Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 17

Artikel: Zuverlässigkeit von Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren

Autor: Gerth, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905150

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zuverlässigkeit von Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren

Von D. Gerth

621.319.45–192;

Zuverlässigkeitsangaben gehören heute zu den Parametern, die bei der Entwicklung von Apparaten und Geräten der industriellen Elektronik immer mehr an Bedeutung gewinnen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Dauerspannungsprüfung (Endurance) von Al-Elektrolyt-Kondensatoren, die zur Ermittlung ihrer Zuverlässigkeit dient. Die generelle Problematik von Zuverlässigkeitsangaben wird kurz skizziert. Der Beitrag schliesst mit einigen quantitativen und qualitativen Angaben zur Zuverlässigkeit von Al-Elektrolyt-Kondensatoren.

Les indications relatives à la fiabilité sont des paramètres de plus en plus importants pour le développement d'appareils de l'électronique industrielle. Le présent article donne un aperçu de l'essai d'endurance sous tension de condensateurs électrolytiques en aluminium pour la détermination de leur fiabilité. La problématique générale des indications de fiabilité est brièvement esquissée. Pour terminer, quelques indications quantitatives et qualitatives de la fiabilité des condensateurs en question sont données.

1. Einleitung

Die Zuverlässigkeit eines elektronischen Bauelementes wird durch die zu erwartende Brauchbarkeitsdauer und die zu erwartende Ausfallrate unter bestimmten Betriebsbedingungen beschrieben. Diese Zuverlässigkeitskenngrössen gestatten es, eine Voraussage über das Langzeitverhalten eines Bauelementes zu machen. Das Vorgehen bei der Ermittlung der Zuverlässigkeitskenngrössen wird im folgenden für Al-Elektrolyt-Kondensatoren mit flüssigem Elektrolyten beschrieben.

2. Ermittlung der Zuverlässigkeit von Al-Elektrolyt-Kondensatoren

Grundsätzlich könnte man zur Ermittlung der Zuverlässigkeit zwischen zwei Vorgehensweisen wählen:

– Man nimmt ein Gerät mit elektronischen Bauelementen in Betrieb und wartet, bis das eine oder andere Bauelement ausgefallen ist. Die Nachteile dieses Vorgehens sind offensichtlich.

– Deshalb führt man bestimmte, zeitraffende Prüfungen durch, um in – relativ zur Brauchbarkeitsdauer – kurzer Zeit eine zuverlässige Voraussage über das Langzeitverhalten der Bauelemente machen zu können.

2.1 Dauerspannungsprüfung (Endurance)

Die Prüfbedingungen, Messbedingungen und Ausfallkriterien für Al-Elektrolyt-Kondensatoren (Al-Elko) sind in der IEC-Publ. 384–4(1977) [1] festgelegt. Die dort angegebenen Bedingungen können wie folgt zusammengefasst werden:

Vorbehandlung: Die Al-Elkos werden bei Nennspannung während 1 h an ein geregeltes Netzgerät mit niedrigem Innenwiderstand angeschlossen. Der Vorwiderstand pro Al-Elko beträgt ca. 100 Ω für Nennspannungen bis einschliesslich 100 V und ca. 1 kΩ für Nennspannungen über 100 V. Darnach wird jeder Al-Elko über einen Widerstand von 1 Ω/V entladen. Anschliessend werden die Al-Elkos während 12...48 h spannungslos gelagert.

Prüfbedingungen: Dauerbetrieb mit Nennspannung bei der oberen Grenztemperatur (meistens 85 °C) während 2000 h für Al-Elkos für erhöhte Anforderungen (Long life) oder während 1000 h für Al-Elkos für allgemeine Anforderungen (General purpose). Damit im Falle eines Kurzschlusses eines Al-Elkos die anderen Prüflinge nicht beeinflusst werden, ist jeder Al-Elko mit einem Vorwiderstand von maximal 1 kΩ zu versehen. Die Nachbehandlung (recovery) beträgt 16 h.

Messbedingungen und Ausfallkriterien: Vor und nach der Dauerspannungsprüfung werden nach einer Sichtprüfung (keine sichtbare Beschädigung) die in Tabelle I zusammengestellten Parameter gemessen, wobei die ebenfalls in Tabelle I angegebenen Ausfallkriterien gelten.

2.2 Praktische Durchführung

Die Dauerspannungsprüfung von Al-Elkos, im allgemeinen bei der oberen Grenztemperatur von $T_a = +85\ ^0C$, wird entweder mit reiner Gleichspannung U(DC) oder mit Gleichspannung U(DC) und überlagertem Wechselstrom I(AC) durchgeführt.

Dauerspannungsprüfung mit reiner Gleichspannung U (DC): Bei dieser Dauerspannungsprüfung wird geprüft, inwieweit der Betriebselektrolyt seine Funktion (Aufrechterhaltung des Dielektikums Al_2O_3) erfüllt: Die Schichtdicke von Al_2O_3 muss innerhalb einer gewissen Toleranz bleiben. Es tritt praktisch keine Eigenerwärmung des Al-Elkos auf. Die ohmsche Verlustleistung $P = I_L U_N$ (I_L = Reststrom oder Leckstrom) liegt in der Grössenordnung von einigen mW. Innen- und Oberflächentemperatur des Elkos sind praktisch gleich der Umgebungstemperatur von $T_a = +85\ ^0C$. Zu einer gegenseitigen Erwärmung der Prüflinge kann es nur bei Auftreten eines oder mehrerer Ausfälle kommen. Angewendet wird diese Prüfung bei Al-Elkos, denen ein relativ kleiner Wechselstrom überlagert werden darf.

Dauerspannungsprüfung mit Gleichspannung U (DC) und überlagertem Wechselstrom I (AC): Bei dieser Prüfung wird zusätzlich die Dauerbelastbarkeit eines Elkos mit überlagertem Wechselstrom I geprüft. Dabei kommt es zu einer Eigenerwärmung des Elkos, hervorgerufen durch $P = I^2 \cdot R_{es}$ (R_{es} = Ersatzserienwiderstand: $R_{es} = \tan\delta/\omega C$). Das hat zur Folge, dass im Elko ein Temperaturgradient auftritt: Innentemperatur > Oberflächentemperatur > Umgebungstemperatur.

Je nach Al-Elko-Typ liegen die Ströme bei einigen 100 mA bis zu einigen A. Problematisch bei dieser Prüfung ist die Konstanthaltung des überlagerten Wechselstromes I(AC) während der gesamten Prüfdauer. Angewendet wird diese Prüfung bei Al-Elkos mit grossen *CU*-Produkten, die für grosse Ströme einsetzbar sind.

3. Zuverlässigkeitsangaben

3.1 Generelle Problematik

Seit ca. drei bis fünf Jahren geben die Hersteller von Al-Elkos in den Datenblättern an, mit welcher Mindestbrauchbarkeitsdauer (und max. Ausfallrate) bei Dauerbetrieb mit U_N und $T_a = +85\ ^0C$ bei einer statistischen Aussagesicherheit von 60 % gerechnet werden kann. Dazu ein paar Beispiele:

Al-Elko für allgemeine Anforderungen:

Axiale Bauform, $U_N < 100$ V, Durchmesser $D < 6{,}5$ mm: mindestens 1000 h

Axiale Bauform, $U_N < 100$ V, Durchmesser $D > 6{,}5$ mm: mindestens 2000 h

Messbedingungen und Ausfallkriterien für die Dauerspannungsprüfung von Al-Elkos mit flüssigem Elektrolyten nach IEC 384–4 (1977) Tabelle I

Parameter	Messbedingung	Ausfallkriterien		
Sichtprüfung	–	Sichtbare Beschädigung		
Reststrom	Nach 5 min an Nennspannung U_N; Vorwiderstand ca. 100 Ω für $U_N \leqq 100$ V ca. 1 kΩ für $U_N > 100$ V		Erhöhte Anforderungen	Allgemeine Anforderungen
		$C_N U_N$		
		$\leqq 1000$ µC	0,01 $C_N U_N$ oder 1 µA *)	0,05 $C_N U_N$ oder 5 µA *)
		> 1000 µC	0,006 $C_N U_N$ + 4 µA	0,03 $C_N U_N$ + 20 µA
Kapazität	Meßspannung $U_{eff} \leqq 0{,}5$ V Messfrequenz: 100 Hz oder 120 Hz		Erhöhte Anforderungen	Allgemeine Anforderungen
		$U_N \leqq 6{,}3$ V	+15 % bis −30 %	+25 % bis −40 %
		6,3 V $< U_N \leqq 160$ V	±15 %	±30 %
		$U_N > 160$ V	±10 %	±15 %
Verlustfaktor	Wie für Kapazität	Der Verlustfaktor darf das	Erhöhte Anforderungen	Allgemeine Anforderungen
			1,3fache	1,5fache
		des Grenzwertes gemäss folgender Tabelle nicht überschreiten:		
		4 V $< U_N \leqq 10$ V	0,50 (50 %)	
		10 V $< U_N \leqq 25$ V	0,35 (35 %)	
		25 V $< U_N \leqq 63$ V	0,25 (25 %)	
		63 V $< U_N$	0,20 (20 %)	
		Bei Elkos mit $C_N U_N > 100000$ µC können proportional höhere Werte angewendet werden		
Scheinwiderstand (Impedanz)	Meßspannung und Messfrequenz sind so zu wählen, dass wahrscheinlich der niedrigste Scheinwiderstand auftreten wird		Erhöhte Anforderungen	Allgemeine Anforderungen
		Höchstens das	2fache	3fache
		des in der Bauartnorm festgelegten Anfangsgrenzwertes		

*) der grössere Zahlenwert gilt

Al-Elko für erhöhte Anforderungen:
($U_N < 100$ V): mindestens 5000 h

Diese Angaben sind im allgemeinen experimentell nachgewiesen und juristisch vertretbar. Für den Temperaturbereich von 40...85 °C rechnet man von 85 °C ausgehend pro 10 °C Temperaturreduktion mit einer Verdoppelung der Brauchbarkeitsdauer (bei konstanter Ausfallrate), was für obige Beispiele zu folgenden Werten bei $T_a = 40$ °C führt:

Al-Elko für allgemeine Anforderungen:
Axiale Bauform, $U_N < 100$ V, Durchmesser $D < 6{,}5$ mm: ca. 22500 h (ca. 2,6 Jahre)

Axiale Bauform, $U_N < 100$ V, Durchmesser $D > 6{,}5$ mm: ca. 45000 h (ca. 5,1 Jahre)

Al-Elko für erhöhte Anforderungen:
($U_N < 100$ V): ca. 112000 h (ca. 12,8 Jahre)

Für die Praxis reichen diese Brauchbarkeitsdauern im allgemeinen nicht aus, da für die Apparate und Geräte der industriellen Elektronik heute Brauchbarkeitsdauern von 15 Jahren, 20 Jahren und mehr erwartet werden. Anderseits sind weder dem Hersteller von Al-Elkos noch dem Entwickler von Apparaten und Geräten der industriellen Elektronik die exakten Betriebsbedingungen vollumfänglich bekannt.

3.2 Angaben für die Praxis

Aufgrund der praktischen Erfahrung ist bekannt, dass für Al-Elkos für *erhöhte Anforderungen* ($U_N < 100$ V) bei Dauerbetrieb mit U_N und $T_a = < +40$ °C folgende Zuverlässigkeitswerte erwartet werden können:

Brauchbarkeitsdauer ca. 130000 h (rund 15 Jahre)
Ausfallrate ca. $1 \cdot 10^{-7}$/h (und besser)

Damit erfüllen zumindest die Al-Elkos für erhöhte Anforderungen annähernd die Erwartungswerte, die seitens der industriellen Elektronik an die Zuverlässigkeit gestellt werden. Bei den Al-Elkos für *allgemeine Anforderungen* liegen die Zuverlässigkeitswerte (wieder bei Dauerbetrieb mit U_N und $T_a = +40$ °C) für die Brauchbarkeitsdauer bei einigen Jahren bis 10 Jahren und für die Ausfallrate eher bei $1 \cdot 10^{-6}$/h als bei $1 \cdot 10^{-7}$/h. Die Al-Elkos für allgemeine Anforderungen sind bekanntlich vorzugsweise für die Unterhaltungselektronik und verwandte Anwendungen konzipiert.

Generell können über die Zuverlässigkeit von Al-Elkos folgende Angaben gemacht werden:

– Eine Reduktion der Umgebungstemperatur (von beispielsweise 85 °C auf 40 °C) erhöht die Brauchbarkeitsdauer.

– Eine Reduktion der Betriebsspannung bezogen auf die Nennspannung erhöht ebenfalls die Brauchbarkeitsdauer, wobei konkrete Angaben noch erarbeitet werden müssen.

– Je kleiner die Bauform eines Al-Elkos, um so kürzer die zu erwartende Brauchbarkeitsdauer (wegen des kleinen Elektrolytvorrates bei kleinen Bauformen).

Literatur

[1] Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques. Quatrième partie. Spécification intermédiaire: Condensateurs électrolytiques à l'aluminium à électrolyte solide ou non solide. Choix des méthodes d'essai et règles générales. Publication de la CEI 384–4, 1977.

Adresse des Autors

Dietrich Gerth, dipl. Phys., LGZ Landis & Gyr Zug AG, 6301 Zug.