

Meßverfahren für Elektrolyt-Kondensatoren

Messung der Gleichspannungskapazität

DIN
41 328
Blatt 4

Measurement of discharge capacity of electrolytic capacitors

1. Allgemeine Angaben

Um bei kleinen Volumen eine möglichst große Kapazität zu erzielen, ist im allgemeinen die Anode eines Elektrolyt-Kondensators (Elkos) aufgerauht, dabei entstehen Poren in der Anode, und der Teil der Kapazität, der im Inneren der Poren liegt, wird nur über den relativ hohen Widerstand des Elektrolyten in der Pore an die Kathode angeschlossen. Als physikalisches Ersatzschaltbild eines Elkos mit aufgerauhter Anode, ergibt sich deshalb eine leerlaufende RC-Leitung.

Die Parameter der Leitung sind dabei im allgemeinen über der Länge nicht konstant, sondern variieren je nach dem für Aufbau und Herstellung verwendeten Verfahren. Da die elektrisch wirksame Länge dieser RC-Leitung mit steigender Frequenz abnimmt, erhält man für tiefe Frequenzen bei dem üblich verwendeten Serienerersatzschaltbild eine Frequenz- bzw. Zeitabhängigkeit der Serienerersatzkapazität. Da solche Elkos bei tiefen Frequenzen häufig für Lade-Entlade-Schaltungen eingesetzt werden und eine Kapazitätsmessung bei sehr tiefen Frequenzen aufwendig ist, wird aus praktischen Gründen die „Gleichspannungskapazität“ gemessen. Es wird empfohlen zu den technischen Daten in Rahmennormen und Bauartnormen, die Abhängigkeit der Gleichspannungskapazität von der Lade- und Entladezeit sowie von Temperatur, Spannung und Meßzeit zusätzlich anzugeben.

Anmerkung: In DIN 41 240, Ausgabe Juni 1974, wird als Anmerkung zu Abschnitt 4.1.2 bisher ein Verfahren zur Bestimmung der Gleichspannungskapazität mit einem Kriechgalvanometer, z. B. Flußmesser und folgenden Zeitbedingungen angegeben:

Meßzeit $t_Q = 5 \text{ s}$

Entladezeitkonstante $\tau_Q = 1 \text{ s}$.

Diese Zeitbedingungen weichen von dem in Abschnitt 6 dieser Norm festgelegten ab, dadurch können sich andere Meßwerte ergeben. Dieses Verfahren zur Bestimmung der Gleichspannungskapazität fällt danach nicht unter diese Norm. Für gepolte Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren Typ IB, welche noch nach den Normen DIN 41 230, Ausgabe Juli 1965 und DIN 41 240, Ausgabe Februar 1964, nachgeliefert werden, ist das bisherige Meßverfahren anzuwenden, falls nicht besondere Vereinbarungen zwischen Anwender und Hersteller bestehen. Diese Festlegung gilt für Kondensatoren nach DIN 41 233, DIN 41 235, DIN 41 243 und DIN 41 245. Gegenüber dem bisher vorgeschriebenen Verfahren wird die Meßzeit bei denen in dieser Norm behandelten beiden Verfahren auf 0,2 s verringert (eine Verkürzung der Meßzeit beim bisher vorgeschriebenen Verfahren ist nicht auszuschließen).

2. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Messung der Gleichspannungskapazität von Elektrolyt-Kondensatoren (z. B. Al-Elko Typ IB und Typ IIB und Ta-Elko Typ I und Typ II).

3. Zweck der Messung und zulässige Meßunsicherheit

Die in dieser Norm festgelegten Meßverfahren sind für Abnahmemessungen und für Schiedsmessungen vorgesehen. Bei Abnahmemessungen soll die angewendete Meßanordnung eine Meßunsicherheit $\leq 0,1$ der zulässigen Abweichung, bei Schiedsmessungen jedoch höchstens 0,03 der zulässigen Abweichung des Prüflings aufweisen.

4. Meßprinzipien

Die Gleichspannungskapazität wird durch einmalige Entladung des auf die Nennspannung aufgeladenen Kondensators bestimmt. Gemessen wird dabei unter den Zeitbedingungen nach Abschnitt 5, entweder die Elektrizitätsmenge (Q-Methode) oder die Entladezeit (τ -Methode).

4.1. Messung der G-Kapazität nach der Q-Methode (Ladungsmessung)

Der Prüfling wird in einer Anordnung nach Bild 1 gemessen.

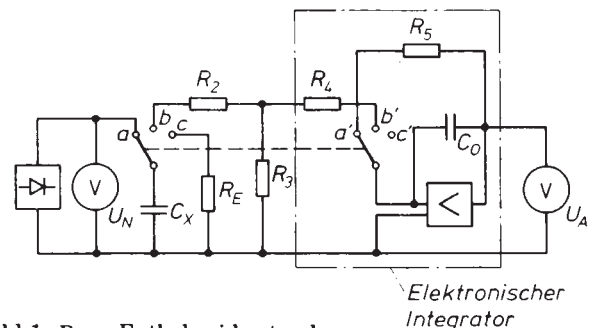


Bild 1. R_E = Entladewiderstand

Die Messung wird in folgenden Schritten ausgeführt:

- Prüfling mit $U_N \pm 1\%$ laden und Speicher löschen
- Prüfling über Meßkreis entladen, Strom-Zeit-Integral der Entladung bilden und einspeichern
- Speicher und Anzeige von Meßkreis trennen, Anzeige ablesen bzw. auswerten.

Fortsetzung Seite 2 und 3

Deutsche Elektrotechnische Kommission · Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DNA gemeinsam mit Vorschriftenausschuß des VDE

Für die Auswertung gelten folgende Ableitungen:

Die Kapazitäten des Kondensators C_X errechnet sich für die Entladung:

$$C_X = \frac{Q}{U_N}; C_X = \frac{1}{U_N} \int_c^{t_Q} i \cdot dt \quad (1)$$

$$\tau_Q = C_N \cdot (R_2 + R_3) = 0,03 \text{ s}$$

Das Strom-Zeit-Integral $\int i \cdot dt$ des Entladestromes wird nach den Methoden der Analogrechenstechnik bestimmt (1). Der Entladestrom i erzeugt im Meßwiderstand R_3 eine Spannung U_3 . Diese Spannung U_3 wird im Integrator bestehend aus R_4 , C_0 und einen Operationsverstärker integriert und gespeichert. Der gespeicherte Wert wird vom Spannungsmesser U_A angezeigt. Ist C_0 vor der Messung entladen, so erhält man bei der Entladung die Ausgangsspannung.

$$U_A = -\frac{1}{R_4 \cdot C_0} \int_c^{t_Q} U_3 \cdot dt = -\frac{\left(\frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}\right)}{R_4 \cdot C_0} \int_c^{t_Q} i \cdot dt \quad (2)$$

unter der Voraussetzung, daß durch einen zu hohen Eingangswiderstand des Operationsverstärkers das Meßergebnis nicht verfälscht wird.

Damit ergibt sich aus (1) und (2) für die Kapazität C_X des Prüflings

$$C_X = -U_A \frac{R_4 \cdot C_0}{R_3 \cdot U_N}; |C_X| \approx C_0 \cdot \frac{U_A}{U_N} \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_3} \quad (3)$$

wenn der Prüfling vor der Entladung auf die Spannung U_N geladen war und durch die Messung vollständig entladen wurde. Um den Anzeigewert U_A zu halten, wird der Integrator vom Meßkreis getrennt.

4.2. Messung der G-Kapazität nach der τ -Methode (Zeitmessung)

Der Prüfling wird aufgeladen und dann entladen. Gemessen wird die Zeit t vom Beginn der Entladung, bis die Spannung am Kondensator auf $\frac{U_N}{e}$ abgefallen ist.

Der Prüfling wird dazu z. B. in einer Anordnung nach Bild 2 gemessen.

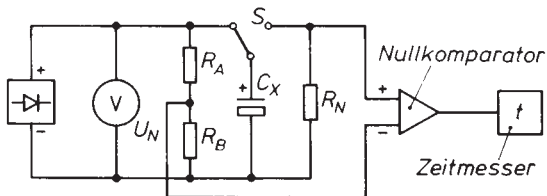


Bild 2.

$$\frac{R_A \cdot R_B}{R_B} = e = 2,718 \quad R_N = \frac{0,2 \text{ s}}{C_N}$$

C_N Kapazitätsnennwert

Damit ergibt sich die Gleichspannungskapazität des Prüflings.

$$C_X = t \cdot \frac{1}{R_N} \quad (4) \quad \tau_T = C_N \cdot R_N = 0,2 \text{ s}$$

Da bei der Messung großer Kapazitätswerte der Übergangswiderstand der Kontakte zum Prüfling Meßfehler verursachen kann, muß eine Vierpolkontaktierung des Prüflings erfolgen.

Eine mögliche Anordnung zeigt Bild 3.

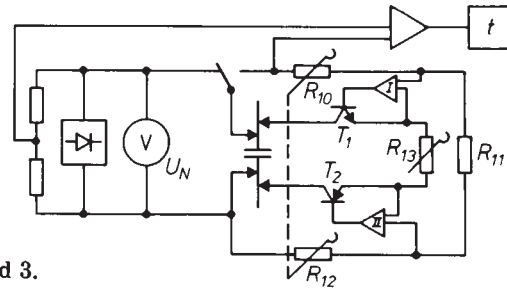


Bild 3.

$$R_{10} = R_{12}$$

$$R_{11} < R_{10} + R_{12}$$

In der Anordnung nach Bild 3 wird der für die Entladung im Bild 2 benutzte Widerstand R_N ersetzt durch eine Stromeinprägeschaltung mit einem komplementären Transistorpaar und Operationsverstärkern.

Bei dieser Anordnung wird über die Transistoren und Operationsverstärker (I und II) gleiche Spannung an R_{11} und R_{13} erzwungen. Unter der Voraussetzung $R_{11} < R_{10} + R_{12}$ ergibt sich ein Entladestrom

$$i = \frac{U_c}{R_{10} + R_{12}} + \frac{U_c \cdot R_{11}}{(R_{10} + R_{12}) R_{13}} = \frac{U_c}{R_{10} + R_{12}} \cdot \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{13}}\right) \quad (5)$$

Es ist zweckmäßig, R_{10} und R_{12} entsprechend der Mantisse von C mit dem Ziffernwert und R_{13} mit der Zehnerpotenz als Multiplikator zu beschriften.

Eicht man den Kurzzeitmesser so, daß eine Meßzeit 0 die Anzeige - 100, eine Meßzeit von 0,2 s eine Anzeige von 0 und eine Meßzeit von 0,4 s eine Anzeige von + 100 ergibt, so kann die relative Kapazitätsabweichung, bezogen auf den Nennwert, direkt in % abgelesen werden.

5. Ladespannungsquelle

Die Ladespannungsquelle soll mit Strom- und Spannungsstabilisierung ausgeführt werden. Das Laden des Prüflings erfolgt dann zunächst mit konstantem Strom, bis die eingestellte Spannung erreicht ist, dann sinkt der Strom bei konstanter Spannung am Prüfling bis auf + 100 Reststrom ab. Der Wert der Meßspannung bzw. seine zeitliche Konstanz muß die Forderungen des Abschnitts 3 gewährleisten.

6. Zeitbedingungen

6.1. Der Prüfling soll nach Erreichen der Nennspannung 30 s an Spannung verbleiben, bevor das Entladen beginnt. Für Abnahmemessungen kann diese Zeit herabgesetzt werden, wenn für die zu prüfende Bauart nachgewiesen ist, daß sich das gleiche Meßergebnis wie bei 30 s Ladezeit ergibt, dabei muß sichergestellt bleiben, daß die in den jeweils zutreffenden Rahmennormen oder Bauartnormen vorgeschriebenen Abnahme-Reststromwerte nicht überschritten werden. Schiedsmessungen sind mit 30 s Ladezeit auszuführen.

6.2. Um bei beiden Methoden genügend genau übereinstimmende Werte zu erhalten, müssen die Bedingungen für die Entladezeitkonstante $\tau_T = 7 \cdot \tau_Q$ und für die Meßzeit $A_\tau = A_Q$, jeweils bezogen auf den Nennwert der Gleichspannungskapazität, eingehalten werden.

6.2.1. Die Entladezeitkonstante, bezogen auf den Nennwert der Gleichspannungskapazität wurde bei der Q-Methode auf $\tau_Q = 0,03$ s, bei der τ -Methode mit $\tau_Q = 0,2$ s festgelegt.

6.2.2. Die Entladezeit soll bei beiden Methoden 0,2 s, bezogen auf den Nennwert der Gleichspannungskapazität, betragen.

6.3. Da die Meßzeit bzw. die Entladezeitkonstante auf den Nennwert der Gleichspannungskapazität bezogen werden, können sich bei Abweichungen des Prüflings vom Nennwert, zusätzlich Abweichungen des Meßwertes entsprechend der Änderung in den Zeitbedingungen ergeben. Diese Abweichungen werden bei der Messung grundsätzlich vernachlässigt.

Literatur

- [1] Telefunken Fachbuch, Rechenanleitung für Analogrechner, Seite 20, Kapitel 2.13 „Integrierende Verstärker“
- [2] Prinzip und Anwendung operativer Verstärker, Knott Elektronik, München
- [3] Analog Dialogue Volume 1 Number 3, September 1967, Seiten 1 bis 8, Industrial Electronics GmbH, 6 Frankfurt/M, Klüberstraße 14