centro della lastra in alluminio posta all'interno della camera frigorifera, ne potreste collocare due lateralmente, collegandole in serie, cioè il terminale negativo della prima cella al positivo della seconda cella, alimentando infine il tutto con la stessa corrente necessaria ad un solo cella (vedi fig. 14).

Per usi particolari, dove si abbia necessità di ottenere basse temperature all'interno di una piccola camera frigorifera, le due celle anziché applicarle affiancate come vi abbiamo illustrato in fig. 14, le potrete collocare una sopra all'altra (vedi fig. 16).

Ammesso che si riesca ad ottenere per ogni cel-

la un salto termico di 40 gradi, anche se l'aletta si surriscaldasse tanto da raggiungere i 50 gradi sul lato freddo di questa prima cella, si potrebbe raggiungere in via teorica una temperatura di:

$$50 - 40 = 10 \text{ gradi}^{\circ}$$

Poiché il lato freddo risulta appoggiato sul lato caldo della seconda cella, in teoria questa dovrebbe mantenersi sul 10 gradi, quindi sull'opposto lato freddo si dovrebbero raggiungere i:

$$10 - 40 = -30 \text{ gradi}$$

In pratica questa condizione non si riuscirà mai ad ottenere, comunque la temperatura presente nella seconda cella risulterà notevolmente minore di quella che una sola cella potrebbe fornirci.

In campo industriale e medico, dove il costo è un fattore secondario, se ne applicano, una sopra all'altra, anche tre, quattro o cinque, in modo da congelare velocemente liquidi o tessuti da sottoporre ad interventi chirurgici.