

# TRANSFORMADORES DE FORÇA

Por ALBERTO EDUARDO DINIZ SCHLAEPFER — ESPECIAL PARA "Q T C"

Calcule você mesmo os seus transformadores

## 1.ª PARTE

Neste artigo procurou-se dar ao leitor o essencial para a construção prática de transformadores de força, evitando, quando possível, cálculos e, em sua substituição vão aí diversas tabelas que são explicativas por si mesmas. Desta maneira, a simples consulta dessas tabelas elimina a necessidade de cálculos diversos, o que redundaria, em última análise, pelo menos em lucro de tempo.

A corrente catódica de uma válvula, como o nome indica, é a corrente que flui pelo seu cátodo; ela vem a ser a soma da corrente de placa com as correntes das diversas grades que a válvula apresentar. Para o exemplo acima, um manual de válvulas oferece os seguintes dados:

a) Válvula 80 = retificadora:

Filamento: 5 volts, 2 amperes  
Placas, 250 volts.

A corrente catódica desta válvula, como se trata da retificadora que fornecerá corrente para o restante do rádio, depende da demanda que lhe for imposta. Ela será a corrente que irá passar no enrolamento de "alta-tensão" (250 volts no nosso exemplo), e que será calculada numa das etapas a seguir.

### 1) POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR:

$$\frac{W}{P}$$

No cálculo de transformadores, o primeiro item a ser determinado é a sua potência — (em watts). Para se calcular a potência do transformador, é mister saber-se a demanda geral do seu secundário, — ou secundários, — (em "volt-amperes"). Caso haja mais do que um secundário, somam-se os "volt-amperes" de cada um dos secundários, obtendo-se o total em "VA" (volt-amperes), de todos os secundários.

b) Válvula 6A8 = misturadora, osciladora:

Filamento: 6.3 volts, 0.3 amperes  
Placa: 250 volts, 3.5 mili-amperes  
Grade: 0.4 mili-amperes  
Grade auxiliar (screen): 4 mili-amperes  
Grade supressora: 2.7 mili-amperes  
Corrente catódica:

$$3.5 + 0.4 + 4 + 2.7 = 10.6 \text{ mA.}$$

c) Válvula 6K7 = F.I.:

Filamento: 6.3 volts, 0.3 amperes  
Placa: 250 volts, 10.5 mili-amperes  
Grade auxiliar (screen): 2.6 mili-amperes  
Corrente catódica:  $10.5 + 2.6 = 13.1 \text{ mA.}$

d) Válvula 6Q7 = detetora, amplificadora de áudio:

Filamento: 6.3 volts, 0.3 amperes  
Placa: 250 volts, 0.9 mili-amperes  
Corrente catódica: 0.9 mili-amperes.

e) Válvula 6F6 = saída:

Filamento: 6.3 volts, 0.7 amperes  
Placa: 250 volts, 34 mili-amperes

"Volt-ampere" é o produto de **Tensão**, em volts, pela **Intensidade de Corrente**, em amperes, ou, utilizando-se a "gíria" comumente empregada, é a "**Voltagem**" multiplicada pela "**Amperagem**". Assim pois, iniciam-se os cálculos com a determinação dos volt-amperes totais dos secundários. Como exemplo, eis, a seguir, a seqüência de operações no cálculo de um transformador de força, aqui servindo de "paradigma", destinado a alimentar um receptor de rádio, possuindo este último as seguintes válvulas: 6A8, 6K7, 6Q7, 6F6 e tendo como retificadora uma válvula 80 de retificação de onda completa.

Consulta-se um "manual de válvulas" e anotam-se as características, nêle existentes, das válvulas em questão, no que diz respeito às demandas de filamentos (tantos volts, tantos amperes), tensão de placa (tantos volts) e corrente catódica (tantos mili-amperes, os quais, para os cálculos, deverão ser convertidos em amperes).



Grade auxiliar (screen): 6.5 mili-ampères  
 Corrente catódica: 34 + 6.5 = 40.5 mili-ampères.

De acôrdo com o que acaba de ser tirado do manual de válvulas, vê-se que o transformador precisará de:

1.º — Um secundário que forneça 6.3 volts para alimentar os filamentos das válvulas 6A8, 6K7, 6Q7 e 6F6. Chamemô-lo de  $S_1$ .

2.º — Um outro secundário que forneça 5 volts, para alimentar o filamento da retificadora 80. Chamemô-lo de  $S_2$ .

3.º — E mais um secundário que forneça 250 volts para lada placa da válvula 80. Chamemô-lo de  $S_3$ . — Como esta válvula é um **duplo diodo para retificação de onda completa**, infere-se que êste secundário  $S_3$  **deverá ter duas metades de 250 volts cada uma**, e pois, um total de 500 volts de ponta a ponta do enrolamento de "alta". Na metade dêsse enrolamento tira-se uma derivação ("center tap") cuja utilidade é sobejamente conhecida. Esquemáticamente o transformador corresponde ao indicado na fig. 1.

Nessa altura já se está em condições de poder determinar os "VA" (volt-ampères) dos secundários. No exemplo em foco:

$$S_1: 6.3 \text{ volts} \times (0.3 \text{ amp.} + 0.3 \text{ amp.} + 0.3 \text{ amp.} + 0.7 \text{ amp.}) = 10.08 \text{ VA};$$

$$S_2: 5 \text{ volts} \times 2 \text{ amp.} = 10 \text{ VA};$$

$$S_3: 250 \text{ volts} \times (0.0106 \text{ amp.} + 0.0131 \text{ ampères} + 0.0009 \text{ amp.} + 0.045 \text{ amp.}) = 250 \text{ volts} \times 0.0651 \text{ amp.} = 16.275 \text{ VA}.$$

**N. B.** — Tôdas as tensões devem vir expressas em **Volts** e as intensidades de corrente em **Ampères**. No caso presente, o leitor notará que o manual de válvulas forneceu alguns dados concernentes às intensidades de corrente em **Mili-ampères**, os quais foram, no entanto, convertidos em **Ampères** para os cálculos em curso. (Parcelas dentro do parêntese em  $S_3$ ).

Resultado obtido:

$S_1$ . . . . .	10.08	VA
$S_2$ . . . . .	10	VA
$S_3$ . . . . .	16.275	VA

$$\text{Total} \dots 36.355 \text{ VA} = 37 \text{ VA}$$

Isto pôsto, prossegue-se no cálculo da potência, levando-se em consideração agora, o chamado "fator de potência". Para os fins práticos que se tem em mira, os valores a empregar são:

**Total VA secundários**

**Fator**

20 a 50	1.34
50 a 70	1.25
70 a 100	1.18
100 a 250	1.11
250 a 450	1.09
450 a 500	1.05

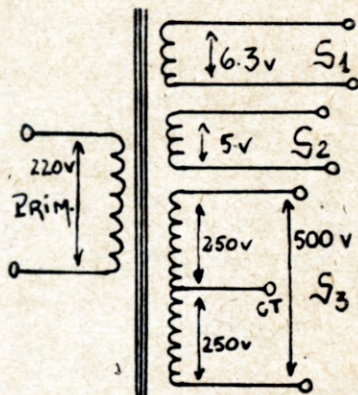


Fig. 1

O resultado da multiplicação dos VA dos secundários do transformador pelo fator correspondente acima, dará a potência dos secundários em **Watts**. Chamemos de " $W_s$ " as

watts dos secundários. No exemplo acima, ter-se-á para  $W_s$ :

$$W_s = 37 \text{ VA} \times 1.34 = 49.5 \text{ watts}$$

ou, praticamente, **50 watts** nos secundários.

Para se obter a potência total do transformador, leva-se em conta agora o "rendimento provável" do transformador. Como é sabido, há sempre perdas na transferência da potência do primário para o secundário. O valor dessas perdas é avaliado experimentalmente e constam do quadro abaixo referente a "rendimento". Evidentemente, para se poder dispôr de 50 watts nos secundários, dadas as referidas perdas sempre existentes, o primário precisará de potência maior do que a requerida pelos secundários, a fim de estar apto a suprir não só as necessidades dos diversos secundários mas também ter potência disponível para acarretar com as perdas.



Watts sec.	Rendimento
1.5	50 %
2.8	60 %
6.0	70 %
20	80 %
55	85 %
250	90 %
500	93 %
1 000	95 %

No exemplo que se estuda no momento, o rendimento é, aproximadamente de 85 %. Aplicando a "regra de três" para o caso acima: se 50 watts (W) representam 85 % daquilo de que se precisa no primário, então no primário deve-se ter:

$$W_P = (W_S \times 100) / \text{rendimento}$$

$$W_P = (50 \times 100) / 85 = 58.9 \text{ watts.}$$

O resto, daqui por diante, consiste quase que somente na consulta de tabelas. (Tab. I

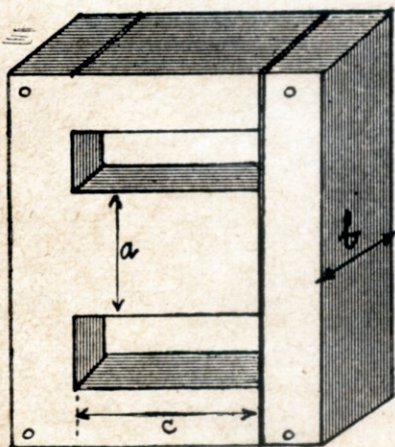


Fig. 2

e II). Para aqueles que desejem maiores detalhes sobre o modo de como são elaboradas essas tabelas, no fim deste artigo existe um apêndice acerca do assunto. Voltando ao exemplo: como na tabela não há menção de 58.9 watts, passa-se para um valor superior,

o mais aproximado, portanto, **60 watts**. Dessa maneira, para o caso que se está exemplificando,  $W_P$  será tomado como sendo igual a 60 watts.

## 2) CORRENTE NO PRIMÁRIO: " $I_P$ ".

A etapa seguinte consiste na determinação da corrente que passa no primário do transformador. O primário será ligado à fonte de abastecimento de energia elétrica local, e, portanto, a tensão nele aplicada varia de cidade a cidade. Para o exemplo em questão, supor-se-á que o transformador será ligado numa cidade em que a tensão de linha (corrente alternada) é de 220 volts, 50 ciclos. No caso de outras localidades cujos valores de linha sejam diferentes, os valores da coluna "G" da Tab. I referentes a "números de espiras do primário" devem ser alterados de acordo. No caso do Rio de Janeiro, por exemplo, em que a tensão nominal de abastecimento de energia elétrica é de 110 volts, esses valores da coluna "G" da Tab. I não servem e devem ser todos divididos por dois, já que a tensão de 110 volts é a metade da outra. Isto já está feito na coluna "H" da Tab. I. Assim, para 110 volts, a coluna referente às espiras do primário a ser consultada é a "H" e para 220 volts, é a coluna "G" que serve. Os valores referentes aos diversos secundários não sofrem alteração.

A corrente no primário é calculada por meio da fórmula:

$$I_P = W_P / E_P$$

em que:

$I_P$  é a corrente no primário,

$W_P$  é a potência (já calculada anteriormente) e

$E_P$  é a tensão aplicada aos extremos do primário.

Numericamente se tem:

$$I_P = 60 \text{ w} / 220 \text{ v} = 0.272 \text{ amp.}$$

## 3) SEÇÃO DO NÚCLEO: "A".

O "ferro" mais freqüentemente usado em transformadores é, quase sempre o ferro-silício de 10 000 gauss, e este foi o valor levado



em conta na elaboração da Tab. I. No comércio se encontra desse ferro laminado para transformadores, sendo usual a sua indicação dimensional em polegadas e não em centímetros (dimensão "a" da Fig. 2). Por essa razão, na Tab. I, esta dimensão vem expressa tanto em polegadas como em centímetros (colunas "C" e "D") com a finalidade de simplificar a questão. Já a dimensão "b" (coluna "E") na mesma Tab. I, vem expressa tão somente em centímetros. Com isso procurou-se evitar o trabalho de conversão de polegadas em centímetros e vice-versa.

Ter-se-á que obter ferro laminado para o transformador do exemplo em tela em quantidade suficiente para um transformador de 60 watts. Pela Tab. I vê-se que a seção do núcleo deverá ser de 10.5 cm<sup>2</sup>. O ferro para esse caso específico que se pode encontrar no comércio é o que apresenta a dimensão "a" de 1.1/4", como se nota na coluna "C" da Tab. I. A quantidade de lâminas será então determinada pela dimensão "b", em centímetros. Será preciso um monte comprimido, dessas lâminas, perfazendo uma altura igual a 3.3 cm, de conformidade com o que se lê na coluna "E" da mesma Tab. I. Em outras palavras, vão ser necessárias tantas lâminas quantas sejam precisas para que, empilhadas e apertadas, formem um bloco de 3.3 cm de altura (dimensão "b", Fig. 2).

#### 4) NÚMERO DE ESPIRAS:

Uma vez chegados a esse ponto, corre-se ainda a vista na Tab. I e anota-se o número de espiras necessárias a cada um dos diversos enrolamentos. Assim, para o caso que vem sendo exemplificado, a Tab. I fornece o seguinte:

Primário: 946 espiras (Coluna "G");

S<sub>1</sub>: 27 espiras (Coluna "M");

S<sub>2</sub>: 22 espiras (Coluna "N");

S<sub>3</sub>: 2 150 espiras totais, com uma derivação central, ou seja na espira 1 075 (Coluna "L").

#### 5) ESCOLHA DO FIO:

A escolha da grossura do fio a ser empregado em cada enrolamento depende da corrente que vai nele fluir. Como este dado é conhecido, fácil se torna consultar a Tab. II e escolher o fio apropriado a cada caso. Exemplificando: pelo secundário S<sub>1</sub>, como foi visto precedentemente, cã passar

$$(0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.7) = 1.6 \text{ amp.}$$

Consulta-se então a Tab. II e verifica-se que para uma corrente de intensidade de 1.6 amp. o fio indicado é o de número 20. Quanto ao enrolamento S<sub>2</sub>, foi visto que por ele vai passar uma corrente de 2amp. A Tab. II indica que para tal intensidade de corrente o fio de n.º 19 é o adequado. Finalmente, pelo enrolamento S<sub>3</sub> passará uma corrente de

$$(0.0106 + 0.0131 + 0.0009 + 0.045) = 0.0651 \text{ amp.}$$

Novamente a Tab. II será consultada e o valor mais próximo ao teórico será o utilizado. A Tab. II mostra que a corrente de 0.072 amp. é a que mais se aproxima da calculada. Por isso será escolhido o fio n.º 33 para esse enrolamento. Análogamente, para o primário se tem:  $I = 0.318 \text{ amp.}$  Para uma corren-

te de tal intensidade a Tab. II indica que o fio n.º 26 (que corresponde à corrente de 0.37 amp, o mais próximo valor existente na Tab. II ao teórico de 0.363 amp) é o que se deve escolher para o enrolamento primário. E assim, a "paisagem" final é:

Primário: 946 espiras de fio n.º 27;

S<sub>1</sub>: 27 espiras de fio n.º 20;

S<sub>2</sub>: 22 espiras de fio n.º 19;

S<sub>3</sub>: 2 150 espiras de fio n.º 33, com "CT" ("center tap") na espira 1 075.

### A P Ê N D I C E

Com referência à Tabela I, a área "A" da seção do núcleo é função dos volt-ampères de saída. Segundo Lanford-Smith, a fórmula que se pode empregar para estimar a área do núcleo é:

$$A = \sqrt{VA/5.58}.$$

Essa área vem expressa em polegadas quadradas.

Quanto às "espiras por volt", segundo Termon, a fórmula a aplicar é:

$$\text{Espiras por volt} = 10^8 / 4.44 \frac{f \cdot B_{\text{max}}}{A}$$

em que: f é a frequência (no caso 50 ciclos); B<sub>max</sub>, a densidade máxima de fluxo magnético (no caso 10 000 gauss) e A a área da seção do núcleo.

(Continua na pág. 26)



## QUADRO DE HONRA

### DX Century Club

<b>PY2CK</b> (1)	251	<b>PY1MK</b>	105
<b>PY1GJ</b>	220	<b>PY1ARZ</b>	101
<b>PY1AJ</b>	219	<b>PY3QX</b>	101
<b>PY1DH</b>	214	<b>PY4ZS</b>	157
<b>PY4IE</b>	210	<b>PY2WB</b>	108
<b>PY1AHL</b>	207	<b>PY6BN</b>	101
<b>PY1HX</b>	183	<b>PY6FI</b>	100
<b>PY2OE</b>	181	<b>PY1HF</b>	85
<b>PY7WS</b> (2)	170	<b>PY2BAU</b>	83
<b>PY1ADA</b>	160	<b>PY5TG</b>	79
<b>PY4RJ</b>	157	<b>PY1NAS</b>	75
<b>PY2NX</b>	154	<b>PY5TH</b>	73
<b>PY2AJ</b>	151	<b>PY1RW</b>	72
<b>PY7LJ</b>	151	<b>PY8MO</b>	68
<b>PY5UG</b>	140	<b>PY7ACQ</b>	63
<b>PY4AJD</b>	130	<b>PY1AZO</b>	62
<b>PY2DV</b>	128	<b>PY1BV</b>	59
<b>PY1ANR</b>	127	<b>PY7BF</b>	54
<b>PY1HQ</b>	125	<b>PY1BDY</b>	51
<b>PY6DU</b>	123	<b>PY2AJK</b>	51
<b>PY7AN</b>	113	<b>PY4AOS</b>	50
<b>PY5EK</b>	109		

### DXCC Fonia

<b>PY2CK</b> (3)	243	<b>PY4GC</b>	130
<b>PY2AHS</b>	176	<b>PY4ZS</b>	108
<b>PY4CB</b>	170	<b>PY4IE</b>	105
<b>PY4KL</b>	162	<b>PY6RZ</b>	96
<b>PY1AQT</b>	160	<b>PY1AOU</b>	94
<b>PY4RJ</b>	156	<b>PY6RU</b>	93
<b>PY4VX</b>	150	<b>PY1ACY</b>	90
<b>PY2JU</b>	143	<b>PY0BR</b>	85
<b>PY1NC</b>	131	<b>PY4EM</b>	80
<b>PY4PI</b>	131	<b>PY7VG</b>	75
<b>PY1FR</b>	125	<b>PY3IC</b>	63
<b>PY1AGP</b>	114	<b>PY1AVC</b>	62
<b>PY6CO</b>	107	<b>PY1SA</b>	54
<b>PY4PQ</b>	104	<b>PY7YT</b>	52
<b>PY5DP</b>	104	<b>PY1AKM</b>	51
<b>PY1ANU</b>	103	<b>PY1HX</b>	50
<b>PY6CN</b>	103	<b>PY4CZ</b>	50
<b>PY1RC</b>	100		

(1) 4.º colocado no mundo.

(2) Falecido.

(3) 1.º colocado no mundo.

**Nota:** Os prefixos em **negrito** correspondem aos possuidores de diplomas, com os últimos totais creditados pela A.R.R.L.

## TRANSFORMADORES DE FÔRÇA

(Continuação da página 7)

As demais colunas da Tabela I, são obtidas multiplicando-se o número de **espiras por volt** pelo número de **volts** que se quer num dado enrolamento, quer seja êle primário, quer secundário.

Quanto à Tabela II, a corrente máxima que poderá correr por um dado fio sem molestá-lo, é função da seção desse fio, — e esta seção é usualmente expressa em "circular-mils". Essa unidade "circular-mil" é definida como sendo a área de um círculo cujo diâmetro é de 0.001 de polegada. Na prática costumam-se empregar de 700 a 900 "circular-mils" para cada ampere, e às vezes mais de 900. Se forem adotados 700 "circular-mils" por ampere, para uma corrente de 0.09 de ampere, deve-se escolher um fio cuja seção não seja inferior a  $0.09 \times 700 = 63$  "circular-mils". O fio que tem tal seção é o de n.º 32.

O número desses fios, da Tabela II, é indicativo das bitolas de fios B & S (Brown and Sharp), também denominadas "American Wire Gauge". Essas bitolas de condutores são universalmente usadas.

A "American Wire Gauge" recorre a uma lei matemática simples para a seqüência lógica da numeração dos fios. A sucessão das dimensões dos respectivos diâmetros obedece a uma progressão geométrica, a qual fica determinada pelos termos seguintes:

0000 B & S — 0.4600 polegada  
36 B & S — 0.0050 "

### QUADRO DE HONRA

#### Diploma Brasileiro de DX — DBDX C W

PY2AJ	59	PY2BIG	23
PY7ACQ	48	PY2OE	22
PY1AHL	37	PY7AN	22
PY1NAS	31	PY5EK	20
PY1ADA	30		

#### C W — Fonia

PY7ACQ	54	PY5EK	21
PY1AHL	41	PY3AHW	20



Há 38 calibres entre êsses dois, de maneira que a razão da progressão geométrica, falada há pouco, só poderá ser:

$$\sqrt[39]{0.46/0.005} = \sqrt[39]{92} = 1.123.$$

A sexta potência dêste número é 2.005; por ser tão próximo de 2, êste valor se torna muito útil para avaliações rápidas em cálculos aproximados. Daí a série de regras práticas, a saber:

1) Um "aumento" de três números (ex. de 9 para 6) duplica a seção e o pêso, e reduz a resistência ôhmica à metade.

2) Um "aumesto" de seis números (ex. de 12 para 6), duplica o diâmetro. O pêso e a seção ficam quadruplicados; a resistência ôhmica fica reduzida à quarta parte.

3) Um "aumento" de dez números (ex. de 10 para 0), multiplica a área e o pêso por 10 e reduz a resistência à décima parte.

O fio 10, pelas suas características, pode servir de base a avaliações rápidas, como se vai mostrar a seguir:

#### FIO 10

Diâmetro: 0.1"

Seção: 10 000 CM

Resistência: 1 ohm por 1 000 pés

Pêso de 1 000':  $31.4 \text{ lb} = 10 \pi \text{ lb}$ .

Essas características permitem fazer-se uma estimativa, com rapidez, da resistência ou dos pêsos de várias bitolas de condutores B & S, utilizando-se para tal propósito as três regras acima referidas.

## RÁDIO REPARAÇÕES

APRENDA AS BASES DA RÁDIO  
REPARAÇÃO LENDO ÊSTE  
INTERESSANTE LIVRO.

Mais de 200 páginas muito ilustradas

Cr\$ 50,00

PEDIDOS A "QTC" - Dep. E

Caixa Postal 3972 — RIO

Escola



Edison

FUNDADA EM 1929

DESTINADA AO ENSINO DA RADIO-  
ELETRICIDADE, ELECTRÔNICA  
E TELECOMUNICAÇÕES

Reconhecida de utilidade pública. Sub-  
vencionada e fiscalizada pelo Governo  
Federal. (Decreto 21.011 de 22-4-946)

Direção do Professor H. SPENCER  
CORPO DOCENTE IDONEO

RADIOTELEGRAFIA - RADIOTÉCNICA  
RADIOTELEFONIA

Completa aparelhagem técnica  
para o ensino

Aulas de manhã, à tarde e à noite  
em salão e por correspondência  
(CURSOS OFICIALIZADOS E LIVRES)

Inscrições abertas - Informações sem  
compromisso

RUA DA CARIOCA, 59 - 3.º e 4.º ands.

(Elevador) - Tel. 42-8585

Caixa Postal N.º 917 - RIO DE JANEIRO  
End. Teleg.: ESCOLAEDISON - RIO DF.

## PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Acabamos de receber o "Almanaque D'O  
Pensamento", edição de 1956. Agradecemos  
à Editora "O Pensamento" a oferta do exem-  
plar.

# NÃO QUEBRE A CABEÇA

para encontrar válvulas

## RÁDIO ARTUR

fornece qualquer tipo pelo servi-  
ço de reembolso aéreo ou postal



End. RADIOARTUR - Rua Araujo  
Porto Alegre, 70 - s/503 - Rio.



# Transformadores de força

Por Alberto Eduardo Diniz Schlaepfer, PYIAZU (Edú)

(2ª Parte)

Para, na prática, serem feitos os enrolamentos, prepara-se uma fôrma de madeira, em forma de paralelepípedo, tendo como comprimento a dimensão "a", largura, a dimensão "b" e altura, a dimensão "c" acrescida esta última de mais alguns centímetros arbitrários, que permitem a sustentação da fôrma de madeira no enrolador (tórno, máquina de furar adaptada, etc).

Esta fôrma de madeira é então envolvida por um papelão, cujas dimensões são "comprimento: a soma das dimensões ... "a+b" duas vezes, acrescida de quatro vezes a espessura do papelão. Seja "D" essa espessura do papelão; o comprimento do papelão deverá ser então igual a .....  $2(a+b) + 4D$ , para que possa envolver completamente a fôrma de madeira. Quanto à largura, ela será qual à dimensão "c" da fig. 2 da primeira parte deste artigo.

No exemplo que se traz desde a 1a. parte deste artigo, as dimensões do núcleo de ferro são:

$$\begin{aligned} a &= 3.175 \text{ cm} \\ b &= 3.3 \text{ cm} \\ A &= 10.5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

O perímetro do núcleo será então igual a  $(2a+2b) = 2 \times 6.475 = 12.9650 \text{ cm}$ . Se a espessura do papelão que se vai empregar como envoltório do núcleo for de 0.17 cm (papelão usualmente usado para êsse fim), o perímetro do envoltório será:

$$a + 2D + b + 2D + a + 2D + b + 2D = 2(a + b + 4D)$$

$$\begin{aligned} 2(3.175 + 3.3 + 4 \times 0.17) &= \\ = 2(3.175 + 3.3 + 0.68) &= 14.31 \text{ cm} \end{aligned}$$

Em cima deste papelão deve-se enrolar umas três ou quatro camadas de papel isolante. Êsse papel isolante deverá ser cortado em tiras de largura "c" e comprimento indefinido, cortando-se o excesso de comprimento após enrolá-lo em tórno do núcleo, ora sob o aspecto de fôrma de madeira envolvida por uma camada de papelão. A espessura dêsse papel isolante (Tab. III) apesar de ser fina, tem que ser levada em conta, já que as camadas são múltiplas

e a soma das espessuras dessas, camadas superpostas acabam por ter a sua influência no preenchimento da "janela" do transformador.

Observa-se, na prática, que, a simples soma das espessuras de cada camada não representa, com exatidão, o espaço que tais camadas tomam de fato da "janela"; êsse espaço é, na verdade, ligeiramente maior em virtude de, por mais apertado que se pretenda enrolar o papel, sempre haverá certa folga que provoca o que acima foi dito. O fator corretivo que a prática nos dá para êsse tópico é 0.9. Alguns autores chamam a isso "fator de enrolamento".

De volta ao exemplo: o papel escolhido foi o comum parafinado, por ser papel barato, comumente usado para embrulhar manteiga e conhecido como papel impermeável. Pela Trab. III vê-se que a sua espessura é de 0.0025 cm. A espessura total das 4 camadas de papel que se vão enrolar por cima do papelão do núcleo central, será:

$$\begin{aligned} d &= \frac{\text{número de voltas isolante} \times \text{espessura}}{\text{fator de enrolamento}} \\ &= \frac{(4 \times 0.0025)}{0.9} = 0.011 \text{ cm} \end{aligned}$$

O comprimento de cada camada de enrolamento na perna central do núcleo, deve ser um pouco menor do que o seu comprimento "c" (fig. 2, 1a. parte) para que fique uma margem de segurança de cada lado. Ê de boa prática deixarem-se 4 mm para cada lado. Assim:

$$L = c - 8 \text{ mm}$$

Normalmente a dimensão "c" é igual a vez e meia a dimensão "a". Se assim for, no caso aqui tratado, se terá:

$$c = 1.5 \times 3.175 = 4.76 \text{ cm.}$$

N.B. — Com isto tem as suas excessões, o certo é medir-se a dimensão "c".  
Então:



$$L = 4.76 - 0.8 = 3.96 \text{ cm}$$

Com uma consulta a Tab. II conhece-se o número de espiras do fio do enrolamento em questão que cabem em um centímetro, e, daí se calcula quantas serão as espiras do dito fio que caberão no comprimento  $L$  de cada camada. No exemplo, em primeiro lugar determinam-se as espiras para cada camada do primário. Seja "np" esse número de espiras para cada camada. O número de camadas que serão precisas para se fazer o enrolamento primário completo será então:

$$NcP = \frac{NP}{nP}$$

em que:

$NcP$  é o número de camadas que o primário val ter,

$NP$  é o número total de espiras do primário e

$nP$  é o número de espiras para cada camada.

Estas  $NcP$  camadas devem ser separadas por papel isolante que suporte, no mínimo,  $Ep/NcP$  volts. ( $Ep$  é a tensão aplicada aos extremos do primário). Como o enrolamento do primário do transformador que se está estudando tem 946 espiras de fio n. 27 (1ª parte deste artigo) e a mesma Tab. II diz que cada centímetro corrido de enrolamento dêse fio comporta 25.6 espiras, tem-se que o comprimento  $L = 3.96$  cm de cada camada comportará:

$$nP = L \times \text{espiras por cm}$$

$$nP = 3.96 \times 25,6 = 101 \text{ espiras}$$

O número de camadas que o primário terá:

$$NcP = \frac{NP}{nP} = \frac{946}{101} = 10 \text{ camadas}$$

O papel isolante que se deve escolher para separar uma camada da outra deverá suportar  $(EP/NcP)$  volts =  $220/10 = 22$  volts.

Como se vê, a diferença de potencial entre as camadas consecutivas do primário é deveras pequena e, por isso, qualquer papel isolante servirá a tal propósito. Para esse exemplo, usar-se-á o papel parafinado comum (Tab. III) que suporta 400 volts, portanto quasi vinte vezes mais do que é necessário. A sua espessura, como se pode ler na dita Tab. III, é de 0.0025 cm.

O aumento de espessura oriundo do enrolamento primário será dado por:

$$dP = (1/k) [(NcP \times \text{diâmetro do fio}) + (NcP - 1) (\text{espes. isol.})]$$

O diâmetro do fio é encontrado na Tab. II e a espessura do isolamento na Tab. III. O fator de enrolamento  $k$  é de:

0.8 para fios de nº acima de 28

0.9 para fios de nº entre 28 e 25

0.93 para fios de nº abaixo de 25

$$\begin{aligned} dp &= (1/0.9) [(10 \times 0.036) + \\ &+ (10 - 1) (0.0025)] = \\ &= 1.1(0.36 + 0.0225) \\ dP &= 0.42 \text{ cm} \end{aligned}$$

As novas dimensões após a conclusão do enrolamento primário são:

$$\begin{aligned} a1 &= a + 2D + dp = \\ &= 3.175 + (2 \times 0.17) + 0.42 = \\ &= 3.935 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b1 &= b + 2D + dP = \\ &= 3.3 + (2 \times 0.17) + 0.42 = \\ &= 4.06 \text{ cm} \end{aligned}$$

Nessas condições, o comprimento da "espira média" dêse enrolamento, será dado por:

$$\begin{aligned} \text{Espira média } P &= a + b + 4D + a1 + b1 = \\ &= 3.175 + 3.3 + 0.68 + 3.935 + 4.06 = \\ &= 15.15 \text{ cm} \end{aligned}$$

O comprimento total do fio que será gasto no primário, será:

$$\begin{aligned} \text{Espira média } P \times NP &= 15.15 \times 946 = \\ &= 14331.90 \text{ cm} = 143.31 \text{ metros.} \end{aligned}$$

Determina-se agora a resistência ôhmica dêse enrolamento afim de que se possa descontar a perda da tensão proveniente dessa resistência. A Tab. II fornece "R" (tantos ohms por metro linear de fio). No caso do fio n. 27, cada metro linear dêse fio apresenta 0.170 ohms, portanto nos 143.31 metros empregados no enrolamento primário, ter-se-ão:

$$0.170 \times 143.31 = 24.36 \text{ ohms}$$

A queda de tensão no primário quando o transformador estiver trabalhando à plena carga será de:

$$eP = Rp \times IP = 24.36 \times 0.272 = 7 \text{ volts}$$

A queda de 7 volts no enrolamento primário, num total de 220 v do abastecimento da rêde local, pode ser considerado desprezível, e por isso, no exemplo em



questão, não se a levará em conta. Entretanto se a queda de tensão provocada pela resistência intrínseca do fio usado no primário fôsse apreciável, dever-se-ia compensá-la, tirando-se do primário tantas espiras quantas as necessárias para minimizar a referida queda de tensão.

O primeiro secundário a ser enrolado subsequentemente ao primário deverá ser o "S3", de alta tensão, e a sua escolha para seguir o primário é motivada porque é feito o enrolamento "S3" de fio fino e com muitas camadas, dando assim uma arrumação melhor ao ser enrolado em torno do primário do que daria o secundário S1 ou S2 que são feitos de fios grossos.

Para separar o primário do secundário S3, dão-se mais 6 voltas do papel parafinado isolante, o que garante um isolamento do primário ao secundário de seis vezes 400 volts, ou sejam 2.400 volts.

A espessura total dessas 6 voltas aumentará as dimensões al e bl do seguinte:

$$d'' = (6 \times 0.0025) / 0.9 = 0.015 \text{ cm}$$

e portanto:

$$a'1 = a1 + 2 \times 0.015 = 3.935 + 0.03 = 3.965 \text{ cm}$$

$$b'1 = b1 + 2 \times 0.015 = 4.06 + 0.03 = 4.09 \text{ cm}$$

O secundário "S3" será enrolado pois por cima dessas 6 camadas separadoras de papel isolante. Esse secundário consta de 2150 espiras totais, de fio n. 33, tendo uma derivação central, na espira n. 1075.

Pela consulta à Tab. II, obtem-se:

fio 33; 52 esp/cm; diâm. 0.01798 cm; res/m 0.6693 ohms.

Precisa-se saber agora o número de espiras que formarão uma camada dêsse fio. O número de espiras será:

$$nS3 = 52 \times 3.96 = 205 \text{ espiras por camada}$$

O número de camadas que terá êste secundário será:

$$NcS3 = NS3 / nS3 = 2150 / 205 = 10.4$$

Como há fração de camada, ela, na prática vai ocupar o lugar de uma camada, de modo que, no caso em questão, teremos 11 camadas inteiras; entretanto, como no caso especial dêsse secundário em que deve-se tirar uma derivação central na metade, esta metade seria de 5.5 camadas, teremos então, dada a fração em cada meio enrolamento, 6 camadas para cada lado, num total de 12, em vez de 10.4 calculadas.

O papel isolante a ser empregado entre as camadas de S3 deverá suportar (ES3/

NcS3) =  $500 / 12 = 41.6$  volts. Como se pode ver, ainda aqui o papel parafinado (400 volts, espessura 0.0025 cm) serve bem para êsse fim, apresentando-se ainda com ampla margem de segurança!

Acabada a primeira metade do secundário S3 — 1075 espiras —, o aumento da espessura será de:

$$d'S3 = (1/k) \left[ \left( \frac{NcS3}{2} \times \text{diam. fio} \right) + \right.$$

$$\left. + \left( \frac{NcS3}{2} - 1 \right) (\text{espes. isol.}) \right]$$

$$d'S3 = (1/0.8) \left[ (12/6 \times 0.01789) + (12/6 - 1) (0.0025) \right]$$

$$d'S3 = 1.25 (0.10734 + 0.0125) = 0.149 \text{ cm}$$

As novas dimensões depois de enrolada esta primeira metade de S3 serão:

$$a'S3 = a'1 + d'S3 = 3.965 + 0.149 = 4.114 \text{ cm}$$

$$b'S3 = b'1 + d'S3 = 4.09 + 0.149 = 4.239 \text{ cm}$$

A espira média da primeira metade dêsse enrolamento S3, será: Espira média S3 =  $a'S3 + b'S3 + a'1 + b'1 = 4.114 + 3.965 + 4.09 = 16.408 \text{ cm}$ .

O comprimento total do fio dessa primeira metade de S3, será:  $16.408 \times 1075 = 17638.60 \text{ cm} = 176.38 \text{ metros}$ .

A resistência ôhmica do fio n. 33 é, como a Tab. II indica, 0.6693 ohms por metro. Os 176.38 metros da primeira metade de S3 terão, de resistência:

$$176.38 \times 0.6693 = 118 \text{ ohms}$$

A corrente que passa nessa metade de S3, é, como se viu na la. parte dêste artigo, de 0.0651 amp. A queda de tensão e'S3 provocada pelos 118 ohms de resistência aí existentes, será, pela lei de Ohm, igual a:

$$e'S3 = R'S3 \times IS3 = 118 \times 0.0651 = 7.68 \text{ volts.}$$

Assim sendo, na primeira metade do enrolamento S3, devido à resistência do fio, em vez de 250 volts, ter-se-ão (250 — 7.68) = 242.32 v. Para que se tenham os 250 volts de fato, é preciso se aumentar o número de espiras dessa primeira metade de S3 para:

$$\text{espiras por volt} \times 7.68 = 4.3 \times 7.68 = 33 \text{ espiras.}$$



Por conseguinte, para se ter realmente a tensão requerida de 250 volts nessa primeira metade de S3, deve-se aumentar de 33 espiras o número de espiras previamente calculado. (1075 + 33) = 1108 espiras. Tirada a derivação central neste ponto, prossegue-se com a segunda metade de S3. A espessura dessa segunda metade é igual à da primeira, ou seja: 0.149 cm. As novas dimensões após o término de S3 serão:

$$a''S3 = a'S3 + d''S3 = 4.114 + 0.149 = 4.263 \text{ cm.}$$

$$b''S3 = b'S3 + d''S3 = 4.239 + 0.149 = 4.388 \text{ cm}$$

A espessura média da segunda metade de S3 será de:

$$\text{Esp. média} = a''S3 + a'S3 + b''S3 + b'S3 = 4.263 + 4.114 + 4.388 + 4.239 = 17.004 \text{ cm}$$

O comprimento do fio da segunda metade de S3 será:

$$17.004 \times 1075 = 18279.30 \text{ cm} = 182.79 \text{ metros}$$

e a sua resistência ôhmica será de:

$$R''S3 = 182.79 \times 0.6693 = 122.34 \text{ ohms.}$$

A queda de tensão nessa segunda metade será de:

$$e''S3 = R''S3 \times IS3 = 122.34 \times 0.0651 = 7.96 \text{ volts.}$$

Praticamente a mesma queda de tensão que ocorre na primeira metade vem de ocorrer na segunda. Na verdade ela é um pouco maior na segunda metade (7.96 volts contra 7.68 na primeira metade), pois que o comprimento do fio empregado na segunda metade é maior do que na primeira, já que o raio vai crescendo à medida que se vão enrolando as diversas camadas.

Pelo cálculo análogo ao precedente, ter-se-á que aumentar de 35 espiras a segunda metade de S3 para serem obtidos os 250 volts requeridos. Isto pôsto, enrolam-se mais seis camadas de papel isolante para separar este secundário S3 do próximo a ser enrolado, que será, digamos, o S1. Essas seis camadas de papel isolante separador de S3 e S1 acarretam um aumento de espessura igual a:

$$(6 \times 0.0025) / 0.9 = 0.015 \text{ cm}$$

e portanto:

$$a'2 = a''S3 + (2 \times 0.015) = 4.263 + 0.03 = 4.293 \text{ cm}$$

$$b'2 = b''S3 + (2 \times 0.015) = 4.388 + 0.03 = 4.418 \text{ cm.}$$

Por cima dêste papel enrola-se o secundário seguinte. Seja pois o S1, com 27 espiras de fio n. 20, cujos dados são:

0.081 cm diâm.; 11.6 esp. por camada; 0.0032 ohms/m

Em L = 3.96 cm, poder-se-ão enrolar até  $(3.96 \times 11.6) = 45.9$  espiras dêsse fio n. 20. Como vão ser enroladas apenas 27, uma única camada é mais do que suficiente para contê-las. A espessura, depois de enrolado S1, será:

$$dS1 = (1/k) [(1 \times 0.081) + 0] = 0.087 \text{ cm}$$

e assim:

$$aS1 = a'2 + dS1 = 4.293 + 0.087 = 4.380 \text{ cm}$$

$$bS1 = b'2 + dS1 = 4.418 + 0.087 = 4.505 \text{ cm}$$

O comprimento do fio dêsse enrolamento será:

$$4.293 + 4.380 + 4.418 + 4.505 = 17.596 \text{ cm}$$

A resistência ôhmica será tão diminuta que não a levaremos em consideração neste enrolamento.

Mais seis camadas de papel isolante para separar S1 do próximo enrolamento que será o S2 nos dão as dimensões:

$$a'3 = aS1 + 0.03 = 4.380 + 0.03 = 4.410 \text{ cm}$$

$$b'3 = bS1 + 0.03 = 4.505 + 0.03 = 4.535 \text{ cm}$$

Enrola-se agora S2, com 22 espiras de fio 19 cujas características extraídas da Tab. II são:

diam. 0.091 cm; esp/cm 10.8; ohms/m 0.0026

**Q R T**

Colegas que apagaram para sempre:

**PY1ADW — Pedro Benedicto de Souza**

**PY1ANP — Canrobert Pereira da Costa**

**PY1IEO — Raul Valladão Gomes**

**Brandão**

**PY2AIO — Eduardo Alves Pereira**

**PY2AXD — Menoti Carvalho**

**PY2BCK — Americo Bandeira de**

**Moraes**

**PY2GH — Vitor Barbosa Guisard**

**PY3ANF — René Curial**

**PY3AO — Manoel Barcelos de Almeida Gomes**

**PY3JC — Drônico Jacintho Pereira**

**PY3JF — Afonso Fritsch**

**PY4FG — Mario Maximiano Ribeiro**

**Gama**

**PY7ABY — Ismael Ferreira da Silva**

**PY9AN — Creuza Proença Gomes da Silva.**

**Às famílias enlutadas apresentamos nossos pesames.**



No espaço  $L = 3.96$  cm poder-se-ão enrolar até  $3.96 \times 10.8 = 42.7$  espiras. Só serão enroladas 22 espiras, de modo que uma única camada é suficiente para conter o enrolamento S2. A espessura depois de efetuado este último enrolamento será:

$$dS2 = (1/k) [(1 \times 0.091) + 0] = 0.091 \text{ cm}$$

e pois:

$$aS2 = a^3 + dS2 = 4.410 + 0.09 = 4.500 \text{ cm}$$

$$bS2 = b^3 + dS2 = 4.535 + 0.09 = 4.625 \text{ cm}$$

Mais umas camadas de papel isolante e acabamento para o transformador, e está pronta a parte concernente aos enrolamentos. O restante consiste na montagem do núcleo de ferro e ligações dos diversos fios (primário e secundário) aos seus respectivos terminais.

A "janela" do "ferro" deve ser bastante ampla para poder conter:

Papelão .....	0.17 cm
Isolante .....	0.011 cm
Primário .....	0.42 cm
Isolante .....	0.015 cm
1/2 S3 .....	0.149 cm
1/2 S3 .....	0.149 cm
Isolante .....	0.015 cm
S1 .....	0.087 cm
Isolante .....	0.015 cm
S2 .....	0.091 cm
Acabamento .....	0.03 cm
Soma .....	1.152 cm

A "janela", normalmente, tem uma largura igual à metade da dimensão "a" da Fig. 2, 1a. parte. No caso vertente:  $a = 3.175$  cm. A largura da "janela", sendo a sua metade, será igual a 1.587 cm. Vê-se logo que, usando-se este tipo de ferro, há espaço suficiente na "janela" para conter todos os diversos enrolamentos, havendo até uma folga teórica de:  $1.587 - 1.152 = 0.435$  cm.

O tamanho da "janela" limita, às vezes, a possibilidade de se enrolar muita coisa num mesmo núcleo e, quando isto acontece, se torna necessário refazerem-se os cálculos usando-se um "ferro" de maiores dimensões. Nêsse caso o que se tem a fazer é alterar as dimensões  $a$ ,  $b$  e  $c$  do "ferro", mas não a sua área. Por exemplo, se se verificasse que a "janela" do "ferro" que se quer empregar no nosso exemplo fôsse de dimensão inferior a 1.152 cm, é óbvio que tal dimensão seria insuficiente para conter todos os enrolamentos atrás calculados, visto que a espessura que os mesmos atingem é de

1.152 cm, e ter-se-ia que voltar "à estaca zero" partindo de um "ferro" de dimensão "a" maior do que o usado nos cálculos em questão.

Para a maioria dos casos de transformadores comuns de "W" watts da Tab. I, as dimensões dos ferros indicados nessa Tab. I satisfazem. Entretanto, se o transformador precisar de mais "janela", ter-se-á que refazer os cálculos, como dissemos linhas acima, usando-se um "ferro" de dimensões maiores. Por exemplo: caso o "ferro" de 1.1/4" fosse de "janela" exigua para o nosso exemplo, o "ferro" de 1.1/2" deveria ser utilizado para novos cálculos. Como a área, entretanto, deverá permanecer inalterável, a dimensão "b" do empilhamento das lâminas será diminuída, afim de que o produto (" $a$ "  $\times$  " $b$ ") permaneça igual a 10.5 cm<sup>2</sup>. Então a dimensão "a" da perna central do núcleo com ferro de 1.1/2" seria de 3.810 cm em vez de 3.175 cm como no caso do ferro de 1.1/4". Desta maneira, para que a área se conservasse a mesma, a dimensão "b" do "montinho" de lâminas seria:

$$b = A/a = 10.5 / 3.81 = 2.76 \text{ cm}$$

O empilhamento de lâminas de 1.1/2" deveria alcançar tão somente a altura de 2.71 cm em vez de 3.3 cm como no caso anterior.

A guiza de algo parecido com a "prova dos nove" pode-se proceder agora à determinação da eficiência real do transformador.

A eficiência real depende das perdas que ocorram na transferência de potência do primário para o secundário. Essas perdas são de diversas naturezas e as que se fazem sentir de modo mais acentuado são as chamadas: "perdas do ferro" e "efeito Joule".

Se o peso do núcleo de ferro fôr de "P" Kg e  $\sigma$  o fator de "perda do ferro", que é, para os casos práticos, igual a 1.9, se tem:

$$WF = P \times \sigma$$

Para o exemplo, vamos admitir que se gastaram 2.4 Kg de ferro. Nêste caso, a perda de potência devido ao ferro será:

$$WF = 2.4 \times 1.9 = 4.56 \text{ watts}$$

Quanto ao "efeito Joule", consiste na dissipação de potência transformada em calor, nos diversos enrolamentos. O "efeito Joule" é estimado por meio da fórmula geral  $W = R \times I^2$ .

Já vimos, anteriormente, que a intensidade de corrente que atravessa o enrolamento primário é de 0.272 amp. (1a. par-

(Continua na página 28)



**"MICA"**  
MALACACHETA

EM PLACAS, LAMINAS E EM PÓ  
ATACADO E VAREJO

**"BRASMICA"**

RUA DR. CARLOS BOTELHO, 450  
BRÁS - TELEFONE: 9-3609 - S. PAULO

## TRANSFORMADORES DE FÔRÇA

(Continuação da pág. 14)

te) e que a resistência ôhmica que êsse primário oferece é de 24.36 ohms (2a. parte). De maneira que:

$$WP = 24.36 \times 0.272^2 = 1.78 \text{ watts}$$

Quanto ao secundário subsequente ao primário, S3, computam-se as resistências das duas metades e somam-se; o resultado é levado então à fórmula geral para o cálculo do "efeito Joule". (Isto como medida de segurança nos cálculos, visto que enquanto uma das metades desse enrolamento funciona, o outro não funciona).

$$WS3 = (118 + 122.34) \times 0.0651^2 = 240.34 \times 0.00423 = 1.02 \text{ watts}$$

Os próximos enrolamentos oferecem resistência desprezível à corrente que passa, e assim podemos abandoná-los. A dissipação nesses enrolamentos seria da ordem de 0.008 de watt cada. Então, as perdas devidas ao efeito Joule no caso presente se somam a:

$$Wj = WP + WS1 + WS2 + WS3 \\ Wj = 1.78 + 0 + 0 + 1.02 = 2.80 \text{ watts}$$

As perdas totais serão:  $Wj + WF = 2.8 + 4.56 = 7.36 \text{ watts}$ , as quais somadas à demanda de plena carga dos secundários darão a potência global que de fato é solicitada do transformador. Dêsse modo se tem:

$WS = 50 \text{ watts}$  (demanda nos secundários: 1a. parte)

$$WS + Wj + WF = 50 + 2.80 + 4.56 = 57.36 \text{ watts}$$

O rendimento então será:

$$q = \frac{WS}{W(\text{total})} = \frac{50}{57.36} = 0.87$$

O rendimento expresso em percentagem é pois de 87%, mais alto portanto do que aquele que inicialmente havíamos conservadoramente atribuído como rendimento provável, (85%, 1a. parte do artigo). Com isto vê-se que o funcionamento do transformador deverá preencher, até com vantagem, as expectativas.

## EMISSOR ACIONADO PELA VOZ HUMANA

O "Army Signal Corps" americano, criou um transmissor de rádio que não necessita de outra fonte de energia para funcionar senão a gerada pela voz do locutor.

Este feito, naturalmente, teria sido inenquívavel se o seu criador fizesse uso de válvulas de rádio, entretanto, tudo o que êle utiliza é um único transistor o qual só necessita de uma corrente débil para operar.

Quando a voz do operador faz o microfone entrar em vibração, gera corrente suficiente para fazer entrar em função o transistor e destarte lá se vai a sua voz pelo "eter"!

O primeiro modelo feito, é de dimensões tão pequenas que caberia num bocal de telefone. Seu raio de ação é de 200 metros. Modelos subsequentes, diz o seu criador George Bryan, terão o seu raio de ação aumentado, podendo atingir distâncias até de uma milha (1600 metros, aproximadamente).

O passo seguinte consiste na montagem de um receptor "acionado pela voz"; o dito receptor armazenaria "potência de voz" enquanto o operador estivesse falando e lançaria mão dessa reserva para receber a resposta.



# TRANSFORMADORES DE FÔRÇA

Por ALBERTO EDUARDO DINIZ SCHLAEPFER (Edú), PYIAZU

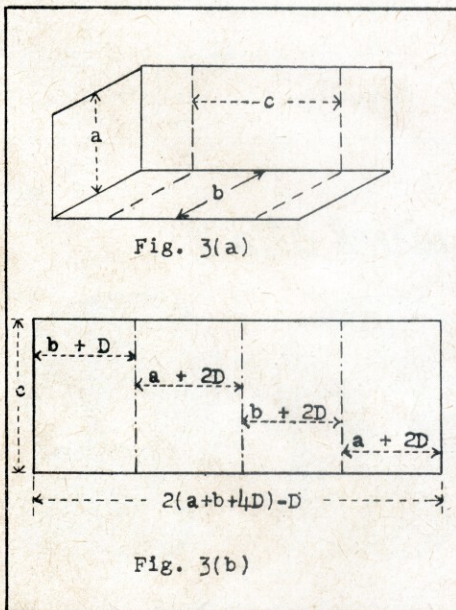
## 3ª Parte (final)

Os dois artigos a êste precedentes mostraram o modo de serem conduzidos os cálculos de um transformador de fôrça. Nêste artigo de hoje serão mostrados, sucintante, os meios práticos de construí-lo.

A primeira coisa que se deve fazer é a forma de madeira, sôbre a qual serão executados os diversos enrolamentos. Esta fôrma de madeira deverá ter a forma de um

O excesso de comprimento sôbre a dimensão "c" é utilizado na fixação da fôrma de madeira numa máquina de enrolar. A máquina de enrolar poderá ser de qualquer tipo, mesmo uma máquina de furar, manual, na qual se fixa a forma de madeira e vai-se enrolando o transformador paulatinamente, e contando as espiras que vão sendo acabadas.

Em seguida, corta-se o papelão que deverá envolver o núcleo. As suas dimensões serão: comprimento =  $2(a+b+4D) - D$ ; e largura = c. Fig. 3b. Com êste papelão é então envolvido o paralelepípedo de madeira, como mostra, em corte, a Fig. 4. Por cima dêsse papelão virão as folhas de papel parafinado isolante. Preparam-se tiras dêsse papel, em quantidade abundante, tendo um comprimento indeterminado e largura igual a "c". Enrolam-se pois essas folhas de papel parafinado ao redor do papelão, em número prèviamente estabelecido. (2a, parte). Começa-se então a enrolar o primário do transformador por cima dessas folhas de papel parafinado. Para segurar a primeira espira, faz-se uma tirinha de papel parafinado, dobra-se em dois e passa-se o fio dentro da dobra, deixando as duas pontas da tira em questão correr ao longo da forma, como mostra a fig. 5. À medida que vão sendo enroladas as espiras do primário (ou qualquer outro enrolamento), a tira seguradora da primeira espira vai ficando prêsa devido à pressão das espiras que lhe vão sendo superpostas. Ao se aproximar a cobertura quasi que total dessa tira, puxa-se a mesma, afim de trazer a primeira espira para junto da segunda espira, dando assim uma arrumação perfeita e coesa. Acaba-se então o enrola-



paralelepípedo, cuja área da base seja igual à área do núcleo, apresentando as mesmas dimensões "a" e "b" do núcleo. O comprimento do paralelepípedo de madeira poderá ser de tamanho arbitrário e sempre maior do que a dimensão "c". (Fig. 3a).



mento da primeira camada, de acôrdo com o que se disse na 2a. parte dêste artigo. Nessa altura, passa-se uma tira de papel isolante por cima dessa primeira camada, envolvendo-a completamente, e inicia-se o enrolamento da segunda camada, por cima da primeira, e assim sucessivamente. Ao estar prestes a findar-se a última camada do enrolamento em questão, volta-se a preparar uma tirinha dobrada de papel isolante, colocando-a como mostra a Fig. 5, posição "f", isto é, "fim de enrolamento". ("i" início de enrolamento). Ao se chegar à última espira do enrolamento, faz-se-a passar por dentro da dobra da tirinha de isolante e puxa-se como se fez anteriormente no caso de início de enrolamento, — a última espira para junto da penúltima, — afim de dar a arrumação adequada.

Por cima do enrolamento primário dão-se seis voltas de papel parafinado e inicia-se o enrolamento secundário de alta-tensão, S3, e nos moldes de como foi executado o enrolamento primário. Ao chegar no fim da primeira metade dêste enrolamento S3, faz-se com que a última espira passe por dentro da tirinha dobrada de papel isolante para segurá-la. Deixa-se um pedaço relativamente longo de fio para ser mais tarde levado ao terminal "CT" (center-tap), do transformador, passa-se uma camada de papel isolante e prossegue-se no enrolamento da segunda metade do enrolamento de alta tensão até o seu término.

Mais seis folhinhas de papel isolante ao redor do núcleo e enrola-se o próximo bobinado — após o qual, mais um envoltório de papel parafinado (seis folhas) separador de secundários, e inicia-se o enrolamento do último dos secundários.

Terminado este último, feito como os demais, dão-se mais alguma voltas de papel isolante e mais uma de um material mais forte para o acabamento final — em geral papel Kraft encerado ou mesmo plástico.

Tira-se êsse conjunto todo da fôrma de madeira e prepara-se à parte, um "banho-Maria" de cera de abelha e carnaúba (70% da primeira e 30% da segunda) derretidas. Mantem-se o banho-maria em fogo brando.

Mergulha-se o conjunto dos enrolamentos nêsse banho durante algum tempo (uns 20 minutos a meia hora), até que não borbu-

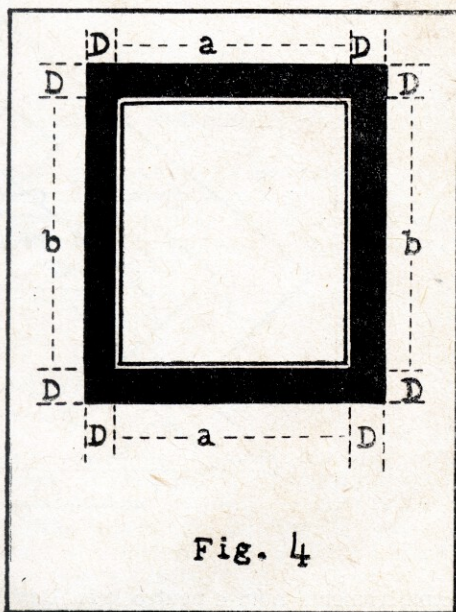


Fig. 4

lhem mais bolhas; isso indica que a unidade que existia inerentemente aos enrolamentos, saiu dos mesmos. Há quem use em vez de carnaúba, ou mesmo além dela, um pouco de parafina no banho acima re-

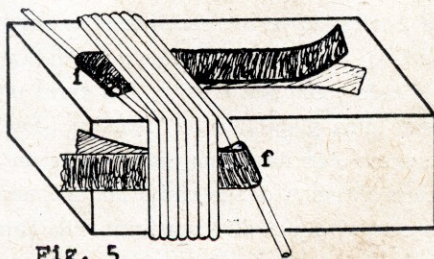
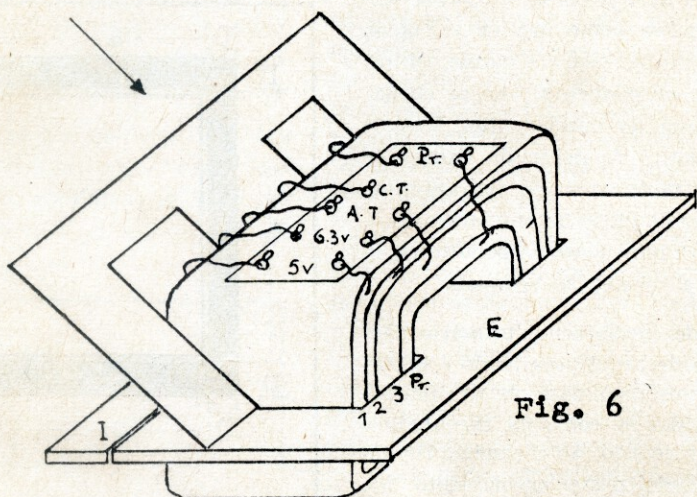


Fig. 5



ferido. Rêtirado o conjunto de enrolamentos do banho de ceras, se o deixa esfriar e passa-se a montar o transformador enfiando-se as lâminas em "E" num sentido e noutro, como indica a Fig. 6. As lâminas em "E" são alternadamente colocadas e as lâminas em "I" também são colocadas al-

Importante a ser esclarecido ainda, é o fato de que tanto o início como o fim de qualquer enrolamento deverá ser feito nas partes que ficam paralelas às lâminas e nunca nas outras a elas perpendiculares, visto que se tal se fizesse, isto engrossaria o enrolamento e êste não entraria na "ja-



ternativamente num e noutro lado. Depois de colocadas tôdas as lâminas e devidamente apertadas, passam-se os parafusos nos orifícios existentes nas lâminas para êste fim, com o propósito de ficarem coesas, bem seguras e apertadas essas lâminas componentes do transformador.

nela" do transformador. A Fig. 6 evidencia êste fato. Note-se que as tomadas de todos os enrolamentos foram feitas de um e de outro lado da parte superior dos enrolamentos, em face paralela às lâminas, e não nas outras que ocupam as "janelas".

A próxima etapa consiste em ligarem-se os fios dos diversos enrolamentos aos respectivos terminais. Também a fig. 6 dá uma idéia de como isto é feito. Em geral prende-se uma plaquinha de "formica" com os diversos terminais na parte externa do transformador, dando assim um acabamento acessível aos diversos terminais. E está findo o transformador!

☆ *O c.w. não é facil. Todos, porém, são capazes de aprender telegrafia, bastando ter força de vontade. Frequente as aulas de telegrafia na séde da LABRE dadas por PY1AQE.*