

## Il raffreddamento ad aria forzata dei tubi trasmettenti di potenza

Alcune considerazioni nella scelta di un adatto sistema di ventilazione

Da "Eimac Amateur Service Newsletter" di William I. Orr W6SAI

Libera traduzione con aggiunte di Domenico Marini - I8CVS

### Premessa

Recentemente mi sono occupato del raffreddamento forzato di una valvola Eimac Y 847 per un amplificatore in cavità a 1296 MHz.

Mi sono reso conto che determinare pressione e portata di un sistema di ventilazione senza avere nozioni di "meccanica dei fluidi" equivale a pretendere di calcolare un alimentatore senza conoscere la legge di Ohm.

Fortunatamente ho trovato aiuto nella soluzione del problema leggendo e studiando la Newsletter AS-32 della Eimac, che data la sua importanza per l'OM, ho tradotto per Radio Rivista con delle aggiunte personali. Ringrazio anche il collega I1TMH della Eimac per i preziosi consigli e materiale bibliografico inviati.

### Il raffreddamento dei tubi elettronici

Noi viviamo nel fondo di un vasto oceano di aria.

Questo invisibile elisir portatore di vita, fornisce al progettista elettronico un mezzo economico ed efficiente di raffreddamento di apparecchiature che generano calore, come i trasmettitori e i ricevitori.

Nel corso degli anni, gli apparecchi elettronici sono divenuti sempre più sofisticati e

compatti ed il problema di asportare il calore generato, è divenuto un fatto serio.

Fino a quando qualcuno, si fa per dire, non riuscirà a miniaturizzare il watt, i sistemi di scambio del calore rimarranno un settore di grande difficoltà per il progettista di apparecchiature elettroniche.

In questo articolo si discutono i vari aspetti dei sistemi di raffreddamento ad aria forzata nei tubi trasmettenti di potenza.

Tutti gli apparecchi elettronici generano calore e questo calore deve essere rimosso, altrimenti l'apparecchio in questione rischierebbe di bruciarsi.

Il calore si può allontanare mediante radiazione, conduzione o convezione oppure mediante una combinazione di questi metodi. Questo articolo esamina i sistemi di raffreddamento ad aria forzata, una efficiente forma di raffreddamento per convezione, che viene usato su valvole negli apparecchi trasmettenti commerciali fino alla potenza di qualche decina di chilowatt e nei trasmettitori per radioamatori fino al cosiddetto "Due chilowatt p.e.p.".

Generalmente parlando, dal 20 al 70 per cento della potenza assorbita dalla rete dai trasmettitori, viene dissipata in calore emesso dai tubi e dai componenti.

La sopraelevazione di temperatura risultante deve essere tenuta entro limiti ragionevoli per assicurare una vita soddisfacente, sia per le valvole finali che per gli altri componenti del circuito.

### Il sistema di raffreddamento ad aria

Le fig. 1A e 1B mostrano due tipici sistemi di raffreddamento ad aria forzata.

Questi consistono in un ventilatore centrifugo, un condotto per guidare l'aria di raffreddamento fino all'ingresso della valvola, oppure uno chassis pressurizzato, il radiatore alettato della valvola, ed una uscita in atmosfera per l'aria che è servita a raffreddare la valvola.

Allargando soltanto un po' l'immaginazione, questo sistema che fa circolare aria, può essere paragonato al circuito elettrico in serie di fig. 1C, nel quale ciascun componente del sistema pneumatico è rappresentato da una resistenza che ha ai suoi capi una caduta di tensione che corrisponde alla cosiddetta "back pressure" o caduta di pressione esistente ai capi di ciascuna analoga resistenza che il flusso di aria incontra lungo il suo percorso nei condotti.

La resistenza offerta al flusso di aria può anche essere espressa in termini di "caduta di pressione" ai capi di un determinato componente del circuito pneumatico.

La somma delle cadute di pressione che si hanno ai capi di ciascun condotto del sistema pneumatico è uguale alla pressione totale dell'aria fornita dal ventilatore sotto carico, proprio come la somma delle cadute di tensione ai capi delle resistenze nel paragone elettrico è uguale alla tensione del generatore sotto carico.

Fig. 1

Sistema di raffreddamento ad aria forzata.

In (A), il ventilatore è flangiato direttamente sullo chassis, che funziona da camera pressurizzata. L'aria viene scaricata in atmosfera dopo essere passata attraverso i piedini di filamento e l'anodo della valvola.

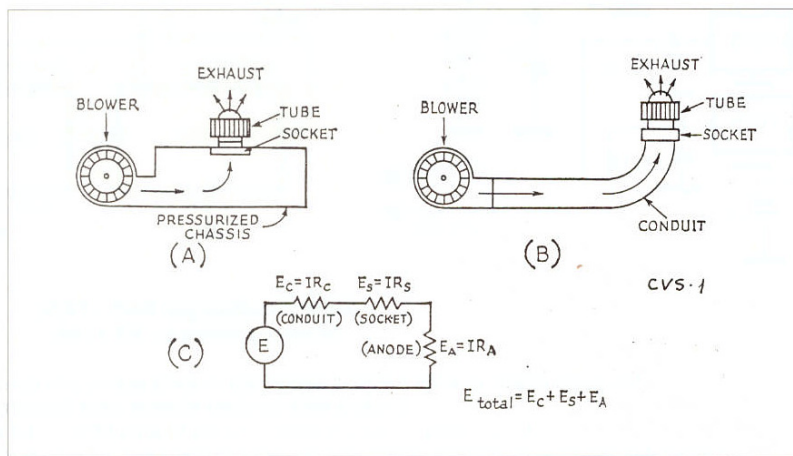
In (B) il ventilatore è montato ad una certa distanza dalla valvola e l'aria di raffreddamento è convogliata alla valvola attraverso un condotto o un tubo flessibile.

In (C) viene indicata una analogia elettrica del sistema di raffreddamento ad aria forzata.

Il ventilatore è rappresentato dal generatore (E). Le varie inevitabili cadute di pressione sono rappresentate come cadute di tensione ai capi delle resistenze ( $R_c$ ) e ( $R_s$ ).

Il lavoro utile, ossia il raffreddamento dell'anodo è rappresentato dalla caduta di tensione ( $E_a$ ) o "back pressure" ai capi del tubo.

E' bene precisare che la meccanica dei fluidi non segue la legge di Ohm.





## Teoria & Progetto

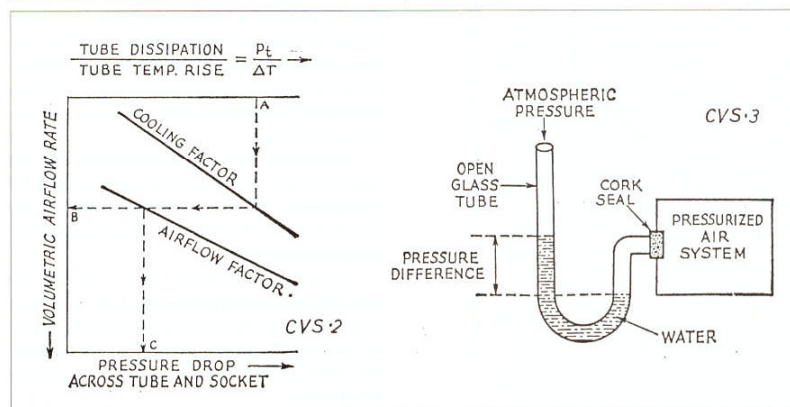
Fig. 2

Il rapporto fra la dissipazione anodica del tubo e la sovratemperatura ammissibile in (A) determina la quantità di aria "volumetric airflow rate" in (B).

La corrispondente caduta di pressione (C), ai capi dello zoccolo e del tubo, determina quella specifica portata di aria segnata in (B).

La caduta di pressione si può misurare con un micromanometro.

Le relazioni interdipendenti relative al raffreddamento sono le due curve "cooling factor" e "airflow factor" che vengono determinate in laboratorio, per ogni tipo di valvola, e pubblicate nei "data sheets".



Il ventilatore nel sistema pneumatico corrisponde al generatore nel sistema elettrico, dal punto di vista concettuale.

Il paragone elettrico purtroppo non regge quantitativamente con quello della "back pressure" o caduta di pressione ai capi di un componente nel sistema pneumatico, perché il sistema pneumatico non segue affatto la legge di Ohm che riguarda la caduta di tensione ai capi di una resistenza elettrica.

Al contrario, la caduta di pressione ai capi di un componente del sistema pneumatico, come ad esempio una strozzatura, varia approssimativamente con il quadrato del volume di aria che vi passa, intesa come volume per unità di tempo.

Quindi, se la richiesta di volume di aria è doppia, a parità di altre condizioni, sarà necessario quadruplicare, approssimativamente, la pressione per raggiungere il raddoppio di portata dell'aria richiesto.

Anche se l'analogia elettrica è inesatta, il progettista del trasmettitore che si sente confortato dalla legge di Ohm per i circuiti elettrici in serie, può avvicinarsi con la mente e si abitua per analogia al concetto della caduta di pressione che avviene in un sistema di raffreddamento ad aria forzata.

Il problema da risolvere ora è quello di determinare la grandezza e le caratteristiche di un ventilatore che possa soddisfare i limiti di temperatura imposti dal costruttore per un dato tipo di valvola, conciliando magari questi limiti con l'uso di ventilatori disponibili.

Le massime temperature di funziona-

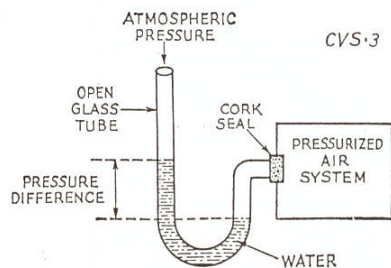
Fig. 3

Un semplice manometro ad acqua paragona la pressione dell'aria che circola nel sistema, con la pressione atmosferica.

In questo disegno l'aria fluisce ad angolo retto rispetto all'ingresso del manometro, ossia fluisce verso chi legge questa pagina.

La differenza di pressione si misura in millimetri di colonna d'acqua.

Il punto migliore per l'inserimento del manometro deve essere determinato sperimentalmente per evitare le turbolenze che si verificano nel sistema.



mento ed i fabbisogni di aria per i tubi trasmettenti con raffreddamento ad aria forzata sono generalmente riportati nei "data sheet" o forniti su richiesta dal costruttore della valvola.

Ciò semplifica considerevolmente il problema, giacché pochi tecnici hanno a disposizione le apparecchiature o il tempo per effettuare prove di temperatura sui tubi trasmettenti.

Le curve caratteristiche dei ventilatori, al contrario, sono fornite dai numerosi fabbricanti. Rimane dunque da tradurre in pratica questi dati poco familiari agli OM nei riguardi del progetto che si ha fra le mani.

### Requisiti di raffreddamento dei tubi trasmettenti

Le valvole trasmettenti a raffreddamento con aria forzata come le 4CX250-B, 4CX1000-A e similari ad anodo esterno, richiedono che l'aria di raffreddamento venga fatta passare di norma nel verso dalla base dello zoccolo verso l'anodo.

Quelle come le 4-400A e 4-1000A, con bulbo di vetro, a raffreddamento mediante grande convezione e radiazione, per esempio, richiedono anche loro aria forzata di raffreddamento per mantenere i piedini dello zoccolo entro precisi limiti di temperatura.

Se non diversamente specificato nei "data sheet", l'aria di raffreddamento deve circolare non appena i soli filamenti vengono accesi.

L'anodo esterno di raffreddamento dei

tubi metallo-ceramica, famiglia 4CX, è normalmente composto da un certo numero di alette di rame montate a raggiera nell'interno di un anello e brasate alla parte centrale dell'anodo cilindrico e dell'anello.

L'aria passa verticalmente lambendo la superficie delle alette.

Uno scambio di calore avviene allora attraverso le alette e l'aria che circola, cosicché il flusso di aria estrae il calore dall'interno del cilindro anodico, mantenendo la temperatura totale entro o al disotto dei limiti massimi stabiliti.

Siccome l'aria viene impedita nel suo flusso attraverso gli interstizi della struttura anodica simile a un vespaio, si crea una caduta di pressione, o "back pressure", fra l'ingresso e l'uscita dell'anodo, causata dall'attrito dell'aria contro la superficie delle alette e per via delle turbolenze dell'aria nei passaggi attraverso l'anodo.

La massa o peso di aria necessaria al raffreddamento (cooling airflow) dei tubi trasmettenti può essere calcolata in base al rapporto fra la dissipazione anodica  $P_t$  del tubo in watt e la temperatura  $\Delta T$  del tubo, in gradi centigradi, ossia in watt per grado centigrado  $P_t / \Delta T$ .

Ciò permette di calcolare sia la massa di aria circolante occorrente, in chilogrammi di aria al minuto, sia il flusso volumetrico corrispondente di aria in litri al minuto.

Mentre la massa o peso di aria circolante ogni minuto può essere calcolata in kg al minuto, un preciso calcolo del corrispondente flusso di aria in piedi cubi o litri al minuto deve tener conto della pressione barometrica a cui si trova questa massa di aria e dell'umidità ivi contenuta.

Il flusso di aria fornito dai "Data Sheet" si riferisce a quantità di aria in SCFM (Standard Cubic Feet per Minute) alla temperatura di 25 °C e 29.92 pollici di Hg oppure a litri di aria al minuto alla temperatura di 25 °C ed alla pressione atmosferica.

Se il trasmettitore lavora in montagna, per esempio, la massa di aria in libbre, o chilogrammi al minuto, rimarrà sempre la stessa ma, data la rarefazione dell'aria, la quantità di aria in SCFM, o litri al minuto, dovrà essere maggiore di quella al livello del mare e ciò si può esattamente calcolare.

Questa relazione viene espressa in forma grafica dalla fig. 2, che rende possibile al progettista di determinare la quantità di aria di raffreddamento necessaria in base al rapporto potenza dissipata / temperatura, ossia  $P_t / \Delta T$ .

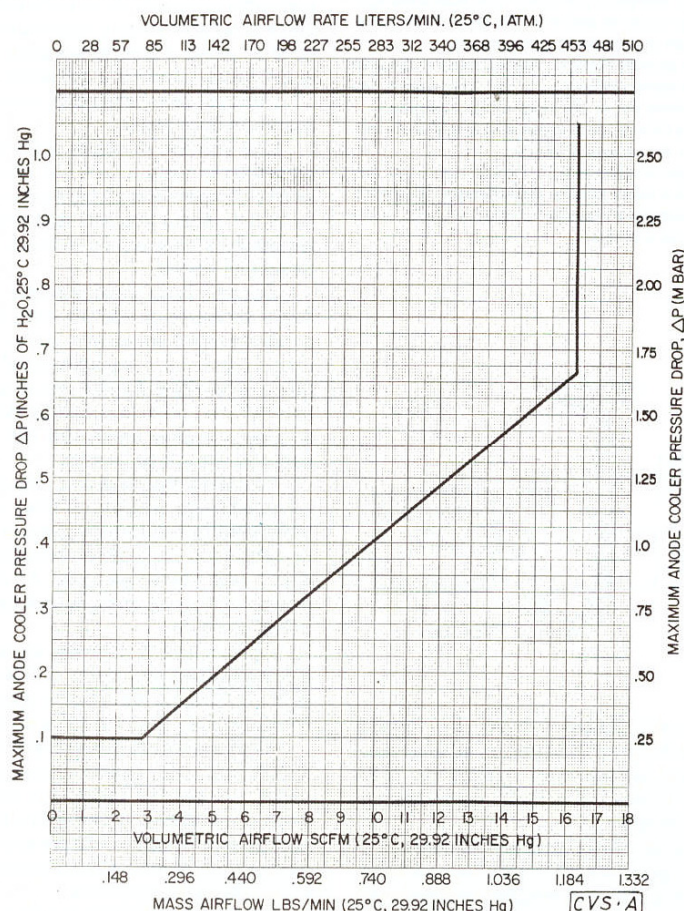
Il diagramma di fig. 2 stabilisce anche la "pressione differenziale" o "back pressure" o ancora "pressure drop" che ci deve essere fra l'ingresso dello zoccolo della valvola e la sua uscita in atmosfera esterna, affinché con quella pressione, vi circoli dentro l'anodo la quantità di aria richiesta o "volumetric airflow rate".

Il grafico di fig. 2 viene fornito normal-



## Teoria & Progetto

**Tabella A - Valvola Eimac Y 730**



mente con i valori numerici in ascissa ed ordinata per ogni tipo di tubo elettronico come mostrato nelle tabelle A e B della Eimac per la Y 730.

Il grafico di fig. 2 qui riportato senza dati è disegnato solo a titolo dimostrativo.

La quantità totale di calore che deve essere asportato viene determinata da uno studio sulle caratteristiche operative della valvola ed include dissipazione anodica e di filamento oltre a quella di griglia controllo e di griglia schermo, ove esista.

I massimi valori di dissipazione del tubo sono forniti di norma nei "Data Sheet".

La sovrarelevazione di temperatura del tubo viene trovata facendo la differenza  $\Delta T$  fra la massima temperatura misurata sul tubo nel punto più caldo esistente, quasi sempre 250 °C, e la massima temperatura dell'aria che si pensa dovrà raffreddare la valvola.

Se per esempio il punto più caldo che raggiunge la valvola è 250 °C e l'aria si assume per precauzione a più 50 °C, la sovrarelevazione di temperatura che dovrà

sopportare il tubo sarà 250 - 50 = 200 °C soltanto.

Sempre riferendoci a fig. 2, supponiamo che la dissipazione totale  $P_T$  del tubo sia di 400 W e che la sovrarelevazione di temperatura  $\Delta T$  sia 200 °C, il rapporto  $P_T / \Delta T = 400 / 200 = 2$ , ossia 2 W per grado centigrado.

Si cercherà allora il valore di 2 in (A), sull'ascissa in alto di fig. 2, indicata come "Tube dissipation/Tube Temp. Rise".

Da questo punto si tira la perpendicolare in basso fino ad incontrare la curva del "Cooling factor".

Si traccia ora una retta verso sinistra fino a incontrare in (B) l'ordinata "Volumetric airflow rate" che ci indica la quantità di aria in litri al minuto a 25 °C ed alla pressione relativa di 1 atmosfera che dovrà fluire nell'anodo.

Ora si traccia una perpendicolare fra il punto incontrato sulla curva "Airflow factor" e l'ascissa in basso indicata come (C) "Pressure drop across tube and socket".

Questo valore ci dice che se noi abbia-

mo ai capi della valvola la pressione differenziale trovata in ascissa (C) ed espressa in millimetri di colonna d'acqua, attraverso l'anodo ci passeranno senz'altro i litri di aria richiesti e stabiliti nella ordinata "Volumetric airflow rate".

Per analogia elettrica è infatti inutile misurare la portata di aria se ai capi di una strozzatura nota conosciamo la pressione differenziale. Nel paragone elettrico se ai capi di una resistenza c'è una certa tensione, nel circuito ci passerà una sola corrente data dalla legge di Ohm.

Le quantità di aria richieste dalle curve "Cooling factor" e "Airflow factor" ci servono fondamentalmente per determinare la caduta di pressione o "back pressure" che ci deve essere ai capi della valvola e del suo zoccolo espressa in pollici o millimetri di colonna d'acqua.

La corrispondente quantità volumetrica di aria che si ottiene con quella caduta di pressione è espressa nel diagramma di fig. 2 in piedi cubi al minuto a 25 °C ed alla pressione atmosferica.

Queste informazioni sono necessarie per determinare la grandezza, la velocità e la prevalenza del ventilatore richiesto per fornire l'adatta quantità di aria a una ben determinata pressione del sistema zoccolo più anodo.

La quantità volumetrica di aria può essere calcolata o determinata anche con mezzi sperimentali.

E' evidente che ogni zoccolo più valvola deve essere corredato dal diagramma di fig. 2 fornito dal costruttore. La Eimac fornisce questi diagrammi coi dati numerici relativi per ogni valvola di potenza. Le tabelle A e B sono un esempio per il tubo Y730 adatto per lavorare fino a 1296 MHz con una dissipazione anodica di 1000 W.

### La misura della pressione dell'aria

La pressione dell'aria, in un sistema ad aria forzata, può essere misurata in termini di peso di una equivalente colonna d'acqua. Il peso di una colonna uniforme di acqua alta 10,33 metri è di circa 1 kg ogni cm<sup>2</sup> di sezione e misura la pressione di 1 atmosfera.

La misura si effettua mediante un manometro le cui indicazioni sono espresse in millimetri di colonna d'acqua, fig. 3.

Un semplice manometro a colonna d'acqua, per pressioni molto basse, si può costruire mediante un pezzetto di tubicino in plastica trasparente del diametro di circa 6 mm ripiegato ad U.

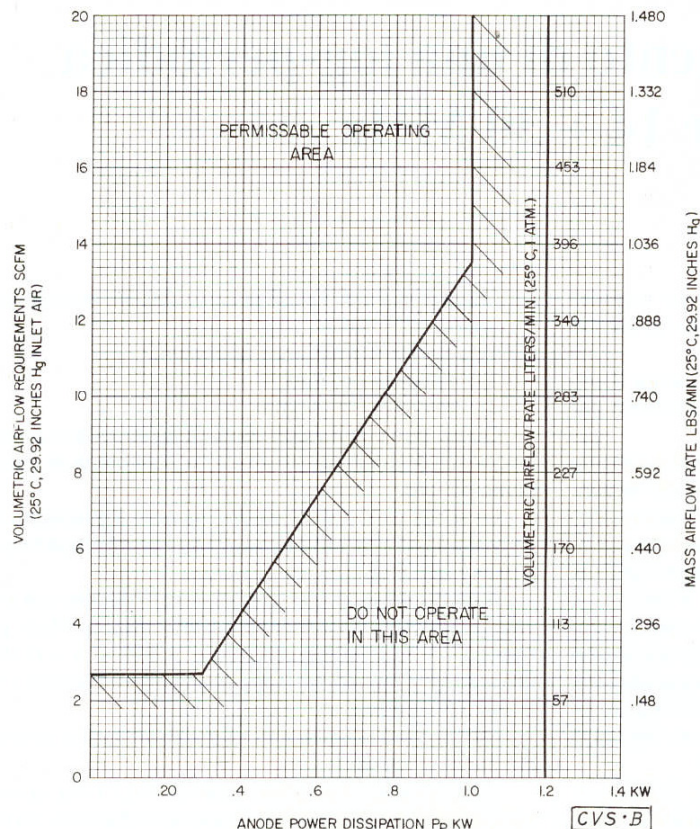
Un estremo del tubicino viene collegato al condotto in cui si vuol misurare la pressione e l'altro estremo è lasciato aperto verso l'atmosfera esterna che funziona da pressione di riferimento.

Si ottiene così una misura di pressione relativa. L'estremo del tubicino collegato al



## Teoria & Progetto

Tabella B - Valvola Eimac Y 730



condotto, o allo chassis di cui si vuol misurare la pressione, deve essere inserito in prossimità dell'ingresso dello zoccolo della valvola e ad angolo retto rispetto al flusso dell'aria.

La posizione ottimale va ricercata sperimentalmente in modo da essere sicuri che il manometro non venga influenzato dai vortici del flusso d'aria.

La parte inferiore del manometro è riempita di acqua, e se la pressione dell'aria nel sistema di raffreddamento è uguale alla pressione atmosferica, l'acqua resta alla stessa altezza in entrambi i tratti verticali della U del manometro.

In queste condizioni di riposo, nessuna quantità di aria circola nel sistema di raffreddamento, oppure se l'aria circola significa che la valvola non è stata inserita nello zoccolo e quindi non si genera alcuna caduta di pressione o "back pressure".

Al contrario, se il ventilatore è in funzione e la valvola è nello zoccolo si crea una differenza di pressione fra l'ingresso dello zoccolo della valvola e l'atmosfera esterna e così l'acqua verrà spinta in su verso l'e-

stremo aperto del tubicino dalla caduta di pressione o "back pressure" creata dall'aria in movimento nel sistema di raffreddamento della valvola.

La pressione, ai capi della valvola o del contenitore dello zoccolo, comparata a quella di riferimento atmosferica, si può leggere misurando la differenza di altezza in millimetri fra le due colonne d'acqua, così come illustrato in fig. 3.

Le curve caratteristiche delle valvole danno il valore della "back pressure" in corrispondenza della quale si ha una ben determinata portata di aria in quel particolare sistema zoccolo più valvola, al livello del mare.

Questi valori di "back pressure" sono dati in mm di H<sub>2</sub>O oppure in pollici di H<sub>2</sub>O oppure in millibar.

Si ricorda che le pressioni in parola sono molto piccole, alcuni millimetri di colonna d'acqua, a 25 °C e alla pressione di riferimento che vale una atmosfera. Comunque, un pollice di H<sub>2</sub>O equivale a 25,4 mm di colonna d'acqua e un millibar corrisponde a 10,47 mm di colonna d'acqua.

### Le cadute di pressione nel sistema di raffreddamento

La caduta di pressione in un sistema pneumatico è causata da ostruzioni fisiche o turbolenze lungo il flusso dell'aria.

Nel caso dell'anodo di una valvola che contiene molte alette attraverso le quali l'aria deve passare, si crea una caduta di pressione intenzionale che è utile.

Le altre cadute di pressione nel percorso del sistema, causate da attriti dell'aria nelle tubazioni o nello zoccolo della valvola, oppure un cambiamento di velocità dell'aria nel sistema, sono tutte cose da evitare e inutili.

Tutte le cadute di pressione causate da questi fattori devono essere sommate alla caduta di pressione o "back pressure" provocata dall'anodo della valvola e dal suo zoccolo.

Le cadute di pressione causate da un repentino cambiamento di sezione retta nei condotti del sistema, che comportino sia espansione che contrazione dell'aria, per variazioni di sezione nelle condotte d'aria si sommano fra loro.

Sebbene sia possibile calcolare i valori di queste cadute di pressione in un sistema di dimensioni note, il trattare detti calcoli è al di fuori dello scopo di questo articolo.

È sufficiente dire che quando tutte le cadute di pressione e le richieste di aria sono determinate, è possibile "adattare" tali richieste alle caratteristiche del ventilatore per ottenere un soddisfacente raffreddamento del tubo elettronico. (continua - 1)

### Ultime notizie sul Packet

#### Forwarding via satellite

Durante l'orbita serale del 9 febbraio 1989 di UO11 è stato effettuato il primo forwarding via satellite in Italia. ZS6IT e ZS6SAT, operando via DCE, hanno inviato un messaggio @EU che, ricevuto da I2KBD, è stato instradato nella rete packet.

In seguito ad accordi con l'Università del Surrey che gestisce Oscar 9 e Oscar 11, I2KBD diventerà la seconda stazione europea a poter controllare il DCE (Data Communication Experiment) di Oscar 11, insieme a DB2OS; questo in preparazione alle missioni di MicroSat previste per giugno.

I MicroSat porteranno un grosso cambiamento alla struttura del forwarding di tutta la rete mondiale dei BBS, garantendo il trasferimento dei messaggi in poche ore per tutto il mondo.

Il gruppo di ITAMSAT di Milano che costituirà il nucleo della stazione primaria in Europa per il controllo dei MicroSat e per il forwarding via satellite, sta affinando le tecniche di tracking e comando, che avverranno in Packet con modulazione PSK.

Cordiali saluti

Alberto I2KBD



## Il raffreddamento ad aria forzata dei tubi trasmettenti di potenza

Alcune considerazioni nella scelta di un adatto sistema di ventilazione

Da "Eimac Amateur Service Newsletter" di William I. Orr W6SAI

Libera traduzione con aggiunte di Domenico Marini - I8CVS

### Caratteristiche del ventilatore

I ventilatori vengono costruiti in molte forme e misure. Alcuni sono adatti e altri meno. I ventilatori più comunemente usati nei sistemi di raffreddamento ad aria sono quelli centrifughi a chiocciola con girante a gabbia di scoiattolo.

Ci sono anche i ventilatori assiali con le pale simili a quelle di elica di aeroplano. La caratteristica più importante di un sistema di raffreddamento ad aria è la relazione che lega fra loro la pressione o "back pressure", alla bocca premente di uscita, in millimetri di colonna d'acqua, con la portata d'aria espressa in litri al minuto. Queste caratteristiche determinano il tipo di ventilatore da usare.

È semplicemente impossibile distinguere un buon ventilatore da uno mediocre o inadatto con la semplice intuizione.

Alcuni grafici che mettono in relazione la pressione con la portata di alcuni ventilatori centrifughi a chiocciola e girante a gabbia di scoiattolo sono mostrati nelle figg. 4-5-6. Le aree entro le curve rappresentano le regioni in cui il ventilatore compie il lavoro.

Si vede subito che se la "back pressure" o pressione che si oppone al flusso di aria cresce, il rendimento in portata del ventilatore cala finché, ad un determinato valore critico di pressione il ventilatore cessa di erogare aria al sistema. In queste condizioni il ventilatore, per grande che sia, non è più un dispositivo che genera un lavoro ma l'aria che viene aspirata si mette a girare nell'interno della chiocciola spinta dalle palette della girante a gabbia di scoiattolo, senza poter uscire dalla bocca premente in quantità sufficiente.

In questo caso la "back pressure" del sistema da raffreddare è superiore alla prevalenza del ventilatore. In tale circostanza è come se avessimo tappato la bocca premente con una mano e così l'aria non circola e il motore assorbe la sola corrente che serve a compensare le perdite meccaniche e dell'aria in rotazione nell'interno della chiocciola e di quella poca che passa.

In queste condizioni gli americani dicono che il ventilatore è "blower cutoff". In pratica, è come se volessimo accendere una lampadina da 220 V con una batteria di accumulatori a 12 V, per grande che sia, anche come una stanza.

Se invece la bocca premente viene lasciata aperta, si ottiene che ora la sola pressione atmosferica contrasta la pressione della girante.

Il ventilatore raggiunge la massima portata ma con "back pressure" nulla e quindi soffia unicamente la cosiddetta "free air" o aria libera.

Ovviamente il ventilatore in queste condizioni raggiunge la massima portata alla pressione minima e il massimo assorbimento del motore. I ventilatori variano grandemente nella loro possibilità di adattare la portata con la pressione che l'aria deve superare nel sistema di raffreddamento. I ventilatori a basso numero di giri e quelli con pale ad elica sono i meno efficienti e hanno basse pressioni, mentre quelli con rotore a gabbia ad elevato numero di giri hanno un rendimento molto superiore e sono adatti per soffiare aria a pressioni maggiori.

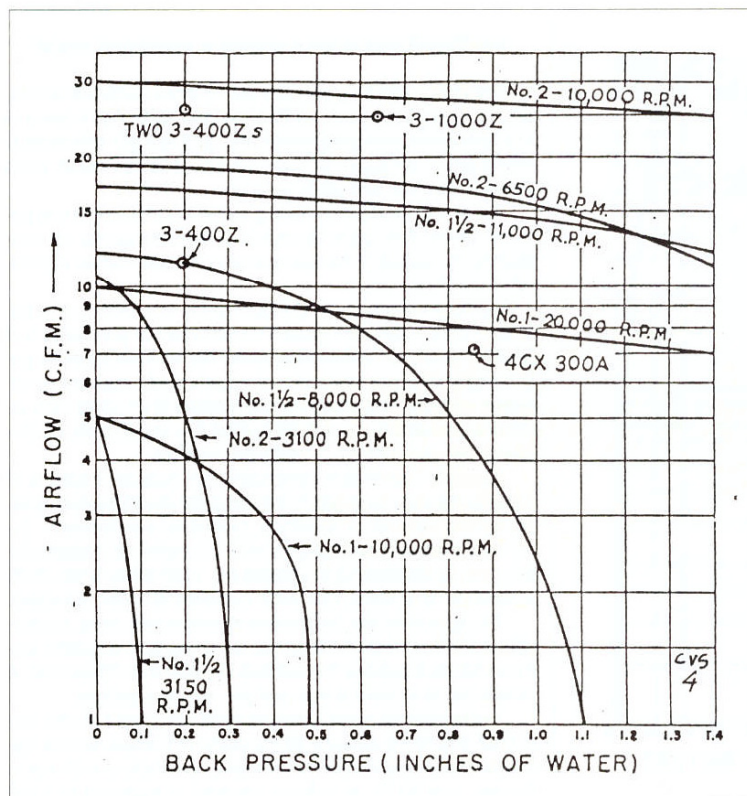


Fig. 4 - Curve tipiche di funzionamento per ventilatori centrifughi da 1 - 1,5 - 2 pollici di diametro della girante. Le caratteristiche di ventilatori di diametri differenti a varie velocità possono essere comparate con i requisiti di raffreddamento specificati per i diversi tipi di valvole. È da osservare che i punti disegnati col cerchietto si riferiscono al fabbisogno di raffreddamento di una e di due valvole 3-400 Z.

Se questi punti che specificano pressione e portata cadono sulla curva caratteristica del ventilatore, o all'interno di questa, significa che quel particolare ventilatore effettuerà un adeguato raffreddamento a condizione che sia usato come specificato nel testo.

Le curve mostrano che il rendimento cade bruscamente allorché viene raggiunto il valore critico di pressione. In queste condizioni l'aria gira nell'interno della chiocciola e la portata diventa praticamente nulla al di sopra di un ben determinato valore di pressione da superare. I ventilatori ad elevata velocità possono vincere delle pressioni più elevate di quelli a bassa velocità. Vedere le curve dei ventilatori a 10.000 e 20.000 giri/minuto.



## Teoria & Progetto

Fig. 5 - Curve tipiche di funzionamento, simili a quelle di fig. 4 per ventilatori centrifughi con girante diametro 2, 1/2 - 2, 3/4 - ed una doppia da 2, 1/2 pollici.

Da notare che la girante da 2, 1/2 pollici, alla velocità di 6000 giri al minuto, può soddisfare i requisiti di raffreddamento di tutti i tipi di valvole indicate nel diagramma giacché i punti che indicano pressione e portata cadono nell'interno delle curve di questi ventilatori.

Il "blower cutoff" è indicato chiaramente dalla rapida caduta della portata a valori inaccettabili quando la pressione sale ai livelli più alti.

È anche da notare che il ventilatore a doppia chiocciola fornisce un valore maggiore di portata di uno singolo dello stesso tipo ma che comunque non è in grado di aumentare la pressione dell'aria.

Al disopra della pressione critica, l'aria rimane imprigionata nella girante e ruota a vuoto nella chiocciola senza produrre lavoro.

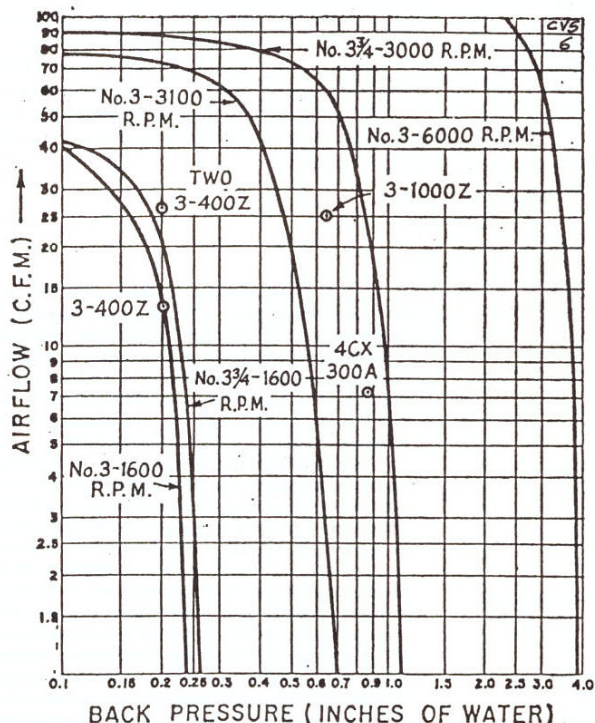
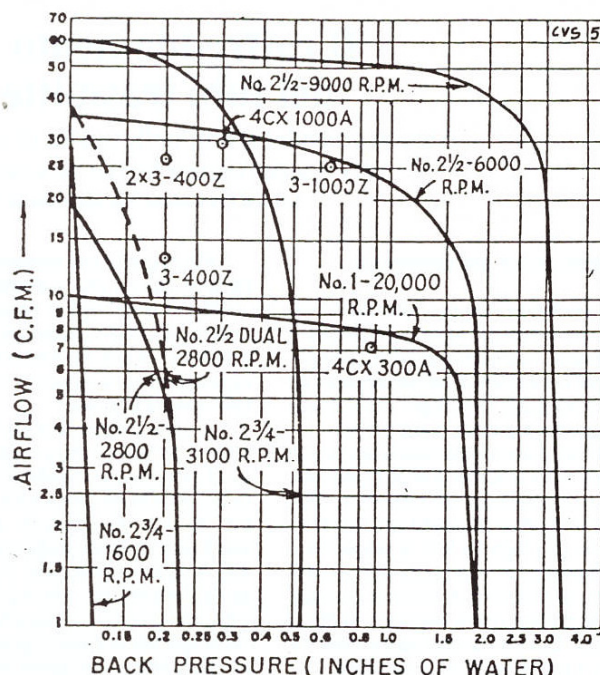
Fig. 6 - Curve tipiche di funzionamento per ventilatori centrifughi con giranti di diametro 3,0-3, 1/2 e 3, 3/4 di pollice.

Il ventilatore a bassa velocità da 3100 giri al minuto e diametro da 3 pollici non può fornire la quantità di aria richiesta alla caduta di pressione causata dal sistema di raffreddamento di tubi come la 3-1000 Z o la 4CX300-A.

La girante da 3 pollici invece, a 6000 giri, può soddisfare le richieste di qualunque tipo di valvola indicata nel diagramma, e addirittura due tubi per ogni tipo.

È da osservare che raddoppiando la velocità del ventilatore, si aumenta la pressione più del triplo. Un ventilatore con girante da 3, 3/4 di pollice a 1600 giri, dato a catalogo per 50 piedi cubi di aria al minuto, è adatto per qualunque valore di bassa caduta di pressione qui raffigurata.

Se la sua velocità viene aumentata a 3000 giri/minuto, lo stesso diametro di girante può raffreddare qualunque tipo di valvola indicata nel diagramma.



### Ventilatori con rotori a gabbia e ventilatori assiali

Il classico tipo di ventilatore con rotore a gabbia di scoiattolo ha una rotante con molte pale che ruota nell'interno di una chiocciola completamente chiusa. Il tipo più efficiente di ventilatore centrifugo ha una chiocciola le cui pareti sono molto vicine alle pale della girante.

Un eccessivo spazio fra le pareti della chiocciola e le pale del rotore diminuisce la pressione dell'aria spinta dal ventilatore che perciò non è adatto a vincere delle cadute di pressione molto elevate.

I piccoli ventilatori centrifughi hanno normalmente le pale del rotore inclinate in avanti verso la bocca premente o di uscita. I ventilatori assiali economici hanno invece poche pale, lunghe e larghe, normalmente quattro, che ruotano lentamente nell'aria libera oppure nell'interno di un corto tubo cilindrico. I ventilatori assiali più costosi hanno più pale, da cinque a sei, che ruotano a maggiore velocità.

Spesso i ventilatori centrifughi con rotante a gabbia di scoiattolo sono catalogati in funzione del diametro della gabbia e della velocità di rotazione. Quindi un ventilatore n. 2 - 1/2 ha il diametro della girante di 2-1/2 pollici ed è disponibile in una vasta gamma di velocità da 1600-2800-3100-6000 e 9000 giri al minuto, che sono considerati valori standard.

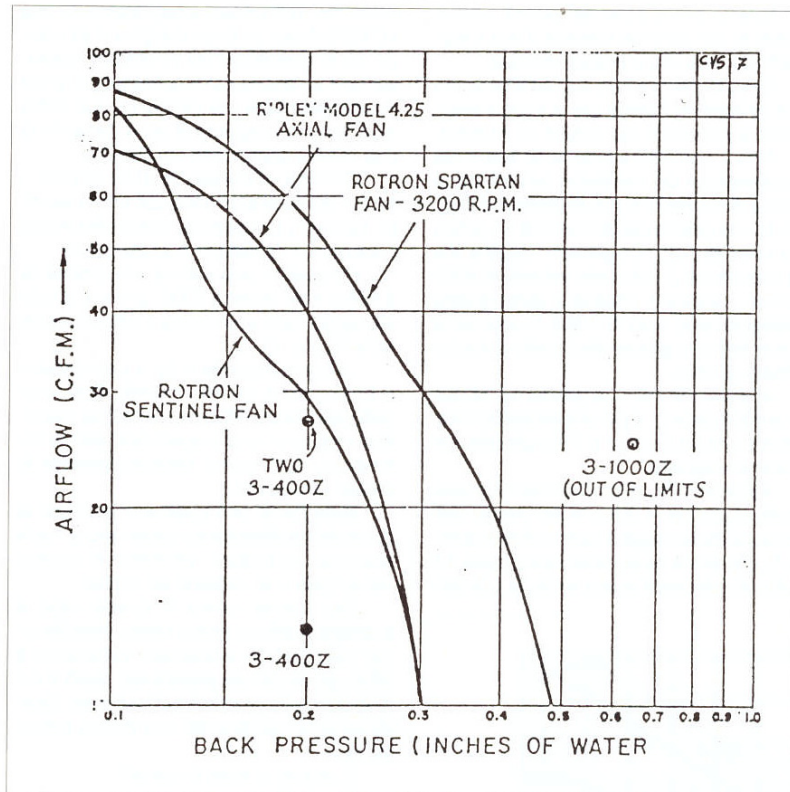
Bisogna dire che, trattandosi di motori asincroni, la velocità di 1600 giri/minuto è fornita da un motore a quattro poli con rotore a gabbia. La velocità di 2800 e 3100 giri/min. è fornita da un motore a due poli con rotore a gabbia.

Dette velocità sono funzione della frequenza di rete che in USA è di 60 Hz anziché 50 Hz come in Europa. Inoltre i giri dipendono anche dallo scorrimento del motore e da noi in Europa, con 50 Hz le velocità ottenibili si aggirano su 1400



## Teoria & Progetto

Fig. 7 - Curve di funzionamento per piccoli e tipici ventilatori assiali. I ventilatori assiali a media velocità sono adatti per una o due valvole tipo 3-400 Z. I ventilatori assiali devono soffiare aria in uno chassis pressurizzato che convoglia l'aria allo zoccolo della valvola senza introdurre delle cadute di pressione proibitive. I dati dei tubi raffigurati nel diagramma includono un 50 per cento di caduta di pressione in più, come discusso nel testo.



giri/min. per motori a quattro poli e 2800 giri/min. per motori a due poli.

Le velocità più elevate, di 6000 e 9000 giri/min. si ottengono alimentando appositi motori asincroni con convertitori di frequenza oppure usando motori con rotore avvolto e collettore. Questi ultimi abbisognano di molta manutenzione perché hanno una serie di spazzole, come ad esempio i motori degli aspirapolvere.

Per ogni dato diametro e conformazione della girante, a parità di altre condizioni, la quantità di aria, in litri/min. fornita e la pressione di detta aria, intesa come capacità di vincere una determinata "caduta di pressione" nel sistema da alimentare, è direttamente proporzionale alla velocità della girante.

Usando di nuovo l'analogia elettrica, possiamo dire che "la regolazione di tensione sotto carico" o "l'abilità di superare una determinata back pressure" di ogni ventilatore aumenta con l'aumentare dei giri della girante.

Sfortunatamente, come la velocità della girante aumenta, anche il rumore dell'aria, quello del motore, le vibrazioni e il costo aumentano in proporzione. Mentre un ven-

tilatore a gabbia di scoiattolo a 2800 giri o a 6000 giri può avere un livello di rumore tollerabile, molti ventilatori a 15.000 giri creano un sibilo dell'aria sufficiente a scoraggiare anche il più accanito DXer.

L'esame delle curve del ventilatore mostra che esiste una relazione fra la velocità di rotazione e il diametro della girante e, generalmente parlando, una girante centrifuga con grande diametro, ruotante a velocità moderata, è più soddisfacente e meno rumorosa di una girante centrifuga più piccola che ruota a una velocità maggiore.

I ventilatori assiali economici, a pale, forniscono grandi volumi di aria a una velocità relativamente bassa e generalmente sono abbastanza silenziosi, ma sono meno adatti di quelli centrifughi con rotori a gabbia per vincere la "back pressure" elevata che occorre avere ai capi di certi utilizzatori come le valvole ad anodo esterno metallico della serie 3CX e 4CX (vedasi la fig. 7).

La maggior parte dei piccoli ventilatori assiali e anche con rotore a gabbia, che girano a bassa velocità, non possono far circolare una sufficiente quantità di aria nell'interno di sistemi di raffreddamento con caduta di pressione (back pressure) abba-

stanza elevata onde raffreddare adeguatamente i moderni tubi trasmettenti ad anodo esterno e quindi l'uso di questi piccoli ventilatori deve essere selezionato con molta attenzione.

### Progettazione di un sistema di raffreddamento ad aria forzata

Un'applicazione di questi dati di progetto, come esercizio pratico, è la determinazione di un ventilatore adatto per raffreddare una valvola 4CX300-A, tetrodo ad anodo esterno, montata nel suo zoccolo previsto per raffreddamento ad aria. La valvola viene fatta lavorare a diversi valori di dissipazione anodica e alla temperatura massima di 250 °C misurati sull'anodo.

Se la temperatura ambiente dell'aria è fissata per precauzione in + 50 °C, la quantità di aria richiesta per mantenere la sovrarelevazione di temperatura al disotto di 250 °C - 50 °C = 200 °C, al livello del mare, e anche ad un'altezza di 3000 metri è parametrata nel grafico di fig. 8.

Queste curve sono basate sui valori ricavabili dai "data sheet" per la 4CX300A e la 4CX300Y.

Se è necessario far lavorare la valvola alla piena dissipazione anodica di 300 W al livello del mare, il sistema di raffreddamento deve fornire 7,2 piedi cubi di aria al minuto allo zoccolo del tubo con una caduta di pressione totale misurata fra ingresso zoccolo più valvola e atmosfera esterna, pari a 0.58 pollici di colonna d'acqua.

Se l'altitudine è invece di 3000 metri (10.000 piedi), laddove l'aria è più rarefatta, la richiesta di aria di raffreddamento sale a 10,5 piedi cubi al minuto ad una pressione corrispondente di 0,85 pollici di colonna d'acqua.

Come si vede, a parità di zoccolo più valvola, esiste una relazione che lega fra loro la caduta di pressione o back pressure con la portata dell'aria che, a parità di altre condizioni, è tanto maggiore quanto è più grande la differenza di pressione esistente fra ingresso dello zoccolo ed atmosfera esterna.

Le cadute di pressione addizionali del sistema di raffreddamento, comprendenti quella provocata dalla struttura dello chassis pressurizzato, possono essere considerate e devono essere sommate alla caduta di pressione provocata dalla valvola e dal suo zoccolo.

Se non si usa un manometro a colonna d'acqua per misurare le cadute di pressione in vari punti del sistema pneumatico, le cadute di pressione addizionali causate dall'unione delle tubazioni esistenti fra il ventilatore e lo zoccolo della valvola non sono facilmente determinabili a priori.

Se viene impiegato uno chassis pressurizzato che ha un volume interno libero e largo, al quale il ventilatore sia direttamen-



## Teoria & Progetto

te raccordato e flangiato, le cadute di pressione addizionali del sistema saranno ovviamente minori che nel caso il ventilatore abbia a soffiare aria attraverso una tubazione flessibile entro uno chassis pieno di componenti elettronici montati davanti allo zoccolo della valvola.

L'esperienza ha dimostrato che, se il ventilatore è collegato direttamente ad uno chassis pressurizzato abbastanza spazioso, è generalmente prudente stimare nel sistema un 50% in più di caduta di pressione o "back pressure". Questa è la situazione più comune nella pratica radioamatoriale.

Tornando all'esempio e prendendo un 50% di "back pressure" in più, per precauzione, avremo da superare una maggior caduta di pressione pari a 0,29 pollici di colonna d'acqua.

La caduta di pressione totale del sistema, dalla bocca premente del ventilatore fino all'uscita della valvola in libera atmosfera, sarà dunque di  $0,58 = 0,29 + 0,29$  pollici di colonna d'acqua nell'intero sistema di raffreddamento.

In modo molto empirico, se noi montiamo un ventilatore e misuriamo sotto carico una pressione di 0,87 pollici di colonna d'acqua o superiore appena all'uscita della bocca, significa che in questo sistema ci passa

una portata d'aria corretta di 7,2 piedi al minuto. Nel progettare il sistema è molto comodo e semplice predisporre alcune prese d'aria per l'inserimento del tubicino del manometro a colonna d'acqua.

Queste prese sono dei piccoli tubicini saldati in vari punti dei condotti d'aria e tapabili con una vite a misure ultimate.

Ovviamente la scelta del ventilatore non si fa collegando il primo che si trova e misurando la pressione per vedere se va bene.

Si fa il contrario e ritornando alle curve caratteristiche dei ventilatori con rotante a gabbia di scoiattolo si può stabilire che (figg. 4-5-6) una girante dal diametro di un pollice alla velocità di 20.000 giri/min., oppure una da diametro di 2 pollici alla velocità di 6500 giri/min., possono effettuare bene questo raffreddamento sulla 4CX300-A, così come lo può fare una girante da 2 pollici e mezzo a 6000 giri/min.

Si conclude che una girante da tre pollici a 6000 giri/min. è più che soddisfacente, mentre una da 3 pollici a 3100 giri/min. sarebbe inadeguata.

Il grafico di fig. 6 mostra infatti che quest'ultima girante fa riciclare nell'interno della chiocciola la maggior parte dell'aria quando la pressione da superare oltrepassa 0,6 pollici di colonna d'acqua e che la sua por-

tata cade rapidamente a zero appena al di sopra di questo valore di prevalenza.

Nell'interesse di ridurre il rumore sembrerebbe prudente scegliere una girante da due pollici e mezzo alla velocità di 6000 giri/min. per raffreddare adeguatamente una 4CX300-A con un buon margine di sicurezza. Se le dimensioni del ventilatore rappresentano un problema insuperabile, si rende necessario usare una girante da due pollici a un numero maggiore di giri a discapito di una minore silenziosità del sistema.

Siccome al di sopra di 3100 giri/min. i motori dei ventilatori sono con rotore avvolto, spazzole e collettore, questi disturbano i ricevitori e richiedono manutenzione.

È possibile usare allora una girante da 3 pollici e tre quarti a 3000 giri/min. a tutto vantaggio della silenziosità e affidabilità del sistema (fig. 6).

Le curve mostrate in fig. 4 e successive si riferiscono a specifici modelli. Tutti i modelli dello stesso diametro e stessa velocità di rotazione, anche quelli dello stesso costruttore, non hanno necessariamente le stesse prestazioni.

Bella forza! dirà qualcuno, avevano le curve dei ventilatori e conoscevano la "back pressure". In pratica i ventilatori si trovano nel surplus e si valutano ad occhio.

Una buona norma in questo caso è scartare quelli che hanno basse velocità come 1400 giri/min. e orientarsi verso quelli a 2800 giri al minuto preferendo quelli il cui diametro della girante è molto elevato. Questi avranno certamente una buona prevalenza.

E se non ci sono le curve?

In questo caso non resta che attaccare il ventilatore all'amplificatore in modo molto provvisorio e misurare la caduta di pressione fra entrata dello zoccolo e atmosfera esterna. Se la back pressure è uguale o superiore a quella richiesta dalla valvola più zoccolo, allora l'aria c'è senz'altro.

I ventilatori a chiocciola a basso numero di giri vanno bene, come vedremo, per i tubi trasmettenti con bulbo di vetro e non ad anodo esterno metallico.

### Ventilazione dei tubi con bulbo in vetro

I grossi tubi trasmettenti, al di sopra di circa 200 W di dissipazione anodica, richiedono un modesto quantitativo di aria di raffreddamento che lambisca i piedini di filamento e lo stelo di placca per mantenerli a una temperatura inferiore al massimo valore di sicurezza.

Siccome una grande quantità di calore viene smaltita dalla radiazione infrarossa dell'anodo caldo, il fabbisogno di aria per raffreddare il bulbo in vetro è normalmente minore di quello richiesto per un equivalente valore di dissipazione di un tubo ad anodo esterno la cui temperatura anodica è limitata dalla saldatura metallo-ceramica.

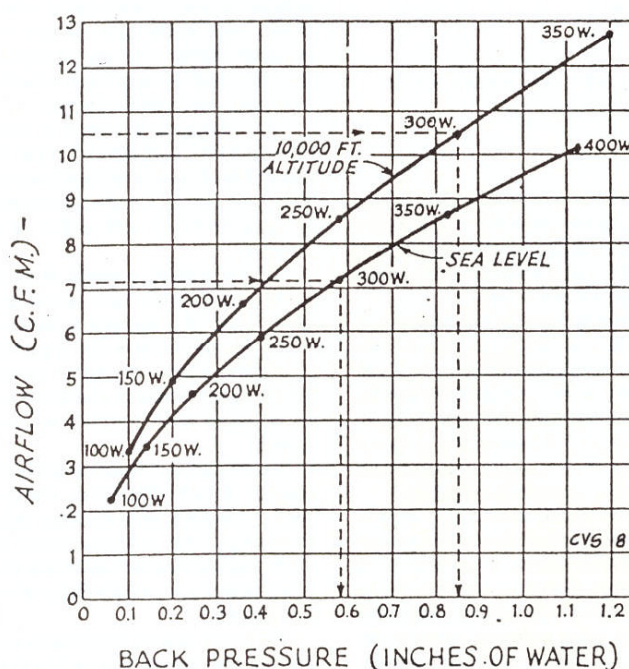


Fig. 8 - Queste curve tipiche indicano che la richiesta di aria di raffreddamento aumenta con l'aumentare della dissipazione anodica della valvola. Le curve sono valide per la 4CX300-A montata nel suo adatto zoccolo per raffreddamento ad aria.

La curva superiore mostra che la richiesta di aria aumenta con l'aumentare dell'altitudine a causa della sua rarefazione. Si vede che per raddoppiare la portata di aria, nello stesso anodo, occorre quadruplicare circa la pressione all'ingresso dello zoccolo. Alle diverse altitudini tuttavia il peso della massa di aria è sempre lo stesso.



## Teoria & Progetto

Un appropriato sistema di raffreddamento dei tubi in vetro fa sì che l'aria lambisca i piedini di filamento e che dopo venga guidata intorno al bulbo da un cilindro in vetro chiamato comunemente "ciminiera".

La ciminiera deve essere in vetro il più trasparente possibile alla radiazione infrarossa proveniente dall'anodo.

Il mio amico I8ZJZ ha tagliato un vaso di vetro per pesche sciroppate trafugato alla moglie "ma sarà di vetro trasparente all'infrarosso?".

Appena l'aria esce dal camino, questa passa attraverso le alette del dissipatore anodico ed è scaricata in atmosfera.

Un triodo con griglia a massa, come ad esempio la 3-400Z, richiede 13 piedi cubi di aria al minuto con una caduta di pressione di appena 0,13 pollici di colonna d'acqua misurata fra ingresso zoccolo e uscita in libera atmosfera sul lato anodico.

La 3-1000 Z richiede invece 25 piedi cubi di aria al minuto a una corrispondente caduta di pressione di 0,43 pollici di colonna d'acqua misurati all'ingresso dello zoccolo. Mentre la quantità di aria richiesta nei tubi ad anodo esterno è all'incirca la stessa dei tubi in vetro, a parità di dissipazione anodica, la caduta di pressione provocata dal sistema zoccolo più valvola nei tubi in vetro è considerevolmente minore.

Ciò è dovuto al fatto che l'aria non deve passare attraverso il vespia e gli interstizi dei tubi ad anodo esterno e quindi la pressione richiesta per il passaggio dell'aria fra bulbo e ciminiera è minore.

Riferendoci di nuovo ai diagrammi dei ventilatori di fig. 4, si può vedere che una 3-400 Z può essere adeguatamente raffreddata da una girante centrifuga a 6500 giri al minuto, oppure da una girante da due e tre quarti di pollice (fig. 5) a 3100 giri al minuto considerando anche un 50% di margine in più di caduta di pressione nel sistema.

Due valvole 3-400 Z richiedono invece il raddoppio della portata di aria con la stessa

sa "back pressure", ovvero un totale di 26 piedi cubi d'aria al minuto con una caduta di pressione di 0,2 pollici di colonna d'acqua agli zoccoli. In questo caso (fig. 5), una girante centrifuga da due e tre quarti di pollice, a 3100 giri al minuto, è sufficiente per raffreddare due valvole.

Una sola 3-1000 Z, invece, richiede una portata di aria di 25 piedi al minuto che si ottengono con una pressione di 0,64 pollici di colonna d'acqua fra l'ingresso dello zoccolo e l'atmosfera esterna, considerando anche un fattore di sicurezza del 50 %.

In questo caso una singola girante a gabbia da 2 pollici e mezzo a 6000 giri al minuto (fig. 5) va bene allo scopo.

D'altra parte (fig. 7), una soltanto o due 3-400 Z possono essere raffreddate anche da un ventilatore assiale da 4 pollici a 2800 giri al minuto od oltre, giacché il sistema zoccolo più valvola di questi tubi lascia passare la giusta quantità di aria con una differenza di pressione modesta ai suoi capi e pari a 0,2 pollici di colonna d'acqua.

La 3-1000 Z invece, come si vede, non può essere raffreddata adeguatamente dai ventilatori assiali riportati in fig. 7.

In tutti questi esempi è stata considerata la massima dissipazione anodica e per ogni tubo in questione è stato impiegato il suo specifico sistema di zoccolo più ciminiera in vetro per il passaggio dell'aria.

I fattori sconosciuti nella determinazione della richiesta di aria totale nel sistema sono le cadute di pressione addizionali causate dai condotti d'aria o nell'interno dello chassis pressurizzato.

Questa è la ragione per cui il costruttore della valvola è restio nel consigliare uno specifico ventilatore per un dato tubo, giacché egli non conosce le caratteristiche complete del sistema di raffreddamento dove funzionerà effettivamente la valvola.

Il costruttore dice solo che, se allo zoccolo della valvola normalmente montata, la pressione che si misura rispetto all'atmo-

sfera è quella prescritta, nell'anodo passeranno sicuramente i quantitativi di aria richiesti.

Se il ventilatore invia aria dentro uno chassis pressurizzato, sufficientemente libero da tortuosità e labirinti e perfettamente stagno, e se l'aria viene fatta passare attraverso lo zoccolo del tubo, il fattore di sicurezza di aumentare la pressione del 50 per cento, menzionato prima, è considerato soddisfacente. Se, al contrario, il ventilatore è montato a una certa distanza, con brusche variazioni di sezione dei condotti oppure con un lungo tubo flessibile che lo collega allo zoccolo, le caratteristiche di prevalenza del ventilatore devono essere aumentate anche di dieci volte o più.

L'unico modo sicuro per determinare le reali condizioni in cui lavora un dato sistema di raffreddamento è l'aria è quello di misurare la caduta di pressione ai capi della valvola con l'uso del manometro.

Quando si è in dubbio sulla esatta richiesta di quantità d'aria è opportuno prevederne una quantità maggiore, aumentando in proporzione la pressione rispetto a quanto calcolato nello studio del sistema di raffreddamento.

E' impossibile danneggiare una valvola usando troppa aria a causa di fenomeni di cavitazione sulle alette dell'anodo, a meno che la pressione usata sia tanto forte, si fa per dire, da estrarre via la valvola dallo zoccolo. Per ridurre la pressione è sempre possibile applicare alla bocca aspirante un disco di diametro inferiore all'originale, od un filtro di lana sintetica a maglie strette.

Tutti i ventilatori centrifughi e i ventilatori assiali a bassa velocità sono da evitare, a meno di verificarne la "back pressure", con un manometro a colonna d'acqua ed alla massima dissipazione totale del tubo.

La Tabella 1 fornisce un riassunto per varie combinazioni di valvole, zoccoli e ventilatori, considerando un margine di sicurezza del 50 % sulla caduta di pressione.

**Tabella 1**

**Fabbisogno di aria e caratteristiche dei ventilatori consigliati per tipi diversi di valvole raffreddate ad aria. I dati si riferiscono ad una sola valvola con un margine di sicurezza del 50 % sulla caduta di pressione ai capi del tubo.**

1) Lo zoccolo SK-400 richiede 14 piedi cubi di aria al minuto alla pressione di 0,37 pollici di colonna d'acqua.

2) Lo zoccolo SK-500 richiede 25 piedi cubi di aria al minuto alla pressione di 0,9 pollici di colonna d'acqua.

3) I dati sono validi anche per la 4X150 a 250 W di dissipazione.

4) Fabbisogno aria per 1000 W di dissipazione

5) Fabbisogno aria a livello mare.

Tube Type	Socket	Chimney	C.F.M. <sup>5</sup>	Back Pressure (In. Water) <sup>5</sup>	Blower Size	R.P.M.
3-400Z	SK-410	SK-416	13	0.2	3	1600
3-1000Z	SK-510	SK-516	25	0.64	2½ 3¾	6000 3000
4-400A <sup>1</sup>	SK-410	SK-406	13	0.25	3	3100
4-1000A <sup>2</sup>	SK-510	SK-506	25	0.64	2½ 3¾	6000 3000
4CX250B <sup>3</sup>	SK-600 Series	SK-606 Series	6.4	1.12	2½	6000
4CX1000A 4CX1500B <sup>4</sup>	SK-800 Series	SK-806 Series	22	0.3	3	3100
5CX1500A	SK-840 Series	SK-806 Series	47	1.12	3	6000



## Teoria & Progetto

### Misura della temperatura sulle valvole

Misurare la temperatura di una valvola è una cosa possibile. La tecnica più sicura è quella di usare una microtermocoppia appoggiata sul tubo e la cui tensione in millivolt sia corredata di tabella di conversione da millivolt a gradi centigradi.

Una tecnica più semplice per il radioamatore è quella di determinare la temperatura superficiale del tubo mediante l'uso di vernici sensibili alla temperatura (ad es. le "Tempilaq" della Tempil Corp. New York 11 N.Y.), il cui strato fonde molto selettivamente appena al disopra di un determinato valore in gradi centigradi. Un tipo adatto al nostro scopo fonde a 463 °F, pari a 239 °C.

Esistono anche le "Tempilabels", piccole calcomanie bianche simili a francobolli, che si incollano alla superficie della valvola e virano al color nero al raggiungimento della temperatura critica impressa su di esse. Sono disponibili in una gamma molto vasta di temperatura a intervalli di 10 °F; si chiamano "Temperature Monitor" e sono fornite dalla Tempil Division South-Plainfield, New Jersey 07080 U.S.A.

La vernice Tempilaq si applica sulla valvola in uno strato molto sottile che dopo l'applicazione diventa secca come un velo di polvere colorata in rosa. Arrivati alla sua temperatura critica, la polvere si liquefa e praticamente scompare. Quando la valvola

viene raffreddata, la vernice assume un aspetto cristallino caratteristico dal quale si deduce che la superficie su cui era stata distesa ha raggiunto ed eventualmente superato la sua temperatura critica.

Misure sicure di temperatura si possono fare con queste vernici sensibili e selettive a condizione che siano distese in uno strato molto sottile sopra una piccola zona della superficie da misurare. La vernice, così come viene fornita dal fabbricante, è troppo densa per essere usata sull'anodo in presenza di aria forzata e deve essere diluita usando solo il diluente consigliato dal fabbricante. La vernice si applica con uno spruzzatore, ben diluita, giacché la quantità richiesta per fornire una indicazione sicura è virtualmente imponderabile.

Una adatta attrezzatura per usare le vernici sensibili alla temperatura sono uno spruzzatore con molte fiale dotate di tappo ermetico.

Una fialetta va riempita di diluente per ripulire l'ugello dello spruzzatore, mentre le restanti fiale sono riempite con la vernice diluita e sensibile a una scala crescente di temperature critiche.

Le misure fatte con le vernici sensibili alle temperature forniscono delle informazioni basilari talvolta inottenibili in altro modo e rappresentano un pizzico di prevenzione che vale molto di più di una quantità di rimedi (morte prematura di valvole).

### Conclusioni

La temperatura raggiunta dalla superficie dei tubi elettronici è il parametro finale attraverso cui si può giudicare l'efficienza del raffreddamento ottenuto.

Siccome la durata del tubo è strettamente legata alla temperatura della superficie, i diagrammi che mettono in relazione fra loro la potenza dissipata con la rispettiva quantità di aria necessaria, sono di fondamentale importanza per il progettista e il radioamatore.

La scelta di un ventilatore adatto è importante specialmente quando lungo il sistema di raffreddamento ad aria della valvola esiste un elevato valore di caduta di pressione.

L'uso del manometro per determinare la caduta di pressione, così come quello di vernici sensibili alla temperatura, permette al progettista del circuito ed al radioamatore di costruire un efficiente sistema di raffreddamento forzato al costo più basso possibile.

Consultate sempre le curve termiche dei data sheets!

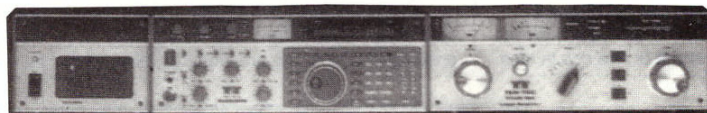
Un ringraziamento a Bill Mc Aulay W6KM, Ray Rinaudo W8KEV e Bob Sutherland W6UOV per i loro suggerimenti ed aiuto nel preparare questo articolo.

# GUIDETTI ELETTRONICA

56011 - ALTOPASCIO (Lucca)  
via Torino, 19 - tel. 0583 276693

**TEN-TEC**

### PARAGON 585, HF TRANSCEIVER



YAESU FT-736R  
NUOVO RICETRASMETTITORE "MODULARE"  
PER LE VHF/UHF ALL MODE



**KENWOOD**

TS 140 S

RTX HF ALL MODE 100 W



IC 761 RX-TX HF

Ricetrans a copertura continua 100  
kHz - 30 MHz

**YAESU**

**ICOM**