

La mesure de la résistance interne d'un condensateur

Jean Herman

Je me suis mis au travail pour développer un appareil qui mesure la résistance interne tout en le faisant fonctionner en courant alternatif. Il est en fait simple, en disposant d'une source DC variant entre 200 et 500 V, de mesurer la résistance interne d'un condensateur.



Le problème est que la constante de charge est proportionnelle à la valeur en μF du condensateur. La résistance interne normale est très supérieure à $100\text{ G}\Omega$ et variable selon la qualité du diélectrique, papier, polypropylène, Styroflex, etc. L'isolation varie fortement avec la température. Un condensateur polyester métallisé de $0,1\ \mu\text{F}$ fait au minimum à $30\text{ }^\circ\text{C}$ $50\text{ G}\Omega$, à $100\text{ }^\circ\text{C}$ il ne fait plus que $500\text{ M}\Omega$.

Certains fabricants expriment la résistance interne par une constante de temps de décharge.

Exemple : un condensateur à film métallisé d'une capacité de $0,33\ \mu\text{F}$ possède, sous une tension de 250 V , une résistance interne, R_i , supérieure à $30\text{ G}\Omega$. Exprimons RC sous $10\ 000\text{ s}$: $R = T/C = 10^4/33 \cdot 10^{-6} = 30\text{ G}\Omega$.

On peut très simplement mesurer un condensateur en utilisant le montage de la **figure 1** centré sur un combinatoire à 3 positions : connexion ou décharge (position 1), charge (position 2), mesure (position 3).

Le voltmètre est considéré comme un nA, en effet, dans la gamme $1\ 999\text{ mV}/10\text{ M}\Omega = 199,9\text{ nA}$; avec une tension de 200 V on a $200\text{ V}/1\text{ nA} = 200\text{ G}\Omega$, $200\text{ V}/10\text{ nA} = 20\text{ G}\Omega$ et $200\text{ V}/100\text{ nA} = 2\text{ G}\Omega$, ceci en négligeant les $10\text{ M}\Omega$ du voltmètre numérique.

Tout cela doit se faire dans un boîtier métallique avec une isolation particu-

lière des bornes du condensateur. La diode zener protégeant le voltmètre numérique, elle doit aussi être choisie et contrôlée (la mesure avec et sans diode zener !!!). On peut aussi, avec un tel montage, tester les diodes du genre 1N4007 quand on doit les mettre en série pour un redresseur HT.

Après bien des essais, l'auteur a gardé la version de la **figure 2**.

L'appareil se compose d'une alimentation et d'une partie mesure. Il faut créer un potentiel d'au moins 500 V (selon l'isolement du condensateur). Pour cela et parce qu'il est difficile de trouver aujourd'hui des petits transformateurs avec secondaire HT, voici la solution adoptée.

Un transfo classique de $230\text{ V}/5\text{ VA}$, $2 \times 13\text{ V}$ au secondaire alimente un autre petit transformateur $230\text{ V}/2,5\text{ VA}$ avec un secondaire 24 V . Il faut légèrement survolter ($2 \times 13\text{ V} = 26\text{ V}$) l'enroulement 24 V pour obtenir 230 V au secondaire (les transfos ne sont pas calculés pour fonctionner à l'envers !). Un redresseur doubleur de tension sort à vide 600 V CC . Le régulateur à diodes zener fait retomber ce potentiel à 400 V (à cause de la résistance interne du transfo et du doubleur). Sur l'enroulement 2 fois 13 V un double redresseur donne 2 potentiels de $+17\text{ V}$ et -17 V . Ils sont stabilisés à plus et moins 12 V à l'aide de 2 diodes zener. Le courant

redressé est sensiblement égal à plus et moins 10 mA . En série avec le redresseur positif, j'ai inséré une LED, à laquelle nous reviendrons plus loin.

La tension de test du condensateur est choisie par l'inverseur $400\text{ V} - 250\text{ V}$, en réalité sur le condensateur, il n'y aura au maximum que 350 V et 200 V , car le tube à gaz s'ionise à 80 V .

Fonctionnement

Le condensateur à tester est pris entre la source CC, la résistance $100\text{ k}\Omega$, le tube à gaz et une résistance série d'environ $1,5\text{ M}\Omega$, la résistance de mesure se trouve prise elle entre l'entrée OP+ et la masse soit environ $3,5\text{ M}\Omega$. L'ampli op 741 a une grande résistance d'entrée suffisante pour cette application et le gain est égal à 1.

Une diode zener C4V7 limite le potentiel de mesure et comprime la mesure dans les valeurs se situant entre $300\text{ M}\Omega$ et $50\text{ M}\Omega$. Au changement de potentiel de test, il faut évidemment modifier la résistance de mesure dans le même rapport. Un condensateur $0,1\ \mu\text{F}$ intègre la mesure.

Premier cas,

le condensateur est parfait

Pendant la charge du condensateur, le tube à gaz s'ionise, il laisse passer le courant dans le condensateur. Quand le potentiel du condensateur est égal à la tension d'alimentation moins la tension d'ionisation, le tube s'éteint, le courant de charge s'annule, le condensateur se décharge avec la constante de temps très grande ($R_i \times C$). Le potentiel sur la résistance de mesure s'annule et le galvanomètre indique une valeur infinie.

Pour tester et étalonner le montage, il faut se fabriquer une boîte à décades qui va simuler une série de valeurs ohmiques entre $100\text{ M}\Omega$, 200 , 300 , 400 , 500 , 750 , $1\text{ G}\Omega$, $2\text{ G}\Omega$ et $5\text{ G}\Omega$.

En reliant cette décade en parallèle sur le condensateur « parfait » on pourra étalonner le cadran du galvanomètre pour $100\text{ M}\Omega$; il faut avoir une légère conduction de la diode zener, elle joue le rôle de compresseur de la mesure. Selon la sensibilité du galvanomètre, régler la déviation à l'aide de la résis-

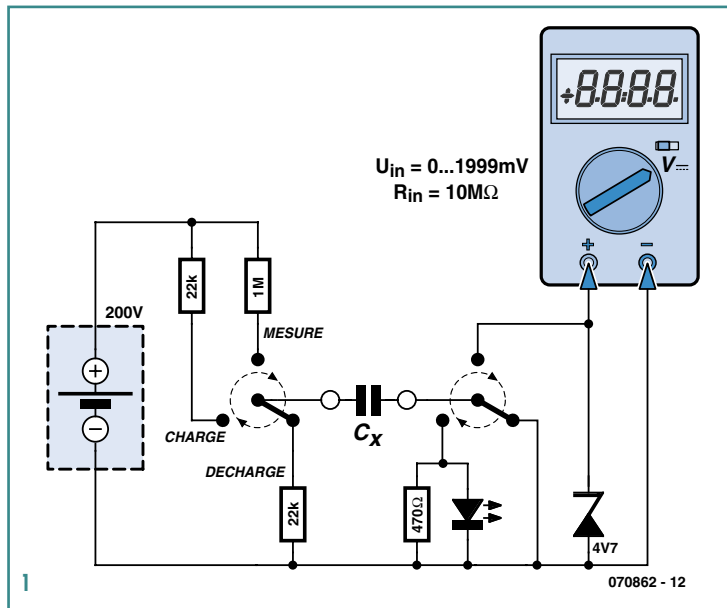
tance 2,5 kΩ ou une autre valeur si le galvanomètre possède une sensibilité différente. Le circuit intégré 741 pourra donner jusque 10 mA dans un galvano X. La graduation n'est pas linéaire, il faudra donc coller un papier sur le cadran et le regraduer avec les valeurs de la boîte à décades.

Deuxième cas, mesure d'un condensateur qui fuit
Selon la résistance de fuite, le tube à gaz va osciller selon la constante de temps R de fuite et C, c'est le condensateur de 0,1 μF dans l'entrée de l'OP qui intègre les impulsions du tube à gaz. Ce qui est intéressant dans cet appareil est que la mesure est indépendante de la valeur de C.

Il est possible de passer sans problème de 1 nF à 1 μF à ceci près que le temps d'intégration de la mesure est 1 000 fois plus grand ! Pour 1 μF, il ne faut que quelques secondes pour avoir la valeur mesurée. Le tube à gaz est

un éclateur parafoudre de chez Siemens A1 - C90 / 20, tels qu'on en trouve dans les vieux modems ou de nombreuses applications pour lignes téléphoniques. Lorsque j'ai la première fois refermé le boîtier, l'appareil ne fonctionnait plus. Mystère ! Il apparaît que ce tube s'ionise mieux en pleine lumière, j'ai donc

mettre le condensateur 2,2 μF et voir, lors de la charge des zener, s'il est nécessaire. Pour tous ceux qui désirent remettre en service de vieux appareils, ce testeur sera un auxiliaire précieux. Attention au réemploi !



dû, en final, l'illuminer à l'aide d'une LED blanche à fort rendement. Un bouton-poussoir de TEST 100 MΩ (ou une autre valeur !) permet de contrôler la mesure sur un condensateur parfait.

Pourquoi un condensateur de 2,2 μF en série avec le primaire ? Comme je le disais plus haut, le deuxième transfo élévateur (alimenté en 26 V) a un mauvais rendement dans ce sens. Il est nécessaire de mettre quelques volts en plus dans l'enroulement 24 V pour avoir le potentiel HT nécessaire. On peut dans un premier temps ne pas

mettre le condensateur 2,2 μF et voir, lors de la charge des zener, s'il est nécessaire.

Pour tous ceux qui désirent remettre en service de vieux appareils, ce testeur sera un auxiliaire précieux. Attention au réemploi !

hermanremy@scarlet.be (070862-1)

