

Wie misst man Elkos?

Manfred Zollner

Nach den an erster Stelle stehenden Röhren sind Elektrolyt-Kondensatoren (Elkos) die Bauteile eines Röhrenverstärkers, die am zweithäufigsten ausfallen. In alten Datenblättern konnte man schon mal "5% Ausfallrate in 10⁴ Stunden" finden, und in dieser Zeit ist auch die spannungsfreie Lagerzeit enthalten. Ein Hauptgrund für das frühe Ableben: Viele Alu-Elkos enthalten einen "nassen" Elektrolyt – trocknet der aus, ist der Elko kaputt. Wie kann man mit einfachen Mitteln feststellen, ob ein Elko kaputt ist? Oder halb-kaputt? Wie misst man Elkos?

Gleich zu Beginn: Die im Netzteil eines Röhrenverstärkers arbeitenden Elkos werden mit hohen Spannungen betrieben. Mit lebensgefährlichen Spannungen, die auch nach dem Ziehen des Netzsteckers noch lange bestehen können. Deshalb ist eine **Grundausbildung** in elektrischer Sicherheit erforderlich, wenn man die im Folgenden dargestellten Messverfahren anwenden möchte. Wer Zweifel hat, ob er über die nötigen Kenntnisse verfügt, muss einen Fachmann (bzw. eine Fachfrau) hinzuziehen.

Kondensatoren speichern beim Laden elektrische Energie. Nach der einfachen Theorie unendlich lange, bzw. so lange, bis diese Energie wieder abgerufen wird, d.h. bis der Kondensator wieder entladen wird. Die Ladung berechnet sich ganz einfach aus dem Produkt von Kapazität und Spannung, z.B. $Q = 47 \mu\text{F} * 450 \text{ V} = 0.021 \text{ As}$. Wenn 1 Sekunde lang 21 mA fließen, ist der Elko aufgeladen. $450 \text{ V} * 21 \text{ mA}$ ergäbe eine Leistung von 9.5 Watt, aber bei diesem Ladevorgang ist die Spannung nicht konstant – sie steigt vielmehr linear über der Zeit auf den Endwert (450 V) an, und deshalb ist die *mittlere Leistung* nur halb so groß. Denselben Faktor (0.5) finden wir auch bei der im Kondensator gespeicherten Energie: $E = 0.5 * C * U^2$. Für das o.a. Beispiel sind das $E = 4.76 \text{ Js}$. Diese Energie kann man "in den Kondensator" laden, und da bleibt sie dann, bis man sie wieder rauslässt. Sagt die einfache Theorie. Die Praxis lehrt indes, dass sich Kondensatoren "von selbst entladen", dass die Ladung und damit auch die Spannung eines geladenen Kondensators mit der Zeit abnehmen, auch wenn der Kondensator nicht beschaltet ist. Im Kondensator, d.h. zwischen seinen Anschlüssen, fließt ein **Leckstrom**. Der ist nicht sehr groß, vielleicht 100 μA , aber er zeigt, dass das ideale Kondensatormodell mit seinem isolierenden Dielektrikum die Realität nicht genau genug abbildet. Im etwas erweiterten Ersatzschaltbild (ESB) findet man deshalb parallel zur Kapazität einen Widerstand, den "**Leakage-Resistor**" R_p . Er bewirkt, dass nach dem Aufladen ein dauernder Gleichstrom fließt, und dass sich nach dem Abtrennen der Ladeschaltung der Elko wieder von selbst entlädt. Wenn bei einem auf 450 V aufgeladenen Elko ein Leckstrom von 100 μA fließt, entspricht dies einer Verlustleistung von $450 \text{ V} * 10^{-4} \text{ A} = 45 \text{ mW}$. Das ist wenig, und kein Grund zur Sorge. Der Leckstrom kann aber wegen Fertigungsmängeln oder hohem Alter auf viele Milliampere ansteigen, und das wäre dann ein Indiz auf einen defekten Elko. Ein Messverfahren besteht also in der Ermittlung des Leckstroms, doch da beginnen die Schwierigkeiten, denn der Leckstrom ist keine Konstante. Die Isolationseigenschaften des Kondensator-Dielektrikums hängen von vielen Parametern ab, und deswegen ist der Wert des Leakage-Resistors nicht konstant.

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: www.gitec-forum.de