

オートランスの設計法

小泉勇三

はしがき

電灯線電圧低下はラジオの感度，出力共に低下し特にスーパーに於ては出力の低下は甚しく且局部発振の発振が停止するに至る．電源が 60V 位に降下してはもう追つかぬ．こゝで一般に便利な首題の設計法を述べることにする．

理論

現在使用されている昇圧器 (Booting-transformer) は殆んど単巻変圧器 (Auto-transformer) である．

今，その原理を述べると，第 1 図に於いて

E_1 一次電圧 (入力電圧) ヴォルト

E_2 二次電圧 (出力電圧) ヴォルト

I_1 一次電流 (入力電流) アムペア

I_2 二次電流 (出力電流) アムペア

n_1 一次側 ab 間の巻回数

n_2 二次側 ac 間の巻回数

とし，励磁電流，電圧降下及び損失等を見捨てるならば

$$E_1 : E_2 = n_1 : n_2$$

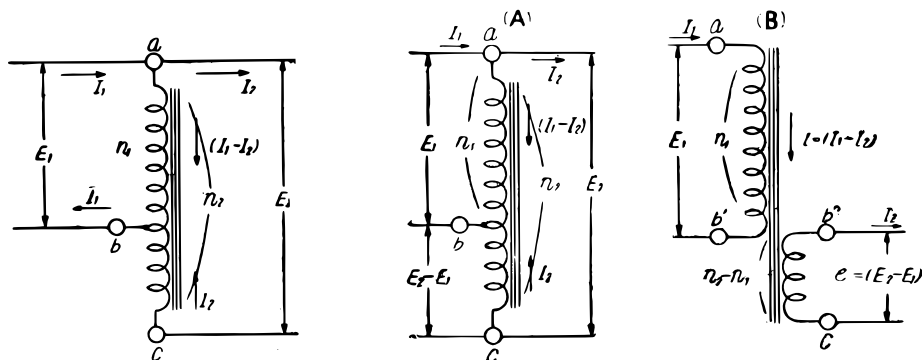
$$\therefore E_2 = \frac{n_2}{n_1} E_1 \quad (1)$$

となり，普通変圧器 (復巻変圧器) と何れも等変りない．

今，電流の正の方向を図に示す如き向きに撰べば， I_1 と I_2 は同位相となる．故に一次二次共通部分，即ち ab 間に流れる電流は $(I_1 - I_2)$ となり， ab 間の巻線に使用する銅線は， bc 間の銅線に比し非常に細い線が良いことになる．

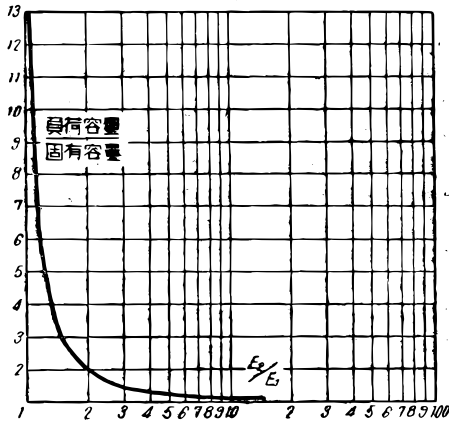
故に同一負荷に電力を供給する場合，単巻変圧器と普通変圧器とを比較すると，次の様な利点がある．

- (1) 銅量が大いに節約され，従つて，鉄心の窓面積を縮小され，其の結果磁路も短縮される．
- (2) 磁路短縮の結果，鉄量も節約される．
- (3) 以上により価格低廉，能率良好となる．
- (4) 巻線の共通部分には漏洩磁束絶対になく，故に漏洩インダクタンス少なく，電圧変動率が少ない．

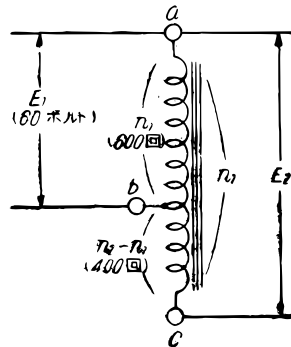


第 1 図

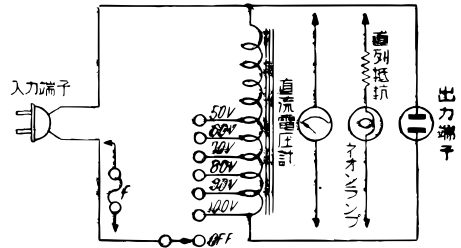
第 2 図



第3図



第4図



第5図

但し、一次、二次の電圧比 $E_1 : E_2$ が 1 に近き程、換言すれば一次、二次に共用し得る巻線部分が多い程以上の利得は大であり、一次、二次電圧比の余り大なるものは概して利得は少ない。

次に第2図Aの単巻変圧器に於いて、その全負荷に相当する部分(bc間)の電流を I_2 とすれば、二次側の負荷の容量は $E_2 I_2$ となる。然し単巻変圧器では、普通の復巻変圧器の如く全負荷に於ける二次回路の負荷の容量を以つて、変圧器の容量となす必要は無いのである。何故なれば、 $E_2 I_2$ は変圧器作用即ち磁気の媒介に依つて、一次から二次へ授受せられたる電力でないからである。

第2図Aの巻線b点に於いて、一次、二次共通なる部分abと、単独部分bcとを二つに切断し、同図Bの如く ab' 、 $b''c$ の独立せる一次及び二次線輪とする。

この場合の二次線輪 $b''c$ 間の電圧 e は

$$e = E_1 \frac{n_2 - n_1}{n_1} = E_1 \frac{n_2}{n_1} - E_1 = E_2 - E_1$$

又一次巻線 ab' 間の電流 I は、

$$I = I_2 \frac{n_2 - n_1}{n_1} = I_2 \frac{n_2}{n_1} - I_2 = I_1 - I_2$$

となる。又同図AはBの様な普通の復巻変圧器と考えられるから

$$E_1(I_1 - I_2) = (E_2 - E_1)I_2$$

(一次) (二次)

$$\therefore E_1 I_1 - E_1 I_2 = E_2 I_2 - E_1 I_2$$

$$\therefore E_1 I_1 = E_2 I_2$$

以上よりして、変圧器内の各部の有様はAとBの場合と全く同一であることが理解出来よう。従つて、Aの場合の変圧器作用に依る授受電力も、Bの場合と同様に $(E_2 - E_1)I_2$ に等しい。

仍つて、Aの単巻変圧器の定格容量も、その最大授受電力たる $(E_2 - E_1)I_2$ となる。今、この容量を単巻変圧器の固有容量と仮称し、二次回路の最大出力 $E_2 I_2$ を負荷容量と仮称す。単位を夫々ヴォルト・アムペア (VA) にて表わせば、次式が成立する。

$$[\text{固有容量}] = (E_2 - E_1)I_2 = [\text{昇圧電圧}] \times [\text{線輪の単独部分の全負荷電流}] \text{ VA} \quad (2)$$

$$[\text{負荷容量}] = E_2 I_2 = \frac{E_2}{E_2 - E_1} \times (E_2 - E_1)I_2 = \frac{[\text{出力側の線間電圧}]}{[\text{昇圧電圧}]} \times [\text{固有容量}] \text{ VA} \quad (3)$$

上式を理解することに抛り単巻変圧器は、復巻変圧器に比し少容量の鉄心を以つて、より大容量の昇圧を行い得る点に着目されるであろう。これこそ単巻変圧器の特長であつて、線路電圧昇圧器として利用される由縁である。併し、これとても入出両電圧差の甚だしからざる場合にのみ有利なのであつて、この差の甚だしき時は、次第にその特長を亡失するものであること第3図の如くである。

次に、2, 3の実例を挙げて説明してみる。

【例-1】第4図に於いて ab 間の巻回数 600 回， bc 間の巻回数 400 回とす．今， ab 間に 60 ヴオルトの電圧を加えた場合， ac 間の電圧は何ヴオルトになるか．

〔解〕(1) 式より

$$E_2 = \frac{n_2}{n_1} E_1$$

但し本間に於いて n_2 は

$$\begin{aligned} n_2 &= n_1 + 400 = 600 + 400 = 1,000 \text{ 回} \\ \therefore E_2 &= \frac{1000}{600} \times 60 = 100\text{V} \end{aligned}$$

【例-2】単巻変圧器あり．一次側に 60 ヴオルトの電圧を加え，二次側 100 ヴオルトに昇圧して，30VA の負荷に電力を供給せんとす．固有容量幾何．

〔解〕(3) 式を変形して

$$[\text{固有容量}] = \frac{[\text{昇圧電圧}]}{[\text{出力側の線間電圧}]} \times [\text{負荷容量}] \text{ VA}$$

故に固有容量は

$$[\text{固有容量}] = \frac{(100 - 60)}{100} \times 30 = 12\text{VA}$$

【例-3】単巻変圧器を用いて，一次側 100 ヴオルトを 220 ヴオルトに昇圧 (並四球セット電源変圧器を単巻変圧器にした場合の高圧電源) し，25 ヴオルト・アムペアの負荷に電力を供給せんとす．固有容量幾何のものをうればよいか．

〔解〕

$$[\text{固有容量}] = \frac{220 - 100}{220} \times 25 = 14.5\text{VA}$$

【例-4】例-2 に於いて，全負荷に於ける一次，二次共通部分に流れる電流を求む．

$$\begin{aligned} [\text{一次電流}] &= \frac{[\text{負荷容量}]}{[\text{二次電圧}]} = \frac{25}{100} = 0.25\text{A} \\ [\text{一次電流}] &= \frac{[\text{負荷容量}]}{[\text{一次電圧}]} = \frac{25}{60} = 0.42\text{A} \end{aligned}$$

故に，一次，二次共通部分の電流は

$$[\text{共通部分の電流}] = [\text{一次電流}] - [\text{二次電流}] = 0.42 - 0.25 = 0.17\text{A}$$

設計

設計の順序としては，次の様な方法で行なう．

- (1) 一次 (入力側) 各電圧のタップ及び，二次 (出力側) 電圧の決定
- (2) 負荷容量の決定
- (3) 固有容量の決定
- (4) 鉄心の断面積の決定
- (5) 1 ヴオルト当りの巻回数及び，一次，二次線輪の巻回数の決定
- (6) 一次，二次各電流の算出
- (7) 銅線の太さの決定
- (8) その他

(3) 及 (4) の順序と反対に，鉄心の断面積が解つていて，固有容量を求める方法もあるが，省略する．

第5図の様な変圧器に就いて設計してみる．即ち，一次側を 50, 60, 70, 80, 90, 100V と 6 個のタップを設け，一次側電圧最低 50V まで降下しても，二次側には 100 ヴオルトが得られる様にしたもので，負荷として並四球セツ

ト(例えば, 57, 56, 12A, 12F)とする. このラジオの消費電力は, 大体 20VA 位であるから, 多少余裕をとつて負荷容量を 30VA とする. 故に固有容量は (3) 式より

$$[\text{固有容量}] = \frac{(100 - 50)}{100} \times 30 = 15\text{VA}$$

即ち, 普通変圧器では負荷容量より稍々大なる容量のものをいなければならないにも不拘単巻変圧器では, 負荷容量以下でよいこととなる.

然し, 上式は一次側に 50V の電圧を加え, 50V のタップを使用した場合の, 負荷容量 30VA に対する固有容量であつて, 一次側に 60V の電圧を加え, 60V のタップを使用の場合は, 前に述べた如く, 一次及び二次の電圧比が 1 に近き程その利得は大なるのであるから, この場合の負荷容量は

$$[\text{負荷容量}] = \frac{100}{100 - 60} \times 15 = 37.5\text{VA}$$

即ち, 固有容量 15VA のもので, この場合は負荷容量 37.5VA まで使用出来ることになる.

又一次側に 70V の電圧を加え, 70V のタップ使用の場合の負荷容量は

$$[\text{負荷容量}] = \frac{100}{100 - 70} \times 15 = 50\text{VA}$$

同様にして 80, 90, 100V の各タップに於いては (勿論一次側に 80, 90, 100V の各電圧を加えた場合)

$$80\text{V タップの負荷容量} = \frac{100}{(100 - 80)} \times 15 = 75\text{VA}$$

$$90\text{V タップの負荷容量} = \frac{100}{(100 - 90)} \times 15 = 150\text{VA}$$

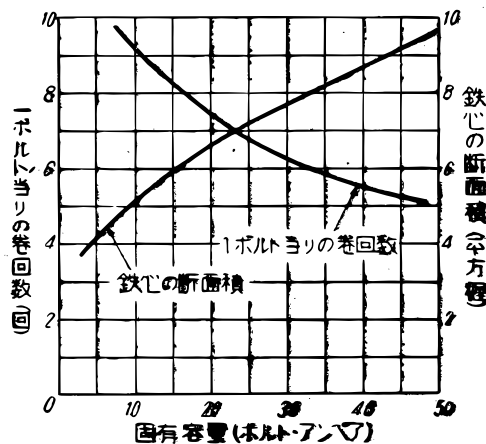
$$100\text{V タップの負荷容量} = \frac{100}{(100 - 100)} \times 15 = \infty$$

故に, 上式より固有容量 15 ヴォルト・アムペアのもので, 90 ヴォルトのタップ使用の場合は実に 150 ヴォルト・アムペアの負荷容量に耐えることになる. 又 100 ヴォルト・タップの場合は昇圧器として使用していない故, 電源や配電器具の許す限り無限に使用出来る. 然し, 負荷容量を 30VA に固定の場合は, 50V タップの場合のみ計算すればよい (勿論後述する銅線の太さもこれに準ずる).

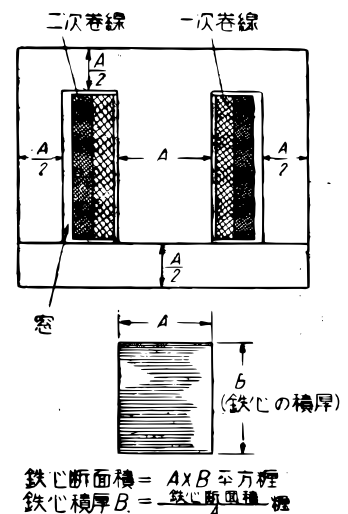
次に, 例えば 60V タップを使用の時, 一次側に仮りに 83V の電圧が加わつた場合は, 一次及び二次の巻数に比例して二次電圧が上昇し, 励磁電流は規定以上に流れる結果, 昇圧器は過負荷のため, 長時間使用の場合は使用器具と共に焼損する虞あり. この点使用者の最つとも注意を要するところである.

次に鉄心の断面積を決定する.

第 6 図は普通の電気鉄板に就いての, 鉄心の断面積と 1 ヴォルト当りの巻回数を求めるための曲線である. 即ち横軸には固有容量を縦軸には鉄心の断面積と 1 ヴォルト当りの巻回数を取つてある. 従つて 15 ヴォルトアムペアの固有容量なら鉄心の断面積は 6 平方糎となる. 断面積が決定すれば, 鉄心の積厚は直に第 7 図中の式より求められる. 例えば第 7 図に於いて $A = 2.4$ 糎とすれば, 積厚 $B = 2.5$ 糎となる.



第 6 図



第 7 図

次に 1V 当りの巻回数は第 6 図の曲線より 8 回となり, 各タップの巻回数は次の様になる.

50V タップ: $50 \times 8 = 400$ 回

60V タップ: $60 \times 8 = 480$ 回

同様に 70, 80, 90, 100V は夫々 560, 640, 720, 800 回となる.

各巻回数が決定すれば, 次に一次及二次巻線の電流を算出する.

一次側 50 ヴォルト・タップの一次電流を求めれば

$$[\text{一次電流}] = \frac{[\text{負荷容量}]}{[\text{一次電圧}]} = \frac{30}{50} = 0.6\text{A}$$

又, この場合の二次電流は

$$[\text{二次電流}] = \frac{[\text{負荷容量}]}{[\text{二次電圧}]} = \frac{30}{100} = 0.3\text{A}$$

一次, 二次共通部分の電流は

$$[\text{共通部分の電流}] = [\text{一次電流}] - [\text{二次電流}] = 0.6 - 0.3 = 0.3\text{A}$$

又 60V タップの時の各電流は

$$[\text{一次電流}] = \frac{37.5}{60} = 0.625\text{A}$$

$$[\text{二次電流}] = \frac{37.5}{100} = 0.375\text{A}$$

一次及び二次共通部分の電流は一次二次電圧比の小さくなる程減少するから求める必要はない.

同様にして, 70, 80, 90, 100V 各タップの場合の二次電流は

$$70\text{V タップの二次電流} = \frac{50}{100} = 0.5\text{A}$$

$$80\text{V タップの二次電流} = \frac{75}{100} = 0.75\text{A}$$

$$90\text{V タップの二次電流} = \frac{150}{100} = 1.5\text{A}$$

$$100\text{V タップの二次電流} = \infty(\text{無限大})$$

各巻線の電流値が決定すれば, 電線表より銅線の太さを決定する.

この場合励磁電流, 電圧降下及び損失等を考慮に入れて, 約 10% 位余裕をとつて置く. 電線表より (SWG にて)

一次側

50V タップまで直径 0.45 耗#26

二次側

50~60V タップまで直径 0.45 耗#26

60~70V タップまで直径 0.5 耗#25

70~80V タップまで直径 0.57 耗#23

80~90V タップまで直径 0.71 耗#22

90~100V タップまで直径 1 耗#19

負荷容量 30 ヴォルト・アムペアにて固定の場合は, 二次側全部の銅線の太さは, 50 ヴォルト~60 ヴォルト・タップまでの銅線でよい. 使用銅線は形をなるべく小さくするため, エナメル銅線を用いた方がよい.

以上で昇圧器の設計は終つたのであるが, 製作法その他は普通の変圧器と全く同じであるから省略する.

製作者の好みにより, 安全確実を帰するため, 第 5 図の矢印で示してある様に, 一次側に保安用のヒューズを入れたり, 二次側に最大目盛 150 ヴォルト位の交流電圧計や, 100 ヴォルト用ネオン・ランプ等を付ければ申分ない. 但し電圧計は整流型が良く, 米搗メーターの如く大電流を消費するものは感心しない. 又ネオン・ランプ使用の時は直列抵抗を予め 100 ヴォルトにて点火する様に調整して置く.

各電圧のタップ切替には, 一般に切替転換器を用いているが, 挿込プラグでもよい.

むすび

以上で昇圧器の設計法に就いて述べたが、不明の点又は不十分な点も多くあろうと思うが一先ず擱筆することとする。幸い読者諸氏の御利用を得、黄昏と共に沈黙のラジオを救済することを得れば、筆者の幸甚の至りと思う。

(『無線と実験』1947年11-12月号。旧漢字は新漢字に変更した。仮名遣いは原文のまま。)