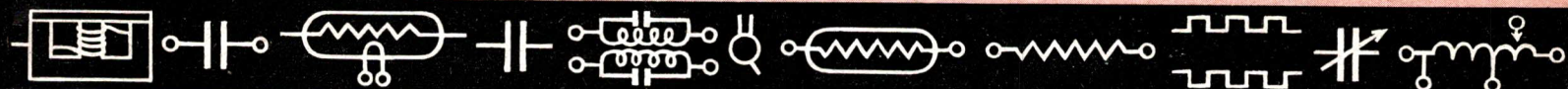


ÉDITÉ PAR LA
COMPAGNIE
DES PRODUITS
ÉLÉMENTAIRES
POUR INDUSTRIES
MODERNES



BULLETIN

Transco



V. D. R. RÉSISTANCES VARIABLES AVEC LA TENSION

L'EMPLOI en électrotechnique d'éléments de circuits non-linéaires prend actuellement de plus en plus d'importance.

Il existe deux types de résistances non-linéaires : les résistances à coefficient de température négatif élevé (résistances « CTN » ou thermistances) et les résistances variables avec la tension. Ces dernières sont appelées, selon les fabricants : résistances « VDR » (abréviation de « Voltage Dependent Resistors »), varistances ou thyrites.

La variation d'une résistance « CTN » est provoquée, après un certain temps, par une variation de température due, soit à la puissance dissipée, soit à celle du milieu ambiant; la variation d'une résistance « VDR » est provoquée instantanément par une variation de la tension appliquée, l'influence de la tempé-

rature étant secondaire. Cette caractéristique permet d'employer les résistances « VDR » dans de nombreuses applications : protection des contacts de coupure de circuits selfiques, stabilisation de tension, génération d'harmoniques, correction des tensions en dents de scie des

circuits télévision, sensibilisation de relais, etc.

La matière employée pour la fabrication de ces résistances contient principalement du carbure de silicium (carborundum), lequel se rattache, par ses propriétés électriques, au groupe des semi-conducteurs. La variation de tension est due à la résistance de contact entre les cristaux de carbure. Les

caractéristiques électriques de l'aggloméré obtenu par pression sont déterminées par le grand nombre de cristaux en contact formant un réseau compliqué de résistances en série et en parallèle.

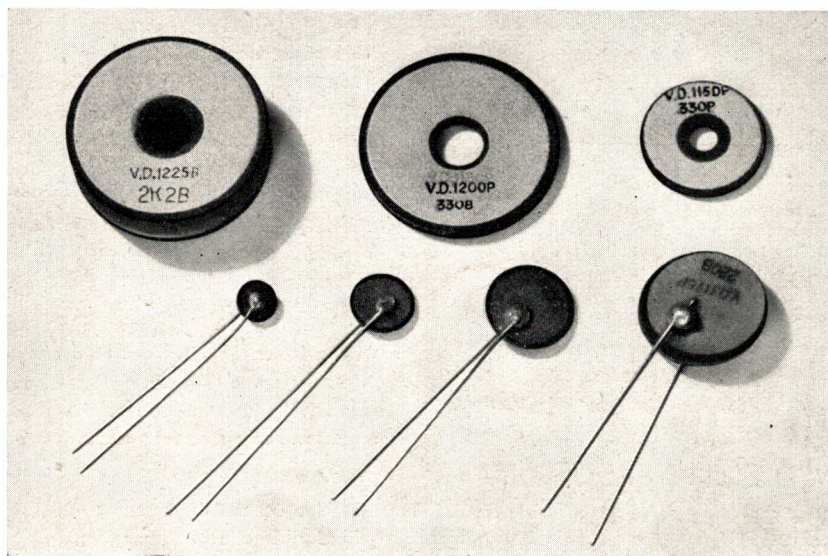


Fig. 1. — Quelques types usuels de résistances « VDR ».

Pour obtenir le matériau dans ses formes usuelles (disques ou bâtonnets), les grains de carbure de silicium sont agglomérés à la presse avec l'intervention d'un liant céramique, puis frittés à température élevée. Les sorties sont métallisées pour assurer un bon contact.

Les propriétés électriques des résistances « VDR » dépendent

surtout de la présence du carbure de silicium, tandis que les propriétés mécaniques dépendent aussi de la composition du liant et sont analogues à celles de toutes autres céramiques, par exemple terre cuite non vitrifiée. La figure 1 montre quelques formes courantes de résistances « VDR ».

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

I. — EN COURANT CONTINU

Les résistances « VDR » n'ont pas de valeur constante; avec une augmentation de tension leur valeur diminue rapidement; autrement dit le courant qui les traverse n'est pas proportionnel à la tension appliquée. Le graphique en coordonnées linéaires (fig. 2) représente cette variation tension-courant. Si la même caractéristique

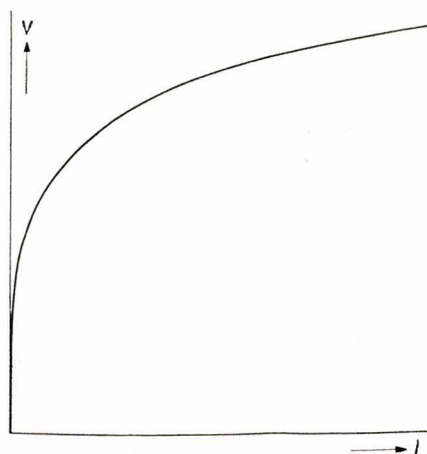


Fig. 2. — Allure de la caractéristique tension-courant pour une résistance « VDR » en coordonnées linéaires.

est maintenant tracée en double échelle logarithmique, elle se traduit par une droite (fig. 3) en négligeant un léger écart pour les faibles valeurs de courant et de tension. La relation entre le courant et la tension est donc approximativement donnée par l'équation :

$$\log V = \log C + \beta \log I$$

$$\text{ou } V = C I^\beta \quad (1)$$

dans laquelle :

V = tension en volts aux bornes de la résistance « VDR »;
I = courant en ampères traversant la résistance « VDR »;

β = pente de la droite de la fig. 3 ($\beta = \tan \varphi$);

C = tension aux bornes de la résistance « VDR » pour un courant de 1 ampère (dans la plupart des cas, cette valeur ne peut être obtenue que par extrapolation des

valeurs mesurées; en effet normalement pour un ampère la dissipation thermique est trop élevée).

L'équation (1) n'est pas valable pour des petites valeurs du courant et de la tension; si l'on se contentait de faire la mesure aux points P et Q (voir fig. 3) on obtiendrait des valeurs de C et de β trop élevées. Pour connaître exactement ces constantes, il est nécessaire de relever trois points de la caractéristique V (I) et de voir si ces trois points coïncident avec une droite tracée sur un graphique en double échelle logarithmique.

L'équation (1) peut aussi être écrite :

$$I = K V^\alpha \quad (2)$$

dans laquelle

$$\alpha = \frac{1}{\beta} \quad (3a)$$

et

$$K = \frac{1}{C^{1/\beta}} = \frac{1}{C^\alpha} \quad (3)$$

Les résistances « VDR » ne présentent pas d'effet de polarité; ceci signifie qu'une tension inverse de même valeur produit le même courant mais de signe contraire. Mathématiquement les équations (1) et (2) sont valables en considérant seulement les valeurs absolues de V et de I. Avec des courants alternatifs, cette remarque prend toute son importance. Seulement dans le cas où α est un nombre entier impair (en pratique uniquement 5) l'équation (1) est applicable sans considération des valeurs positives ou négatives de V.

Pour éviter des calculs avec des exposants fractionnaires, on a représenté l'équation (1) par l'abaque à points alignés de la fig. 4 permettant de trouver rapidement les valeurs de la tension et du courant pour toutes les résistances « VDR ». Cet abaque comporte :

- 1) Une échelle de courant;
- 2) Une échelle de puissance;
- 3) Une échelle de tension;
- 4) Une série de droites pour les différentes valeurs de β les plus courantes.

Une résistance « VDR » est définie par une droite passant par le point I = 1 A de la première échelle et par le point C volts de la troisième échelle. Cette droite détermine sur l'une des droites des différentes valeurs de β un point propre

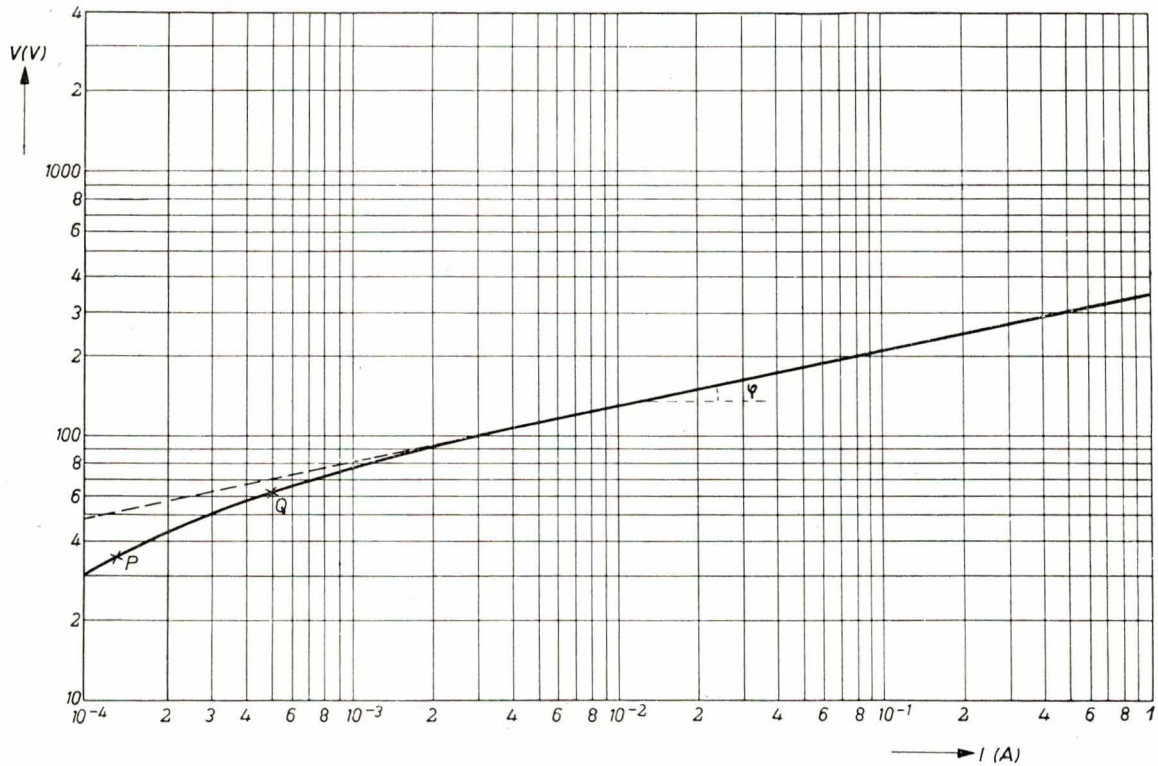


Fig. 3. — Allure de la caractéristique tension-courant en coordonnées logarithmiques, pour une résistance «VDR».
 $C = 340$ $\beta = 0,21$

à cette résistance. De ce point partent toutes les droites correspondant à un fonctionnement particulier de la résistance. Exemple : sur la fig. 4, nous avons choisi une résistance avec $C = 340$ et $\beta = 0,21$; pour un courant de 1,8 mA la tension aux bornes de cette résistance est de 90 V et la puissance dissipée de 0,16 W.

Bien que cet abaque soit utilisé dans la plupart des cas, il est parfois commode de se servir des graphiques en échelles linéaires, par exemple, lorsqu'on veut déterminer la chute de tension aux bornes d'une résistance «VDR» insérée dans un circuit, en série avec une résistance ordinaire. On trace alors la droite de charge qui coupe la courbe de la résistance «VDR» en un point dont l'ordonnée indique directement la tension aux bornes de cette dernière résistance. Les fig. 5, 6, 7 et 8 donnent ces graphiques en échelles linéaires pour deux valeurs de β avec C comme paramètre. Les traits pointillés de la fig. 5 correspondent au circuit représenté à droite et au bas de cette même figure. Si l'élément «VDR» a une valeur $C = 150$, la tension à ses bornes sera de 90 volts; pour une valeur de $C = 330$, elle sera de 170 volts.

Valeurs de β et de C .

La valeur de β dépend de la composition du matériau et du procédé de fabrication; la valeur de C dépend, en outre, de la forme et des dimensions. Les matériaux disponibles actuellement peuvent être divisés en deux groupes :

- Le matériau A avec β compris entre 0,21 et 0,25.
- Le matériau B avec β compris entre 0,17 et 0,21.

Pour le moment, le matériau B est réservé aux «VDR» ayant des valeurs de C supérieures à 180. Un élément réalisé avec le matériau A a une valeur de C d'environ 150 pour un disque d'épaisseur 1 mm et de section de 1 cm². Le même disque en matériau B a une valeur de C d'environ 250.

Nous verrons par la suite, que l'augmentation de surface ne conduit pas à de grandes variations de C ; la méthode de fabrication limitant l'épaisseur minimum, il est pratiquement difficile d'obtenir des valeurs de C inférieures à 68.

VDR en série.

Pour un élément VDR on peut écrire l'équation :

$$V = C I^\beta \quad (1)$$

Lorsqu'on branche en série m éléments identiques et que l'on applique une tension qui soit m fois la tension primitive V , le courant obtenu restera le même. Dans ce cas, nous pourrions écrire :

$$m V = C' I^\beta \quad (4)$$

D'après les équations (1) et (4), il est évident que :

$$C' = m C \quad (5)$$

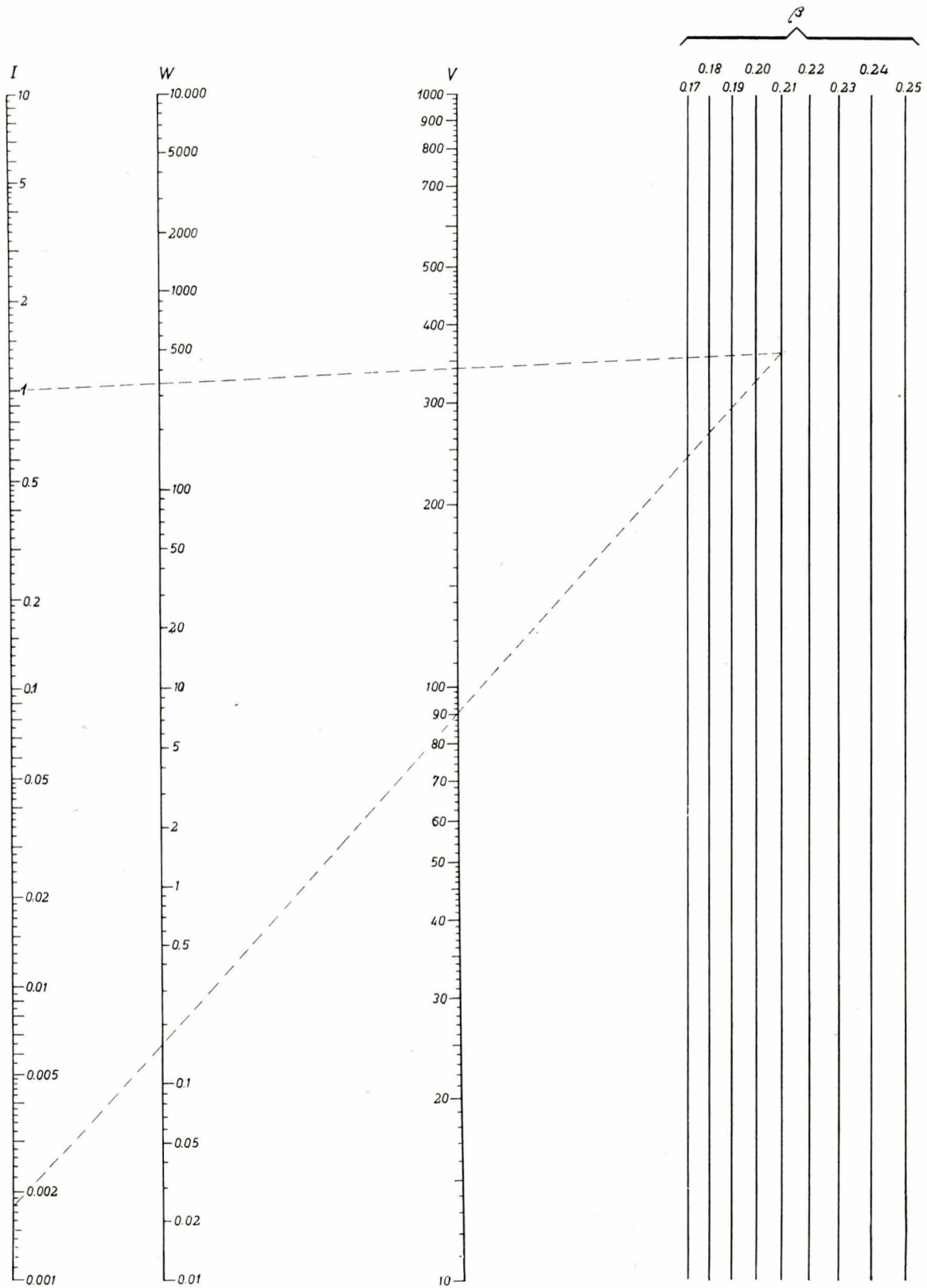


Fig. 4. — Abaque donnant la relation en tension-courant, puissance dissipée et valeur de β pour les résistances « VDR ».

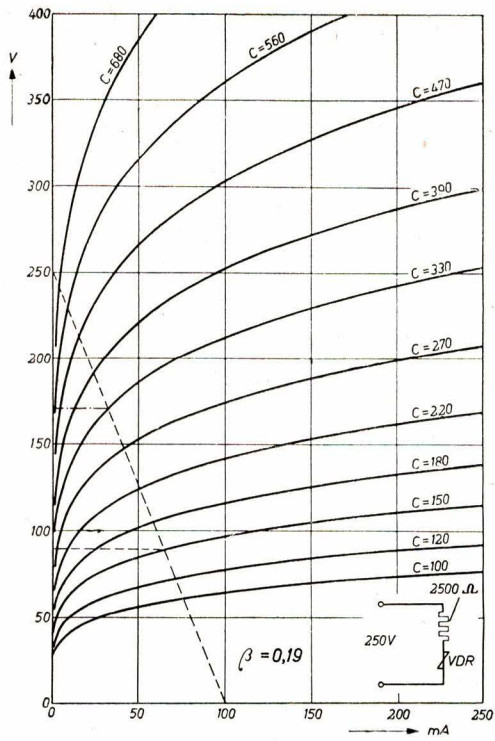


Fig. 5. — Caractéristique tension-courant en coordonnées linéaires pour $\beta = 0,19$ avec C comme paramètre.

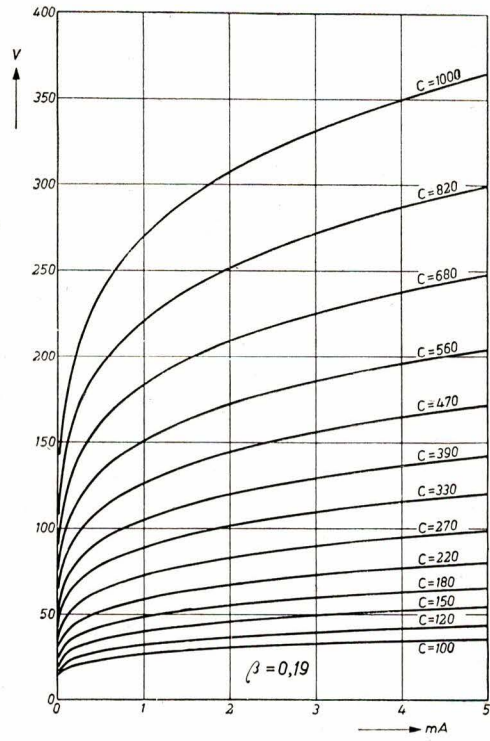


Fig. 6. — Analogue à la fig. 5, mais pour de faibles valeurs du courant.

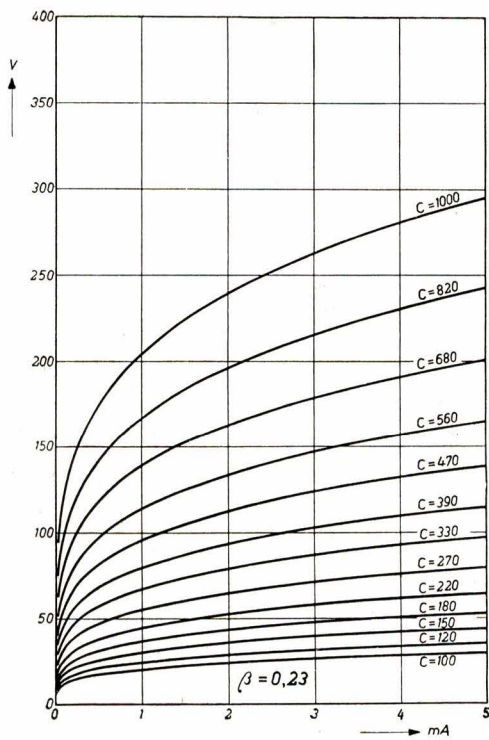


Fig. 7. — Analogue à la fig. 5, mais pour $\beta = 0,23$.

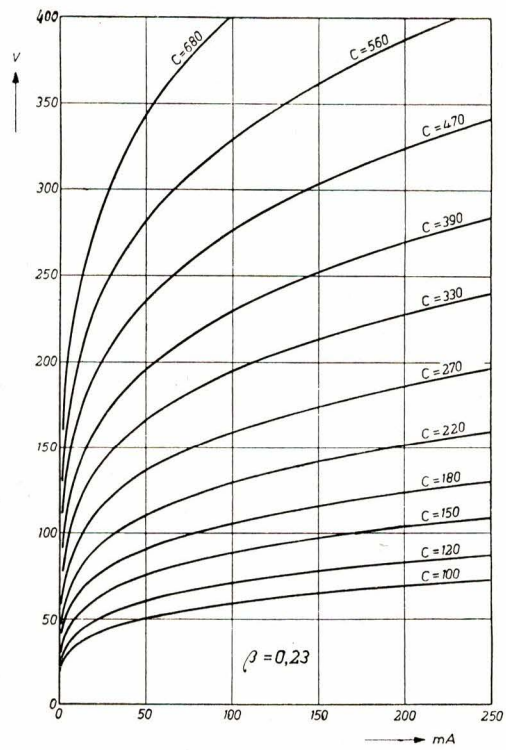


Fig. 8. — Analogue à la fig. 7, mais pour de faibles valeurs de courant.

ce qui signifie que la valeur de C peut être augmentée à volonté. En d'autres termes, la valeur de C d'une résistance «VDR» est directement proportionnelle à son épaisseur.

VDR en parallèle.

De même le branchement en parallèle de p éléments identiques permet d'obtenir une valeur de C plus petite.

En effet, dans ce cas, la tension V et le courant I dans chaque élément reste le même, mais le courant total de l'ensemble est p I. Cet ensemble se comporte donc comme un élément unique d'équation.

$$V = C'' (p I)^\beta \quad (6)$$

En tenant compte de l'équation (1)

$$C'' = \frac{C}{p^\beta} \quad (7)$$

Puisque l'exposant β est compris entre 0,17 et 0,25 on voit que la valeur de C diminuera très peu. Par exemple si $\beta = 0,20$, 32 éléments «VDR» en parallèle sont nécessaires pour une réduction de 50% de la valeur de C. La fig. 9 montre la diminution relative de C pour différentes valeurs de β et de p. Pour une même épaisseur, la valeur de C d'une résistance «VDR» est inversement proportionnelle à la puissance β de la section.

Si l'on fait varier, simultanément, l'épaisseur l (mm) et la surface S (cm²) de la section, la valeur de C sera :

$$C = C_1 \frac{l}{S^\beta} \quad (8)$$

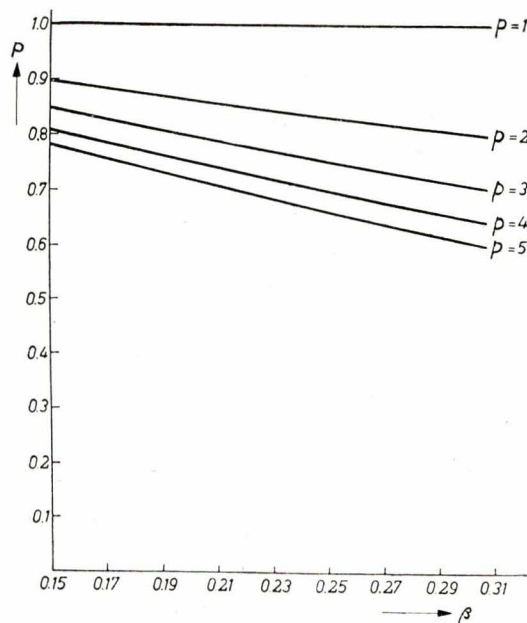


Fig. 9. — Modification de C lorsque p éléments «VDR» identiques sont branchés en parallèle. La valeur résultante de C est p fois la valeur d'un seul élément «VDR».

Dans cette formule, C₁ est la valeur de C pour une épaisseur de 1 mm et une section de 1 cm². C₁ est la valeur spécifique de C définissant le matériau (matériau A : C₁ = 150, matériau B : C₁ = 250).

Il importe, dans le branchement en parallèle, que tous les éléments «VDR» aient sensiblement une même valeur de β . S'il n'en était pas ainsi, la répartition du courant, entre éléments, ne serait plus identique.

Valeur de la résistance.

Si l'on définit la résistance R comme dans le cas d'une résistance linéaire on a :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{C I^\beta}{I} = \frac{C}{I^{1-\beta}} \quad (9a)$$

ou encore :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{V}{K V^\alpha} = \frac{1}{K V^{\alpha-1}} \quad (9b)$$

Une fois de plus, ces deux dernières relations montrent que la valeur de la résistance n'est pas constante. On a tracé fig. 10 la courbe pour le même échantillon ayant servi à établir la courbe V (I) de la fig. 3.

Puissance dissipée.

Cette puissance est égale au produit suivant :

$$W = I V = K V^{\alpha+1} \quad (10)$$

Si $\alpha = 5$, la puissance dissipée par la résistance «VDR» est proportionnelle à la puissance 6 de la tension. Une augmentation de tension de 12% seulement, double dans ce cas la puissance dissipée. Par conséquent, il est très important que la tension appliquée ne dépasse pas une certaine valeur maximum, car la limite tolérée pourrait être dépassée. Cela est d'autant plus important que la résistance «VDR» a un coefficient de température négatif.

Coefficient de température.

Ainsi que nous venons de le dire, l'effet de la température ne doit pas toujours être négligé. En effet, C a un coefficient de température négatif appréciable et dans des circuits en pont, il convient aussi d'en tenir compte. La valeur de β est pratiquement indépendante de la température.

Avec une bonne approximation on peut écrire :

$$C_t = C_0 (1 + at) \quad (11)$$

relation dans laquelle :

C_t = valeur de C à t° centigrade;

C₀ = valeur de C à 0° centigrade;

a = coefficient de température. Pour les différents matériaux, cette valeur varie entre : — 0,0012 et — 0,0018.

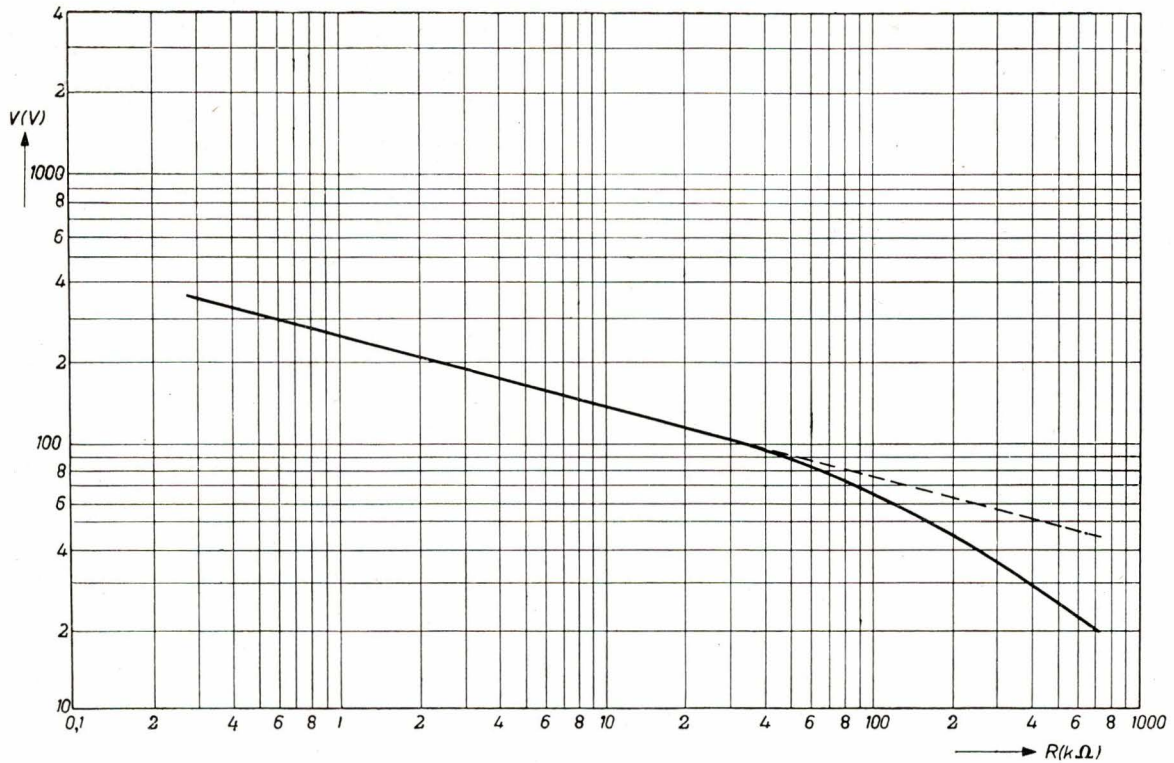


Fig. 10. — Relation entre la tension et la résistance de la « VDR » représentée fig. 3.

Comme :

$$K = \frac{1}{C^\alpha} = C^{-\alpha}$$

On a :

$$\frac{dk}{dt} = -\alpha C^{-\alpha-1} \frac{dC}{dt}$$

D'où le coefficient de température de K :

$$b = \frac{1}{K} \frac{dk}{dt} = -\alpha \frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = -\alpha a \quad (12)$$

Ce coefficient b est positif et a une valeur comprise entre 0,005 et 0,008 pour les différents matériaux. Une élévation de température de 100° C augmente la valeur de K de 50 % à 80 %.

D'après les relations (9a) et (9b), on voit que le coefficient de température de la résistance R est négatif; il est compris entre -0,0012 et -0,0018 pour des circuits à intensité constante et entre -0,005 et 0,008 pour des circuits à tension constante.

II. — EN COURANT BF.

La fréquence de la tension alternative doit être assez faible, pour que l'on puisse négliger l'influence de la capacité propre de la résistance « VDR ». Selon les applications,

les limites pratiques de la fréquence d'utilisation sont comprises entre 0,5 KHz et 5 KHz.

Si une tension sinusoïdale est appliquée aux bornes de la résistance « VDR », la caractéristique non-linéaire $V_f(I)$ conduit à un courant non-sinusoïdal, mais par suite de la symétrie de cette caractéristique, le courant ne contient que des harmoniques de rang impair. Dans ce cas, l'allure du courant est représentée par l'oscillogramme de la fig. 11. De même, un courant sinusoïdal traversant l'élément « VDR » se traduit par une tension non-sinusoïdale à ses bornes, mais l'oscillogramme est crénelé avec angles arrondis ainsi que le montre la fig. 12 calculée pour deux valeurs de β .

Tension sinusoïdale.

a) Valeur efficace du courant :

Par définition :

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt}$$

En valeur instantanée, la relation entre le courant et la tension est :

$$I = K V^\alpha$$

avec :

$$V = V_1 \sin \omega t$$

Rappelons que $V_1 = V_{eff} \sqrt{2}$.

On trouve donc :

$$I_{eff} = K V_{eff}^\alpha 2^{\alpha/2} \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^T (\sin \omega t)^{2\alpha} dt}$$

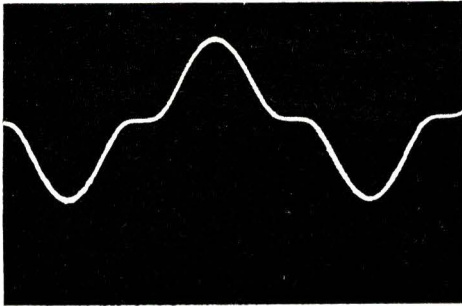


Fig. 11. — Courant en fonction du temps lorsqu'une tension sinusoïdale est appliquée aux bornes d'une « VDR ».

Une tension continue de valeur $V = V_{eff}$ donnerait dans l'élément un courant :

$$I = K V_{eff}^\alpha$$

Le facteur $r = \frac{I_{eff}}{I}$ entre ces deux courants sera :

$$r = 2^{\alpha/2} \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^T (\sin \omega t)^{2\alpha} dt} \quad (13)$$

Ce facteur r a été calculé; il est représenté fig. 13 en fonction de α .

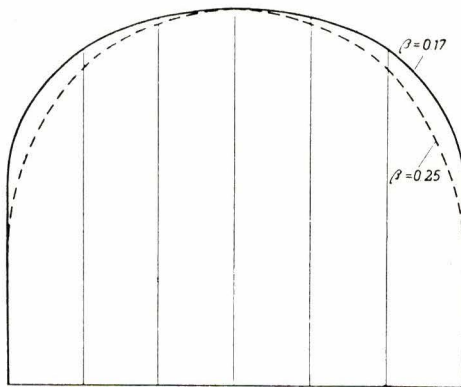


Fig. 12. — Tension aux bornes d'une « VDR » traversée par un courant sinusoïdal.

b) Valeur moyenne du courant pendant une demi-période :

Par définition :

$$I_m = \frac{2}{T} \int_0^T I dt$$

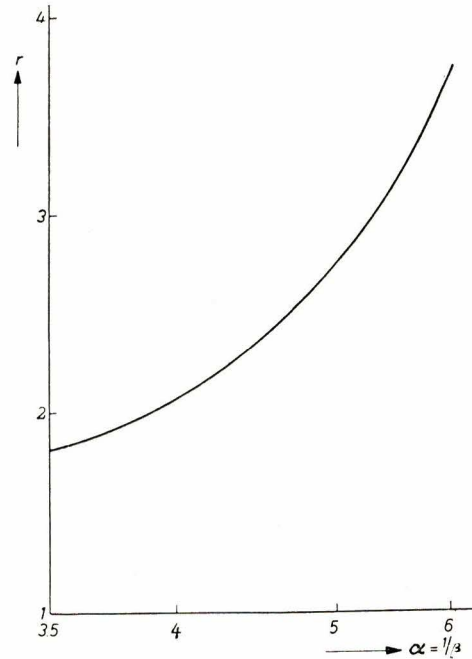


Fig. 13. — Relation entre les courants produits par une tension continue V et une tension alternative $V_{eff} = V$.
 $r = I_{eff}/I$

En faisant les mêmes remarques que précédemment, on trouve :

$$I_m = \frac{2}{T} K V_{eff}^\alpha 2^{\alpha/2} \int_0^T (\sin \omega t)^\alpha dt$$

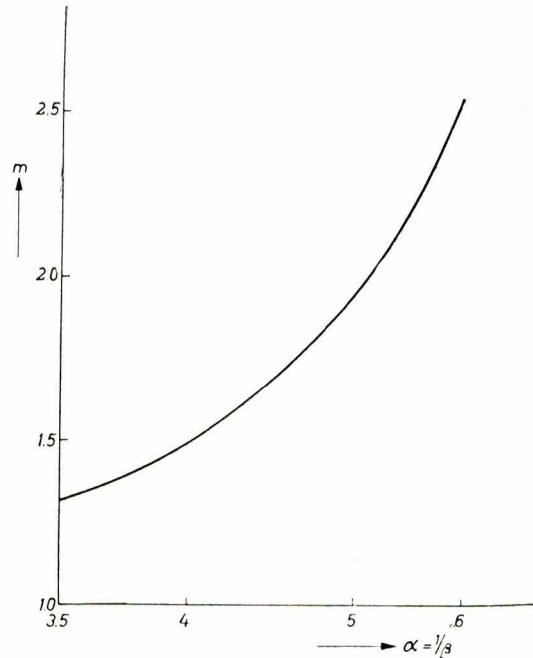


Fig. 14. — Relation entre les valeurs moyennes de courant produit par une tension continue V et une tension alternative $V_{eff} = V$.

$$m = I_m/I$$

Le facteur $m = \frac{I_m}{I}$ entre ces deux courants sera :

$$m = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha} dt \quad (14)$$

Ce facteur m a été calculé; il est représenté fig. 14 en fonction de α .

Une mesure de courant dans une résistance « VDR » est erronée si l'on utilise un appareil à cadre mobile avec redresseur. Normalement, ces appareils sont étalonnés en valeur efficace et ne sont exacts que pour des tensions ou courants sinusoïdaux. En réalité, ils indiquent la valeur moyenne des amplitudes. Quand on mesure un courant de forme semblable à celle de la fig. 11, la déviation est proportionnelle à la valeur moyenne du courant. Pour obtenir la valeur efficace, la lecture doit être multipliée par un facteur f qui est donné fig. 15 en fonction de α .

c) Puissance dissipée.

Avec les mêmes notions on a :

$$\begin{aligned} W_{CA} &= \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} K V_1^{\alpha+1} (\sin \omega t)^{\alpha+1} dt \\ &= \frac{2K}{T} V_{eff}^{\alpha+1} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha+1} dt \end{aligned}$$

La puissance pour une tension continue $V = V_{eff}$ est :

$$W = K V_{eff}^{\alpha+1}$$

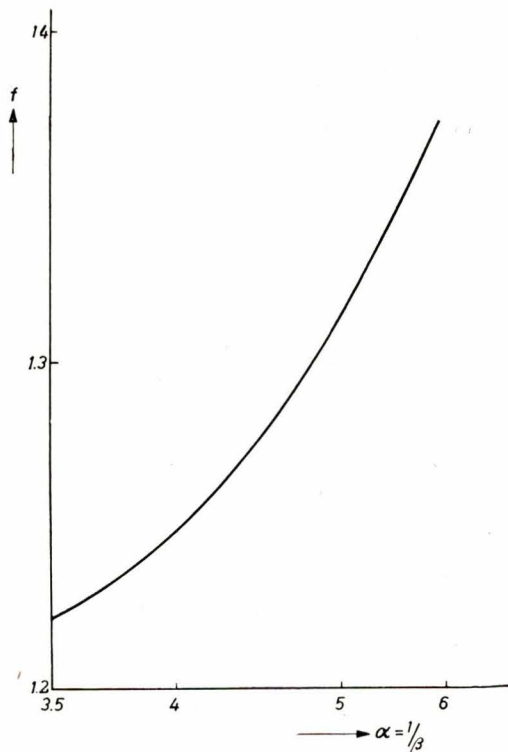


Fig. 15. — Erreur de lecture de I_{eff} donnée par un appareil à cadre mobile avec redresseurs.

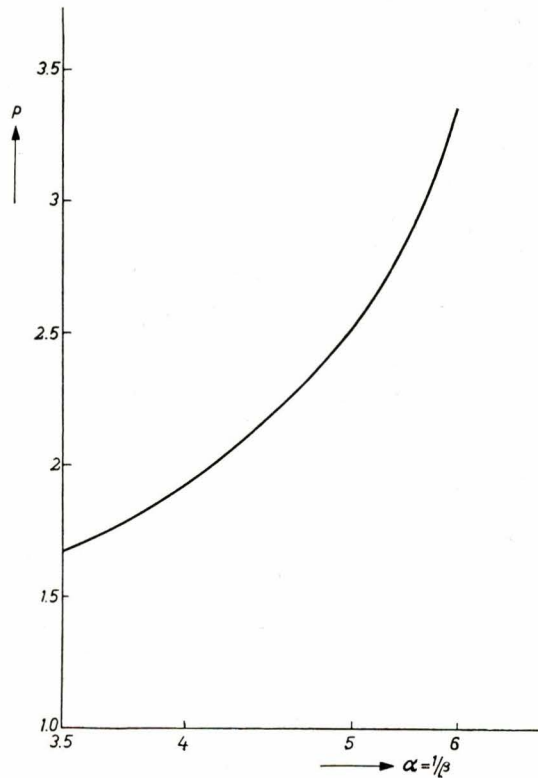


Fig. 16. — Relation entre les puissances dissipées produites par une tension continue V et une tension alternative $V_{eff} = V$. La dissipation produite par une tension alternative est p fois celle produite par une tension continue.

Le quotient de ces valeurs de puissance est :

$$p = \frac{W_{CA}}{W} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha+1} dt \quad (15)$$

La variation $p(\alpha)$ est représentée fig. 16.

Courant sinusoïdal.

a) Valeur efficace de la tension.

Lorsqu'un courant sinusoïdal parcourt une résistance VDR, la valeur efficace de la tension à ses bornes peut être exprimée par :

$$V_{eff} = C I_{eff}^{2\beta/2} \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\beta} dt}$$

Pour un courant continu $I = I_{eff}$, la tension aux bornes de la résistance « VDR » sera :

$$V = C I_{eff}^{2\beta}$$

La fig. 17 donne $n = \frac{V_{eff}}{V}$ en fonction de β , ce rapport

étant calculé avec la relation :

$$n = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\beta} dt} \quad (16)$$

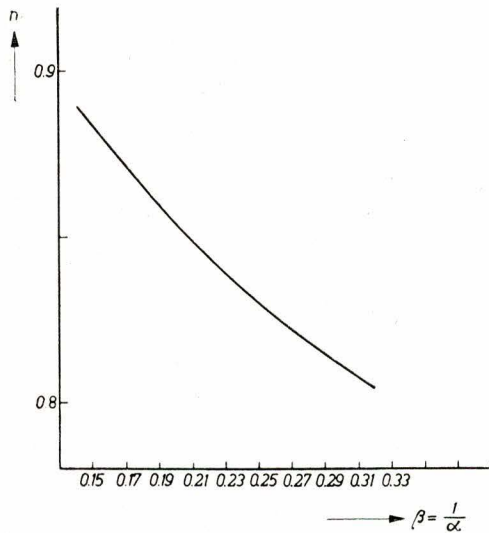


Fig. 17. — Relation entre les tensions aux bornes d'une « VDR » traversée par un courant continu I ou un courant sinusoïdal $I_{eff} = I$.
 $n = V_{eff}/V$

b) Puissance dissipée.

Pour un courant sinusoïdal, la puissance dissipée peut être calculée par :

$$W_{CA} = C I_{eff}^{\beta+1} 2 \frac{\beta+1}{2} \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\beta+1} dt$$

Pour un courant continu $I = I_{eff}$ la puissance dissipée est :

$$W = C I_{eff}^{\beta+1}$$

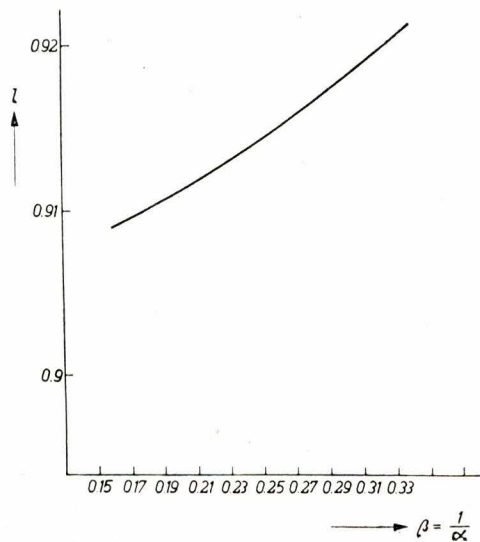


Fig. 18. — Relation entre les puissances dissipées produites par un courant continu I et un courant sinusoïdal $I_{eff} = I$. La dissipation produite par le courant alternatif est 1 fois celle produite par le courant continu.

La fig. 18 donne $l = \frac{W_{CA}}{W}$ en fonction de β , ce rapport étant calculé avec la relation

$$l = 2 \frac{\beta+1}{2} \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\beta+1} dt \quad (17)$$

On voit sur le graphique que les variations de β ont peu d'influence sur la puissance dissipée, si le courant et la tension de pointe sont constants.

On n'aura le plus souvent, en pratique, ni une tension sinusoïdale, ni un courant sinusoïdal. Dans le cas où l'on shunte une self par une résistance « VDR » pour supprimer les étincelles d'extra-courant, on a cependant une tension sinusoïdale. Pour cette application, il est souvent utile de connaître quelle est la puissance dissipée par l'élément « VDR ». Le graphique fig. 16 répond à la question. Si une résistance linéaire ordinaire est mise en série avec une « VDR », la forme du courant se rapproche de l'allure de l'oscillogramme de la fig. 11. Si la valeur de cette résistance linéaire est très grande, comparativement à celle de la « VDR », le courant prend une allure sinusoïdale. Dans ce cas, la tension aux bornes de la « VDR » a la forme de la fig. 12.

Harmoniques de rang élevé d'un courant alternatif traversant un élément VDR.

Le développement en série de Fourier de la courbe de la fig. 11 permet d'évaluer le rapport des amplitudes entre le fondamental, troisième et cinquième harmoniques. Les harmoniques de rang supérieur sont pratiquement sans importance. La fig. 19 montre la valeur relative de ces harmoniques jusqu'au cinquième ordre en fonction de x .

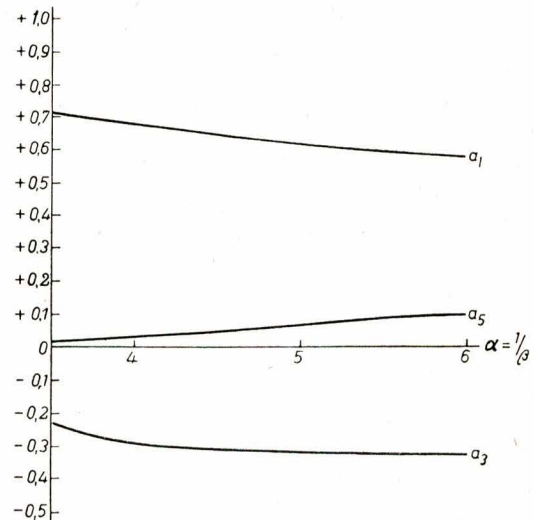


Fig. 19. — Amplitude relative des harmoniques de courant (d'après l'oscillogramme de la fig. 11).

III. — EN COURANT HF

En BF la petite capacité de la «VDR» n'influe pas sur la tension aux bornes.

En HF cette capacité parallèle ne peut plus être négligée. Aux faibles tensions et courants, elle peut même déterminer à elle seule l'impédance de la «VDR». Aux tensions élevées, il n'en est plus de même parce que la valeur de la résistance

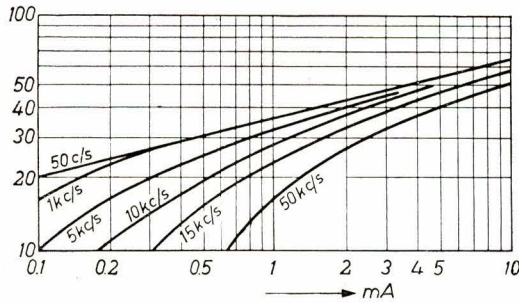


Fig. 20. — Relation tension-courant pour différentes fréquences.

devient très faible. En général, l'effet de la capacité dans les circuits HF aura pour conséquence une augmentation apparente de β . De plus, le graphique $V = f(I)$ en coordonnées logarithmiques n'est plus dans ce cas une droite. La fig. 20 montre pour diverses valeurs de fréquences choisies comme paramètres, le résultat obtenu.

IV. — DISSIPATION ADMISSIBLE

La puissance dissipée, la conductibilité thermique du matériau, le milieu ambiant, déterminent la température atteinte par la résistance «VDR». On a déjà indiqué au paragraphe «Puissance dissipée» que celle-ci croît rapidement avec l'augmentation de tension.

Le refroidissement par degré centigrade, bien qu'augmentant peu avec la température, dépend surtout de la surface totale de la résistance «VDR»; il peut être accéléré par ventilation forcée ou par immersion dans l'huile. La température admissible est généralement limitée par des effets secondaires, tels que les problèmes de contact et d'isolement. Pour une «VDR» non imprégnée, cette limite de température est de 150° C environ. Pour une «VDR» imprégnée, la

température admissible est déterminée par le point de fusion de l'imprégnant, généralement de l'ordre de 100° C. Ces considérations mises à part, une résistance «VDR» supporte des températures dépassant 200° C. Un tableau (voir page 12), donne les valeurs de la puissance correspondant à des variations de température Δt d'environ 50° et 80° C.

Dans le calcul de cette puissance, des surcharges possibles peuvent entrer en ligne de compte; il convient alors de choisir pour un fonctionnement permanent la plus basse valeur de la puissance admissible.

Pour des surcharges temporaires se produisant pendant un temps très court, telles que la quantité de chaleur n'a pas le temps de se transmettre au milieu ambiant, l'augmentation de température est définie par l'énergie de cette surcharge, la masse de la «VDR» et sa capacité thermique. On trouve, dans ce cas, qu'une augmentation de température de 100° C est due à une énergie dissipée de 60 W/sec/gr. Pour une résistance «VDR» ayant un poids de 1 gr, l'énergie peut être de 60 W pendant 1 sec ou 600 W pendant 0,1 sec.

Il existe cependant une limite aux conditions précédentes, de trop fortes densités de courant pouvant modifier les propriétés du matériau. Pour ces raisons, la densité de courant doit être maintenue inférieure à 1 A/cm² pour le matériau A et à 0,5 A/cm² pour le matériau B. Si l'on observe ces prescriptions, les résistances «VDR» sont tout à fait stables dans le temps.

V. — AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Le matériau «VDR» est à grains fins, très durs, de couleur noire. La résistance à la compression est d'environ 2000 Kg/cm², son poids spécifique apparent de 2,4 et sa chaleur spécifique de 0,17 g. cal. La porosité est d'environ 15%; il en résulte que, spécialement pour les disques minces, les propriétés électriques peuvent être légèrement influencées dans une ambiance fortement chargée d'humidité. C'est pour cela que l'on imprègne parfois certaines «VDR» et comme nous l'avons dit, la température maximum admissible se trouve limitée par le point de fusion de l'imprégnant. Dans ce cas, les différents types de «VDR» sont fournis avec des fils de connexion. Les types non imprégnés ont des surfaces métallisées et le contact électrique est obtenu par serrage, solution intéressante pour des montages soumis à des vibrations.

NOMENCLATURE STANDARD DES RÉSISTANCES V. D. R.

Désignation du Type	D mm	d mm	e mm	Fil de connexion mm	C	ρ	Dissipation pour $\Delta t =$		Observations
							50° C W	80° C W	
VD 1000 A/680 B	7,5	—	2,5	$\phi 5 \times 50$	680	0,17 — 0,21	0,25	0,5	(1)
VD 1050 P/120 A	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	120	0,21 — 0,25	0,4	0,8	(1)
/150 A	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	150	0,21 — 0,25	0,4	0,8	(1)
/180 A	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	180	0,21 — 0,25	0,4	0,8	(1)
/220 B	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	220	0,17 — 0,21	0,4	0,8	(1)
/270 B	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	270	0,17 — 0,21	0,4	0,8	(1)
/330 B	12,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	330	0,17 — 0,21	0,4	0,8	(1)
VD 1100 P/100 A	17,5	—	1,5	$\phi 8 \times 50$	100	0,21 — 0,25	0,5	1	(1)
/120 A	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	120	0,21 — 0,25	0,5	1	(1)
/150 A	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	150	0,21 — 0,25	0,5	1	(1)
/180 A	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	180	0,21 — 0,25	0,5	1	(1)
/220 B	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	220	0,17 — 0,21	0,5	1	(1)
/270 B	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	270	0,17 — 0,21	0,5	1	(1)
/330 B	17,5	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	330	0,17 — 0,21	0,5	1	(1)
VD 1150 P/68 F	25	—	2,5	$\phi 8 \times 50$	68	0,25 — 0,30	1	2	(1) et (2)
/82 A	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	82	0,21 — 0,25	1	2	(1) et (2)
/100 A	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	100	0,21 — 0,25	1	2	(1) et (2)
/120 A	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	120	0,21 — 0,25	1	2	(1) et (2)
/150 A	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	150	0,21 — 0,25	1	2	(1) et (2)
/180 B	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	180	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/220 B	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	220	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/270 B	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	270	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/330 B	25	—	1,8	$\phi 8 \times 50$	330	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/560 B	25	—	2,3	$\phi 8 \times 50$	560	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/680 B	25	—	3,8	$\phi 8 \times 50$	680	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
/820 B	25	—	4,5	$\phi 8 \times 50$	820	0,17 — 0,21	1	2	(1) et (2)
VD 1225 P/68 A	40	6	1,8	—	68	0,21 — 0,25	1,5	3	(3) et (4)
/82 A	40	6	1,8	—	82	0,21 — 0,25	1,5	3	(3) et (4)
/100 A	40	6	1,8	—	100	0,21 — 0,25	1,5	3	(3) et (4)
/120 A	40	6	1,8	—	120	0,21 — 0,25	1,5	3	(3) et (4)
/150 B	40	6	1,8	—	150	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/180 B	40	6	1,8	—	180	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/220 B	40	6	1,8	—	220	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/270 B	40	6	2	—	270	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/330 B	40	6	2,5	—	330	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/390 B	40	6	3	—	390	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/470 B	40	6	3,5	—	470	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/560 B	40	6	4	—	560	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)
/680 B	40	6	4,5	—	680	0,17 — 0,21	1,5	3	(3) et (4)

OBSERVATIONS :

D = Diamètre extérieur
d = Diamètre du trou
e = Épaisseur du disque

- (1) - Imprégnée, avec fils de connexion.
(2) - Sans imprégnation et sans fils de connexion (sur commande spéciale d'une certaine importance).
(3) - Sans imprégnation et sans fils de connexion.
(4) - Imprégnée, avec fils de connexion (sur commande spéciale d'une certaine importance).

Les schémas publiés sont donnés sans garantie quant à leur protection éventuelle par des brevets.

C^{IE} DES PRODUITS ÉLÉMENTAIRES POUR INDUSTRIES MODERNES



Services Comm^x et Magasins : 7, passage Charles Dallery - PARIS-XI^e

Téléphone : VOLtaire 23-09

Usine à EVREUX

R. C. Evreux 55 B 74

