



**CAPACITOR
COMPETENCE**
since 1958

ELKO-GRUNDLAGEN

Fachartikel von Dr. Arne Albertsen



ENGINEERED SOLUTIONS

JIANGHAI EUROPE
Electronic Components GmbH

Elko-Grundlagen

Dr. Arne Albertsen, Jianghai Europe Electronic Components GmbH

Einleitung

Aluminium-Elektrolytkondensatoren („Alu-Elkos“, „Elkos“) stellen einen unverzichtbaren Bestandteil vieler elektronischer Geräte dar. Gestiegene Anforderungen an die Energieeffizienz, die expandierende Nutzung erneuerbarer Energie und der stetig wachsende Elektronikanteil im Automobilbau haben die weite Verbreitung dieser Bauelemente vorangetrieben.

In vielen Applikationen hängen Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Gerätes direkt von den entsprechenden Parametern der Elkos ab [14]. Um einen zuverlässigen Betrieb von elektronischen Geräten für eine definierte Lebensdauer zu erzielen, ist ein Verständnis der Eigenschaften und physikalischen Einsatzgrenzen von Elkos unerlässlich.

Der vorliegende Beitrag erläutert zunächst den Aufbau von Elkos sowie die grundlegenden Begriffe Spannungsfestigkeit, Leckstrom, ESR, Ripplestrom, Eigenerwärmung, chemische Stabilität, Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Hilfsmittel zur Abschätzung der Elko-Lebensdauer in einer Applikation werden vorgestellt und anhand eines Beispiels illustriert. Hinweise zur erfolgreichen Anwendung von Elkos fassen die wesentlichen Punkte zusammen.

Weiterführende Informationen, insbesondere zum Thema „Lebensdauer“, finden sich in den Veröffentlichungen des Autors, siehe [1, 2, 3]. Die in den Jahren 2015 und 2016 im *IEEE Electrical Insulation Magazine* erschienene, dreiteilige Artikelreihe von Jens Both gibt einen Überblick über die faszinierende Technikgeschichte der Elkos im historischen, 120 jährigen Zusammenhang [5, 6, 7].

Aufbau von Elkos

Aluminium-Elektrolytkondensatoren vereinen Spannungsfestigkeiten im Bereich von wenigen Volt bis zu ca. 700 V und einen weiten Kapazitätsbereich von 1 μF bis über 1 F bei gleichzeitig kompaktem Aufbau. Eine hoch aufgeraute Anodenfolie aus Aluminium mit einer dünnen Dielektrikumsschicht wird dabei vollflächig von einer passgenauen Kathode, der Elektrolytflüssigkeit, kontaktiert (Abb. 1).

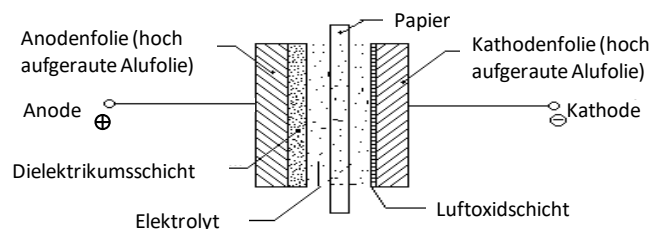


Abb. 1: Innerer Aufbau eines Alu-Elkos

Der flüssige Elektrolyt ist die Besonderheit der Konstruktion des Aluminium-Elektrolytkondensators und seine Präsenz hat technische Konsequenzen:

- Da der Stromfluss durch den Elektrolyten auf Ionenleitung beruht, sorgt eine steigende Temperatur des Elektrolyten für ein Absinken der Viskosität und damit des Widerstandes.
- Der Siedepunkt des Elektrolyten bestimmt die obere Kategorietemperatur und limitiert die maximal zulässige Eigenerwärmung durch den überlagerten Wechselstrom („Ripplestrom“) in Verbindung mit der herrschenden Umgebungstemperatur.
- Elektrolytverluste durch elektrochemische Reaktionen an der Dielektrikumsschicht (Selbstheilung) und Diffusion durch die Dichtung (Austrocknung) bewirken eine Drift der elektrischen Parameter des Elkos und führen zu einer Begrenzung seiner Lebensdauer [12].

Herstellung von Elkos

Die Herstellung von Elkos umfasst im Wesentlichen die folgenden Schritte:

1. Ätzen – hoch reine Aluminiumfolien sind das Ausgangsmaterial der späteren Anoden- und Kathodenfolien. Der Ätzzvorgang erhöht die Oberfläche des Anodenmaterials je nach Spannungsfestigkeit bis zu 140-fach. Bereits zu diesem frühen Zeitpunkt im Produktionsablauf entscheidet sich wesentlich, ob der Elko später den hohen Anforderungen in Bezug auf Spannungsfestigkeit, Zuverlässigkeit, Stromtragfähigkeit und Langlebigkeit in professionellen Industrieanwendungen gerecht werden kann.
2. Formieren – die Anodenfolie trägt die Dielektrikumsschicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), welche in einem elektrochemischen Verfahren auf der aufgerauten Anodenfolie aufwächst. Das Verfahren wird als anodische Oxidation oder Formierung bezeichnet. Die Güte der Formierung ist dabei ein wesentlicher Schlüssel zur hohen Zuverlässigkeit der Bauteile im Betrieb.

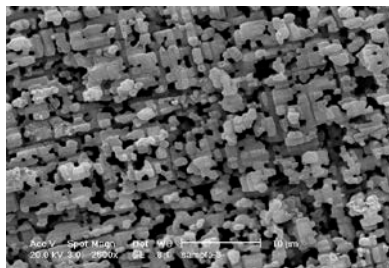


Abb. 2: Oberfläche einer geätzten Anodenfolie

Abbildung 2 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche einer geätzten Hochvolt-Anodenfolie.

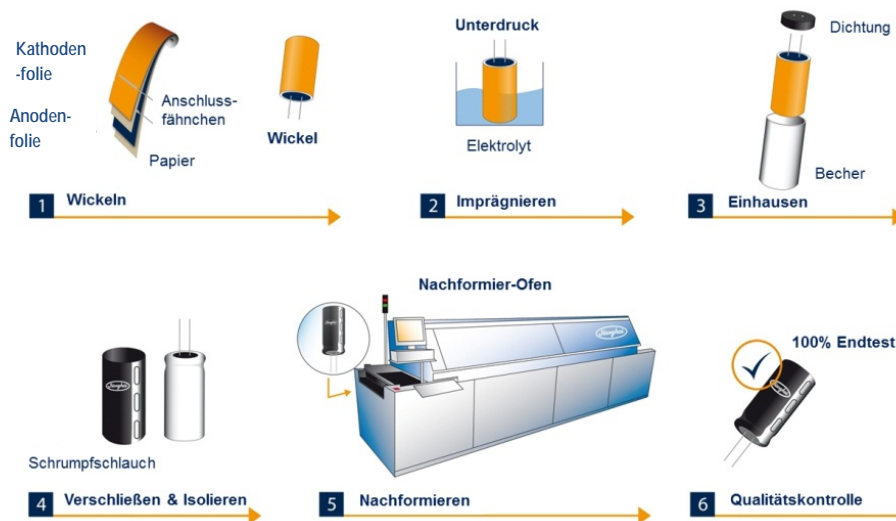


Abb. 3: Prozessschritte vom Vormaterial zum (radialen) Elko

3. Zuschneiden
4. Wickeln (Abb. 3.1) – Anbringen der elektrischen Anschlussföhnchen an die Folien und Wickeln von Anode, Papier (als Abstandhalter und Elektrolytreservoir, ggf. mehrlagig) sowie Kathode.
5. Imprägnieren (Abb. 3.2) – die Poren des im Wickel enthaltenen Papiers und die gesamte Oberfläche der Anodenfolie werden mit der flüssigen Kathode, dem Elektrolyten, benetzt.
6. Einhausung (Abb. 3.3).
7. Verschlussbördelung der Dichtung und Schrumpfschlauchisolierung (Abb. 3.4).
8. Nachformieren (Abb. 3.5) zur Ausheilung von Beschädigungen der Oxidschicht während des Herstellprozesses. Hauptgründe für eine Nachformierung sind unformierte Schnittkanten der Anodenfolie und die durch ihre Sprödigkeit während des Wickelns gerissene Oxidschicht.
9. 100% Qualitätskontrolle (Abb. 3.6)

Spannungsfestigkeit

Insbesondere die Prozessschritte des Formierens und Nachformierens haben großen Einfluss auf die Spannungsfestigkeit von Elkos im Betrieb, aber auch auf die Kosten der Herstellung. Jianghai verfolgt das Ziel, einen hinreichenden Sicherheitsabstand der Formierspannung zur Nennspannung sowie stets ausreichenden Verweildauern beim Nachformieren zu gewährleisten, um eine hohe Zuverlässigkeit zu erzielen.

Spannungen außerhalb des zulässigen Bereichs (zulässig: grün bzw. gelb gefärbter Bereich in Abb. 4) können bereits bei einmaligem Auftreten zu bleibenden Schäden des Elkos führen.

Für den sicheren und zuverlässigen Betrieb von Elkos sind daher die folgenden Definitionen von zentraler Bedeutung [3].

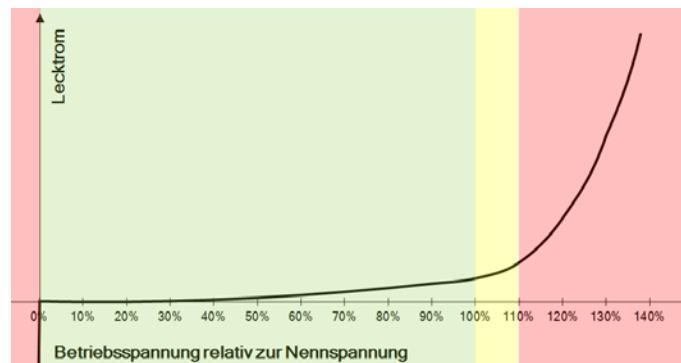


Abb. 4: Qualitativer Verlauf des Betriebsleckstroms in Abhängigkeit von der Spannung für einen Hochvolt-Elko

Umpolspannung (reverse voltage, IEC 60384-4, 4.15)

Alu-Elkos als gepolte Bauelemente müssen stets mit korrekter Polarität angeschlossen werden. Eine Umpolung kann (je nach Spannung und Stromangebot) zur Zerstörung des Bauteils führen [3].

Bemessungsspannung und überlagerte Wechselspannung (Nennspannung, rated voltage, IEC 60384-4, 2.2.3 ~ 2.2.5)

Die kontinuierlich am Kondensator anliegende Betriebsspannung inklusive der überlagerten Wechselspannung soll nicht den Wert der Bemessungsspannung übersteigen (grüner Bereich in Abbildung 4), wobei der Bemessungs-Wechselstrom ebenfalls nicht überschritten werden darf.

Spitzenspannung (surge voltage, IEC 60384-4, 4.14)

Die Spitzenspannung kennzeichnet den maximalen Spannungswert, der innerhalb der Elko-Lebensdauer mit einer Häufigkeit von 1000 Zyklen bei einer Verweildauer von 30 Sekunden und einer Pause von 5 Minuten und 30 Sekunden bei oberer Kategorietemperatur angelegt werden darf, ohne dass es zu sichtbaren Schäden am Elko oder einer Kapazitätsänderung von mehr als 15% kommt (gelber Bereich in Abbildung 4).

Transienten-Überlastspannung (transient voltage, IEC 60384-4, 4.22)

Eine Überschreitung der Spitzenspannung liegt außerhalb des im Datenblatt angegebenen Betriebsbereiches (roter Bereich rechts in Abb. 4). Spannungen jenseits der Spitzenspannung führen zu hohen Leckströmen und einer Spannungsbegrenzung ähnlich einer Zenerdiode [9]. Wenn die elektrische Feldstärke zu hoch für den Elektrolyten wird, kann es unmittelbar zu einem Kurzschluss kommen. Wenn in einer Applikation definierte Transienten zu erwarten sind, verfügt Jianghai über technische Möglichkeiten, um hier eine spezifische Lösung im Rahmen der physikalischen Grenzen zu schaffen.

Leckstrom

Die wesentliche Ursache des Leckstromes sind Fehlstellen des Oxid-Dielektrikums. Diese resultieren aus Kristallbaufehlern, mechanischen Spannungsrissen, fertigungsbedingten Beschädigungen und Anlösungen der Oxidschicht durch den Elektrolyten [12]. Innerhalb weniger Minuten klingt der Leckstrom

in etwa exponentiell ab und nimmt einen fast konstanten Wert, den Betriebsleckstrom ein. Der Betriebsleckstrom als Maß für den Formierzustand der Anodenfolie hängt von der Zeit, angelegter Spannung, Temperatur und Vorgeschichte des Kondensators ab [12]. Typische Werte des Betriebsleckstromes betragen ca. 5 ~ 15% vom Datenblattwert des Leckstromes, der auch nach längerer spannungsloser Lagerung eingehalten werden soll.

Um eine gleichmäßige Aufteilung der Spannung bei einer Serienschaltung von Elkos zu gewährleisten, sollte der Strom durch einen Spannungsteiler aus Widerständen den Leckstrom um ein Mehrfaches übersteigen. Die Verwendung von Elkos aus einem Fertigungslos ist dabei vorteilhaft, denn diese weisen in der Regel geringere Abweichungen der Leckströme aus als Elkos aus verschiedenen Fertigungslosen.

Äquivalenter Serienwiderstand ESR

Der ESR-Wert (Equivalent Series Resistance) gestattet die einfache Berechnung der beim Betrieb eines Elkos mit einer überlagerten Brummspannung entstehenden Verlustleistung [4].

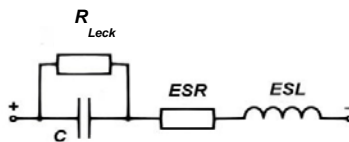


Abb. 5: Ersatzschaltbild des Elektrolytkondensators

Der ESR (Abb. 5) besteht aus der Summe eines näherungsweise konstanten, eines frequenzabhängigen und eines temperaturabhängigen Anteils [8]. Abb. 6 zeigt die typischen Verläufe des ESR gegenüber der Frequenz und der Temperatur.

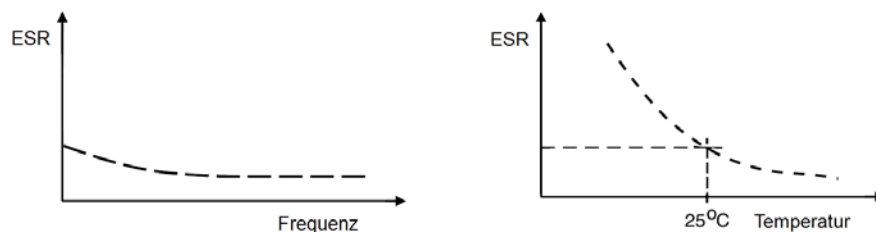


Abb. 6: (a) Frequenz- und (b) Temperaturabhängigkeit des ESR

Um ein robustes Design zu erhalten, sollten die maximalen ESR-Werte als Auslegungsgrundlage verwendet werden.

Ripplestrom

Für gewöhnlich überlagert eine Ripplespannung die am Elko anliegende Gleichspannung, so dass ein Ripplestrom fließt, der zu einer Eigenerwärmung des Elkos führt. Wenn Ströme verschiedener Frequenzen einen Beitrag zur Eigenerwärmung leisten [13], muss der Effektivwert der gewichteten Rippleströme ermittelt werden. Die Stromkorrekturfaktoren haben ihren Ursprung in der Frequenzabhängigkeit des ESR-Wertes und diese werden in den Datenblättern tabelliert, siehe [1]

Eigenerwärmung von Elkos

Während des Betriebs erwärmt sich der Elko gegenüber seiner Umgebung. Die Hauptkühlungsmechanismen von Elkos sind Wärmestrahlung und Konvektion. Die sichtbare Farbe des Schrumpfschlauches hat keinen Einfluss. Der Anteil der Konvektion am gesamten Kühleffekt lässt sich durch Zwangsbelüftung erhöhen [10]. Dadurch kann die Stromtragfähigkeit der gekühlten Elkos je nach Strömungsgeschwindigkeit und Abmessungen um bis zu ca. 40% steigen. Der Autor verweist für weitere Informationen auf die Fachartikel von Jianghai, siehe [1, 2, 3]

Die Messung der Oberflächentemperatur am Becherboden gibt in guter Näherung den Wert der Kerntemperatur bei radialen und kleinen (Durchmesser ≤ 25 mm) Snap-in Elkos an. Bei größeren Bechern empfiehlt sich eine Messung der Kerntemperatur. Jianghai bietet zu diesem Zweck Elkos mit eingebauten Thermoelementen an.

Chemische Stabilität

Elektrolytsysteme sind Vielstoffgemische und ihre chemische Stabilität ist ein Muss. Ein guter Indikator für chemische Stabilität ist das sog. "Shelf Life". Im Gegensatz zur normalen Lagerung (Storage Time) von Elkos bei moderaten Temperaturen setzt der Shelf Life Test die Elkos einem beschleunigten Lebensdauertest bei oberer Kategorietemperatur, aber ohne angelegte Spannung (und damit ohne Möglichkeit zur Selbstheilung) aus. Ein hoher Zahlenwert für das Shelf Life ist ein Hinweis auf gute chemische Stabilität, hohe Reinheit der verwendeten Materialien und eine sehr gute Qualität der Produktion.

Zuverlässigkeit

Der typische Verlauf der zeitlichen Entwicklung der Zuverlässigkeit von Elektrolytkondensatoren wird durch die sog. „Badewannenkurve“ charakterisiert [11]. Die Ausfallrate („Fitrade“) λ gibt die Anzahl von Ausfällen je Zeiteinheit an (die Maßeinheit FIT = „Failures in Time“ bezeichnet die Ausfallwahrscheinlichkeitsdichte in $\frac{10^{-9} \text{ Ausfällen}}{h}$).

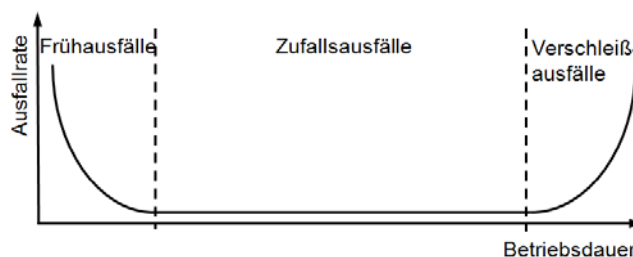


Abb. 7: Zeitliche Entwicklung der Ausfallrate

Die Badewannenkurve in Abb. 7 hat drei zeitlich aufeinanderfolgende Abschnitte:

1. Frühausfälle mit einer sinkenden Fitrade λ
2. Die normale Lebensdauer mit einer konstanten Fitrade λ , die das Auftreten von Zufallsausfällen beschreibt
3. Steigende Fitraten λ , die aus Verschleiß- bzw. Änderungsausfällen am Ende der Lebensdauer resultieren

Bei der Herstellung von Elektrolytkondensatoren erfolgt durch die Formierung der Kondensatoren im Werk gleichsam eine Voralterung, so dass Frühausfälle in der Anwendung sehr selten sind [4]. Die Größenordnung dieser Feld-Ausfallraten liegt im Bereich 0,5 ~ 20 FIT.

Elko-Lebensdauerdiagramm und Lebensdauermodell

Für die weiteren Betrachtungen gehen wir davon aus, dass der Elko stets im Zeitbereich konstanter Fitraten und in einem zulässigen Arbeitspunkt betrieben wird. „Zulässige Arbeitspunkte“ sind gekennzeichnet durch eine geeignete Kombination von Spannung, Polarität, Umgebungstemperatur, Ripplestrom, mechanischer Belastung und „sauberer“ Umgebung (Abwesenheit von chemisch aggressiven Stoffen in der Nähe des Elkos).

Um seinen Kunden Hilfsmittel zur Abschätzung von Elko-Lebensdauern verfügbar zu machen, hat Jianghai Lebensdauerdiagramme und ein Lebensdauermodell entwickelt [1]. Während die wichtigsten Parameter (Temperatur, Ripplestrom) ins Lebensdauerdiagramm eingehen, berücksichtigt das rechnerische Lebensdauermodell basierend auf der Arrhenius-Gleichung die tatsächliche Betriebsspannung als weiteren, die Lebensdauer beeinflussenden Faktor. Bei Vorliegen einer Zwangskühlung finden Korrekturfaktoren Anwendung.

Beispiel für eine Lebensdauerabschätzung

Ein 105 °C-Elko 390 µF, 400 V, 35x45 mm aus der Snap-in Baureihe CD_297_BB von Jianghai soll bei einer Umgebungstemperatur von $T_A = 55$ °C mit einem Ripplestrom von 2,51 A_{rms} bei 20 kHz betrieben werden. Die Spannung am Elko betrage 400 V, sodass lediglich Umgebungstemperatur und Ripplestrombelastung in die Lebensdauerbetrachtung eingehen. Die Kühlung erfolge durch freie Konvektion.

Im Datenblatt sind ein Nenn-Ripplestrom von 1,27 A_{rms} bei 120 Hz und $T_0 = 105$ °C sowie ein Frequenzkorrekturfaktor von 1,4 für Frequenzen des Ripplestromes oberhalb von 10 kHz und Nennspannungen von 315 ~ 450 V spezifiziert. Die Lebensdauer im Sinne der „useful life“ ist mit $L_0 = 7.000h$ angegeben.

Das Verhältnis des tatsächlichen, auf 120 Hz skalierten Ripples zum Nenn-Ripple beträgt

$$\frac{I_A}{I_R} = \frac{2,51 A_{rms}}{1,27 A_{rms} \cdot 1,4} = 1,41$$

Das Ablesen des Lebensdauerfaktors am Schnittpunkt von Betriebsripple/Nennripple und Umgebungstemperatur in Abb. 8 ergibt ungefähr einen Wert von 16 Daraus folgt eine geschätzte Lebensdauer „useful life“ des Elkos in der Applikation von

$$L = L_0 \cdot 16 = 7.000 h \cdot 16 = 112.000 h \cong 13 \text{ Jahre}$$

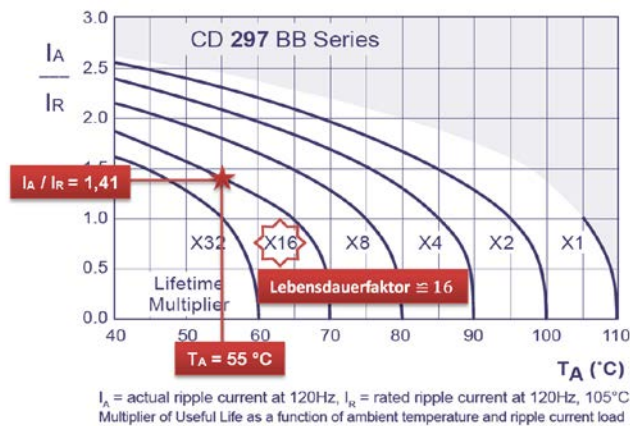


Abb. 8: Der Schnittpunkt der Betriebspunktparameter führt zum Lebensdauerfaktor

Alternativ lässt sich die Lebensdauer auch unter Verwendung des Lebensdauermodells [1] numerisch ermitteln:

$$L = L_0 \cdot K_T \cdot K_R \cdot K_V$$

$$= L_0 \cdot 2^{\frac{T_0 - T_A}{10K}} \cdot K_i \left[1 - \left(\frac{I_A}{I_R} \right)^2 \right]^{\frac{\Delta T_0}{10K}} \cdot \left(\frac{U_A}{U_R} \right)^{-n} \quad \text{mit : } 0,6 \leq \frac{U_A}{U_R} \leq 1 \rightarrow n = 2,5$$

mit $K_i = 4$, $\Delta T_0 = 5 K$

ergibt:

$$L = 7.000h \cdot 32 \cdot 0,5 \cdot 1 \approx 13 \text{ Jahre}$$

Das Ergebnis der numerischen Abschätzung entspricht dem der graphischen Lösung unter Verwendung des Lebensdauerdiagramms.

Elkos erfolgreich einsetzen

Das übliche Fehlerbild eines normal gealterten Elkos ist ein Änderungsausfall wegen zu geringer Kapazität bzw. zu hohen ESR-Wertes. Weitere Elko-Ausfallmechanismen können durch produktions- (äußerst selten) oder applikationsbedingte Ursachen ausgelöst werden [2]. Meist lassen sich Ausfälle auf applikationsbedingte Ursachen zurückführen (Überlastung durch Umgebungstemperatur, Ripplestrom, Betriebsspannung, Vibration, Zugbelastung,...) Jenseits der Einflussmöglichkeiten des Elko-Herstellers ist hier der Anwender gefordert, die richtigen Bedingungen durch robustes Design, sorgfältige Verarbeitung und moderate Umweltbedingungen in der Applikation sicherzustellen.

Transport und Lagerung

Elko-Becher (Reinaluminium) und Elko-Dichtung (Gummi) sind weich bzw. elastisch. Augenscheinlich defekte (verbeulte) Bauteile sollten nicht verarbeitet werden. Schädigungen durch Halogene (insbesondere Bromide zur Sterilisierung der Waren während des Überseetransports) sind leider keine Seltenheit. Dies gilt sowohl für den Bezug von Elkos als auch für den Versand der fertigen Baugruppen.

Bestückung und Montage

Zug, Druck und Verbiegen der Anschlussbeinchen (insbesondere bei radialen Elkos) ist zu vermeiden. Eine Beschädigung der inneren Kontaktierung von Anoden und Kathodenfolie könnte die Folge sein.

Kleber, Vergussmassen oder Lacke müssen frei von Halogenen sein. Im Bereich der Elko-Dichtung sollte eine Öffnung verbleiben, so dass die Bildung eines Mikroklimas in einem allseitig umschlossenen Hohlraum vermieden wird (Korrosionsgefahr). Leiterbahnen sollen nicht unter dem Elko („zwischen den Beinchen“) verlaufen.

Löten

Die vom Hersteller spezifizierten Grenzen der Lötprofile sind unbedingt einzuhalten, um Vorschädigungen zu vermeiden. Dieser Aspekt hat besondere Bedeutung bei der Verarbeitung von SMD-Elkos im bleifreien Reflow-Prozess (Profile mit erhöhter Löttemperatur).

Betrieb

Spannungsspitzen z.B. aus induktiven Lasten können bei Ein- oder Ausschaltvorgängen zu Transienten führen, die jenseits der Formierspannung bzw. der Gegenspannungsfestigkeit liegen.

Mechanische Belastungen während des Betriebes können (z.B. bei Eigenresonanz) zu einem Bruch der Anschlussdrähte führen. Kleben oder eine andere Platzierung des Elkos auf der Leiterplatte kann hier Abhilfe schaffen.

Jede Erhöhung der Umgebungstemperatur um 10 K verdoppelt die Ausfallrate und halbiert die Elko-Lebensdauer. Eine Platzierung entfernt von Wärmequellen (Kühlkörper, Leistungsinduktivitäten) ist hier vorteilhaft.

Zusammenfassung

Aluminium-Elektrolytkondensatoren bestimmen über ihre Lebensdauer und Zuverlässigkeit die Brauchbarkeitsdauer der Geräte, in denen sie eingesetzt sind. Die Kenntnis einiger wesentlicher Parameter dieser Bauelemente, die durch den in ihnen enthaltenen flüssigen Elektrolyten eine Besonderheit unter den elektronischen Bauteilen darstellen, ist zur sicheren Auslegung von Geräten unabdingbar.

Die Anwendbarkeit der hier formulierten Modelle und ihrer Ergebnisse hängen im Einzelfall von der Baureihe und der Applikation ab. Daher ist eine intensive Projektbegleitung und Bestätigung der Abschätzungen durch den Elko-Hersteller immer erforderlich.

Literatur

- [1] Albertsen, A., Lebe lang und in Frieden! Hilfsmittel für eine praxisnahe Elko-Lebensdauerabschätzung, *Elektronik Components* 2009, 22-28 (2009)
- [2] Albertsen, A., Auf eine sichere Bank setzen – Zuverlässigkeit von Elektrolytkondensatoren, *Elektronik Components* 2010, 14-17 (2010)
- [3] Albertsen, A., Gebührenden Abstand einhalten! – Spannungsfestigkeitsbetrachtungen bei Elektrolytkondensatoren, *Elektronik Power*, 54-57 (2011)
- [4] Both, J., Aluminium-Elektrolytkondensatoren, Teil 1 - Ripplestrom und Teil 2- Lebensdauerberechnung, *BC Components*, February 10, 2000
- [5] Both, J., “Electrolytic capacitors, 1890 to 1925: Early history and basic principle”, *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 31, no. 1, pp. 22–29, 2015
- [6] Both, J., “The modern era of aluminum electrolytic capacitors”, *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 31, no. 4, pp. 24–34, 2015.
- [7] Both, J., “Electrolytic Capacitors, From the Postwar Period to the Present”, *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 32, no. 2, pp. 8-26, 2016.
- [8] Gasperi, M. L., A Method for Predicting the Expected Life of Bus Capacitors, IEEE Industry Applications Society, Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, October 5-9, 1997
- [9] Imam, A.M., Condition Monitoring of Electrolytic Capacitors for Power Electronics Applications, Dissertation, Georgia Institute of Technology (2007)
- [10] Parler, S.G., Thermal Modeling of Aluminum Electrolytic Capacitors, IEEE Industry Applications Society Conference, October 1999
- [11] Stiny, L., *Handbuch passiver elektronischer Bauelemente*, Franzis Verlag, Poing, 2007
- [12] Thiesbürger, K.H., *Der Elektrolytkondensator*, Roederstein, Landshut, 1991
- [13] van de Steeg, T., Selecting electrolytic capacitors for power supplies, *DATAWEEK Electronics & Communications Technology*, Issue February 28, 2001
- [14] Venet, P., A. Lahyani, G. Grellet, A. Ah-Jaco, Influence of aging on electrolytic capacitors function in static converters: Fault prediction method, *Eur. Phys. J. AP* 5, 71-83 (1999)

Unternehmen

Die Jianghai Europe Electronic Components GmbH mit Sitz und Warenlager in Krefeld und Kempen unterstützt die europäischen Kunden der Nantong Jianghai Capacitor Co., Ltd. (Jianghai) in Nantong, China. Jianghai wurde im Jahre 1958 gegründet. Während Jianghai am Anfang vor allem spezielle chemische Produkte (wie z.B. Elektrolytsysteme) entwickelte und produzierte, kamen ab 1970 Aluminium-Elektrolytkondensatoren und geätzte und formierte Anodenfolien hinzu. Folien-, Polymer-, Doppelschicht und Lithium-Ionen Kondensatoren komplementieren das Produktportfolio. Jianghai ist der größte chinesische Elko-Hersteller und zählt im weltweiten Vergleich zu den drei führenden Herstellern von Snap-in und Schraubanschlusselkos.

Autor



Dr. Arne Albertsen studierte Physik mit dem Schwerpunkt Angewandte Physik an der Universität Kiel. Nach Diplom (1992) und Doktorarbeit (1994) über die Messung und Analyse von Stromzeitreihen aus Ionenkanälen in biologischen Membranen wechselte er in die Industrie, wo er in verschiedenen Bereichen des umwelt- und verfahrenstechnischen Anlagenbaus tätig war. Seit 2001 widmet er sich als Mitarbeiter führender Hersteller (BCcomponents bzw. Vishay und KOA) dem Marketing und Vertrieb von passiven und diskreten aktiven Bauelementen. Seit November 2008 zeichnet er als Senior Sales Manager bei Jianghai Europe Electronic Components GmbH (Krefeld)

verantwortlich für die Betreuung europäischer Key-Account-Kunden. Die

Schwerpunkte der Tätigkeit von Dr. Albertsen liegen im Bereich des Design-ins und der Anwendungsunterstützung für Kondensatoren in professionellen Industrieapplikationen. Dr. Albertsen ist seit 2011 ehrenamtlich als Experte für Elektrolytkondensatoren und stellvertretender Obmann im Normungsgremium „K611“ der DKE Deutschen Kommission Elektrotechnik im DIN und VDE tätig.

www.jianghai-europe.com

a.albertsen@jianghai-europe.com