

Pratique de la Mesure

LE CONTROLEUR UNIVERSEL: mesure des capacités

Notre étude du contrôleur universel touche à sa fin. Nous avons vu que cet appareil permettait les mesures de tensions d'intensités alternatives et continues, celles des résistances. Le mois dernier, nous avons vu le moyen pratique de pallier les différents défauts de l'ohmmètre en réalisant un montage bien plus performant. Reste un type de mesure proposé par certains modèles de contrôleurs : la mesure des capacités ! C'est ce que nous allons étudier aujourd'hui ! Nous baserons essentiellement notre étude sur le contrôleur 819 de CENTRAD que nous connaissons bien et qui offre justement cette possibilité. Deux procédés sont possibles pour les mesures de capacités. Ils sont choisis selon la valeur du condensateur.

1. — Méthode de l'impédance

Dans ce cas, la mesure part du principe que, en courant alternatif, le condensateur présente une impédance inversement proportionnelle à la capacité. Cette impédance est donnée par la formule :

$Z = 1/C\omega$ (voir fig. 1)
Z est en ohms
C est en farads
 ω est donné par $\omega = 2\pi N$
où N est la fréquence.

Ainsi, à 50 Hz, un condensateur de 0,1 μF présente une impédance de : Z =

$$= \frac{1}{0,1 \cdot 10^{-6} \times 2 \times 3,14 \times 50} \approx 31830 \Omega.$$

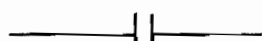
Pour mesurer une telle capacité, il suffit donc de réaliser un ... ohmmètre alimenté en courant alternatif sinusoïdal. L'intensité qui passe dans le galvanomètre est de $I = U/Z$ et comme $Z = 1/C\omega$ $I = U C\omega$ (voir fig. 2), ce qui tendrait à prouver

que l'intensité est directement proportionnelle à la capacité. Voilà qui semble parfait ! Un petit ennui tout de même ! Le cadre mobile est traversé par un courant alternatif... et le galvanomètre ne dévie pas ! Nous avons vu cela avec les mesures en alternatif. Il faut donc faire ce que nous avons fait dans ce cas, c'est-à-dire redresser le courant à mesurer. Mais nous savons aussi que ce redressement fait intervenir des diodes à caractéristiques non linéaires, ce qui compromet gravement la linéarité de la graduation espérée. Qui plus est, le courant qui traverse le condensateur n'est plus sinusoïdal, ce qui fait que la relation $Z = 1/C$ doit être corrigée (fig. 3).

Ces deux considérations

interviennent simultanément, dans le capacimètre ainsi réalisé, et oblige le constructeur à tracer une graduation spéciale pour la mesure des capacités. Sur le Centrad 819, elles sont déjà nombreuses et l'on s'en serait bien passé ! Cette graduation n'est pas linéaire du tout, avec tassement des intervalles, aux deux extrémités de l'échelle..

Dans ces conditions, sur le 819, les mesures en gamme « pF X 1 » se font correctement de quelques 500 pF à 20 nF avec une précision pratique allant de 5 % environ au milieu de l'échelle, à 25 % pour les limites ci-dessus. Ce calibre est prévu par le constructeur pour mesurer de 50 pF à 50 nF, mais les lectures extrêmes ne peuvent être



$$Z = \frac{1}{C\omega}$$

Fig. 1. — Impédance d'un condensateur.

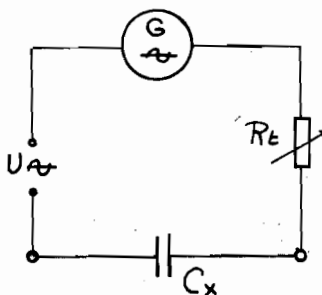


Fig. 2. — Un ohmmètre alternatif.

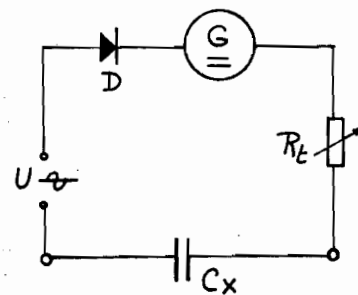


Fig. 3. — Adaptation au galvanomètre.

qu'indicatives. En calibre « pF X 10 » ces valeurs limites sont dix fois plus élevées et donc de 5 nF à 0,2 µF, les limites théoriques étant de 500 pF à 0,5 µF. On note un recouvrement assez correct des deux gammes avec possibilité de mesure de 500 pF à 0,2 µF, ce qui n'est tout de même pas si mal !

Pour fonctionner, le capacimètre ainsi réalisé doit être alimenté en courant alternatif. Il possède donc un cordon secteur connecté le plus souvent au réseau 220 V. Notons que le bouton de tarage permet d'accepter toute tension entre 120 et 220 V. Comme il n'est pas question d'inclure un transformateur dans le boîtier d'un contrôleur universel, trop exigü, l'exploitation est directe et doit donc se faire avec une certaine prudence.

Prudence pour l'opérateur certes, si le travail se fait dans des conditions d'humidité relative importante ou sur des masses métalliques, mais prudence aussi pour le condensateur sous mesure. En effet, si la tension à vide mesurée avec un multimètre de 10 MΩ d'impédance d'entrée, est de l'ordre de 25 Veff en gamme :

« pF X 10 », elle passe à 220 Veff en gamme : « pF X 1 ».

Cette tension est donc initialement appliquée sur le capa à mesurer et si celle-ci est particulièrement fragile, elle peut claquer ! Certes, à l'instant du branchement la tension aux bornes du condensateur est nulle, puis le courant est limité par les résistances internes et généralement les choses se passent fort bien. Nous avons ainsi pu mesurer les capacités de condensateurs céramiques de tension de service de 16 V ou de condensateurs perles au tantale de 16 V également, sans dommage pour ceux-ci, que ce soit dans une gamme ou dans l'autre.

Un autre point à signaler : le tarage est fonction de la tension du secteur. Si cette tension est irrégulière, une retouche fréquente est à prévoir. C'est évidemment un peu agaçant !

En conclusion, nous dirons que la fonction capacimètre, ainsi réalisée dans le contrôleur universel est intéressante et utile. Sans prétendre rivaliser avec les capacimètres numériques, elle permet tout de même une aide très précieuse, ne

serait-ce qu'en guise de détrompeur, évitant les fâcheuses confusions sur les valeurs de condensateurs au marquage soit effacé, soit illisible, soit mystérieux, ce marquage étant parfois très loin de l'évidence !

2. - Méthode balistique

Pour la mesure des valeurs supérieures à 0,5 µF, on peut recourir à une autre méthode : c'est la méthode balistique. Cette méthode consiste à apprécier l'impulsion communiquée au cadre mobile du galvanomètre, par le courant initial de charge du condensateur.

Pour cela, le condensateur initialement déchargé est placé dans le circuit de l'ohmmètre continu, comme s'il s'agissait d'une résistance. L'ohmmètre est correctement taré. A l'instant initial, l'impédance apparente du condensateur est nulle, puisque sa tension aux bornes est nulle, le courant commençant à le traverser ! L'aiguille du galvanomètre tend donc à partir vers la fin d'échelle. Mais, à cause de l'amortissement du système mobile, cela prend un « certain temps », temps que le condensateur met à profit

pour se charger. La tension entre ses pôles augmente donc et cela entraîne une réduction de l'intensité de charge (voir fig. 4).

Avant que l'aiguille n'ait atteint la fin d'échelle, le courant de charge est devenu quasi-nul. L'aiguille n'a donc pas atteint la déviation totale. Elle a dévié d'un certain angle, pour retomber ensuite lentement à 0, la charge s'achevant !

Notons bien que, quelle que soit la capacité du condensateur mesuré, le courant initial est toujours le même, égal au courant de tarage donnant la fin de course. Seulement, si le condensateur est de faible capacité, il est vite « rempli » : le cycle de charge est court. (Courbe I) si le condensateur a une plus forte capacité, il se remplit moins vite ! La charge dure plus longtemps (courbes II et III).

N.B. : On peut se rappeler ici, l'analogie hydraulique entre le condensateur à charger et... le seau à remplir ! Si le débit maximum est le même, un grand seau se remplit moins vite qu'un petit !

Ici, dans le cas d'une charge brève (faible capacité), le mouvement de l'aiguille est également bref, donnant une déviation angulaire faible.

Si la charge dure plus longtemps (forte capacité), la déviation tend à se rapprocher de la fin d'échelle.

Dans le graphique de la figure 4, on peut établir une relation entre la capacité et l'aire de la surface délimitée par la courbe du courant de charge, et les deux axes.

En pratique, les choses sont un peu moins simples, car l'établissement du contact entre les pointes de touches et le condensateur est assez aléatoire, surtout

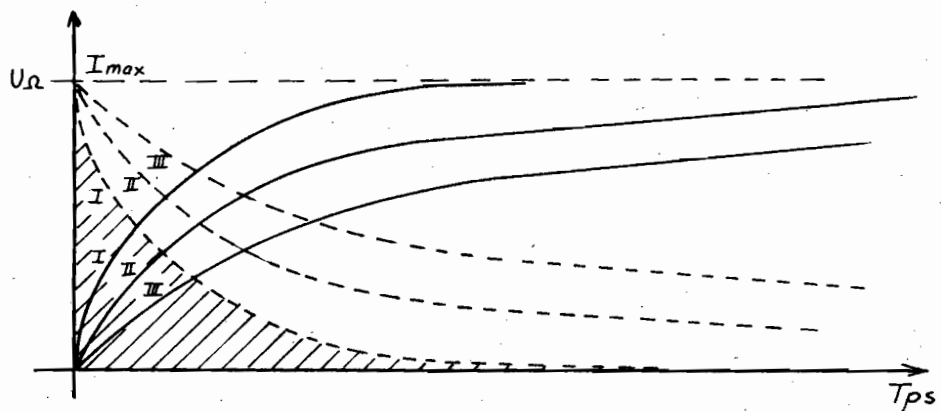


Fig. 4. - Courbes de charge d'un condensateur - en traits pleins : courbes de tension - en pointillés : courbe d'intensité.

si le manipulateur tremble un peu. La moindre incertitude de contact fausse pourtant le résultat de la mesure. Pour éviter ce grave défaut, le 819 de Centrad utilise la méthode des charges successives.

La première charge n'est pas prise en compte ! Dès qu'elle est effectuée, le condensateur est inversé et l'on recommence. Mais attention, cette fois le condensateur se présente avec une charge initiale provenant de la précédente opération, égale à la tension U de la pile de l'ohmmètre, et de sens tel qu'elle s'ajoute à celle-ci à l'instant initial de deuxième charge (fig. 5 et 6).

Le condensateur se trouve ainsi traversé par un courant de « contre-charge » deux fois plus élevé que précédemment. L'impulsion sur le cadre mobile est aussi deux fois plus grande, et de ce fait, la déviation angulaire double.

C'est sur cette déviation double que la graduation du capacimètre est tracée.

L'appréciation du maximum exact de déviation étant difficile à faire, l'aiguille étant constamment mobile pendant la charge, il faut procéder ainsi à quelques « contre-charges » successives pour obtenir une estimation moyenne satisfaisante. On peut alors déterminer la valeur de la capacité du condensateur avec une honnête précision.

La figure 7 montre la correspondance établie entre l'échelle continue « 0-50 » du 819 et les diverses gammes balistiques, obtenues selon le calibre choisi de l'ohmmètre. On peut noter un résultat d'ensemble satisfaisant, permettant de mesurer de $0,5 \mu F$ à $20\ 000 \mu F$, en quatre calibres. Le recoupe-

ment avec les deux calibres de la méthode de l'impédance ($\$1$) est bon.

La précision ne peut être meilleure que 10 %, mais on peut la considérer comme très satisfaisante en pratique. En effet, il faut savoir que la mesure de la capacité d'un condensateur chimique est très souvent déconcertante. Le résultat dépend en effet du « principe » de la mesure. Il faut donc pour obtenir la valeur marquée sur le boîtier, en supposant qu'elle soit juste, adopter le même principe de mesure que le constructeur. Des normes existent, bien sûr, différentes parfois.

Très rapidement, nous pouvons dire que la mesure des condensateurs chimiques se fait suivant deux définitions :

— La capacité en alternatif. C'est celle qui entre en compte dans les circuits de filtrage, dans les transmissions de signaux alternatifs, soit chaque fois que le condensateur est traversé en permanence par un courant alternatif.

— La capacité en continu. C'est elle qui détermine les constantes de temps dans les oscillateurs à relaxation,

dans les temporisations, etc.

La capacité en alternatif doit évidemment être mesurée en alternatif. Mais les conditions imposées à cette mesure dépendent des normes. La tension appliquée doit être de l'ordre de 0,5 V, la fréquence doit être de 50 Hz (normes DIN) ou de 100 ou 120 Hz (normes IEC).

La capacité en continu est mesurée suivant le principe de la charge/décharge. C'est donc le procédé utilisé dans la méthode balistique. Là encore, les conditions exactes de la mesure influent sur les résultats.

On estime généralement que le rapport entre les résultats des mesures courant continu/courant alternatif est de 1,1 à 1,5. Ainsi, tel condensateur mesuré $100 \mu F$ en courant alternatif, peut fort bien faire $150 \mu F$ en courant continu ! Les deux valeurs sont exactes car déterminées par un comportement différent du même condensateur, dans deux circuits de mesure différents.

Pour en revenir à notre problème, nous pouvons en tirer cette leçon que nos

mesures à 10 % sont TRES satisfaisantes, et qu'il est inutile de chercher beaucoup mieux.

A ce sujet, nous pensons qu'il ne faut pas trop se leurrer sur la précision apparente des capacimètres numériques, lorsqu'il s'agit de mesurer les condensateurs chimiques ! Spectaculaires certes, mais pas beaucoup plus efficaces que notre méthode balistique ! Il n'en est, évidemment plus de même pour les valeurs des condensateurs à diélectrique plastique, mica ou autre. Là, les mesures sont précises et sans aléas. Une réserve aussi pour les condensateurs céramique, dont le comportement dépend aussi beaucoup des conditions de travail donc de mesure.

Mais revenons encore sur notre méthode balistique. Comme vous l'avez compris, une fois sur deux le condensateur chimique est polarisé à l'envers ! C'est absolument sans importance pour la déviation correspondante. Cependant cela peut nous conduire à faire des remarques intéressantes.

Si la charge est mainte-

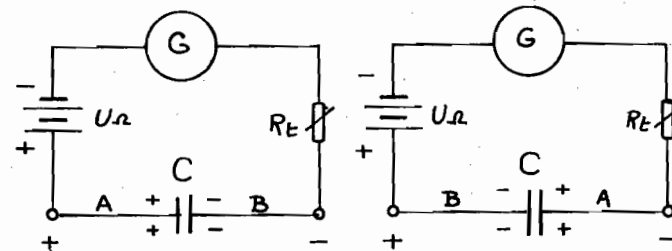


Fig. 5. — Première charge : le pôle A devient positif.

Fig. 6. — Deuxième charge : le condensateur est inversé. La première charge donne donc un potentiel initial de même sens que U_Ω . La tension initiale de deuxième charge est $2 U_\Omega$.

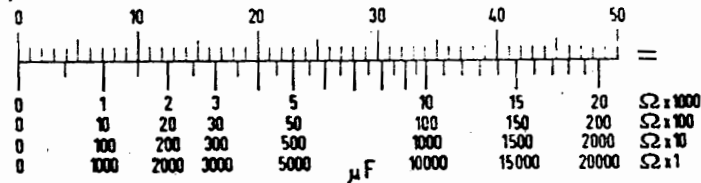


Fig. 7. — Abaque des condensateurs avec lecture sur l'échelle 0-50 en fonction des diverses douilles Ω utilisées.

nue assez longtemps, dans le bon sens, ou dans le mauvais, la déviation tend à s'annuler après quelques secondes : la charge est achevée. Mais si le sens de charge correspond à la bonne polarité du condensateur, le courant va vraiment s'annuler, tandis que si le condensateur est à « l'envers », il va subsister un courant de fuite non nul !

Ce détail est plus important qu'il n'y paraît, car il permet de trouver la polarité inconnue d'un condensateur. Nous pensons tout particulièrement à celle des perles tantale, lesquelles ou bien sont marquées de manière folklorique, ou bien sont plus ou moins effacées. L'appréciation du courant de fuite nul donne le bon sens de branchement. Dans ces conditions, le commun de l'ohmmètre correspond au pôle + du condensateur.

Une réserve cependant : la manipulation précédente est valable seulement pour les condensateurs de tension de service inférieure à 100 V. Ce sont les plus courants, de nos jours, heureusement ! Pour les autres, la tension très faible de la pile de l'ohmmètre est incapable de les faire fuir, même s'ils sont à l'envers. Pour les premiers, par contre, le résultat est très net. On peut d'ailleurs l'accentuer en choisissant volontairement un calibre trop sensible pour le condensateur testé : par exemple, prendre le calibre « X 100 » (100 μ F) pour tester un 2 200 μ F/48 V. La déviation résiduelle atteint quelque 10 μ A à l'envers, alors qu'elle est parfaitement nulle dans le sens correct.

Si vous constatez que le condensateur fuit dans les deux sens, alors mettez-le

à la poubelle : il est défectueux et son emploi ne pourrait provoquer que des troubles insidieux et difficiles à dépister.

N.B. : Mesure d'une fréquence.

Un mot, pour terminer, sur cette curieuse possibilité du 819 de Centrad. Nous avons vu dans le §1 que $I = U C \omega$ dans la méthode de l'impédance. On constate donc que I est proportionnel à ω donc à la fréquence N .

On peut alors envisager de mesurer la fréquence de la tension d'alimentation du système. Pour parvenir à ce résultat, il faut que U soit dans la fourchette des possibilités de tarage, soit de 120 à 220 V. C'est déjà bien difficile à obtenir. De plus, il faut que cette tension soit sinusoïdale. Ces deux conditions simultanées ne se rencontrent pas souvent dans la vie d'un homme ! Si cela vous arrive toutefois, alors vous pourrez mesurer des fréquences allant de 0 à 5 000 Hz. N'insistons pas, car sur ce chapitre, le fréquencemètre numérique n'a rien à craindre du 819 !

Sur ces lignes s'achève la série des articles consacrés au contrôleur universel. Nous espérons que ces articles vous ont permis de mieux connaître et donc de mieux utiliser ce précieux auxiliaire. Imparfait certes, mais toujours fidèle dans le dépistage des anomalies de nos montages électroniques, il faut justement bien en savoir les limites pour l'utiliser au mieux de ses possibilités.

Nous parlerons le mois prochain de son rival, le multimètre numérique. Ce sera d'ailleurs plus rapide, car sur de nombreux points les problèmes sont les mêmes.

F. THOBOIS

Bloc-notes

J.V.C. ET
LA VIDEO FANTASTIQUE



Nous reconnaissons, de gauche à droite : M. Moszkowski et M. Dubreuil, société J.V.C., et M. Arnaud, de Grenoble, qui reçoit le premier prix : un appartement à vie, pendant la semaine du Festival fantastique d'Avoriaz.

Au cours d'un cocktail organisé lors du Festival international du Son et de l'Image vidéo, JVC a proclamé les résultats du grand concours « La vidéo fantastique ».

Destiné à promouvoir la marque de cassettes vidéo VHS J.V.C. Dynarec, ce concours, doté de nombreux prix, a bénéficié d'une participation record puisque près de

14 000 bulletins sont parvenus à l'organisateur.

M. Moszkowski, directeur général de J.V.C. Vidéo France, et M. Dubreuil, responsable des relations publiques, ont remis les principaux prix aux heureux gagnants, et l'ensemble des autres lauréats seront avisés personnellement par lettre.

Micro et Robots

REVUE
DE
ROBOTIQUE