

DE LA THÉORIE A LA PRATIQUE DES CIRCUITS VHF ET UHF

CALCUL DES LIGNES

(Suite voir n° 1 322)

D : Exemple de calcul des lignes parallèles et coaxiales

1° MONTAGE A LIGNES PARALLELES

Le montage à lignes parallèles est relativement simple à établir, mais il ne faut pas oublier, que dans la plupart des cas ces lignes sont employées dans des circuits push-pull, et que par conséquent, la capacité de sortie des tubes chargeant la ligne est en réalité placée en série (Fig. 26). En conséquence, la capacité totale est :

$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + C_a$$

et, si $C_1 = C_2$:

$$C_t = \frac{C_1}{2} + C_a$$

C_a étant la capacité d'accord.

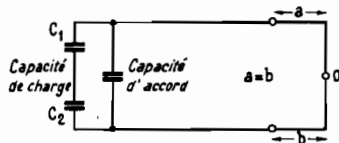


Fig. 26

Lorsque les valeurs des capacités de sortie des tubes, ou du tube multiple sont égales, la capacité résultante est égale à la moitié de la valeur d'une seule de ces capacités, ajoutée à la valeur de la capacité d'accord. Si de plus, on utilise un condensateur d'accord à double stator, il ne faut pas oublier non plus de ne considérer que la moitié de la valeur de la capacité nominale.

Le montage à lignes parallèles peut également être utilisé avec

un tube unique sous réserve de remplacer le tube manquant par une capacité équivalente à sa capacité de sortie. Ceci ne présente aucune difficulté. Le contrôle de cet équilibre sera fait de la façon suivante :

Un probe HF relié à un voltmètre à lampe est nécessaire.

Après avoir appliqué l'excitation grille au tube de puissance, ajuster le condensateur d'équilibrage pour lire la même valeur de tension HF en un point situé de part et d'autre de la ligne à faible distance de l'extrémité froide de l'ensemble et correspondant à un point de faible impédance, par rapport à l'impédance HF du probe utilisé.

EXEMPLE DE CALCUL DE LIGNES PARALLELES

On veut monter un tube QQEO6/40 sur 145 MHz avec un circuit à lignes parallèles d'écartement égal aux sorties d'anode. Ces lignes auront un diamètre de 5 mm.

L'entre-axe des anodes du tube est égal à 14 mm. La capacité de sortie est de 4,2 pF par anode.

D'après la figure V11, la valeur de l'impédance caractéristique est de 450 Ω.

La capacité de charge du circuit est égale à la moitié de la capacité de sortie de chaque moitié de tube :

$$\frac{4,2 \text{ pF}}{2} = 2,1 \text{ pF}$$

Pour garder une largeur de bande maximale, on prendra une valeur de condensateur d'appoint le plus faible possible, soit pour fixer les idées, 4,9 pF afin de tenir compte également des capacités parasites inévitables.

La capacité totale est donc de 2,1 + 4,9 = 7 pF.

La réactance d'une telle capacité à 145 MHz est de :

$$X_c = 140 \Omega \text{ environ (Fig. V 8)}$$

La valeur du nombre de degrés

électriques par centimètre β pour 145 MHz est de 1,72 (tableau VI).

La formule à appliquer pour obtenir le résultat cherché est :

$$X_c = Z_0 \text{ tg } \beta l$$

Nous connaissons :

$$X_c = 140$$

$$Z_0 = 450$$

donc :

$$X_c = Z_0 \text{ tg } \beta l = 140 = 450 \text{ tg } \beta l$$

$$\text{tg } \beta l = \frac{X_c}{Z_0} = \frac{140}{450} = 0,31 = 18^\circ \text{ environ}$$

comme β est égal à 1,72° par cm, l est égal à 10 cm environ.

MONTAGE A LIGNE COAXIALE

Soit à déterminer les éléments d'un circuit de sortie utilisant un tube 4X150A sur la fréquence de 145 MHz.

A. — Quelle sera la longueur physique de la cavité si nous employons une portion de ligne coaxiale $\lambda / 4$, d'impédance caractéristique 77 Ω ? Quels seront les diamètres respectifs des deux conducteurs donnant cette impédance ?

B. — En disposant d'une longueur maximale possible de 30 cm. pour la cavité, quels devront être les diamètres nécessaires ?

I. — Solution A.

1° La capacité de sortie d'un tube 4X150A est de 4,5 pF. Dans toute application pratique, on doit ajouter une petite capacité supplémentaire d'appoint pour permettre le réglage dans la bande fréquences utilisée. De plus il faut tenir compte des capacités parasites apportées par : la discontinuité de la ligne, la capacité linéaire de la ligne et les variations dans les paramètres des tubes utilisés. La plupart de ces lignes utilisent un condensateur d'appoint en forme de disque, on se servira donc de l'abaque correspondant pour en trouver la surface qui sera encore très légèrement augmentée pour

tenir compte du système de réglage. Une bonne règle d'utilisation est de prévoir un espacement diélectrique de 20 V par 0,02 mm. Si du téflon est utilisé on peut pousser la tension pour le même espacement jusqu'à 600 V environ. De ces données et du diamètre de la cavité précédemment déterminée, il est facile de déduire la surface de la capacité à monter dans l'espace disponible. Dans cet exemple la valeur de la capacité est d'environ 4 pF portant la capacité totale à une valeur de 8,5 pF. Il faut alors se reporter à l'abaque correspondant pour trouver qu'à 144 MHz, une capacité de 8,5 pF présente une réactance capacitive de $X_c = 147 \Omega$.

2° Pour $Z_0 = 77 \Omega$, il faut trouver la valeur de $\text{tg } \beta l$.

$$X_c = Z_0 \text{ tg } \beta l$$

$$\text{tg } \beta l = \frac{X_c}{Z_0} = \frac{147}{77}$$

$$\text{tg } \beta l = 1,91$$

3° Le tableau donnant la valeur de l'angle en fonction de la valeur de sa tangente nous indique, que pour $\text{tg} = 1,91$, l'angle est égal à 62,5°. Nous pouvons maintenant déterminer l'élément qui nous intéresse réellement, c'est-à-dire la longueur électrique de la cavité.

4° La figure V 9 qui donne le nombre de degrés électriques par unité de longueur physique pour la fréquence considérée indique une valeur de 1,73° par cm. Le produit βl étant égal à 62,5° :

$$\beta l = 62,5^\circ$$

$$l = \frac{62,5}{\beta} = \frac{62,5}{1,73} = 36,17$$

soit 36 cm.

5° Pour un espacement des disques de réglage de 1/10 mm on trouve pour une valeur de 5 pF une surface de ces disques égale à 13 cm² (Fig. V 12).

6° Pour une impédance caractéristique de 77 Ω, le rapport des diamètres trouvé dans l'abaque concernant les lignes coaxiales est

de 3,66. Cela signifie que si le conducteur intérieur est fait égal à 2,5 cm, le conducteur extérieur sera égal, lui, à $2,5 \times 3,66 = 9,15$ cm de diamètre. On peut sans inconvénient prendre 10 cm.

II. — Solution B.

Dans ce cas, la longueur physique de la cavité nous est imposée, soit 30 cm. Revenons en arrière et déterminons l'impédance caractéristique de la portion de ligne $\lambda/4$ nécessaire. Ensuite nous chercherons le rapport des diamètres convenable.

1° $l = 30$ cm. $\beta = 1,73$ (tiré de la figure V 9).

L'angle en degrés électriques de la ligne de 30 cm est égal à :

$$l = 30 \times 1,73 = 51,9^\circ (52,7^\circ)$$

2° La tangente correspondante de l'angle de $51,9^\circ$ est 1,33.

3° De la formule $X_c = Z_0 \operatorname{tg} \beta l$, nous tirons :

$$Z_0 = \frac{X_c}{\operatorname{tg} \beta l}$$

En reprenant la valeur de X_c trouvée dans la solution A qui peut être employée ici puisqu'il s'agit du même circuit, et la valeur de tangente 1,33 définie en 2° :

$$Z_0 = \frac{147}{1,33} = 110,5 \Omega$$

4° Se reportant à la figure V 13 b relative aux lignes coaxiales et pour $Z_0 = 110,5$, le rapport des diamètres D/d est approximativement de 6,2. C'est une valeur peu pratique. En effet, le conducteur extérieur devant être 6,2 fois plus grand que le conducteur intérieur nous donne pour un conducteur intérieur normal une valeur du diamètre du conducteur extérieur assez importante conduisant à une cavité encombrante pour la simple raison qu'on a admis pour

Du point 2° nous savons que $\operatorname{tg} \beta l = 1,33$, et

$$X_c = Z_0 \operatorname{tg} \beta l = 80 \times 1,33 = 106,4 \Omega.$$

En se reportant à la figure V 8, 144 MHz donne une capacité de 13 pF, pour 106,4 Ω .

Nous devons disposer d'une capacité d'appoint de 8,5 pF pour obtenir la résonance à la fréquence désirée, puisque la capacité de sortie du tube est de 4,5 pF.

6° La capacité d'accord étant de 8,5 pF. En considérant l'abaque X donnant la surface correspondante de telles capacités avec un espace de 0,025 mm, la surface nécessaire est de 49 cm², c'est-à-dire de deux disques en regard de 4 cm de diamètre. Avec un espacement plus grand il peut être nécessaire d'augmenter un peu cette valeur, mais il importe de pouvoir loger ces disques à l'intérieur de la cavité.

MONTAGE A LIGNES EN CUVETTE

La plupart des lignes en cuvette utilisées comme circuits résonnants sont employées dans le montage d'amplificateurs HF en réception. Il peut être intéressant de prendre cet exemple.

Cependant ce n'est pas une limitation et un tel système peut être employé sans inconvénient à l'émission avec un tube de puissance.

Fixons-nous les paramètres suivants :

$$F = 432 \text{ MHz.}$$

Tube 6CW4 avec une capacité de sortie de 1,5 pF.

Dans la figure V 27, on indique, pour le cas de l'utilisation d'un tube 4X150A, la capacité équi-

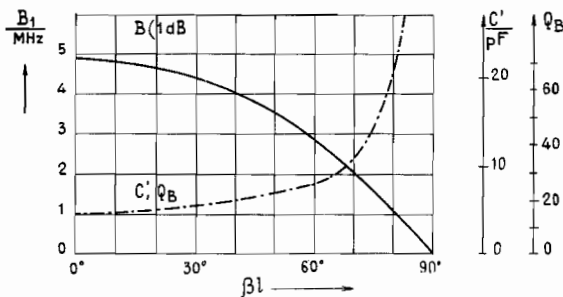


Fig. V27

valente, la largeur de bande à 1 dB, et le coefficient de surtension en charge, en fonction de la longueur électrique de la ligne. On remarque ainsi immédiatement que la largeur de bande diminue au fur et à mesure que la longueur du circuit augmente.

La plus grande largeur de bande est obtenue avec :

$$\beta l = 0$$

c'est-à-dire avec :

$$Z_c = \infty$$

et ceci correspond exactement à un simple circuit LC.

correcte la valeur de X_c de la solution A. Il faut dans ce cas obligatoirement ajouter une capacité d'appoint plus importante, afin de réduire en conséquence les dimensions de la cavité.

5° Puisque nous nous sommes limité dans les dimensions à la valeur de 30 cm. Réduisons arbitrairement Z_0 à une valeur plus faible, disons par exemple : 80 Ω . De cette nouvelle valeur, nous allons tirer la valeur de la capacité totale nécessaire pour accorder le circuit.

6° La capacité d'accord étant de 8,5 pF, pour 106,4 Ω .

Nous devons disposer d'une capacité d'appoint de 8,5 pF pour obtenir la résonance à la fréquence désirée, puisque la capacité de sortie du tube est de 4,5 pF.

Ce graphique, très important, permet d'utiliser les tubes du genre 4X150A, dans les meilleures conditions. On voit par exemple, que pour la bande 145 MHz dont la largeur utilisable est de 2 MHz, le coefficient de surtension en charge maximale autorisée pour cette largeur de bande à 1 dB, est de 30, ce qui correspond à une capacité d'accord maximum de 10 pF et une longueur électrique de ligne de 70° environ.

La longueur de la ligne sera aussi grande que possible en rapport avec les conditions précédentes et le condensateur d'accord aura une valeur maximale de 2 pF.

La cuvette aura 3,8 cm de côté, ouverte sur le dessus avec un conducteur intérieur, placé au centre, de 6,35 mm de diamètre.

1° Déterminons l'impédance caractéristique de la ligne d'après

la valeur de X_c qui doit être connectée aux bornes du circuit pour obtenir la résonance à la fréquence d'utilisation.

La valeur de la capacité totale est :

$$1,5 + 2 = 3,5 \text{ pF.}$$

La figure V 8 qui donne les valeurs correspondantes de réactance nous indique pour 432 MHz :

$$X_c = 105 \Omega.$$

3° Nous savons que :

$$X_c = Z_0 \operatorname{tg} \beta l.$$

Nous pouvons donc déterminer la longueur de ligne nécessaire en substituant dans la formule les valeurs connues :

$$105 = 117 \operatorname{tg} \beta l$$

$$\operatorname{tg} \beta l = \frac{105}{117} = 0,9.$$

D'après le tableau, $\operatorname{tg} \beta l = 0,9$ correspond à un angle de 42° .

4° Du point 3°, nous avons vu que $l = 42^\circ$, donc :

$$l = \frac{42}{\beta}.$$

La valeur de β pour la fréquence de 432 MHz est d'après le tableau : 5,2° par centimètre.

$$l = \frac{42}{5,2} = 8,1 \text{ cm.}$$

Ainsi la ligne ne devra pas être plus longue que 8,1 cm pour remplir les conditions demandées.

MONTAGE AVEC LIGNES EN BANDE

Les lignes en bande sont de plus en plus utilisées dans les montages modernes, car elles offrent l'avantage appréciable d'être très simple à fabriquer en utilisant un minimum de matière et d'outillage.

Dans cet exemple, nous prendrons les éléments suivants :

Tube 2C39 en montage grille à la masse.

Fréquence utilisée : 432 MHz.

Le condensateur d'appoint sera de 2 pF max.

La capacité de sortie du tube 2C39 monté en grille à la masse est égale à la capacité grille/plaque, soit 1,95 pF.

Utilisation d'une ligne de 3 mm d'épaisseur et de 5 cm de large entre des surfaces écartées de 5 cm. Ces surfaces auront, elles-mêmes une surface minimale égale à deux fois la largeur de la bande soit 10 cm.

1° L'impédance Z_0 de la ligne d'après l'abaque adéquat :

$$(b = 5 \text{ cm, } h = 5 \text{ cm})$$

$$\text{est } Z_0 = 59 \Omega.$$

2° Il faut maintenant déterminer la valeur de X_c qui devra compenser la valeur de X_L et obtenir la résonance.

La capacité totale est égale à :

$$1,95 + 2 = 3,95 \text{ pF.}$$

La valeur de X_c pour 3,95 pF à 432 MHz est d'après la figure V 8 : 94 Ω .

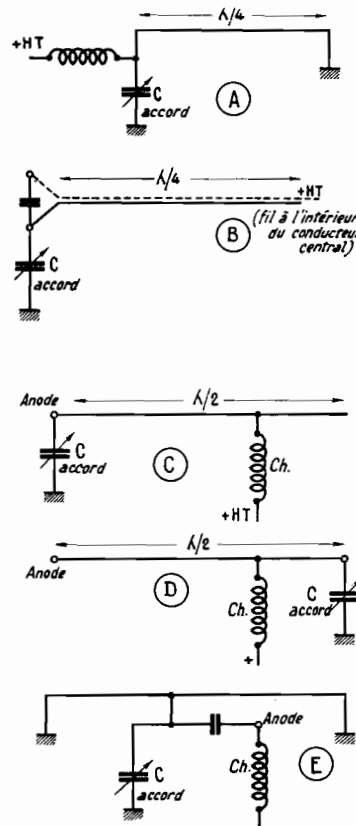


Fig. V28

la figure V 14 pour $h = 1,9$ cm, $w = 3,8$ cm, $d = 0,635$

$$\frac{h}{w} = \frac{1,9}{3,8} = 0,5.$$

Pour trouver la valeur de Z_0 , il faut d'abord connaître le rapport w/d .

Dans notre cas :

$$\frac{w}{d} = \frac{3,8}{0,635} = 6.$$

D'après la même figure :

$$Z_0 = 117 \Omega.$$

2° Il faut maintenant connaître

3° De la même formule que celle employée dans les exemples précédents, on tire :

$$X_c = Z_o \operatorname{tg} \beta l$$

et

$$\beta l = \frac{X_c}{Z_o} = \frac{94}{59} = 1,59.$$

D'après le tableau on obtient :
 $\operatorname{tg} 1,59 = 58,5^\circ$

4° Puisque βl est égal à $58,5^\circ$

$$l = \frac{58,5}{\beta}$$

Pour 432 MHz, la valeur de β est de 5,2

$$l = \frac{58,5}{5,2} = 11,25 \text{ cm.}$$

UTILISATION DE MULTIPLES DE $\lambda/4$

En général, il n'y a pas d'intérêt à utiliser pour l'établissement des lignes résonnantes, des multiples $\lambda/4$. En effet les pertes HF augmentent rapidement avec la longueur de la ligne. Il est cependant des cas où on agira différemment, notamment pour l'établissement de circuits dont la capacité de charge imposée — capacité d'entrée de tube par exemple — devient trop élevée. Dans ce cas, on obtient des portions de lignes beaucoup trop courtes et difficiles à coupler.

Si par exemple, nous voulons établir un circuit oscillant de grille sur tube 4CX250B destiné à être utilisé à la fréquence de 432 MHz, on s'apercevra de suite, que la première portion de ligne quart d'onde se trouve juste à la sortie de grille, du fait de la capacité d'entrée élevée du tube ainsi que des capacités parasites du support. Il est clair que dans ce cas, nous serons obligés d'utiliser une ligne demi-onde.

Dans l'exemple 3, ci-dessus, nous avons trouvé que la longueur de la ligne du circuit-plaque du tube 6CW4 ne serait que de 8 cm, pour un condensateur d'accord de seulement de 2 pF comprenant toutes les capacités parasites. Cela crée une situation un peu difficile. Il vaut bien mieux tolérer, si nous le pouvons, une valeur de capacité d'accord de 4 pF. Si la ligne peut être également plus longue elle sera certainement plus facile à réaliser et à utiliser.

DIFFERENTES POSSIBILITES DE MONTAGE

Ainsi, au lieu d'utiliser une ligne quart d'onde, il peut être intéressant d'employer une ligne demi-onde.

Nous savons maintenant établir des sections de ligne $\lambda/4$, nous allons voir comment réaliser la deuxième partie de la ligne demi-onde.

Soit à ajouter dans l'exemple 3, une capacité de 2 pF, et à déterminer ainsi la longueur additionnelle pour fonctionner en ligne demi-onde.

1° Quelle est la réactance capacitive de 2 pF à 432 MHz ?
 D'après la figure V 8 :

$$X_c = 185 \Omega.$$

2° Z_o n'a pas changé de valeur et est égale à $Z_o = 117 \Omega$:

$$\operatorname{tg} \beta l = \frac{X_c}{Z_o} = \frac{185}{117} = 1,6.$$

3° Se référant au tableau des tangentes :

$$\operatorname{tg} 1,6 = 58^\circ.$$

Par conséquent :

$$\beta l = 58^\circ$$

$$l = \frac{58}{\beta} = \frac{58}{5,2} = 11,2 \text{ cm.}$$

4° D'où l'on déduit qu'une portion de ligne demi-onde convenable sera égale à :

$$l = 8,1 \text{ cm} + 11,2 \text{ cm} = 19,3 \text{ cm.}$$

La capacité de sortie du tube étant de 1,5 pF et la capacité totale prévue de 4 pF.

C'est un avantage important, puisque toute la capacité n'aura pas à être placée du même côté de la ligne. La capacité d'appoint pourra être disposée d'un côté et le tube servira de support de l'autre.

Le résultat final est le même que si on avait placé toute la capacité d'un côté et laissé libre l'extrémité opposée. Il y a lieu de remarquer cependant que le point correspondant au nœud de tension sur la ligne demi-onde se déplacera légèrement de part et d'autre du point situé par le calcul précédent mais sans pour autant amener d'inconvénient sérieux. Il faudra en tenir compte pour l'établissement éventuel du point d'alimentation ou de la position de la boucle de couplage. Il sera de toute façon possible de refaire le cas échéant la vérification de ces calculs en tenant compte de la répartition des capacités de part et d'autre de la ligne.

Remarque : L'utilisation d'une ligne demi-onde correspond à l'emploi de deux lignes quart d'onde court-circuitées et dont le court-circuit devient virtuel. Il se situe au centre si les capacités à chaque extrémité sont égales. Toutefois, l'emploi de lignes $\lambda/2$, $3/4 \lambda$, etc., présente l'inconvénient d'une résonance selon des modes correspondant, en particulier, à des fréquences supplémentaires inférieures à la fréquence nominale.

Exemple : Sur 432 MHz, un circuit $3/4 \lambda$ présente une composante non négligeable sur 144 MHz.

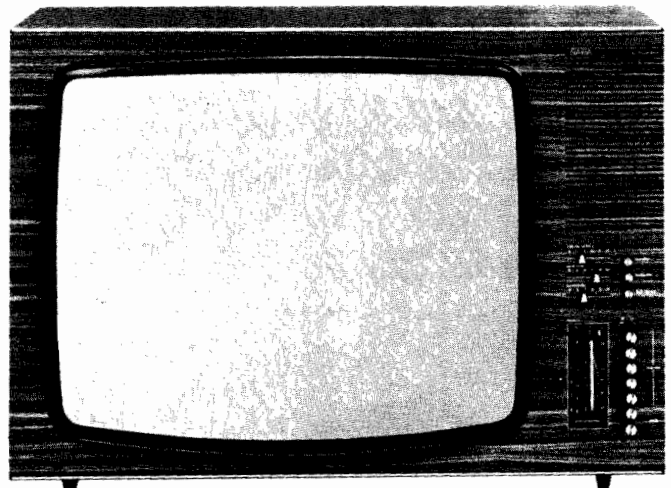
R. PIAT.

SABA En Hi-Fi...

tv · radio · hifi
 LA MARQUE QUE L'ON REMARQUE

...mais aussi en Télévision

TG 242 G automatic



CARACTERISTIQUES

- bloc de 6 touches de présélection vous offrant "24" possibilités de programme en VHF — UHF.
- une seule touche servant pour tous les réglages d'accord et d'arrêt.
- grand écran contrôle des canaux et des bandes.
- maximum de confort dans sa manipulation par ses potentiomètres à curseurs gradués pour le volume, la luminosité et le contraste.
- touche frontale de commutation de 829 lignes en 625 lignes.
- touches de tonalité et de brillance (correction vidéo).
- transformateurs secteur 110/220 — 220/240 volts alternatifs protégés par une résistance thermique se déclenchant à une température de 115/125 degrés C.
- circuit imprimé à une face.
- tuner automatic UHF - VHF mixte à varicaps.
- écran rectangulaire à vision directe de 61 cm.
- un haut-parleur frontal de 17 x 11,5 cm.
- 5 lampes (tube cathodique compris).
- 23 transistors.
- 22 diodes et redresseurs.

Présentation : Ebénisterie noyer naturel mat (genre teck) noyer foncé verni ou blanc ancien mat.

Dimensions : L 69 x H 49 x P 20 cm (32,5 cm maximum) - Poids 23 Kgs - Accessoires supplémentaires : pied métallique pivotant anthracite, pied métallique chromé à 4 roulettes. Rejeteur NANCY-LUXEMBOURG.

SABA-FRANCE

77 Bd de Ménilmontant
 PARIS 11^e

Adresser
 toute correspondance
 BP 309 Paris 11^e

BON A DECOUPER ET A NOUS RETOURNER pour recevoir une documentation gratuite complète avec adresse des concessionnaires.

NOM _____

ADRESSE _____

Gallus-Publicité