

INFORMATION - SIEMENS

TUBES ELECTRONIQUES - EMISSION - HYPERFREQUENCE

Salon des Composants Electroniques

PARIS du 7 au 12 Février 1964

TETRODES CERAMIQUE-METAL POUR LES HYPERFREQUENCES

Avec les nouvelles tétrodes céramique-métal YL 1040 (pour 100 W.) et YL 1050 (pour 1,2 kW.) construites par SIEMENS & HALSKE, ainsi qu'avec les anciens types RS 1022, RS 1032, RS 1052, RS 1082 et RS 2002, on dispose d'une série complète de tétrodes fournissant une puissance de sortie comprise entre 100 W. et 120 kW.

En raison de leur structure spéciale, les nouvelles tétrodes sont utilisées dans de nombreux cas d'applications comme tubes amplificateurs, pour des fréquences allant au-delà de 1 GHz. Elles conviennent surtout comme amplificateurs de puissance télévision, convertisseurs télévision, amplificateurs linéaires de bande latérale unique et amplificateurs d'impulsions.

Les performances intéressantes des tétrodes, par exemple absence de réaction aux fréquences élevées et attaque sans courant de grille dans une grande portion de la courbe caractéristique, ont pu être améliorées grâce aux progrès technologiques. Dans cet ordre d'idées, on s'est efforcé de parfaire au maximum l'alignement de la grille-écran et de la grille de commande. Cet alignement joue un rôle essentiel dans les tétrodes de puissance, car il permet une faible tension résiduelle de plaque sans entraîner une consommation de courant inadmissible par la grille-écran.

- Tétrode à disques scellés YL 1040

La mise au point de ce tube fut dominée surtout par une exigence, à savoir l'obtention de distorsions minimales lors de la modulation en bande latérale unique dans la gamme des hyperfréquences. Aux fréquences élevées, les distorsions indépendantes de la fréquence et dues à la caractéristique coudée du tube, sont accompagnées de distorsions non linéaires résultant du temps de transit fini des électrons. La relation existant entre ces dernières distorsions et le temps de transit des électrons - ou l'angle de retard - a déjà été traitée par H. LEYSIEFFER. Il faut noter à ce sujet que les temps de transit des électrons et le coude de la caractéristique donnent lieu à l'apparition des mêmes mélanges de fréquences parasites. En cas de transmissions multivoies, ces distorsions se traduisent par de grandes valeurs de diaphonie. Il est possible d'élargir les possibilités d'application des tubes d'émission pour une modulation en bande latérale unique aux fréquences élevées, par la diminution du temps de transit des électrons, c'est-à-dire par la réduction des écarts interélectrodes et l'augmentation des tensions de commande. Grâce à une structure adéquate de la tétrode YL 1040, toutes ces exigences peuvent être satisfaites à un tel point, que cette

.../.

tétrode possède des performances excellentes de modulation en bande latérale unique jusqu'à des fréquences dépassant 1,2 GHz. Comme tube amplificateur et oscillateur normal, elle travaille avec un bon rendement à des fréquences situées au-delà de 3 GHz.

- Structure de la tétrode YL 1040

L'enceinte céramique-métal est réalisée avec des connexions d'électrodes concentriques et circulaires de VACON, ainsi qu'avec des disques de céramique à oxyde d'aluminium. Comme dans le tube 2C39, les grilles sont des grilles-cadres à réseau. L'emploi de simples grilles-cadres était impossible en raison de la distance cathode-grille de 100 μm . En effet, les grilles doivent être constituées par un réseau très serré de fils très fins pour éviter la formation d'îlots et par conséquent l'accentuation du coude de la caractéristique. Dans une tétrode de puissance, l'alignement de la grille-écran et de la grille de commande doit être en outre exécuté avec le plus grand soin, ce qui explique l'extrême minutie de leur fabrication. Il a été surtout nécessaire d'éliminer les erreurs réciproques de pas et d'angles des deux grilles. Celles-ci sont réalisées avec des fils précontraints de tungstène doré, tendus sur un cadre.

Dans la tétrode YL 1040, ce cadre possède des encoches qui fixent exactement la position des couches de fils croisés. Après leur bobinage, les fils sont soudés à leurs points d'intersection. Le réseau de fil est ensuite soudé avec un anneau de tungstène, qui est soudé à son tour sur le support de la grille. On monte la grille-écran à l'aide d'un gabarit, afin que les mailles de son réseau coïncident rigoureusement avec celles du réseau de la grille de commande. L'écart entre la grille-écran et la grille de commande s'élève à 180 μm . Grâce à la forte précontrainte des grilles, cet écart ne se modifie pas au cours de la vie du tube, même sous une charge thermique élevée.

La cathode métallique capillaire a une surface active de 0,5 cm^2 , avec laquelle il est possible de réduire encore l'effet du temps de transit des électrons. La densité du courant cathodique augmente avec la tension de commande d'après la loi de la charge d'espace. Une diminution des temps de transit par un accroissement de la tension de commande n'est donc judicieuse que si la cathode peut délivrer cette densité de courant. Attendu que le courant efficace fourni par une cathode métallique capillaire est quatre à cinq fois plus élevé que le courant d'une cathode à oxydes - avec une durée de vie identique ou même supérieure -, ce type de cathode convient tout particulièrement pour la tétrode YL 1040.

- Mesure des caractéristiques électriques de la tétrode YL 1040

Le facteur cubique du son différentiel constitue une grandeur de mesure convenable pour la distorsion totale résultant des distorsions dues au temps de transit des électrons et au coude de la caractéristique. Ce facteur est défini par le rapport entre la somme des amplitudes de deux fréquences f_1 et f_2 situées dans la gamme de transmission et la somme des amplitudes des produits $2f_1-f_2$, $2f_2-f_1$. Des mesures furent exécutées sur la tétrode YL 1040 dans un circuit à cavité travaillant en service de classe A, avec une attaque sans courant de grille, une fréquence de 900 MHz, une tension de plaque de 1000 V, courant de plaque de 100 mA et une tension de grille-écran de 250 V. Elles révélèrent un facteur cubique de son différentiel de 40 dB. La puissance de crête mesurait 30 W. avec un gain de tension de 15 dB.

Les exigences requises ne se portent pas seulement sur un minimum de distorsions, mais encore sur un découplage poussé entre le circuit de sortie et le circuit d'entrée, afin de garantir une grande stabilité en régime d'amplificateur. En cas de montage avec grille à la masse, la réaction ne se produit qu'à travers la capacité anode-cathode. Dans les tubes à grilles-cadres (à fils parallèles), l'inductivité des fils entraîne le couplage magnétique des circuits en fonction de la fréquence. Les grilles-cadres à réseau de la tétrode YL 1040 abaissent toutefois si fortement cette inductivité de couplage qu'une réaction par l'anode (effet Miller) de 40 dB a pu être mesurée à une fréquence de 900 MHz.

- La tétrode YL 1050

- Structure

Par sa forme, la tétrode YL 1050 se rapproche très sensiblement des tubes RS 1022 et RS 1052. Une céramique à oxyde d'aluminium sert également de matériau isolant. Pour le scellement, on n'emploie plus l'alliage fer-nickel-cobalt VACON comme métal associé, mais du cuivre exempt d'oxygène. Grâce à la bonne conductivité thermique du cuivre, il est ainsi possible de maintenir les électrodes, et en particulier les grilles, à une température plus basse que dans les tubes similaires à sorties d'électrodes de VACON.

Les électrodes ont été dotées d'une structure cylindrique. La cathode est une cathode à oxydes imprégnée. Tout en possédant les mêmes caractéristiques émissives, cette cathode présente une plus grande résistance à l'écaillage que les cathodes à oxydes. C'est pourquoi elle convient tout particulièrement aux tubes d'émission de moyenne puissance.

.../.

Les cathodes imprégnées sont construites d'après le procédé suivant : sur un cylindre de nickel qui sert de support pour la couche émissive, on applique au pistolet une couche de poudre de nickel qui est ensuite frittée. Cette couche bien adhérente, mais poreuse est imprégnée ensuite avec du carbonate de baryum-strontium-calcium. Après le processus de pompage, on obtient un film d'oxyde lié intimement à la couche de nickel. Ce film supporte - sans aucune trace d'écaillage - des intensités de champ et des densités de courant beaucoup plus élevées que la couche des cathodes à oxydes conventionnelles.

Du fait que les cathodes imprégnées ont une très bonne tenue aux secousses, la tétrode YL 1050 peut être montée dans des appareils mobiles sans aucune mesure de précaution. Le pouvoir émissif en régime d'impulsions est si élevé, que la tétrode peut délivrer des courants électroniques de plus de 100 A. avec des temps d'impulsions suffisamment courts.

La cathode est chauffée indirectement par un fil de tungstène de 0,6 mm. de diamètre enroulé en forme d'hélice simple. Ce filament atteint une température de fonctionnement de 1300° C. Il est fixé sans l'isolement habituel d'oxyde d'aluminium, ce qui élimine les risques de court-circuit filament-cathode.

Les grilles ne sont plus construites comme auparavant avec des fils de spirilage isolé. Pour renforcer l'exactitude et surtout pour obtenir un alignement parfait de la grille-écran et de la grille de commande, on découpe les différents "fils" de grille dans du molybdène. Par un procédé d'emboutissage spécial, on construit d'abord des pots de molybdène, dont l'épaisseur de paroi correspond à l'épaisseur d'un "fil" de grille (environ 0,1 mm.). Ces pots sont ensuite engagés sur un mandrin spécial pour le découpage des "fentes" de la grille. Il ne subsiste alors que les "fils" qui représentent la grille-écran ou la grille de commande proprement dite. Assemblées avec la cathode cylindrique formée d'une seule pièce, ces grilles constituent un système d'électrodes extrêmement robuste, facile à reproduire en grandes quantités, dans lequel des court-circuits entre électrodes sont pratiquement impossibles.

L'emploi du molybdène comme matériau de grille offre également de grands avantages dans les tubes équipés d'une cathode à oxydes. Le molybdène a en effet un point de fusion très élevé. A l'encontre du cuivre qui est adopté très fréquemment, il peut jouer le rôle de support excellent pour les dépôts métalliques spéciaux, par exemple le zirconium.

Si la grille est recouverte d'une couche rugueuse de zirconium, l'émission secondaire et l'émission de grille thermique peuvent être réduites de plusieurs ordres de grandeur. Une telle possibilité est extrêmement importante dans les tétrodes de puissance, car les élec-

trons secondaires, très lents par rapport aux électrons primaires, occasionnent des pertes considérables dues au temps de transit. Le circuit de découplage subit en outre un fort affaiblissement électrique, ce qui abaisse la puissance de sortie. L'anode est pourvue d'un radiateur constitué par de très nombreuses ailettes de refroidissement. Elle est refroidie par un courant d'air qui circule entre ces ailettes. Avec une puissance dissipée maximum de 1,5 kW., le radiateur nécessite un débit d'air de 1,4 m³/min. La baisse de pression qui en découle atteint au maximum 12 mm. d'eau.

- Champs d'application

Les principales possibilités d'application des tétrodes céramique-métal sont les suivantes :

- Amplificateur linéaire de bande latérale unique en montage avec cathode à la masse jusqu'à une fréquence de 60 MHz. En cas d'attaque sans courant de grille et d'une tension de grille-écran de 500 V., la puissance est d'environ 1 kW.
- Amplificateur linéaire de bande latérale unique en montage avec grille à la masse jusqu'à une fréquence de 1,2 GHz.
- Amplificateur de puissance en service de classe C jusqu'à une fréquence d'environ 1,2 GHz. A 800 MHz, la puissance de sortie est d'environ 1,4 kW.
- Amplificateur de puissance en régime d'impulsions jusqu'à une fréquence de 1,45 GHz environ. Avec une largeur d'impulsion de 10 us, un rapport durée/écart d'impulsion de 0,01 et une tension de plaque de 10000 V., la tétrode fournit une puissance de crête de 65 kW. environ à une fréquence de 1,2 GHz.

KLYSTRONS

Pour satisfaire aux besoins provoqués par l'extension constante des techniques intéressant les dispositifs à large bande pour la transmission des informations, le RADAR ou les amplificateurs d'antennes, deux Klystrons-reflex à accord mécanique, parmi le spectre des tubes-hyperfréquences-SIEMENS, sont particulièrement désignés.

Il s'agit du Klystron-reflex RK 6 couvrant la gamme de 5,775 - 5,925 GHz

et

du Klystron-reflex RK 7 couvrant la gamme de 6,8 - 8,6 GHz.

Le klystron RK 6 est particulièrement conçu pour la technique des faisceaux hertziens où il peut être employé comme oscillateur à grande stabilité de fréquence ou comme modulateur de fréquence. Dans ce dernier cas la grande linéarité de ses caractéristiques de modulation rend superflue toute correction supplémentaire de linéarité.

En modulation de fréquence et pour une excursion de ± 5 MHz la pente de modulation est de 3 MHz/V. et la distorsion de modulation est inférieure à 1 % de la variation relative de la pente.

Le klystron RK 7 délivre une puissance de 0,5 à 0,7 W. Cela permet son emploi en tant qu'étage de modulation directe dans les F.H. et surtout dans les installations de retransmissions de reportage,

T. P. O.

- Gamme de fréquences de 1,7 à 8,5 GHz

Dans cette gamme de fréquences SIEMENS dispose de toute une série de T.P.O. de puissance :

RW 2 , RW 4 , RW 6 , RW 80 et RW 81.

.../.

Ces tubes fonctionnent dans des focalisateurs à aimants alternés permanents à très faible dispersion. Les tubes sont interchangeables dans leurs focalisateurs.

A l'exception du RW 2 utilisant des fiches coaxiales, les circuits d'entrée et de sortie sont constitués par des tronçons de guides d'ondes. Leur puissance moyenne de sortie se situe, pour une amplification moyenne de 39 dB, entre 10 et 20 Watts.

- YH 1020

- T.P.O. de puissance pour les fréquences de 450 à 900 MHz

Le tube YH 1020 est un tube de puissance à onde progressive.

Sa puissance de saturation est de 350 W.

Suivant son utilisation son gain varie de 30 à 37 dB.

Il fonctionne dans un focalisateur à aimants permanents, l'interchangeabilité des tubes est assurée. Les couplages d'entrée et de sortie de l'énergie HF s'effectuent par des fiches coaxiales.

Ce tube peut être utilisé dans les émetteurs et réémetteurs de télévision, dans les émetteurs "son" en FM, et dans les étages amplificateurs des faisceaux hertziens, pour une gamme de fréquences comprises entre 450 et 900 MHz.

- YH 1040

Ce tube à propagation d'onde de forte puissance à refroidissement par eau, fut développé par SIEMENS pour équiper à l'émission les stations terrestres des systèmes de télécommunications utilisant les relais-satellites.

Sa bande de fréquences de travail se situe entre 5,9 et
6,4 GHz.

Pour un gain en puissance de 30 dB la puissance de saturation est de 3 kW. et la puissance en entretenue pure est de 2 kW.

.../.

L'entrée et la sortie du tube sont reliées chacune à une collerette DR 70 pour guide d'ondes 34 x 15 mm. WR 137.

Afin de permettre une plus grande facilité des opérations de pose et dépose du tube, le système magnétique à aimants alternés permanents a été conçu de telle sorte qu'il puisse s'ouvrir, assurant ainsi une plus grande sécurité de maneiement.

OSCILLATEURS A ONDES REGRESSIVES

Les oscillateurs à onde inverse-SIEMENS

RWO 40 ; RWO 60 ; et RWO 80

couvrent une gamme de fréquences comprise entre

26,5 et 90 GHz

pour des puissances moyennes de sortie de

60 ; 20 ; et 5 mW.

Leur emploi est préconisé pour les mesures dans le domaine des ondes millimétriques, pour les systèmes de transmission à guides-d'ondes, pour les RADARS millimétriques à faible portée, et la spectroscopie micrométrique.

Ils peuvent être également utilisés dans un champ étendu d'autres applications telles que :

Séparation de combinaisons cliniques.

Influence sur les réactions chimiques.

Technique des Plasmas.

Oscillateurs de pompage sur amplificateurs de molécules.

Générateurs pour mesures de Météorologie.

.../.

Les oscillateurs à ondes régressives peuvent être modulés en fréquence sur la totalité de leur plage de fréquences par l'application, sur la ligne à retard, de tensions variables.

TRIODES A DISQUES SCÉLLES

	f_{\max} GHz	P_a W	Refroidissement	Applications	Observations
2C39BA	3,5	100	air	Oscillateur, modulateur, mélangeur de puissance, amplificateur, multiplicateur de fréquence.	
YD 1046	2,5	100	air	Spécialement pour oscillateur modulé par la grille ou par la plaque, multiplicateur de fréquence ou Ampli en impulsion jusqu'à 2 kW de puissance crête.	extension de la 2C39BA avec cathode au "Ni fritté" recouverte d'oxyde pour emploi en impulsions.
YD 1050	2,5	100	air	Oscillateur amplificateur linéaire pour TV.	
RH6C (YD 1060)	7	30	air	Oscillateur multiplicateur de fréquences, mélangeur, ampli	comme RH7C, mais avec radiateur
RH7C (YD 1070)	$\frac{7}{9}$	25	convection	<u>Osc. ampli. mélangeur</u> multiplicateur de fréquence.	
YD 1100	$\frac{4}{7}$	10	convection	<u>Osc. ampli. mélangeur</u> multiplicateur de fréquence.	extension de la RH7C avec cathode à oxyde pour emploi en impulsion

.../.

Le programme NUVISTOR SIEMENS est représenté par les types suivants :

		μ	S mA/V	I_a mA	W_a W
7856	Triode à forte pente et faible bruit, applications universelles Oscillateur : 450 MHz max. Amplificateur : 250 MHz max.	33	11,5	10	1
7895	Triode pour amplification HF et pré-étage BF	64	9,4	7	1
56	Triode pour faible tension d'anode jusqu'à 12 V (min)	12,5 *	8 *	5,8 *	0,45
8058	Triode UHF pour amplificateurs et oscillateurs au-delà de 1000 MHz	70	12,4	10	1,5
7587	Tétrade pour applications universelles		10,6	10	2,2

* Pour une tension d'anode de 12 V.

Par comparaison aux tubes de conception traditionnelle, le NUVISTOR bénéficie, par l'élimination lors de sa fabrication de matériaux usuels tels que le verre et le mica, des remarquables qualités mécaniques et électriques suivantes :

Grande stabilité des caractéristiques électriques et resserrement de leurs tolérances.

Forte pente pour de faibles courants anodiques.

Grande durée de vie.

Grande résistance, grâce à une construction robuste, aux chocs et aux vibrations, ainsi qu'aux températures élevées.

Faible poids (2 g.) et encombrement réduit (hauteur 20 mm.,
Ø 10 mm.)

.../.

Parmi les tubes amplificateurs spéciaux et les tubes pour les télécommunications sont exposés :

		μ	S mA/V	I _a mA	W _a W
D3a	Pentode à large bande (S/C = 2,9 mA/pF)		35	22	4,2
ECC8100	Double triode universelle, forte pente, faible bruit pour amplificateur d'antenne jusqu'à 250 MHz	30/30	16/20	25	2,5
1010	Triode UHF de puissance jusqu'à 1000 MHz	60	28	25	4,5
E288CC	Double triode de puissance, forte pente, faible bruit (résistance équivalente de bruit \approx 200 Ohms)	25	20	30	3
E88C	Triode UHF, jusqu'à 1000 MHz, Bandes TV IV et V	65	13,5	12,5	2,4
E280F (7722)	Pentode à large bande, forte pente, faible bruit S/C = 2,2 mA/VpF		26	20	4
E282F	Pentode finale à large bande, grande puissance, forte pente, faible distortion, S/C = 2,2 mA/VpF		26	35	4,2

SIEMENS & HALSKE
 Aktiengesellschaft
 Wernerwerk für Bauelemente
 Werk für Röhren - MÜNCHEN