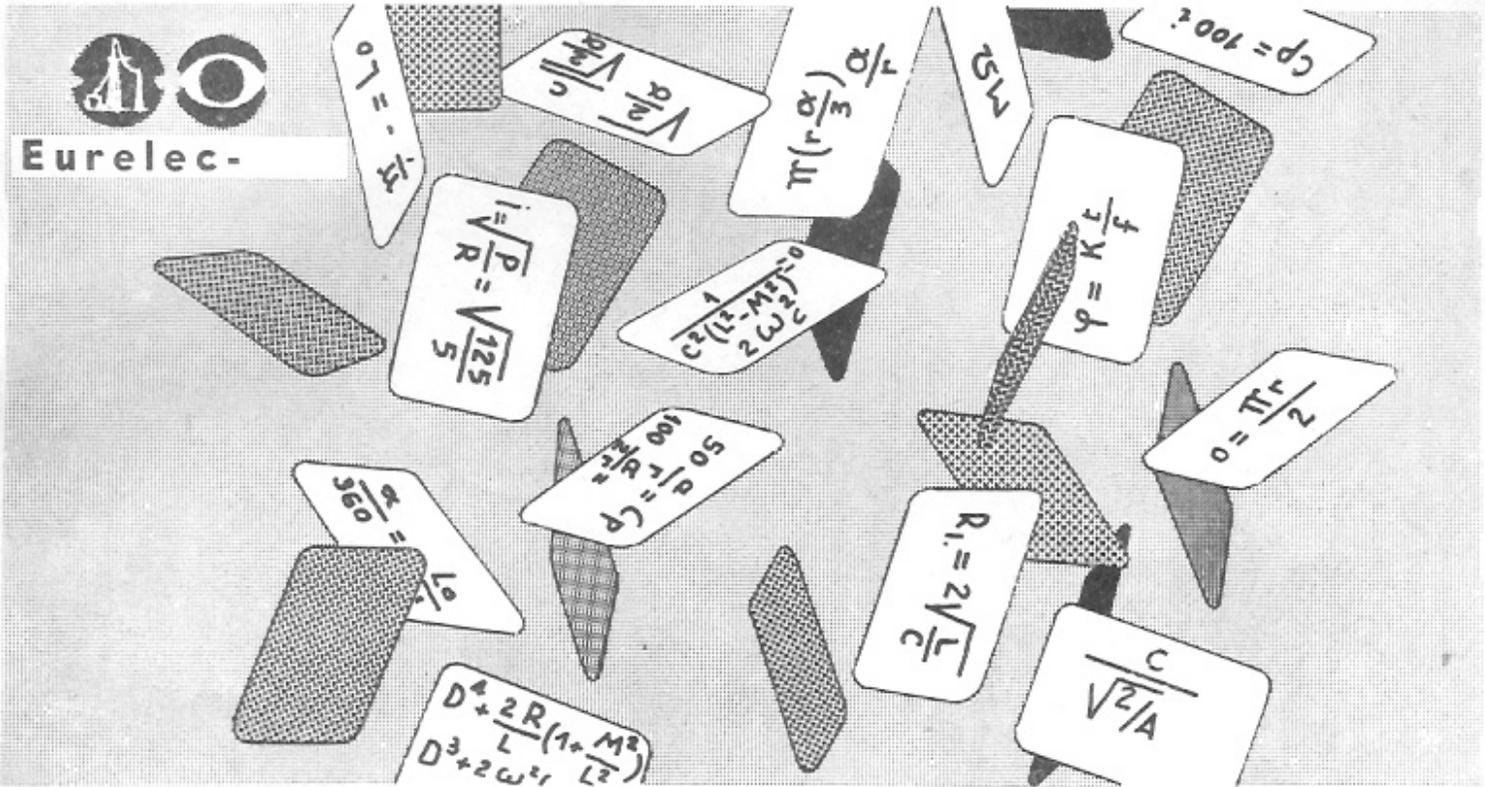


FORMULAIRE



COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE

Formulaire 5
-Groupe 15-

COURS DE RADIO

1- CALCUL DES TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION DE PETITE PUISSANCE

Dans la pratique, il faut souvent pouvoir construire des transformateurs pour alimenter des appareils de radio.

Il est alors nécessaire de connaître une méthode de calcul qui permette de déterminer rapidement les principales caractéristiques de construction du transformateur.

Dans ce formulaire, on indique une méthode de calcul simplifiée, suffisante pour la plupart des cas.

Le formulaire est divisé en deux parties ; dans la première, je décrirai le procédé que l'on doit suivre dans le calcul, à partir des données du problème ; dans la deuxième partie, je développerai un exemple de calcul exécuté en fonction de tout ce qui a été dit précédemment. Cet exemple complète l'explication et éclaircit l'application de la méthode.

2-

Formulaire 5

1.1. Etablissement du calcul.

Pour exécuter le calcul du transformateur, il faut avoir en évidence les données du problème, c'est-à-dire, qu'il faut faire un tableau des exigences et des nécessités des circuits qui doivent être alimentés par le transformateur.

Ordinairement, on connaît les tensions et les puissances que l'on doit obtenir sur les enroulements secondaires et la tension du secteur auquel doit être raccordé le primaire.

En outre, on connaît le type de tôles au silicium, dont on dispose pour la construction du transformateur.

Avant de commencer le calcul, les données suivantes sont nécessaires :

- 1- Tension ou tensions primaires (du secteur)
- 2- Tension ou tensions secondaires
- 3- Puissance totale dissipée dans la charge secondaire
- 4- Courant ou courants dans les secondaires.

Formulaire 5

3-

5- Courant dans le primaire

6- Fréquence de la tension du secteur

7- Dimensions des tôles que l'on désire employer.

Les tensions primaires et secondaires sont connues. Les courants secondaires sont aussi connus, donc, en multipliant tensions secondaires et courants relatifs, on obtient les valeurs des puissances secondaires. La somme de celles-ci fournit la valeur de la puissance totale secondaire.

Avec le tableau complet des données du problème, on peut commencer le calcul selon la méthode indiquée ci-dessous :

FORMULE N° 41.- DETERMINATION DE LA SECTION DU NOYAU.

Le premier élément à déterminer est la section du noyau central du transformateur.

La valeur de la surface de ce noyau dépend de la puissance selon une formule empirique.

4-

Formulaire 5

Dans notre cas, pour simplifier le calcul, j'ai fait un tableau dans lequel sont reportées les valeurs déjà calculées de la section du noyau en fonction de la puissance totale en jeu dans le transformateur.

Souvenez-vous que la valeur de la puissance, dont on doit partir pour le calcul du noyau, comprend également la puissance dissipée en raison des pertes inévitables dans le transformateur.

Cette dissipation peut, dans le plus mauvais des cas, être égale à environ 15% de la valeur de la puissance secondaire.

La puissance totale primaire est donc égale à la puissance secondaire augmentée de 15%.

Si, par exemple, la somme de toutes les puissances calculées sur les secondaires est de 100 VA., on doit augmenter de 15% cette valeur pour obtenir la valeur de la puissance totale primaire, c'est-à-dire 115 VA.

Cette dernière valeur est celle qui doit être employée pour la recherche de la valeur de la section du noyau, dans le tableau correspondant.

Formulaire 5

5-

Cette valeur est celle qui correspond à la section réelle, c'est-à-dire celle que l'on mesure.

Rappelez-vous, enfin, qu'il en est de ce tableau comme du suivant c'est-à-dire qu'ils ont été calculés en supposant que la fréquence du secteur soit 50 Hz. Cela est largement justifié par le fait que pratiquement tout le secteur de distribution de l'énergie électrique en France est unifié sur la fréquence de 50 Hz : il est donc logique de considérer uniquement cette fréquence, d'autant plus que le transformateur fonctionne aussi bien en 60 Hz (mais pas au dessous de 50 Hz).

FORMULE N° 42.- DETERMINATION DU NOMBRE DE SPIRES PAR VOLT.

Si l'on s'en tient à une valeur déterminée de l'induction du noyau, et à une fréquence de la tension d'alimentation, on peut calculer facilement un coefficient caractéristique du transformateur : c'est-à-dire, le nombre de spires nécessaires pour obtenir la tension d'un volt aux extrémités d'un enroulement.

Connaissant ce coefficient, on peut calculer le nombre de spires de chaque enroulement, en multipliant ce coefficient par la tension que l'on désire obtenir pour chacun d'eux.

6-

Formulaire 5

Dans le tableau sont reportées, en fonction de la section brute du noyau, les valeurs du coefficient calculées pour une induction de 1 Wb/m^2 à la fréquence de 50 Hz.

FORMULE N° 43.- CALCUL DE L'ENROULEMENT PRIMAIRE.

Pour calculer le nombre de spires que l'on doit bobiner pour former l'enroulement primaire, on emploie la formule suivante :

$$N_1 = K \times V_1$$

où : N_1 = Nombre de spires de l'enroulement primaire

K = Nombre de spires par Volt trouvé sur le tableau

V_1 = Tension primaire, c'est-à-dire, tension du secteur d'alimentation exprimée en Volts.

Formulaire 5

7-

Les tensions les plus habituelles de secteur dont : 110, 125, 140, 150, 220, 250 Volts.

On peut exécuter le primaire avec un certain nombre de prises correspondant aux différentes tensions de secteur, en procédant à la multiplication indiquée par la formule pour toutes les tensions désirées.

FORMULE N° 44.- CALCUL DE L'ENROULEMENT SECONDAIRE.

Le nombre de spires des secondaires se calcule par la formule suivante :

$$N_2 = K \times V_2 \times 1,05$$

où : N_2 = nombre de spires des secondaires

K = nombre de spires par Volt trouvé sur le tableau

V_2 = tension secondaire que l'on désire, exprimée en Volt.

1,05 = coefficient dont il faut tenir compte pour compenser les pertes.

8-

Formulaire 5

D'ordinaire, il faut plus d'une tension secondaire. Il suffit de répéter l'opération pour toutes les tensions secondaires désirées.

1- Détermination du diamètre des fils de bobinage.

Les valeurs des courants dans le primaire et dans le secondaire sont connues car elles appartiennent aux données du problème ; dans tous les cas, on peut facilement les obtenir en divisant la valeur des différentes puissances par les tensions correspondantes.

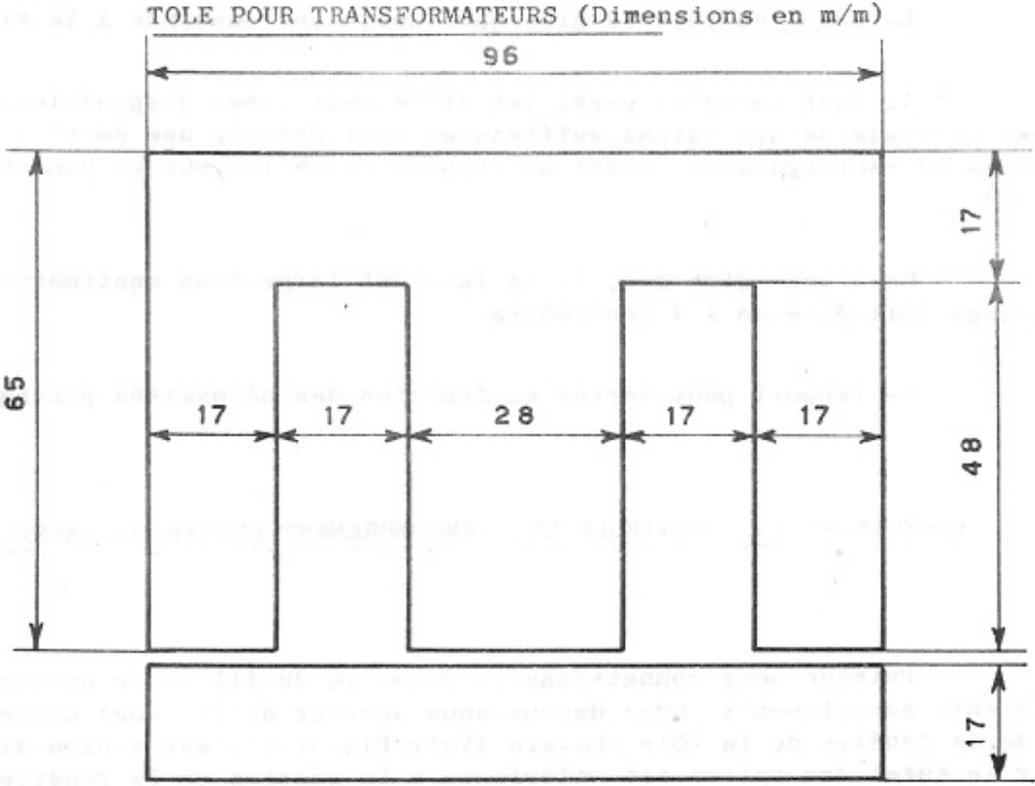
De la valeur du courant, on peut remonter aux dimensions du fil conducteur employé pour chaque enroulement.

On a alors recours au tableau du Formulaire N°3-, où sont indiqués les sections et les diamètres du fil de cuivre adaptés aux différentes valeurs du courant.

Pour tous ces fils conducteurs, on a considéré constante la densité du courant dans le fil (environ 3 Ampères par millimètre carré).

2- Choix de la tôle.

Connaissant la section brute du noyau, on peut choisir, parmi les différents types de tôle qu'offre le marché, celui qui est le plus approprié.



-Fig. 1-

10-

Formulaire 5

La forme de tôle la plus habituelle est dessinée à la Fig. 1-.

Il faut choisir, parmi les différents types disponibles, celui qui a une lame centrale de dimensions suffisantes pour obtenir une section du noyau de forme carrée ou rectangulaire, ayant un rapport entre largeur et hauteur égal à environ 1,4.

Cela veut dire que, si la lame est large d'un centimètre, l'épaisseur de l'empilage doit être de 1,4 centimètre.

Ce rapport peut varier en fonction des nécessités pratiques.

FORMULE N° 45.- CONTROLE DE L'ENCOMBREMENT DES ENROULEMENTS.

Puisque nous connaissons le diamètre du fil et le nombre de spires des différents enroulements, nous devons nous assurer qu'ils sont contenus dans la section de la fenêtre de la tôle choisie (Voir Fig. 1-) c'est-à-dire si l'aire occupée par le total des spires est inférieure à la section de la fenêtre.

Formulaire 5

11-

L'aire occupée par un enroulement se calcule au moyen de la formule suivante :

$$A_1 = S_1 \times N_1 \times 3$$

où : A_1 = Aire occupée par l'enroulement en question, exprimée en millimètres carrés

S_1 = Section du fil employé pour l'enroulement, exprimée en millimètres carrés

N_1 = Nombre de spires de l'enroulement.

On peut obtenir " A_1 " même de la 4ème colonne du tableau du formulaire 3- :

$$A_1 = \frac{\text{Nombre de spires de l'enroulement}}{\text{Nombre de spires enroulables au cm}^2} \times 3$$

" A_1 " est alors donné en cm^2 .

En répétant ce calcul pour tous les enroulements, aussi bien primaires que secondaires, et en additionnant tous les résultats, on obtient l'encombrement total.

La formule est la suivante :

$$A_{\text{tot.}} = A_1 + A_2 + A_3 + \text{etc....}$$

où : $A_{\text{tot.}}$ = aire totale occupée par les enroulements, exprimée en mm^2 .

A_1 = aire occupée par le premier enroulement, exprimée en mm^2 .

A_2 = aire occupée par le deuxième enroulement, exprimée en mm^2 .

A_3 = aire occupée par le troisième enroulement, exprimée en mm^2 .

etc, etc

Si l'aire, ainsi obtenue, a une valeur supérieure à celle de la fenêtre de la tôle, cela signifie que les enroulements ne peuvent pas être contenus dans la tôle.

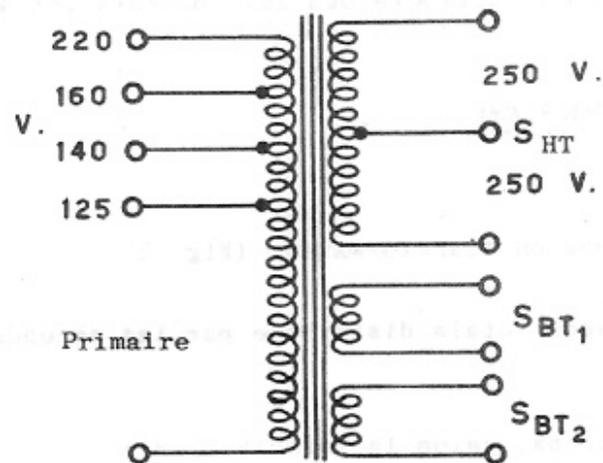
Dans ce cas, vous devez reprendre le calcul en choisissant, pour le noyau, une section plus grande ou en réduisant légèrement le diamètre de tous les fils, ou bien, en diminuant d'un petit pourcentage le nombre de spires par Volt.

1.2- Exemple de calcul d'un transformateur d'alimentation.

On désire construire un transformateur capable de fonctionner sur

Formulaire 5

13-



les secteurs normaux de distribution d'énergie électrique et qui ait les caractéristiques suivantes :

a- Primaire pour les tensions de 125, 140, 160, 220 Volts.

b- Secondaire à haute tension double. Tension demandée 2 x 250 Volts, courant demandé 20 mA.

c- Secondaire basse tension pour 6,3 Volts et 3 Ampères.

d- Secondaire basse tension pour 5 Volts et 2 Ampères.

-Fig. 2-

14-

Formulaire 5

On dispose d'une tôle qui a les dimensions indiquées à la Fig. 1-.

Calculez le nombre de spires et le diamètre des fils nécessaires aux enroulements.

RESOLUTION DU PROBLEME
 =====

Tout d'abord dessinons le schéma du transformateur (Fig. 2-).

Calculons maintenant la puissance totale distribuée par les secondaires.

Pour le secondaire S_{HT} nous aurons, selon la formule N° 9 :

$$P = V \times I = 500 \times 0,020 = 10 \text{ Watts}$$

Pour les secondaires S_{BT1} , selon la formule N° 9 :

$$P = V \times I = 6,3 \times 3 = 18,9 = 19 \text{ Watts}$$

Formulaire 5

15-

Pour le secondaire "S_{BT2}" nous aurons, selon la formule N° 9- :

$$P = V \times I = 5 \times 2 = 10 \text{ Watts.}$$

Au total, donc, la puissance distribuée par le secondaire sera :

$$P_{\text{tot.}} = 10 + 19 + 10 = 39, \text{ environ } 40 \text{ Watts.}$$

Pour compléter le tableau des données du problème, il faut connaître le courant primaire. On obtient celui-ci en divisant la puissance primaire par la valeur de la tension primaire (formule N° 9-).

Rappelons que la puissance primaire est de 15% supérieure à la puissance secondaire ; nous avons donc :

$$\text{Puissance primaire} = 40 + \frac{40 \times 15}{100} = 40 + 6 = 46 \text{ Watts.}$$

Connaissant la puissance primaire, on calcule le courant primaire.

16-

Formulaire 5

$$\text{Courant primaire pour secteur 125 Volts : } \frac{46}{125} = 0,37 \text{ A}$$

$$\text{Courant primaire pour secteur 140 Volts : } \frac{46}{140} = 0,33 \text{ A}$$

$$\text{Courant primaire pour secteur 160 Volts : } \frac{46}{160} = 0,29 \text{ A}$$

$$\text{Courant primaire pour secteur 220 Volts : } \frac{46}{220} = 0,21 \text{ A}$$

Nous pouvons maintenant compléter le tableau des données.

- 1- Tensions primaires = 125 , 140 , 160 , 220 Volts.
- 2- Tensions secondaires = 2 x 250 (500 Volts au total) ; 6,3 Volts ; 5 Volts.
- 3- Puissance totale secondaire = 40 Watts.
- 4- Courants secondaires = 20 mA , 3 A , 2 A .

Formulaire 5

17-

5- Courants primaires = sur 125 Volts,	0,37 A.
sur 140 Volts,	0,33 A.
sur 160 Volts,	0,29 A.
sur 220 Volts,	0,21 A.

6- Fréquence de la tension secteur = 50 Hz.

7- Tôle - Voir la Fig. 1-.

Commençons le calcul en faisant usage des données établies ci-dessus.

CALCUL DE LA SECTION DU NOYAU.

En cherchant sur le tableau 3-, correspondant à la puissance de 46 W. on trouve comme valeur de la section, le nombre 740.

Observant la figure de la tôle, on voit que la lame centrale a 28 mm. de large et, par suite, le hauteur de l'empilage de tôles sera :

$$h = \frac{740}{28} = 26 \text{ mm.}$$

DETERMINATION DU NOMBRE DE SPIRES PAR VOLT

Sur le tableau 4 on trouve, correspondant à la section brute, la valeur de 7 spires par Volt.

Cette valeur, comme aussi celle de la section du noyau, n'est pas critique, et on peut donc varier entre des limites assez larges.

Les deux valeurs sont liées entre elles et par conséquent varient ensemble.

CALCUL DE L'ENROULEMENT PRIMAIRE

En appliquant la formule N° 43, calculons le nombre de spires qui correspond à chaque tension primaire.

pour 125 Volts = $7 \times 125 = 875$ spires environ.

pour 140 Volts = $7 \times 140 = 980$ spires environ.

pour 160 Volts = $7 \times 160 = 1.120$ spires environ.

Formulaire 5

19-

pour 220 Volts = $7 \times 220 = 1.540$ spires environ.

Pour pouvoir calculer ensuite l'encombrement des enroulements il est bon d'établir la différence entre les nombres de spires indiqués ci-dessus.

Nous aurons : $980 - 875 = 105$ spires.

$1.120 - 980 = 140$ spires.

$1.540 - 1.120 = 420$ spires.

Ces valeurs représentent le nombre des spires qui existent entre une prise et la suivante.

CALCUL DES SPIRES SECONDAIRES

Appliquant la formule N° 44, nous calculons le nombre de spires nécessaires pour obtenir les tensions secondaires :

pour 250 Volts = $7 \times 250 \times 1,05 =$ environ 1.820 spires.

pour 500 Volts = $7 \times 500 \times 1,05 =$ environ 3.640 spires.

20-

Formulaire 5

pour 6,3 Volts = $7 \times 6,3 \times 1,05 =$ environ 46 spires.

pour 5 Volts = $7 \times 5 \times 1,05 =$ environ 37 spires.

CALCUL DU DIAMETRE DES FILS.

Pour obtenir le diamètre des fils on a recours au tableau de la page 5- du formulaire N° 3-.

Nous aurons donc :

- Pour le primaire à 125 Volts ($I = 0,37 \text{ A}$) = 0,40 mm. de diamètre.
- Pour la portion d'enroulement comprise entre 125 Volts et 140 Volts ($I = 0,33 \text{ A}$) = 0,35 mm. de diamètre.
- Pour la partie d'enroulement comprise entre 140 et 150 Volts, ($I = 0,29 \text{ A}$) = 0,35 mm. de diamètre.
- Pour la partie d'enroulement comprise entre 150 et 220 Volts, ($I = 0,21 \text{ A}$) = 0,31 mm. de diamètre.

Formulaire 5

21-

- Pour le secondaire 2 x 250 Volts ($I = 20 \text{ mA}$) = 0,1 mm. de diamètre.
- Pour le secondaire 6,3 Volts ($I = 3 \text{ A}$) = 1,20 mm. de diamètre.
- Pour le secondaire 5 Volts ($I = 2 \text{ A}$) = 0,9 mm. de diamètre.

Les valeurs des diamètres choisis sont approximatives. L'erreur commise est négligeable, et, d'autre part, il faut choisir des fils ayant des diamètres standards pour les trouver facilement sur le marché.

CHOIX DE LA TOLE.

La tôle a déjà été choisie précédemment : elle est représentée à la

Fig. 1-.

CONTROLE DE L'ENCOMBREMENT DES ENROULEMENTS.

De nos tableaux, nous tirons la valeur de la section du fil pour chaque diamètre.

22-

Formulaire 5

- Enroulement primaire :

$$\text{Aire 1a} = 875 \text{ spires} \times 0,126 \times 3 = 330 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire 2a} = 105 \text{ spires} \times 0,096 \times 3 = 30 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire 3a} = 140 \text{ spires} \times 0,096 \times 3 = 40 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire 4a} = 420 \text{ spires} \times 0,071 \times 3 = 90 \text{ mm}^2$$

- Enroulement secondaire :

$$\text{Aire 5a} = 3640 \text{ spires} \times 0,0079 \times 3 = 85 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire 6a} = 46 \text{ spires} \times 1,13 \times 3 = 154 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aire 7a} = 37 \text{ spires} \times 0,636 \times 3 = 70 \text{ mm}^2$$

- L'encombrement total en surface sera :

$$A_{\text{tot.}} = 330 + 30 + 40 + 90 + 85 + 154 + 70 = 799 = 800 \text{ mm}^2$$

Formulaire 5

23-

La section de la fenêtre de la tôle est :

$$A_{\text{fin.}} = 17 \times 48 = 815 \text{ mm}^2$$

En comparant les deux valeurs, on en déduit que les enroulements sont bien compris dans la section de la fenêtre.

Tenez bien compte du fait que la section du noyau, indiquée au tableau de la page 24-, est celle qui, aujourd'hui, est considérée comme la plus convenable du point de vue économique.

Pour réduire le nombre de spires à bobiner, il suffit d'adopter une section de noyau plus grande que celle du tableau et vice versa.

SECTION DU NOYAU EN FONCTION DE LA PUISSANCE

Puissance en Watts	Section brute en mm ²	Puissance en Watts	Section brute en mm ²
15	425	85	1010
20	490	90	1045
25	545	95	1075
30	600	100	1100
35	640	110	1155
40	695	120	1210
45	740	130	1235
50	780	140	1300
55	815	150	1335
60	850	160	1410
65	890	170	1430
70	920	180	1475
75	950	190	1520
80	980	200	1550

NOMBRE DE SPIRES/VOLT EN FONCTION DE LA SECTION DU NOYAU

Section brute en mm ² .	Nombre de Spires par Volt.	Section brute en mm ² .	Nombre de Spires par Volt.
500	10,5	1500	3,55
550	9,6	1550	3,4
600	8,8	1600	3,35
650	8,2	1650	3,25
700	7,5	1700	3,15
750	7	1750	3,1
800	6,6	1800	2,95
850	6,2	1850	2,9
900	5,9	1900	2,8
950	5,6	1950	2,75
1000	5,3	2000	2,66
1050	5,1	2100	2,55
1100	4,85	2200	2,4
1150	4,65	2300	2,3
1200	4,5	2400	2,2
1250	4,25	2500	2,1
1300	4,15	2600	2,05
1350	3,9	2700	1,95
1400	3,8	2800	1,9
1450	3,7		