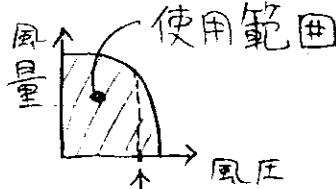
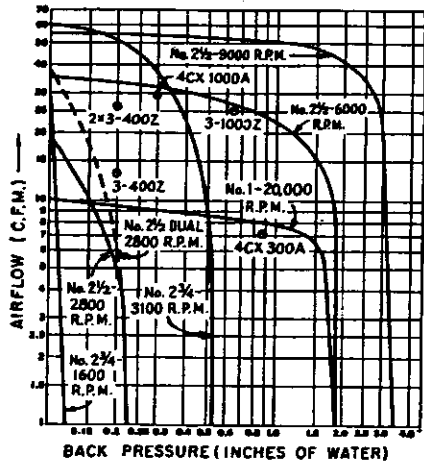


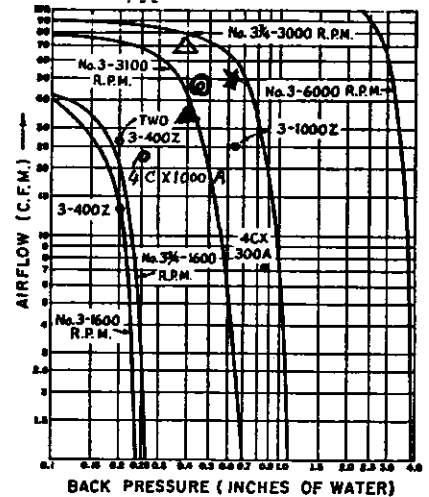
11. 強制空冷について (グラフと表は QST '67 Sep. W6SAI による.)

CFM = フット³ ÷ 27 = 27ℓ

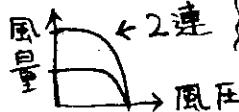


ある圧力急速に
風量はダウン。
↓
高速回転で
羽の径が大きい程、
風圧・風量ともに
大きくとれる。

PPM = 毎分の回転数



④中【点線】は二連ブロー。(3000 RPM)
同サイズ・同回転数の単連ブロー
に比較して、風量は2倍だが
最大風圧(バック・プレッシャー)は
単連と同じ値しかとれない。
(0.21-インチ水柱)

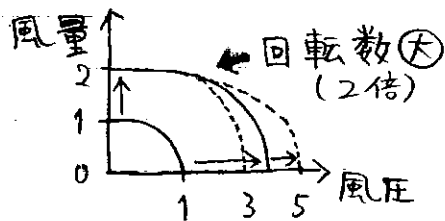


▲ = 8877, 35 CFM 0.41 英寸水柱
△ = 同上 × 2本 70 CFM 0.41 英寸水柱
★ = 4-1000A × 2本 (3-1000Z × 2)
50 CFM 0.64 英寸水柱
(3-1000Z × 2本でも同じ)
⇒ 1"IL では 25 CFM 0.64 IW
◎ = 3CX1200A7, Pd=1200W

例) 右のグラフから

4-1000A × 2本用ブローは 3 3/4 英寸径 で 3000 回転/分
が最適でしょう。(CCS = 連続定格です。モーターン。)

● 一般に 同サイズ のブローなら、回転数 のほうが風量・風圧ともに
④となり、騒音も④とある。



● 同サイズで、回転数 2倍 → (風量 2倍 (風圧は風速の二乗に比例。)) (風圧 3~5倍)
● ブローの「風量」は、フリーに出る空気の量。
「風圧」は、出口の手でふさいだ時の圧力。
小型ブローでも、高回転数なら高風圧にたつ。

● 高地では、空気密度が小さいので、必要な風量・風圧とも増大する。
3,000m 地点 → 平地(海面レベル)の 各 1.5 倍 必要。
→ 低速回転! → 速度の二乗!

● 「風量のとれる大きいブロー」でも、必要な「風圧」がかけられないと、ダメ。

92 ↳ (例=換気扇) 得られる風量はあるバック・プレッシャー以上で急激に低下。

以'電反
風量・風圧

TABLE I

Air requirements and suggested blower data for various air-cooled tubes.
Data is given for single tube, with 50 percent back-pressure allowance.

| Tube Type | Socket | Chimney | 風量 C.F.M. ⁵ | 風 Back 圧 Pressure (In. Water) ⁵ | Blower Size | R.P.M. |
|-----------------------------------|------------------|------------------|---------------------------|--|----------------|--------|
| 3-400Z/3-500Z | SK-110 | SK-116 | 13 | 0.2 | 3 | 1600 |
| 3-1000Z | SK-510 | SK-516 | 25 | 0.64 | 2½ | 6000 |
| | | | | | 3¾ | 3000 |
| 4-400A ¹ | SK-110 | SK-106 | 13 | 0.25 | 3 | 3100 |
| 4-1000A ² | SK-510 | SK-506 | 25 | 0.64 | 2½ | 6000 |
| | | | | | 3¾ | 3000 |
| 4CX250B ³ | SK-600 Series | SK-606 Series | 6.4 | 1.12 | 2½ | 6000 |
| 4CX1000A 4CX1500B ⁴ | SK-800 Series | SK-806 Series | 22 | 0.3 | 3 | 3100 |
| 5CX1500A | SK-840 Series | SK-806 Series | 47 | 1.12 | 3 | 6000 |

¹ SK-100 socket requires 14 c.f.m. at 0.37 inch.
² SK-500 socket requires 25 c.f.m. at 0.9 inch.
³ Data applies to 4X150A for 250 w. dissipation.
⁴ Air requirement for 1000 w. dissipation.
⁵ Sea level requirements.

37 CFM = 1 m³ / 1 CFM = 27ℓ

2パイ T=と風量2倍・風圧は変わらぬ。

| 管球 | ソケット・フタ | 風量 | 風圧 | 径 | 回転数 | |
|--------------------------------------|---|--------|-----------|--------|-----------------|-----------|
| 2パイ { 3-1000Z x 2本 } 4-1000A x 2本 | SK510 + 指定フタ | 50 CFM | 0.64 In.W | 3¾ | 3000 | (3' 6000) |
| 8877 | SK-2200 + SK-2216 | 35 | 0.41 | 3' | 3100 | (以上) |
| 3cx 800A7 | SK-1900 + SK-1906 | 19 | 0.50 | " | " | " |
| 3cx 1200A7 | SK410 + SK436 | 48 | 0.46 | 3¾ | 3000 | " |
| 8874 | ① X球用ソケット V700F240 ② 8875-8875用ソケット V1,800F240 | 8.6 | 0.37 | 2¾ | 3100 | " |
| 8875 | + 44=種 | 1600 | 0.16 | 700パイ型 | ファン (or 300パイ型) | " |
| 3cx 3000A7 | 特=指定無し | 67 | 1.20 | 3' | 6000 | Pd=4000W |
| 3cx 2500A3/F3 | " | 57 | 1.00 | " | " | Pd=2500W |
| 4cx 3000A | SK-1400 + SK1406 | 86 | 1.60 | " | " | Pd=3500W* |
| 4cx 5000A | SK-300A + SK306 | 230 | 2.00 | 4' | 6000 | Pd=6000W* |
| 4cx 10,000D | SK-300A + SK-1306 | 226 | 1.00 | " | " | Pd=6000W* |
| | | 720 | 6.00 | (? ?) | (? ?) | Pd=12KW* |

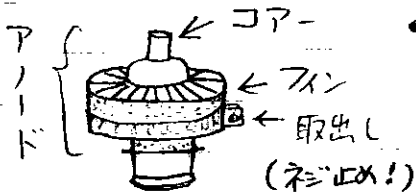
(* = SG.CGの損失も考慮する)

- これらの球は「空気」で冷やされます。(球以外の部品も同様です。)
- 能力の小さいブローを使うことは、このパイプ管の能力を小さくすることと同じです。「無理がきく」=「無理している」ではなく「無理がない」使い方をすることであるべきです。
→ 冷やせば冷やせば(限界はありますか)無理がききます。(グリッド・スクリーンは球内です。)
 - フォルト以外で発生する熱量(グリッド、フィン等)が「同じ」であれば、フォルトの大きな球を軽く使う方が、同出力を得るにあたり冷却システムを小規模にできます。(放熱効果が良いため。)
(例) 4cx 5,000A の 10KW より、4cx 10,000D の 10KW。(Pd=6KW)

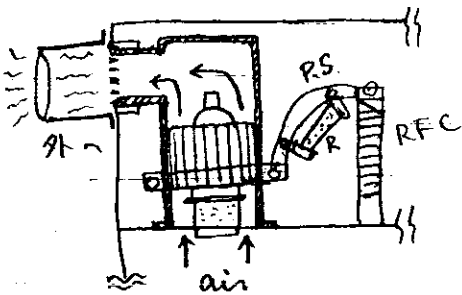
- 球のヒン、プレート電極、絶縁部分はフラント点燈時の発熱だけでも相当な高温になり、さらに使用時(信号入力時)には各電極の損失熱が加わるので、引出しリード線やパラ止め R-L などのハンダ付け部分が容易に溶ける温度になり得ます。ハンダ付けのみでなく、カウゲやネジ止めを併用しなければなりません。ネジも「鉄ネジ」が良い。(真鍮は酸化しやすい)
- TL-922 では球のヒンに対する冷却が充分でないため、ヒンのハンダが溶けて、ヒンが球から抜け落ちることがあるそうです。「頭」を冷やして「足」も冷やせ!

→ RF損失も多い!

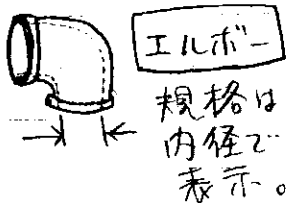
- 同軸ケーブルの「あみ線」を利用してプレート引出し線にすると、高温により銅の酸化が促進されるので、すぐに黒コゲ(ハンダのコテ先のように)になり、ホロッとはずれるかも。太い単線が銅帯を、ハンダ付けに頼らず、ガッチリネジ止めして 150~250°C に対処。



- セラミック球のプレート(アノード)コアは大変高温になる(250°C が上限)、リード引出しはフィンの外周にベルトをかけて引出すほうが安全。このほうが、リード線やパラ止めが高温の排気にはさらされず済む。(フィン下部の方が上部より温度↓)



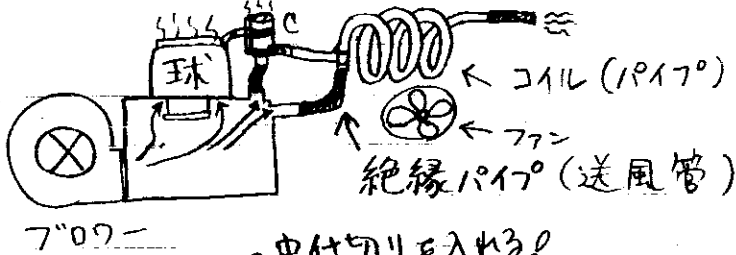
- 球を通過した高温の排気はキャビネット内に放さないで、ダクトにより外部へ導出してしもうほうが、他のパーツをあがらなくて済むし、騒音の点でも有利です。
*パンチングメタルの上は抜くタイプは騒音が大変!
- 市販のチムチム兼ダクトもありますが高価。(500円が) かわりに塩ビのパイプやエルボー(直角)が使えます。球にじかに接触させないかぎり溶けることはありません。強度も問題ナシ。(100°C ではあまり軟化しない。)



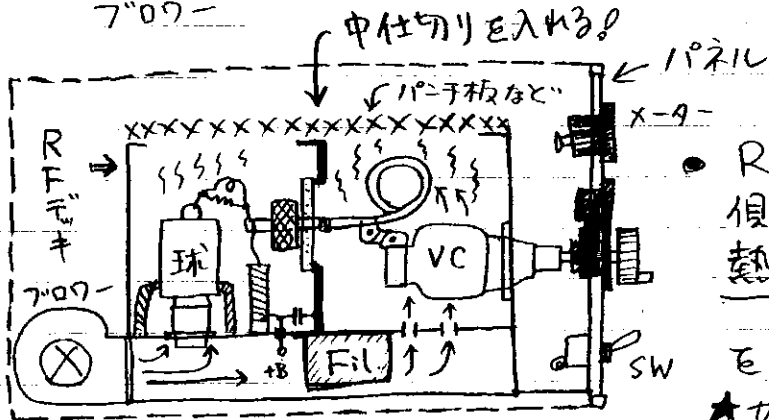
- 導電性ウレタン(ICをさしおくスポンジ)で筒を作った利用した人もいます。(ham radio, Jan, '81) 防音効果も大です。
- タイヤ・フェブに使用される黒いゴムで作った人もいますが、これは、電流が流れるらしく、放電して焼けました。

- タンク・コイル、プレート・カップリングC、バンドSW、アンテナRL などにも風があたるようにすることは有効です。(注: 冷風)

- コマーシャル機では、バリ-レやカップリングCに強制空冷をかけているもの、タンクコイル(パイプ)の中に水を流しているもの(空気を通しているもの)などがあります。水冷では異種金属の電蝕に注意(しよ)。



● 部品が熱くなるとき?
 ↓
 ならば、冷やせばよい
 これ、簡単かつ有効な答えです。



- RF端子内を球側とタンク側とに分けて仕切って、両者間の熱とRFエネルギーに対するシールドを考慮したデザインがはやりです。
 ★ガラス・バキュームVCは熱で割れます!!

「熱とアース」より引用。
 「アースと熱」=㊦

また、図8-23のように大きな装置では通風孔を大きくし冷却をよくする。しかしいくら通風孔をあけても風の通路を考えてやらなければだめである。図8-24(a)は風の入口も出口もないひどい設計なので論外としても(b)では通風孔の位置が高すぎるのである。(c)のように通風孔の位置を下げ部品を高い位置におくことが必要である。こう考えて行くと筐体が通風のじゃまをしている。そこで図8-23(d)のように思い切って筐体を廃止してしまうことすらある。「見てくれが悪い」などということより「事故がおきない」ことのほうが大切だということを地で行った賢明なやり方といえるのである。無人の放送局など

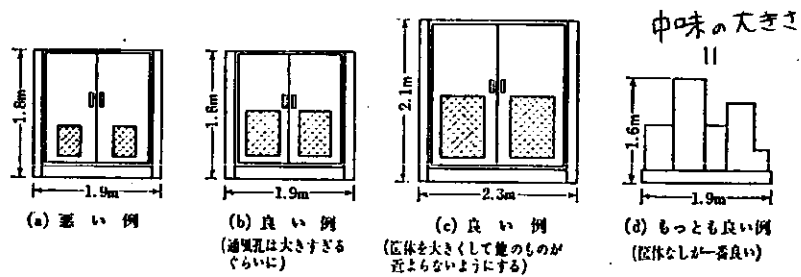


図 8-23 通風孔は可能な限り大きく

ではよく使われるやり方だ。電算機などでもいづれ「筐体なし」というものが作られるのではあるまいか?

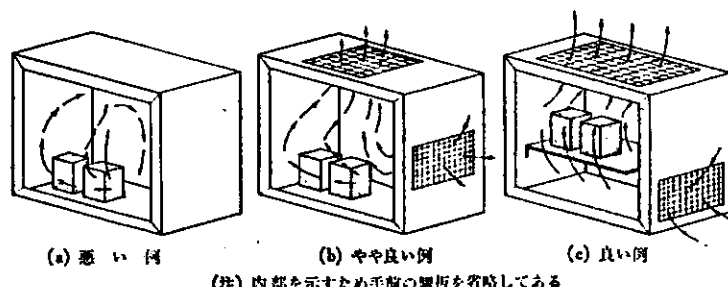


図 8-24 風の通路をよく考えること

「アースと熱」より引用

ヤトランジスタあるいは抵抗の大きいこと、これではプリント基板に取りつけられている部品の数や種類によつて風の流れに対する抵抗が大幅に違つてしまふ。ここなのです。前節で「正確な風量など計算もできませんよ」といったのは……。ただ1ついえることは「そよ風を通してほしい」ということなのである。それにはどうするか。むりやり風を通さなくてもよい。風の通る穴をあけてやること。風に「どうぞ通って下さい」と通路をあけること。すると自然に0.6 m/s 位のそよ風が通るものなのである(陸上100メートル 9.9 秒の世界新も 2.0 m/s 以上の風があると公認されません)。

9.6 自分がそこに入れられたら熱くないか？

前節では風の通る穴をあければ、自然に風が通るといった。しかし実際にはそんなに簡単なものではない。そこで素直に考えてみよう。屋外の太陽直射の下で使うといった特別の場合を除き普通の電子機器では「最大温度 40°C で使用できること」というのが一般的な規格である。それに“筐体の内部は外気より 10°C 位高いだろう”として部品の周囲温度は 50°C 位になると考える。そこで「部品の代りにわが身がそこに入ったら？」と想像して見るのである。あつくるしい。息ぐるしい。というのでなんとか窓をあけたり、通風をよくすることを心掛けるであろう。“自分のこととなると通風を考える”のに“部品のこととなると考えない”では身の入った設計とはいえないのである。だから設計途中でもよいし、物ができあがってからも遅くない。“自分があそこに入れられたらどうやって息をするか”と思つてみる。すると“ここと、ここに穴をあけるとよい”とか“あそこの板はやめてしまえ”といった名案が必ず浮かんでくるはずである。「部品に対して愛情を持たば」必ずよいアイデアがでてくる。

9.7 ファン

前節で述べたように必ず風の通路をつくること。それには“自分がそこにお

し込められたら息ができるか？”と考えること。これが第1の心構えである。しかしどう考えて見ても部品やプリント基板がぎっしりつまつていて自然冷却だけではあぶないということがままある。そういうときには「失敗してもともと、取りはずせばよい」という軽い気持ちでファンを取りつけることである。これを反対に「やってみて温度が高ければあとで取りつける」などと考えるからファンを取り付ける場所がなくなってしまうのである。そして、ちょっと不安だが“ままとばかり”出荷してしまえ”なんていうことになってしまう。5月、6月は無事動作してしてくれたのですっかり忘れていたが7月に入つて故障だらけ。「本当に災難は忘れた頃にやってくる」などとはいつおられない状態となってしまうのである。

このようなことのないような最初から「失敗してもよいからファンを取りつけておく」べきものである。「ではファンをご忠告によって取りつけましょう。だが一体どのくらいのファンが必要なのですか？」という質問ができるのは必定である。そこで次を読んでいただきたい。

9.8 使用中は停まらないで下さい！

ある日ある時ある機器が突然こわれた。大騒ぎになった。ところがこんな場合その原因を調べたら“熱が犯人だ”ということが非常に多い。そこで上長からはたえず“温度を下げろ、温度を下げろ”といわれ通した。それならいっそのこと“なんでもよいからファンをつけておこう”ということになってしまう。たしかにそのほうがよい。「温度は低いほどよい」のだから、ファンをつけて温度を下げてぐあいの悪いことはなにもない……。だが、ただ1つだけ悪いことがあるのである。それはファンが停ることである。また、停まらないでも何らかの原因で風量が減ることである

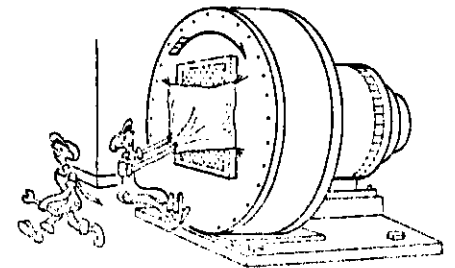
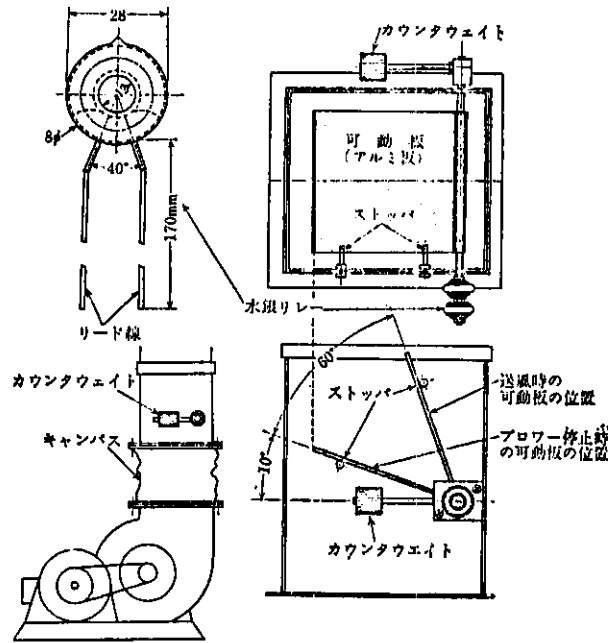


図 9.9 ファンやブローアの空気取り入れ口のフィルタには埃や物がつまらぬように！

(図9-9参照)。紙くずがとんできて、ファンに引かかった。そのため筐体内が



- 風流リレーはブローに直接つけてはいけない
- キャンパスが切れたり抜けたりした場合に風流リレーの動作を止めるため

図9-10 水銀リレーを利用した風流リレー

あつくなって「抵抗がやけた」「コンデンサがパンクした」ではどう理屈は正しく、甘い訳はできてても間違いない上長から怒られるだろう。

これがたとえば 0.75 kW などという強力な三相誘導電動機つきファンならその遠心力を利用してリレーを動かしたり、あるいは図9-10のように風で動く「うちわ」

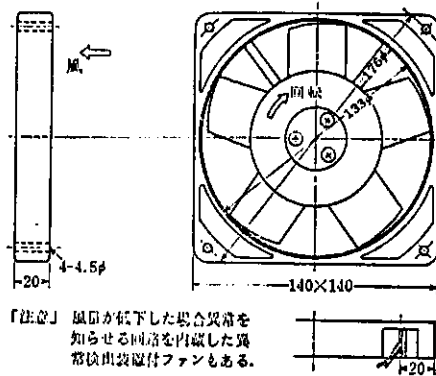


図9-11 小形ファンの一例

のような可動板のシャフトの先に水銀リレーを取りつけファンが動作してから初めて機器が運転できるようにリレー回路を組むこともできる。そして万一送風機が止まった場合には装置全体を止めてしまうような仕組にすることもできる。

ところが図9-11のような小形ファンでは図9-12のように発生する風そのものが弱く、その上風量も少いので図9-10のように風によってリレーを動かすだけの力がない。そこで万一ファンが停止した場合には、温度上昇を検出するサーモスタットなどを使用しない限りそのまま装置があたたまって部品がこわれてしまう心配がある。普通図9-10のようなファンの寿命は連続使用すると2年ぐらいたといわれている。ベアリングが摩耗するためだ。

このように考えるとファンを取りつけるのがこわくなってしまふ。たしかに何回も試作機を作ったものとか、過去に十分経験とか実績のあるものまでファンをつける必要はあるまい。また、加速による衝撃があつて15Gとか20Gに耐えなければならぬ機器でははじめからファンをつけることをあきらめなければならぬまい。しかしそのほかの場合には前節でも述べた通りファンはつけておいたほうがよいのである。それは、部品がよく冷えて事故率が減るからである。けれども“ファンの停止”ということだけが心配で心残りである。真剣にこのことを考えるとファンに対して「使用中は停まらないで下さい!」と声をかけたいような気持ちになってしまう。なにしろ小さなファンにすべてをおまかせした形になるのだから。かといつて“神だのみ”ばかり

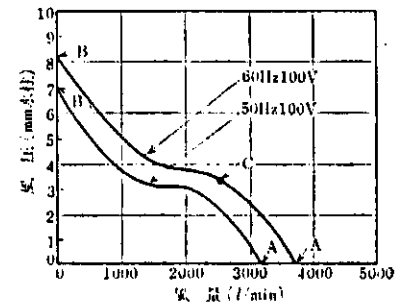


図9-12 小形ファンの特性の一例

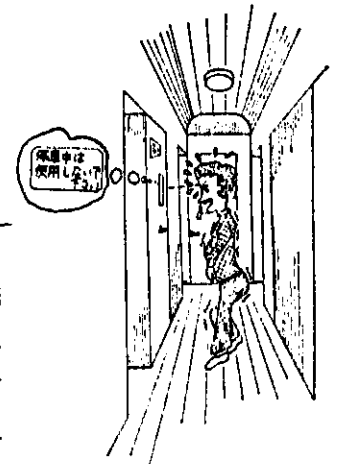


図9-13 使用中は停車しないで下さい!

もよくない。そこでいばん確実な方法は「ファンがとまり多少温度が上がっても故障しないような設計」をすることである。そしてファンというものは「温度が10°C上がったら寿命が半分ということわざ」通り部品の温度を下げて寿命を延ばすために入れるためのものと考えるのである。だからファンがとまっても、1日や2日程度なら大丈夫なようにしておくのである。

なお、当然なことではあるがファンが廻ってからあとでトランジスタやICに電圧が加わるように回路を作っておくことが必要である。この点は電車や汽車の中にもはっきりと「停車中は使用しないで下さい」と書いてある通りである(図9-13参照)。(図9-11の「注意」のようにアラーム接点付きのものもある)

9-9 ファンが必要か？自然冷却でよいか？

このファンの決めかたが実はあまり正確ではないのである。といってしまうのではちょっとひどすぎる。そこで近似的というところを聞きかたが実は相当おどろばなやり方を次に紹介しよう。しかし現在の所、理論的にも解明しつくされていないのでこの程度でやむをえないし、また簡単に求めるにはこんな方法しかないように思えるのである。

図9-14を見よう。この図はファンが必要かどうかの一応の目安をつけるための図である。もしこの図によってファンが必要とわかったときには、次に図

9-16によりファンの大きさを決める。そこでまず図9-14の使い方から説明しよう。それにはAとPの2つの量が必要である。Aはこれからファンが必要かどうかを検討しようとするユニットとか機器の表面積である。(Pは、そのユニットとか機器の内部で消費される電力である。Aは文字通り表面積で物指で寸法を測り計算する。たとえば、外形寸法

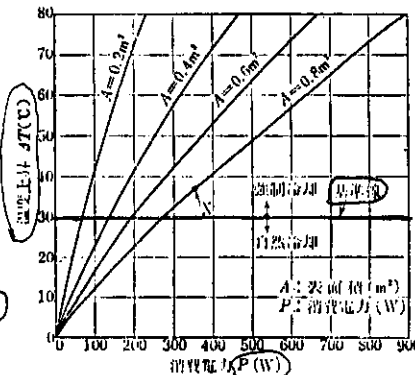


図9-14 消費電力と温度上昇



435(幅)×230(高)×440(奥行)(単位mm)で出力が50V 5A (250W)の直流電源があったとすると、 $A=2 \times (0.435 \times 0.230 + 0.435 \times 0.440 + 0.440 \times 0.230) = 0.785 \approx 0.8 \text{ m}^2$ 。また、この電源の交流入力を実測したところ612Wであった。すると、 $P=612-250=362 \text{ W}$ となる。そこで図9-14を用いるとX点より

37度の温度上昇となりファンを必要とすることがわかる。実際の温度 = $4 \text{ T} + \text{室温}$

ここで、 $612-250=362$ という計算によって交流入力から直流出力を差し引き安定化電源自体で消費される電力を求めた。がしかし、論理回路などでは出力が全くない。そこでたとえば直流電源から24V 12Aがその回路に入れば、 $24 \times 12 = 288 \text{ W}$ がそのまま消費電力となってしまうし、12V 6Aなら72WをそのままPの値として図9-14に適用しなければならないのである。

ところで電源の場合だとそれを作っているのが電源メーカーだから“交流入力を測る”のは計器などもそろっていてきわめて簡単である。しかし実験室や工場などでは交流電力計はもちろん交流電流計もないのが普通である。これでは交流電力など測れない……お手あげだ……などといてはいけぬ。どうするか、電源変圧器のVAを計算する。そして変圧器の効率を図4-10 (p.62)よりみて、変圧器への入力を求めればよいのである。たとえば、1次電圧がAC 100Vで2次側に2つの巻線がありそれぞれAC 25V 10A, AC 12V 5Aを取りだせるような変圧器が用いてあれば、2次VA = $25 \times 10 + 12 \times 5 = 310$ 、効率88%として入力350VAとなる。この入力全部その機器内で消費されるものとして350Wの熱損失があると考えればよい。

熱の計算には、多少の誤差は避けられないのであるからこの程度の計算で十分である。なかには「正確でない気持ちが悪い。かといって正確に計算する理論式が見当たらない。……だから待っててくれ。」といつてなかなか計算もせず結論を出さない「器用な設計者」がいる。しかしそれでは研究であつて設計ではない。

設計というものは「不正確でも計算する」あるいは「計算すべき」ものなのである。ファンの設計には常にこういう態度が必要である。というのは、図9-14ですら絶対的でないということである。たとえば、図9-1のように、通風のよくない例の場合と図8-19 (p.146)の「底板なしシャーン」の場合とで

はかなり話が違うはず。だいたい「底板がないのに表面積Aはどうやって計算するのか?」といわれれば「まいった」と返事せざるを得まい。

また、図9-14では温度上昇が30°C以上の場合冷却ファンを必要とすると書いてある。これは夏期、室温が35°Cまで上るとして、 $20^{\circ}+35^{\circ}=65^{\circ}\text{C}$ が機器内の温度……この程度の温度なら大丈夫と判断したからである。がしかし機器内に電解コンデンサがたくさん入っている場合と、ホウロウ抵抗だけしかない場合ではおのずとファンが必要かどうかの基準線が違ってくるはずである。こう考えると、図9-14のような図表はきわめて経験的なことであり、いろいろの失敗を積み重ねて得られたデータをもととして各人で作らなければならない図面なのである。そして「理論より経験」が物をいうのがファンの設計なのである。

9-10 ファンの大きさは?

前節でファンが必要かどうか判断がついた。さてファンが必要ということになった場合当然次に「どれだけの風量が必要か」ということが問題になってくる。それがなかなかむずかしいのでまず理屈だけを述べよう。図9-15の横軸には風量 Q (l/min) がとってある。縦軸が静圧 (mm 水柱) である。実線が一般のファンの特性で、A点はファンを1個ポンと空中において、から廻りさせたときのデータである。なんのじゃまものもない状態で「これ以上の風量は得られませんよ!」という風量である。B点はファンの風の出口をしっかりとふさいでしまったにも風が通り抜けない状態のとき得られる風圧を示している。普通はこの両極端の中間のC点のような状態で使うのであって、ある程度の風の圧力を発生させそのかわりA点よりだいぶ少ない風量でがまんするのである。

図9-12は図9-11の形状のファンの実際の

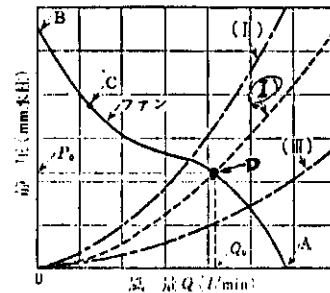


図9-15 ファンと被冷却物の冷却特性

特性である。A点では3,200 l/min (50 Hz の場合)、3,700 l/min (60 Hz) の風量が得られ、B点では6.9 mm 水柱 (50 Hz)、8.1 mm 水柱 (60 Hz) の風圧が得られている。もし60 Hz の電源でC点で動作させると2,600 l/min の風量で3.5 mm 水柱の風を得られる。ここまではまことにわけではない。というのはファンを作るメーカーが「売らんかな」というのでデータをいくらでも教えてくれる。問題はこれからなのである。図9-15を再び見よう。

図9-15で点線で書かれた曲線……「ははあ……これは2乗カーブだな」ということはすぐわかる。「さようしかり」であって一般的にある通路に風を通すために必要な風圧は風速の2乗に比例して増えるのである。電車や航空機の空気抵抗がスピードの2乗に比例して増加していくのと事情は全く同じである。ただ物が動くか、空気が動くかの違いである。

いま、被冷却物の特性が図9-15の(I)であったとしよう。そしてこの物を図9-15の実線のような特性をもったファンで冷却するとしよう。するとD点^①がその動作点となり、風量 Q_0 、風圧 P_0 でファンが動作する。“これでおわかりでしょう。”というのがファンの大きさをきめる原理なのである。

こう説明すると誰でもわかったような気になる。わからない人はどうかしているが、ここまでは理論なのである。しかしなかなか理論通りにいかないのである。ではどこが理論通りにいかないのか? 実は図9-15の点線の特性がわからないのである。図9-5(c)をもう一度見よう。全く同じプリント基板に紙ヤスリをはりつけた実験である。紙ヤスリの荒さをかえただけでもこのように風に対する抵抗がかわっている。まして紙ヤスリではなく抵抗とかコンデンサ、IC、トランジスタなどいろいろの部品がついたプリント基板ではいったいどうなるのか見当もつかないのである。しかもそのようなプリント基板を何枚も重ねて使っているような場合必要な風量を通すための風圧など到底計算できない。

かように図9-15の点線の特性がわからないのである。図9-15の被冷却物の風量風圧特性が(I)か(II)か(III)かがわからないのである。ただわかっていることは2乗特性(正確には1.8乗とか1.9乗とかいわれているが)だということだけである。

9-11 風圧はどうして決めるか？

何をいっているのだ。わからなければ風圧を測定すればよいではないか？
測定すれば、(I)か(II)か(III)か、あるいはもっと違った特性をもっているかわかるのではないかという疑問が生ずる。しかし、先の図9-5の特性を測るにも実は図9-7のような大変大がかりな装置が必要であった。これではだめだということは誰でも気がつくであろうし、またこの測定装置を作ったとしても物ができてからなら測定できるが「設計段階ではどうも」ということになってしまう。というわけで試作のとき少し大きめのファンをつけておいて“データを取ってからだんだん小さめのファンにしていく”という一般的方法にならざるを得ないのである。そしてそのファンで冷やしてみる。すると装置にかかる風圧がわかる。図9-15でいえばP₀がわかる。一方、ファンの特性はわかっているのだから図9-15でD点はその動作点だということがわかる。するとD点を通る2乗カーブを引けばそれが被冷却物の特性だということになる。そこで次の設計からは逆にこうして得られた特性を用いてそれにあったファンを選ぶということになるわけである。もちろん、「データを取ってから」というデータとは風量を測ったり、風圧を求めることも大切だが、筐体内の温度上昇を測り部品は大丈夫かという部品の温度データを取ることのほうがより大切なのである。

こういってしまうとファンを作っているメーカーが一生涯懸命データを取ってくれてのに申訳けないみたいだが、私達は「ファンの風量を測定するのが目的なのではなく部品の温度が下がらないようにするのが目的」ということでごかんべん願いたいのである。

まあ以上のようにして試作機があれば、次からはなんとかブローの選定も可能となる。けれども「試作することなしでいきなり本番」などという機器については手の打ちようがない。そこでそんなときには、どうせわからないならせめて……ということで図9-16を使用する方法が用いられている。そしてこの図を使って風量は何l/minと出す。しかし風量はかわっても風圧はわからな

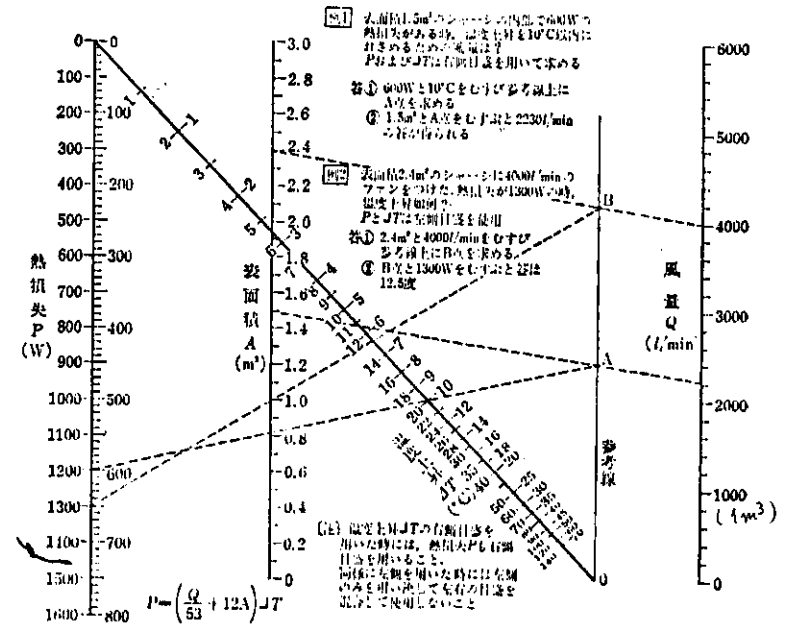


図 9-16 風量計算図表

い。“そこが経験”で「プリント基板はすき間が多いから 2mm 水柱もあれば十分」とか「少し部品がつかまっているから 5mm 水柱にしておく」といって「ヤアと一声」でファンの大きさを決めていたのである。

しかし“そんな決め方ではいやだ”という人がいればいたしかたない。図9-7のような装置により実測しなさいという以外アドバイスの方法はないのである。しかし初めて設計するときはどうするのか？「物がなければ風圧も測れませんよ！」

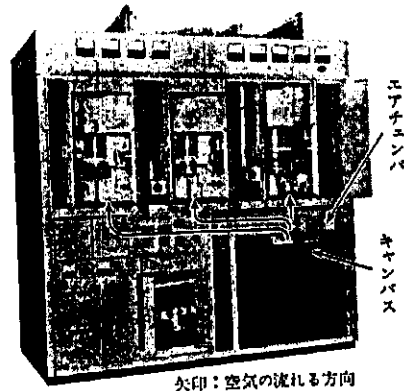
だから図9-16で大体的目安をつけなさいというのである。少なくとも○○○l/minの風量が必要だということだけでもわかるからである。

9-12 大形ブローについての注意

多くの電子機器では図9-11のような小さいファンを何個か使えばすんでし

まう。しかし世の中にはそれですまないような大形のものもある。

図9-17は大形送信機の例である。大きなエアダクトを作りそこに何kWという大きな電動機で駆動されたブローから空気を送り込んで大形送信機を冷却する。こうなると前節のように「図9-16を用いて○○Wの損失で表面積がいくらかから△△△△/min. 風圧は適当に」などとはいつていられない。



だが、そこはよくしたもので、図9-17ブローとエアダクトのつなぎ方いろいろの形状のダクトとか風の通路に対し「かくかくの風速の場合はいくらの風圧が必要か」いうデータとか、計算式がたくさん発表されているのでそれを使って計算するのもよい。けれどそんな計算は専門家にまかせたほうが無難である。本書の読者のような電気設計者は近寄らないほうがよい。

ということで専門家にまかせることにしてもやはり設計書ぐらいは見せてもらうべきだ。風速は5m/secから10m/secぐらいなどとなかなか役に立つことが書いてあるはずである。がしかしこのようにいろいろのデータを元にして計算していざ物を作ってみると、うまくいったというほうが少い。それほど風の計算はむずかしいのである。

図9-18(a)で、もし入口より水を入れればAもBもCも同じ圧力で水がでる。しかし空気は水と違って、Aからはよく出るがCの風圧はまるっきり弱くてだめだなんていうことがとかくおこりやすい。そこで(b)のように大きな空気だめ(エアチェンバ)を設けてAからもBからもCからも同じ圧力で風がでるように工夫したりする。図9-17にもまた

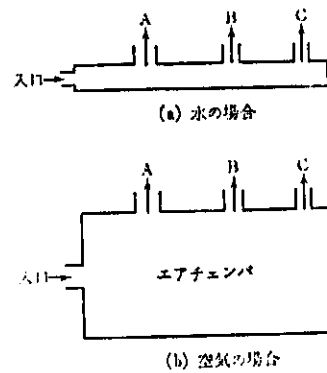


図9-18 風のダクトを作るとき的心得

図9-20にもエアチェンバがあって空気圧を一定にするようにしてある。とにかく「水のように思ひように流れてくれないのが空気」と心得ていることが大切である。また、よく失敗する例としてダクトの構造がある。風圧50mm水柱ともなると相当な圧力となる。一平方メートル当り50kgの圧力である。1.2mmの鉄板で作った四角いダクトに風を通した所、風圧でプーッとふくれ上がってしまった例がある。それでは丸いダクトがよいというのでダクトを丸くしたら、風圧にはもったが丸いものをどうやって建物にとりつけるか困って再び厚い鉄板を用いて角形ダクトに変えたという「笑えない話」がある。これなど「風の圧力が相当大きいからダクトの機械的強度に注意しなさい」という声に耳をかたむけなかったためといえよう。

そのほかにもブローが大きくなったためいろいろなトラブルが発生する。たとえばブローが大形になるとブローの振動がダクトをつたわって、電子機器につたわる。そこで図9-19のように途中キャンパスを入れて「振動を切る」のが常識である。図9-17にもまた図9-20にもキャンパスが見られる。ところがだんだん精密な機器ともなると思わざるものがおこるものである。あるテレビ放送機の話である。どうしてもテレビの映像に雑音が入って画が見にくい。そこでさんざん調べたあげくの結果が電気部品が冷却用の風でゆれて雑音が発生するらしいということがわかった。本当はブローをとめて雑音がなくなれば「犯人は風だ」ときめつけることもできるのだが、なにせ相手は大きなブロー。大きいだけに回転をとめたりあるいは止めたものを正規の回転スピードにもどすまでに30秒とか40秒かかってしまいその間に高価な送信管をこわしてしま。というのでいろいろ考えたあげく図9-9のようにブローの空気取り入れ口に“ふとん”をかぶせブローを止めずに瞬間的に風だけを止める方法を発見した。こ

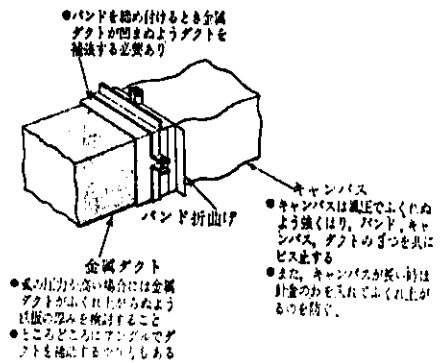


図9-19 金属ダクトとキャンパスの接続方法

うして風をとめて雑音がなくなることがわかったので、機械的に振動しやすい部品をがっちり取りつけ、雑音退治にみごと成功した例もある。

ファンやブローアの取り入れ口に物がつまっては困るが「冷却風による部品の振動」かどうかを見分ける方法として逆に利用するのも有効な方法である。

9-13 エアフィルタ

自然空冷の場合ならともかく、強制空冷ともなると外から空気を取り込んで中にむりやりにおしこんでいるのであるから、外からいろいろなものが飛び込んでくる。それでは機器がたまったものではない。そこでエアフィルタを用いる。

図9-20はブローアに直接エアフィルタをつけたものであり、図9-21はブローアを設置した機器の空気取り入れ口につけたものである。ここで注意しなければならないことはこのエアフィルタによる風圧損失である。ところがこの風圧損失をうっかりしてしまふことが多く、ブローアの風圧

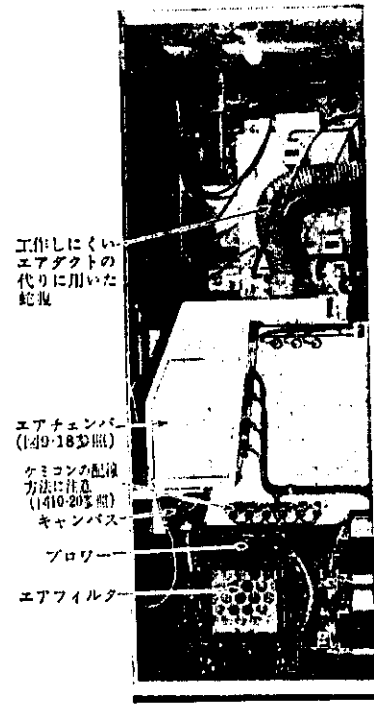


図 9-20 ブローアに直接エアフィルタを取りつけた例

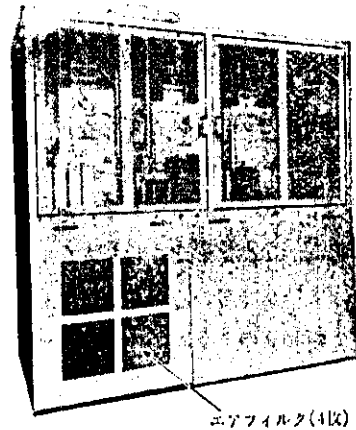


図 9-21 機器の筐体にエアフィルタを取りつけた例

が足りないといって大騒ぎすることがある。というのはこの風圧損失が意外に大きいのである。5mm 水柱どころか 15mm 水柱、場合によっては 20mm 水柱にも及ぶことさえある。もちろんフィルタが汚れば風圧損失がそれだけ増し機器の冷却が悪くなるのでフィルタは絶えずきれいに掃除しておく必要がある。ある機械工場の数値制御器(NC)では汚れがひどくて1カ月に一度洗わないと風圧が落ちてしまう。しかし水で洗ってもだめだから、「合成洗剤を用いて熱湯で洗う」という話をしたら長野県のある山上にある通信装置では7年間一度も洗ったことがないと大笑いになった。

9-14 ファン・ブローアについての注意事項

まず第1に 50 Hz 用か 60 Hz 用かたしかめること。「そんな馬鹿なことが」といわないで下さい。よく間違えるのですから。では 50 Hz 用のファンを 60 Hz で使おうといったいどうなるか？ まず回転数が 20% 上がる。そして同時に風量も 20%、風圧は 40% 近く増す(図9-12参照)。いいことだらけだ、といって安心して使っていると、風量×風圧=仕事量 ということ、 $1.2 \times 1.4 = 1.7$ 倍、これではモータがたまったものではない。70%も余分に負荷がかかっ

ては焼けること必定。そこで電源周波数に注意することが必要なのである。次に海拔の問題。高くなればそれだけ気圧が下がるので能率が悪くなる。そのため容量の大きなブローアを用いる必要がある。海拔 1,000 m ごとに 10% ずつ容量を大きくしなければならない。このためベネズエラとかペルー、メキシコなどの高地都市に輸出するのは注意したい。

また、ブローアから出る騒音も問題である。だいたい、表 9-1 を

表 9-1 送風機の騒音の例

| 静圧 (mm) | 風量 (m ³ /min) | 騒音 (phon) |
|---------|--------------------------|-----------|
| 22 | 100 | 80 |
| 30 | 25 | 77 |
| 40 | 10 | 56 |
| 65 | 6 | 70 |
| 85 | 10 | 75 |
| 100 | 15 | 74 |
| 110 | 23 | 72 |
| 128 | 60 | 88 |
| 130 | 65 | 70 |
| 130 | 30 | 81 |
| 135 | 75 | 87 |

参照していただければ案外うるさいものだということがわかる。地方のしかも人家から離れた所に設備する場合など特に耳うるさく感じるから注意しよう。

9-15 サーモペイント・示温紙

いままで、一生懸命「温度を下げろ、下げろ」といつづけてきた。そして「通風が大切です。また、部品の使い方に余裕をもたせ低い温度で使わないさい」といつづけてきた。がしかしあらたまって「お説はわかりましたのでその通り設計しました。だから安心して下さい。」といわれると思わず「ちょっと待ってくれ。実は……」といいたくなるのである。というのは「設計通りにならない」のがエレクトロニクスの世界。そこで物ができあがったとき、「設計通りになっているかどうか？」チェックしなければならないのである。そのため部品の温度を測ることが非常に大切なことになってくる。温度を測るとなるとすぐ頭に浮かぶのが温度計。その温度計をパテなどで部品に密着させて測るのも1つの方法。しかしこれでは誤差も多いし、第一温度計があがるまでに時間がかかる。ということで熱電対式の温度計が盛んに使われるようになった。これだと精度もよくすぐ測れるので非常に便利である。

ところが高い電圧に使われている部品ともなると危なくて近づけないし、また、周波数の高い回路だと温度計をつけると特性が違ってしまうので測定が不可能である。また温度を測りたいものが非常に小形なものだと熱電対をつけただけで温度が変わってしまったりする。そのほか機構の内部や回転物体などの温度分布も測定しにくい。そこで無接触温度測定がさかんになってきた。その1つとしてサーモペイントとか示温ペイントあるいは、検温塗料などといろいろの名称で呼ばれる塗料が利用される。この塗料は温度が変化し、所定の温度になると色が変わるもので、なかにはマジックペンのように携帯タイプになっているものもある。

また示温紙とかサーモラベルあるいはサーモペーパーなどと呼ばれるものがある。これはサーモペイントにシリコンその他耐熱性樹脂を配合した塗料を特殊の紙に浸みこませたもので、判定部にはって使用する。変色温度を示温紙に

印刷した便利なものもある。

サーモペイントにも示温紙にも、可逆性と不可逆性のものがあり、前者は一度変色しても冷却すると再び原色に戻り繰返し使用できる。そこで過熱防止とか保温のための標識用に利用する。後者は

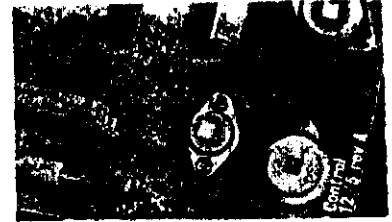


図 9-22 示温紙の応用例

変色してしまると温度がさがっても変色したままの状態に保たれている。そこである温度に達したことがあるかないかを調べるには便利であり、機構内部などの温度上昇を調べるには最適である。しかしよいことばかりでないのが世の常。サーモペイント、示温紙の最大欠点は不正確なこと。「ビタリ、何度になった」とはいえなく、「大体〇〇度ぐらい」などかなりあいまいである。だが変圧器やトランジスタにベタベタと張りつけておいて、温度が変わったものだけを改めて調べるというような使い方にはしごく便利だ(図 9-22 参照)。

9-16 赤外線温度計

しかし最近では赤外線を利用したもっと便利なものができてきた。まずその原理を説明しよう。物の温度があがると赤外線をだす。その赤外線エネルギーを測るとその温度がわかるのである。図 9-23 が赤外線温度計の一例で、ピストル形になっていて「さあ測ってくれ」といわんばかりに便利な姿をしている。

たとえば、1/4W 形抵抗でも簡単に測れる。もし温度計でこのように小さい部品の温度上昇を測ろうとすると、温度計をつけただけで抵抗の温度が下がってしまい結局動作状態の温度は測れない。ところが赤外線を用いると動作状態のありのままの姿で測れるのである。

プリント基板に実装した小さい抵抗やコンデンサ、トランジスタなどぜひこのようにして温度を測り「きちんと設計したから大丈夫」ということから「きちんと測定したから大丈夫」と胸をはって出荷したいものである。しかし、ここでちょっと声を小さくしていい



図 9-23 赤外線温度計

たいことがある。このように測定したプリント基板も絶対に大丈夫とはいえないのである。それは図9-23の温度計で測ったものはプリント基板が1枚ボタンと放置された場合のデータだということである。“では実際に使用したまま温度を測ればよいではないか”という人もおられよう。しかしそれこそ机上の空論。そういう人には「プリント基板が5枚あった場合、プリント基板を抜かないで真中の3枚の温度を測るにはどうするのですか？」と逆に質問したらよい。

図9-23はピストル形で持ち運びには便利であるがある1点の温度しか測れない。そこでテレビカメラのように、全体を走査して部品とか装置の全面にわたり温度を測るうまいものも売られてきている。図9-24は赤外線カメラで撮影した顔の温度分布図である。この赤外線カメラがあると非常に便利であるが、なんといっても高価なためごく一部で使われ始めた程度だ(図9-25参照)。

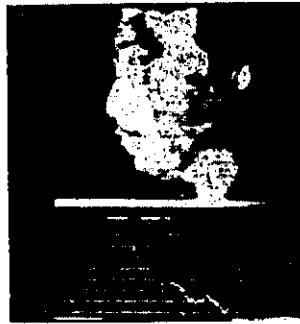


図9-24 赤外線カメラによる顔の温度分布

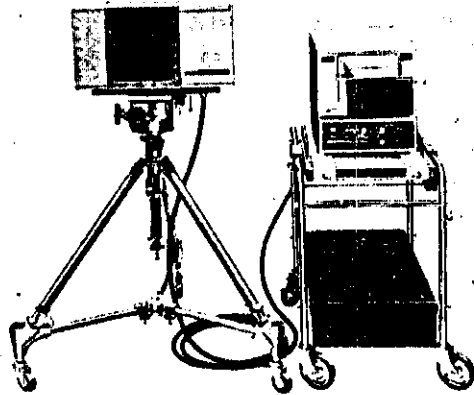


図9-25 赤外線カメラ

第10章 事故を少なくするには

10-1 事故を少なくするには「部品の規格を下げて使うこと」

ラジオ放送は時々送信電力を増強する。それが増力だ。そして増力記念とかいって特別番組を組んだりする。しかしその舞台裏は大変なのである。というのは増力の度ごとに放送機を買い直すからである。打合せの席上「喜ぶのはメーカーばかりだ」との皮肉も出ることすらある。

ここである民間放送局の話をしよう。数年前10 kWから20 kWに増力することになった。そのとき“これを機会に思いきって50 kWの機械を購入しよう”というおえら方の御意見によって50 kWのものを購入しそれを20 kWで使用することになった。ところが全然事故がおきないのである。7年以上無事故なのである。1年は365日×24時間=8,760時間で約10,000時間。寿命10,000時間といわれている送信管まで70,000時間を越えても無事故なのである。「俺は50 kWの力があるのに20 kWにしか使ってくれない。実力発揮のチャンスがほしい」と悲憤の涙を流しているどこかのエンジニアのまねをして、放送機が事故でもおこしてうらぶんをはらすのではないかとハラハラしていたがちょっと意外であっ

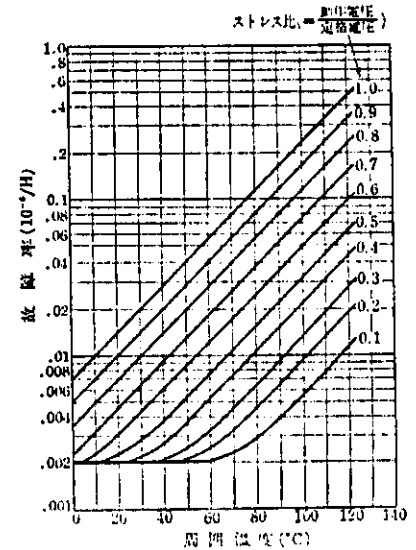


図10-1 セラミックコンデンサの故障率 (MIL-HDBK-217Aより掲載)

た、しかしよく考えてみるとむしろ当然なのである。真空管、トランジスタ、変圧器や抵抗などすべての部品が規格よりはるかに劣った状態で動作しているためなのである。『腹八分日に病なし』とでもいいたい所である。

このように部品の信頼性を考えて、定格より使用条件を下げて使うことをデレーティングなどといっている。また、どの程度下げて使うかということも数値的にいい表わすためストレス比という値を用いる。実は第2章でコンデンサのストレス比についてはちょっと触れておいたがもう一度説明しよう。

コンデンサの場合ストレス比とは、(動作電圧)/(定格電圧)のことをいうのである。そしてコンデンサを使う場合ストレス比の小さいほど部品の事故が少ないということを第2章では説明した。ところが同じコンデンサでも図10-1のセラミックコンデンサ、図10-2のアルミ電解コンデンサの故障率に示すようにストレス比と事故率との関係がコンデンサの種類によって違ってくるのである。また図10-3は抵抗のストレス比と故障率の関係を示した一例である。もちろん抵抗の場合には、 $\text{ストレス比} = (\text{消費電力}) / (\text{定格電力})$

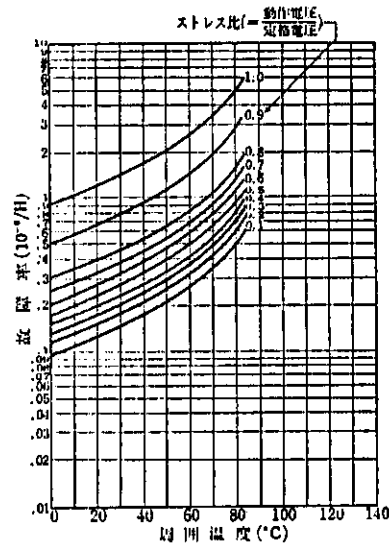


図 10-2 アルミ電解コンデンサの故障率 (MIL-HDBK-217A より掲載)

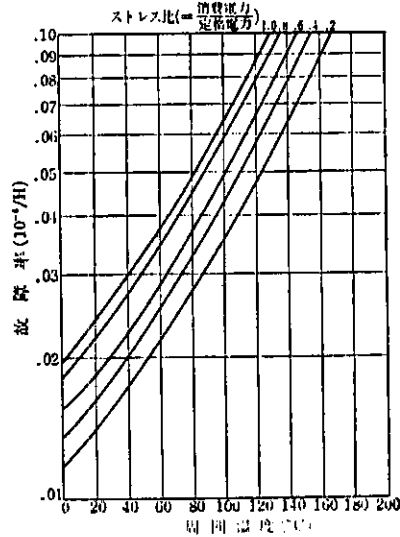


図 10-3 カーボン抵抗の故障率 (MIL-HDBK-217A より掲載)

を表わしている。

つぎに図10-4のようにトランジスタやダイオードの場合にはストレス比は接合部の温度について規定してある。このようにストレス比というものはその部品ごとに規定の方法が違うのである。と同時に図10-1~図10-4を見ればわかるようにストレス比をさげればさげるほど故障率が減ることは確かである。とにかく定格通りに使っては故障がおきやすい。そこで故障を少なくするため「定格より下げて」使うのである。まして「定格よりオーバーしていた」などということがあってはまずいのである。

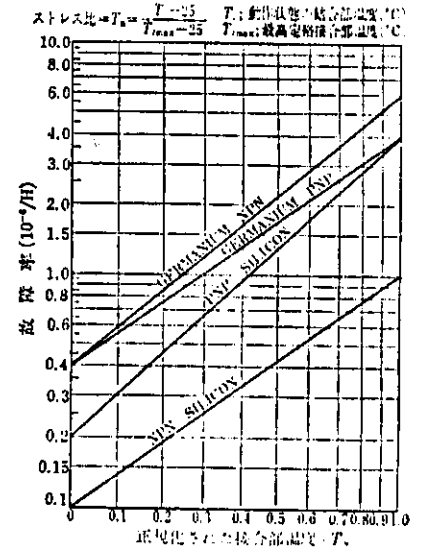


図 10-4 パワートランジスタの故障率 (MIL-HDBK-217A より掲載)

10-2 プリント基板と温度サイクル

ここで図1-1 (p. 1) を見よう。ハンダづけ不良による事故のなんと多いことか。映像機器でもこのように多いのであるからハンダづけ箇所がさらに多い論理回路になると大変なことである。「論理回路の事故はハンダづけにあり」といいたいほどである。電算機などの論理回路を主体にした機器でハンダづけ不良による事故の多いことも納得できる。かといって「完全だ」というハンダづけもなかなか望まれない。そこでハンダづけが終わったプリント基板から「温度ひずみ」を取り去る必要が生ずる。ひらたくいえばプリント基板をあたためたり冷やしたりしてなじませるのである。こうしないとハンダづけが終わった時点では、どうしても部品にいろいろな力が加わったままになっている。この不要な力を取り去ってしまうため、あたためたり冷やしたりしてそのひずみを取

り去るのである。

高低温サイクル試験器などという名称で便利な装置が売り出されている。図10-5はその1例である。そして図10-6に示すようにT₁まであたたため次に-20℃まで温度をさげる。これを2回繰返してからプリント基板を使用するのである。すると不思議なほどプリント基板の事故が少くなる。本当に、不思議なことだが事実である。しかしこのように温

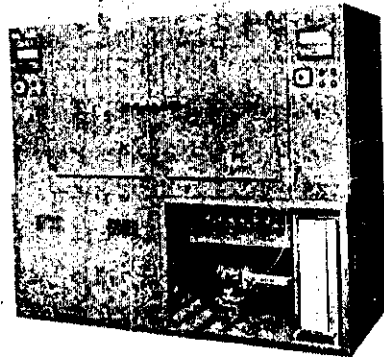
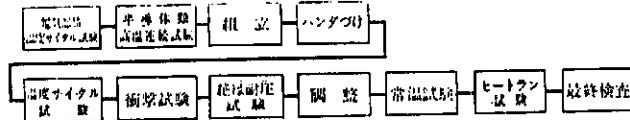


図10-5 高低温サイクル試験器

度サイクルをかけることが有効なのはプリント基板ばかりではない。装置全体にも温度サイクルをかけるとよいのである。以前はよく大きな電子機器になると「夏・冬使ってみないとね」とユーザーの方々はいったものである。要するに夏あたたため、冬冷やした状態を経てはじめて機器が安定するのだということだ。これなどはよくこの温度サイクルのことをいいあらわしている言葉だと思う。特にあつい夏に使い込んだ装置はぐっと安定度が増すものである。



| 項 | 名 | 管 | 理 | 項 | 目 |
|----|------------|---------------------------------|---|---|---|
| 1 | 電気部品高低温試験 | 有線(a)による | | | |
| 2 | 半導体部品高低温試験 | 有線(b)による(ただしダイオードは除く) | | | |
| 3 | 組立 | 部品のカード挿の順序、前後、部品の方向性、配線状態に注意 | | | |
| 4 | ハンダづけ | ハンダ温度、フラックス比率、コンパヤスリードなどに注意 | | | |
| 5 | 温度サイクル試験 | T ₁ を70℃とし、(1)(a)による | | | |
| 6 | 衝撃試験 | 150・15分間、実施し回期95%/分 | | | |
| 7 | 経路測定試験 | 電圧と時間と注意、試験順序を指示する | | | |
| 8 | 調整 | よい性能が得ますように調整に努めて | | | |
| 9 | 常温試験 | 各装置に付する性能検査、実用条件に対する性能チェック | | | |
| 10 | ヒートラン試験 | 有線(a)による | | | |
| 11 | 最終検査 | 部品の有線、伝導の不確か、実用条件に対する性能チェック | | | |

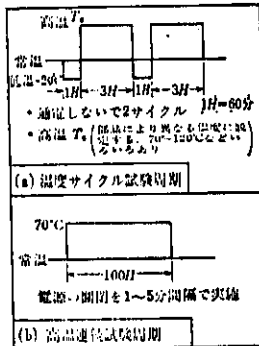


図10-6 プリント基板温度サイクル試験工程

10-3 恒温槽と湿度

「夏・冬使って」などと悠長なことをいってられない時代になってきた。そこで量産品の場合、最初の何台かは温度サイクルをかけ、人工的に「夏・冬使ってみる」ことが常識になった。ところが量産品でなくせいぜい5台とか10台しか作らない装置にも温度サイクルをかけてくれという要求がときどきある。その1つの例としてリモコン装置の話をしよう。「このリモコン装置だけをたよりにして運転するのですからね……」と得意からいわれてみれば無理もない。しかし温度サイクル試験はなんといっても時間がかかる。そこで「普通は温度サイクルなどかけないのだが……」などとブツブツいいながらいやいや試験する。「だが今度の装置は大切なリモコン装置だ。全設備の神経だ……当然試験すべきだ」「山上の無人設備を都会のビルからリモコンするのだから……冬など零下10℃は確実だ。夏は30℃か？」とかなんとかいいながら、人間が2人も3人も入れるような大形の恒温槽にリモコン装置全体を入れる。まずあたたためようか？ 冷やそうか？……こんなことでディスクッションしてもつまらないからジャンケンで決めよう……ということでもまずあたためることにきまった。40℃までにすると「思わぬ事故」が次々に発生した。そのつどムッとするような恒温槽に入り修理してまた試験を続行する。「ユニット単体では十分温度上昇試験をすませているのになあ」と思わずいいたいくなるほど部品が熱でこわれるのである。しかし、考えてみると「事故はおきるべくしておきるのだなあ」ということがよくわかる。ということはユニットは「それだけただ1つ」机の上かなにかにおいて、せいぜいビニールにつつんで試験した程度である。しかし装置全体ともなると、そのユニット以外のものが発生する熱も大いに影響してくるのであって、ただ1つのユニットの試験の場合とは違ってくるのはむしろ当然のことである。

朝の通勤時の満員電車と午後2時頃のすいた電車との違いである。すいているほうが部品にとって楽であり故障しにくいのである。「ユニット単体のヒートラン試験だけでは不十分。装置全体を組み上げたところで、必ずヒートラン

電子回路では部品の配置が最も大切。配置で機器の性能が決まってしまう。部品の配置を考えず、あとからブローで冷やしている人もなかにはいるがやはり間違っている。よい部品の配置をしてその上ブローを用いるのが正しい設計態度である。図8-7のように右にかじりついてほしいが、右をしぼりつけてでも「熱に弱い部品」を下の方に。

8-5 変圧器や抵抗のそばにはコンデンサを配置するな

変圧器は抵抗ほどではないが熱を発生する公害の源である。だからなるべく近よらない方がよい。「触らぬ神にたたりなし」とでもいおうか。ところで図8-8をみよう。熱に対し特に弱い電解コンデンサを電源変圧器のすぐそばに配置してある。まことにぐあいのわるい配置である。いやまずい配置だと断定するのはいけない。その前に「電氣的にこうしなければだめなのか？」と一応考えてみるべきであろう。電源変圧器とか電解コンデンサに行く配線にまさか1MHzの信号とか、パルス幅1.2 μ sなどというパルス信号が流れるわけがない。50Hzとか60Hzあるいは、せいぜいその高調波成分として150Hz、180Hzぐらいが流れる程度。それなら「これ以上短い配線はできない」ほど配線の長さを短くする必要もあるまい。高周波用回路とかパルス回路の配線とは違い少しくらい長くてもよいはずである。こうなると「花よりダンゴ」ではないが「配線より配置」「電気より熱」が大切になってくるのである。

これがパルストランスとか100pFのコンデンサなどというなら「配置より配線」「熱より電気」と考えなければならないはずだ。

また、図8-9についても同じことがいえる。変圧器と油入コンデンサとがごく近くにくっついて配置されている。図8-8と同様よくないのである。

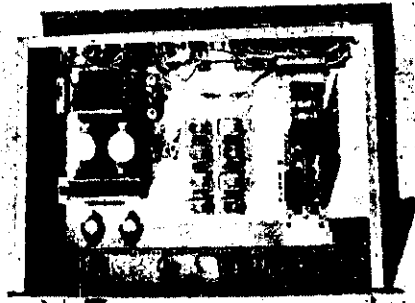


図8-8 電解コンデンサと変圧器が接近している実例

「アースと熱」
より引く



図8-9 変圧器と油入コンデンサとがくっついて配置されている例

いずれの場合も「配線より配置」が大切なことは一日りょうぜん。このように「電気より熱」と考えるとコンデンサはできる限り変圧器より遠くにはなしで配置するか、どうしても取り付け場所がなくてやむを得ないときは変圧器とコンデンサの間に図8-10のように熱遮蔽板を入れてコンデンサに直接熱がいかないようにしなければならないのである。

また、図9-1(p.151)を見ると電解コンデンサのすぐそばに大形抵抗がくっついて配置されている。これなどは電解コンデンサの位置をずらして遠ざけるほうがよいのである。

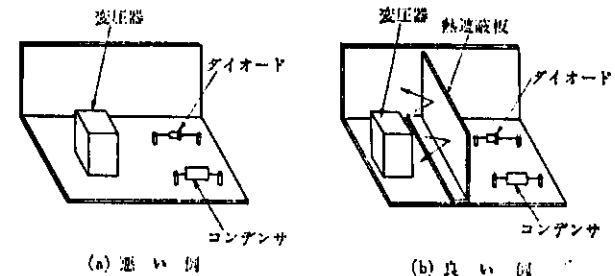


図8-10 熱遮蔽板の応用

「アースと熱」より
引用

1-4 ホウロウ抵抗

「抵抗は電熱器」なりといった。このことはホウロウ抵抗をみればもっとはつきりするのである。ホウロウ抵抗はJISでは巻線抵抗器とよばれ、一言でいえば素焼きのポビンにニクロム線を巻きつけ、そのうえをホウロウでかためたものである。なかにはニクロム線の代わりに銅ニッケル線などを巻いたものもあるが、とにかく家庭の電熱器と全く同じ原理である。

だから、こわれにくいというので、ついつい電力をかけすぎ温度を上げて「周囲の部品」の寿命を縮めてしまう。けれども、この丈夫なはずのホウロウ抵抗にもやはり弱点があるのである。高い抵抗値をもったホウロウ抵抗が問題なのである。高い抵抗値で、しかもかなり大きな電力に耐えるものとなるとどうしてもホウロウ抵抗では製造しにくいのである。高抵抗を作ろうとすると細いニクロム線を長くたくさん巻きつけることとなってしまふからである。したがってニクロム線の太さは0.1mmφとか0.06mmφ位にとどめ0.04mmφのものはなるべく使わないようにしたい。というのは、電力を繰返し印加すると熱による伸縮により、また長い間つかわないうで保存しておくとき吸湿により断線しやすくなるからである。

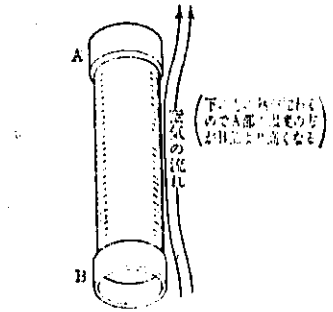
そのためにも「ホウロウ抵抗に巻きつけてあるニクロム線の直径は何mmφですか？」とメーカーに聞く必要がある。なんといってもニクロム線で高抵抗はできない。しかしどうしても高い抵抗値を得たいときは、1本のホウロウ抵抗で何百kΩ……などとよくばらないで低い抵抗値のホウロウ抵抗を何本も直列につないでつかうようにしたい。

例として → 300kΩ とするには 300W の大きさ。

1-5 抵抗体の取りつけ方

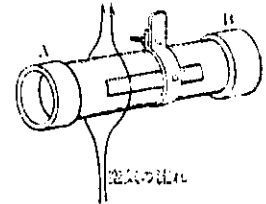
抵抗をみると「チクワ」のように真中に穴があいているのが多い。そこで抵抗体を垂直に立てれば「煙突効果」もあって冷却によい。……と考えやすい。間違いである。しかし、いろいろな機器をみると、このような間違った取り付け

け方法をしているのをよくみかける。それでもあまり問題にならないところを見ると“間違いだ”とて騒ぐほどのこともない程度の問題かも知れない。「垂直より水平に取りつけた方がよいのではないのでしょうか？」ともみ手でご注意申しあげるぐらいがよいところか？



(a) 垂直においた場合

けれど抵抗メーカーに聞くと「それは水平の方がよいですよ。」とスカッとした返事が帰ってくる。ははあ、「チクワ」を焼くときは、垂直より水平の方が焼きやすいからだなと思えばよい。では、なぜ水平の方がよいのか？



(b) 水平においた場合

図1-6を見ていただきたい。(a)のように垂直におくと、上の方のA部が下の方のB部の熱であたためられる。自分で自分をあたためるようなへまをしている代表例である。このため抵抗が一律の温度でなく上の方が下の方よりあつくなり、A部の事故率が増すからである。これに対し、b)のようにすればどこも一律の温度上昇。……したがって抵抗の事故率が減るわけである。

図1-6 抵抗の取りつけは水平にするようなへまをしている代表例である。このため抵抗が一律の温度でなく上の方が下の方よりあつくなり、A部の事故率が増すからである。これに対し、b)のようにすればどこも一律の温度上昇。……したがって抵抗の事故率が減るわけである。

1-6 抵抗が何本もある場合

前節では、抵抗は水平に置いたほうがよいといった。ところがこれは、1本かせいぜい2本ぐらいまでのことである。それ以上の本数になると、ある抵抗が別の抵抗にあぶられる心配が生じてくる。それならいっそのこと、図1-7(b)のように「チクワ」を煙突にして、どの抵抗も同じ条件でつかうようにした方がよいのである。

また、抵抗をいくつも並べて使用する場合、図1-8(a)のようにあまり密着させてはいけなないのである。相互に熱を輻射しあい、通風も妨げられるからで

ある。(b)のように、ある程度離して取り付けるとよい。けれども、(b)のように並べても端の方がものが真中の方にあるものにくらべ、外からの空気で冷えやすいのは当然である。だから本当は其中の抵抗は少ない電力損失で使い、端の方には多少大きな電力を加えるようにする……といっても理屈は正しいが実行は不可能。そこで、たくさん抵抗を並べて使う場合にも其中にある「一番苦しい奴」のことを考えそれにあわせて規格をさげて使う。図1・8はホウロウ抵抗(太さ30~32mmφ程度)の場合のデータであり、下手すると半分以下の電力でしか使用できないことすらありうるのである。とにかく集団となると、物わりのよい人まで興奮してしまうもの。それと同じように抵抗も集団の取り扱い方については注意していただきたい。

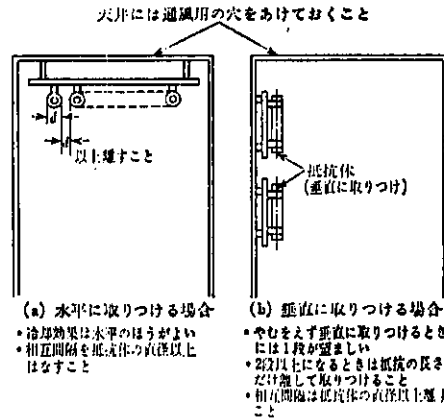


図1・7 抵抗体の取り付け方法

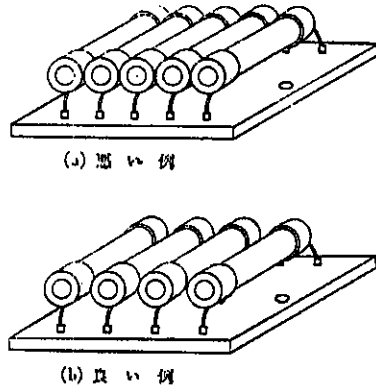


図1・8 抵抗は密着して取りつけてはいけない

いずれにしても、抵抗器をいろいろ組合せて使用する場合、定格電力を軽減しなければならぬことがわかった。そのほかにも周囲温度が高い場合とか、中間端子で使用する場合などにも同様に定格電力を軽減して使用しなければならぬのである。

1・7 周囲温度と抵抗

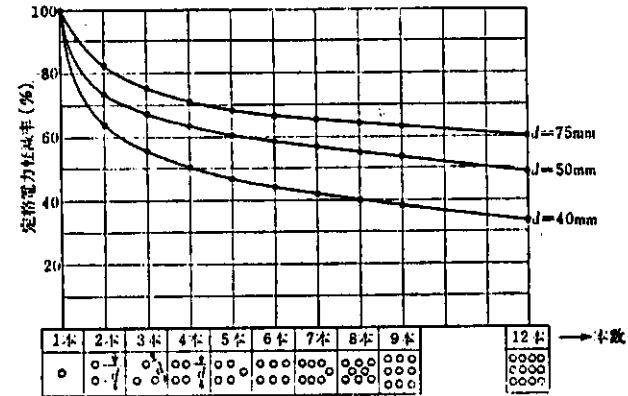
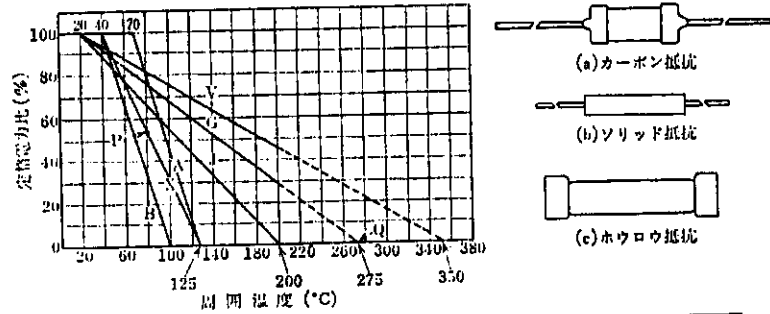


図1・9 抵抗器を2本以上組合せて使用する場合の電力軽減率(%) (抵抗はホウロウ抵抗; 抵抗の直径30~32mmφ)

1・7 周囲温度と抵抗

図1・10を見よう。図にはホウロウ抵抗とカーボン抵抗それにソリッド抵抗の3つの電力軽減曲線がえがかれている。ほかの種類の抵抗の軽減曲線も大同小異である。図中定格周囲温度というのはこの温度以上になったら100%の負荷をかけることができませんよという温度である。ところがこの定格周囲温度が抵抗の種類によりまちまちである。抵抗を使う立場からいうと、まことにいやな規格の決め方だ。定格周囲温度が統一されていたらどんなに便利なことだろう。一番だらしのないのがホウロウ抵抗。真夏など気温が30°Cを越えるとそれだけで電気を流さないうちから、100%の電力を加えられない。不思議な規格だ。

それはともかくとして、周囲温度が高くなると同じ抵抗でも少ししか電力が加えられなくなるのである。たとえば、曲線Xのカーボン抵抗についていえば、定格周囲温度は40°C、すなわち40°C以下なら100%の電力をかけてもよいが、それより周囲温度が高くなると100%の電力ではつかえないのである。周囲温度が80°Cにもなると、おどろくことに55%の電力しか消費させられないことになってしまう(図1・10 P点参照)。



| 曲線 | 抵抗の種類(通称) | JIS 番号 | 定格周囲温度 °C | 形状 |
|----|-----------|-----------------------|-----------|-----|
| X | カーボン抵抗 | JIS-C-6402 特性 X, Y, Z | 40 | (a) |
| A | カーボン抵抗 | JIS-C-6402 特性 A, B | 70 | (a) |
| B | ソリッド抵抗 | JIS-C-6406 B特性 | 40 | (b) |
| V | ホウロウ抵抗 | JIS-C-6401 V特性 | 20 | (c) |
| G | ホウロウ抵抗 | JIS-C-6401 G特性 | 20 | (c) |
| J | ホウロウ抵抗 | JIS-C-6401 J特性 | 20 | (c) |

注：(1) 正式名称はカーボン抵抗は炭素皮膜固定抵抗器、ソリッド抵抗は固定体抵抗器、ホウロウ抵抗は電力形厚膜巻着抵抗器である。通称ではソリッド抵抗というふうに器をつけないが、文書にするときは器をつけソリッド抵抗器といったほうがよい。
 (2) 「定格周囲温度」とは抵抗器の定格電力を規定する最高の周囲温度をいう。

図 1-10 各種抵抗の電力軽減曲線

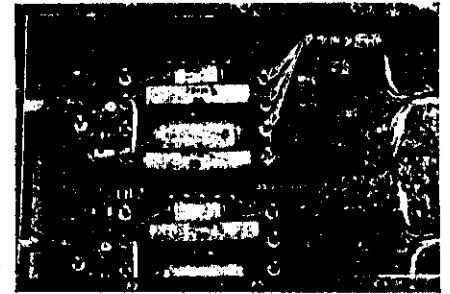
もう1つの例として、ホウロウ抵抗の場合を考えてみよう。ホウロウ抵抗を周囲温度 20°C に置いて、定格電力の 100% で使用するとしよう。すると抵抗体の表面温度は 275°C になる(図 1-10 Q 点参照)。すなわち、 $275 - 20 = 255^\circ\text{C}$ が抵抗体の温度上昇ということになる。大変なあつさである。しかし、抵抗は自分自身が熱を出すのだから熱につよい構造になっている。そこでつつい安易に使いやすいためである。たしかに 275°C になっても抵抗はこわれぬが、それではまわりがたまったものではない。「自分だけは大丈夫。ほかの人のことは知らんよ、」といって1人で頑張っているようなものである。そのため近くの部品が抵抗の発する熱にやられてしまうのである。そこで抵抗、特にホウロウ抵抗を用いる場合の対策として採用されているのがストレス比を下げることである。このことは第1-1節でもすでに説明済であるが大切なことなのでもう一度述べた次第なのである。

こうして、普通はホウロウ抵抗の温度を 150°C 前後におさえるのである。こ

のため定格電力の1/3位で使う。ただしここで注意しなければならないことは、抵抗で消費される電力を減らせというのではなく、同じ消費電力でも温度を下げるといっているのである。1本当りの抵抗に消費させる電力を減らして温度を下げるのである。こうするためにはもちろん抵抗が1本ですむところが3本となり、2本必要とする場合には6本使わなければならないことになるのである。これもやむをえないことである。

1-8 高抵抗の場合の注意

第1-4節でホウロウ抵抗で高い抵抗値のものは使わないほうがよいと説明した。これと同じようなことがカーボン抵抗などでもいえるのである。というのは、高抵抗になるととにかくカーボン皮膜がうすくなる。うすくなれば傷つきやすく、断線しやすい。その原因はやはり湿気である。そこで「1MΩ 以上の抵抗は使用してはいけない」などというおふれがでたりする。やむをえないが 500 kΩ を2本直列にして使うのである。



・フロン端子間は印刷配線を用いず直接空中配線すること(フロン基板の絶縁抵抗が低いため)

図 1-11 は放射線量を測定する回路の一部である。放射線量を測定するには乾燥空気またはアルゴンガスを封入した容器に2つの電極を封入してその間に 1,000V 程度の直流電圧をかけておく。そこに放射線が飛び込んでくるとガスが電離してイオン電流が流れる。そこで、そのイオン電流を測って放射線量を知るのがその原理である。原理はいかにも簡単であるが一般に簡単なものほどむずかしいといわれるとおり、この電流の測定がむずかしいのであ

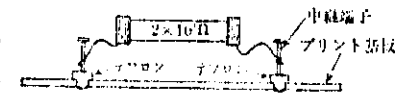


図 1-11 特に高い抵抗値をもつ抵抗の取り付け方法

る。というのは、 10^{-9} Aとかときには 10^{-9} Aとかいった少ないイオン電流しか流れないからである。そこで無理して高い抵抗にこの少ない電流を流しその電圧降下を測定しようとする。そこに無理があるがしかしこうする以外方法がないので、この方法が昔から今に至るまで用いられているのである。ではどこに無理があるかという、高抵抗が問題なのである。 $10^7\Omega$ とか $10^8\Omega$ などという高抵抗が必要となるからである。ちょっと手でさわっただけで、手あかや油汗がついて抵抗値が下がってしまうのである。ということで手袋をして抵抗を取り扱う。一方、この抵抗を取りつけるプリント基板がまた問題である。下手すると抵抗よりプリント基板の表面の漏洩抵抗のほうが低いなどということすらあるのである。これでは話にもなにもならない。ということで図1-11のようにプリント基板の上に2個のテフロン製絶縁台をはめ込みその上に端子を立てその間に抵抗をわたしてハンダづけをしたりする。

こんなに注意しても、梅雨期など各部の表面漏洩により抵抗値が下るので、放射線測定回路をデシケータに入れて乾燥しておき、使用する直前に取り出して装置に取り付けるなどという涙ぐましい努力も湿気の多い日本ならではの話なのである。

第2章 コンデンサは電圧と温度に注意せよ

2-1 コンデンサ事故は「電圧と温度」

電子機器の事故の中でコンデンサの事故は図1-1(p.1)で示したように半導体素子の次に多い。しかしその“事故の原因は?”となると設計ミスによるものが大部分である。コンデンサの使用法が正しくないのである。ではどんなミスがあるかという「電圧と温度」についてのミスである。もちろん「電圧と温度」以外にも、過電流、湿気、振動などいろいろの原因があるが設計ミスをなくすためには「電圧と温度」にさえ気をつけておけばまず大丈夫だ。

2-2 コンデンサの定格電圧

さて、コンデンサを使う場合まず「電圧に注意なさい」といいたい。がそれには「電圧とは何か」ということから決めてかからなければならない。図2-1はそれを図面にしたものである。この図をみると「たかが電圧といってもやっかいなものだなあ」と感ずる。しかし、図2-1によれば、簡単にコンデンサの規格がきめられる。以下例題によってその決め方を説明しよう。まず図によって動作電圧をきめる。そして、この動作電圧に等しいかそれよりも高い定格電圧のものをJIS規格かカタログなどより選ぶ。

図2-1の数値例を見よう。動作電圧が170Vのコンデンサを選ぶ例題である。直流用紙コンデンサをつかうものとして、JIS-C-6438から選べば定格電圧300VのものでOKというわけである。

「これでよい」といって皆このように設計しているうちにやっかいな問題がでてきた。それは何か? というと信頼性という問題なのである。そして「信