

Applications & Cases



Langzeitstabilität von Alu-Elkos

Juli 2007

Rasten ohne Folgen

Neue Alu-Elkos von EPCOS besitzen eine hohe Langzeitstabilität durch spezielle Fertigungsverfahren sowohl bei Lagerung als auch im Betrieb. Davon profitiert besonders die Automobil-Elektronik mit ihren hohen Qualitätsstandards.

Denn diese Kondensatoren werden in einer Vielzahl von Automobilanwendungen eingesetzt. Dazu zählen Motormanagementsysteme für die Kraftstoffeinspritzung genauso wie

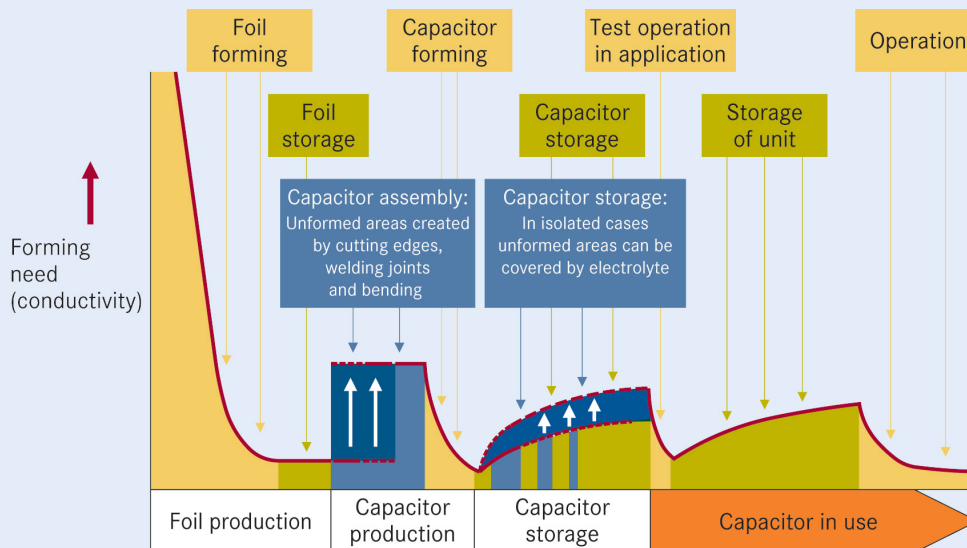
Ansteuerungen von Kühler- und Scheibenwischermotoren, elektronische Lenksysteme, in Airbags oder Multimediageräte.

Lagerung beeinflusst das Reststromverhalten

Eine wichtige Kenngröße des Aluminium-Elektrolyt-Kondensators ist sein Reststromverhalten bei Wiederinbetriebnahme nach Lagerung. Als Reststrom wird der Leckstrom durch den Kondensator bezeichnet, der kurz nach Anlegen einer Gleichspannung noch relativ hoch ist und nach mehrtägigem Anlegen der Gleichspannung auf einen geringen Wert, den Betriebsreststrom, abklingt. Zur Bewertung des Reststromverhaltens wird üblicherweise der Reststromwert herangezogen, der nach fünfminütigem Anlegen der Gleichspannung noch als Leckstrom durch den Kondensator fließt.



ABBILDUNG 1: RESTSTROMNIVEAU VON ALU-ELKOS WÄHREND DER LEBENSDAUER



Der Formierbedarf eines Alu-Elkos im Laufe seiner Herstellung von der Anodenfolie bis zum fertig eingesetzten Alu-Elektrolyt-Kondensator. Der Nachformierbedarf zeigt sich im Reststrom beim Formieren, hier gelb markiert. Wenn keine Spannung anliegt (grüner Bereich), steigt die mittlere Leitfähigkeit der Oxidschicht wieder an. Bei einem erneuten Anlegen einer Spannung zeigt sich die erhöhte Leitfähigkeit durch einen erhöhten Reststrom, der mit zunehmender Lagerdauer ansteigt.

Applications & Cases

Das Dielektrikum eines Alu-Elkos besteht aus dem Aluminiumoxid, das elektrochemisch auf eine aufgeraute Aluminiumfolie aufformiert wird. Die Qualität des Oxids – die sich im Laufe der Alu-Elko-Herstellung und des späteren Einsatzes immer wieder verändert – bestimmt die isolierenden Eigenschaften des Dielektrikums. Durch die Verarbeitung der mit Oxid bedeckten Anodenfolie bei der Kondensatorherstellung und später durch spannungsloses Lagern erhöht sich die Gleichstrom-Leitfähigkeit des Oxids wieder. Dies führt zu einer schlechteren Isoliereigenschaft des Dielektrikums. Um die störende Leitfähigkeit zu minimieren, wird schließlich eine neuerliche Formierung unter Spannung zur Ausheilung und Ergänzung der Oxidschicht nötig. Ist das Oxid stärker degeneriert, so fließt bei der erneuten Formierung ein hoher Formierstrom. Man spricht dann von einem erhöhten Formierbedarf (Abbildung 1).

Alu-Elko-Lagerung

Bei der Lagerung eines Alu-Elkos können zwei unterschiedliche Effekte die Sperrfähigkeit des Kondensators nachteilig beeinflussen – die Oxid-Degeneration und Nachimprägniereffekte. Wenn später erneut Spannung angelegt wird, kann dies dann zunächst wieder einen erhöhten Regenerations-Reststrom bewirken.

a) Oxid-Degeneration

Je nach Elektrolytklasse und Temperatur können ionische Bestandteile des Elektrolyten in das Dielektrikum beziehungsweise Oxid diffundieren und die Oxid-Kristallstruktur verändern. Es entstehen elektrische Fehlstellen und ionische Ladungsträger im Oxid.

Elektrolyte auf Basis des Lösemittels Glykol, die mit zunächst höheren Restströmen negativ auffallen, haben jedoch den Vorteil, dass sie bei Stromfluss vorhandene Defekte im Oxid sehr gut reparieren können. Damit sind diese Elektrolyte hervorragend für Hochvolt-Alu-Elkos geeignet.

Im Niedervoltbereich, wo die Oxide homogener sind, reichen sogenannte Lösemittel-Elektrolyte mit dem Lösemittel Gamma-Butyrolacton für die Erzeugung eines zuverlässigen und spannungsfesten Dielektrikums aus. Hier ist es von Vorteil, dass diese Elektrolyte fast nicht in das Oxid eindringen oder Bindungen lösen können und damit auch noch nach jahrzehntelanger spannungsloser Lagerung ein gut isolierendes Oxid gewährleisten. Werden dennoch auch mit diesen Elektrolyten nach einer spannungslosen Lagerung vereinzelt und vorübergehend hohe Restströme gemessen, so ist dies auf Nachimprägniereffekte zurückzuführen.

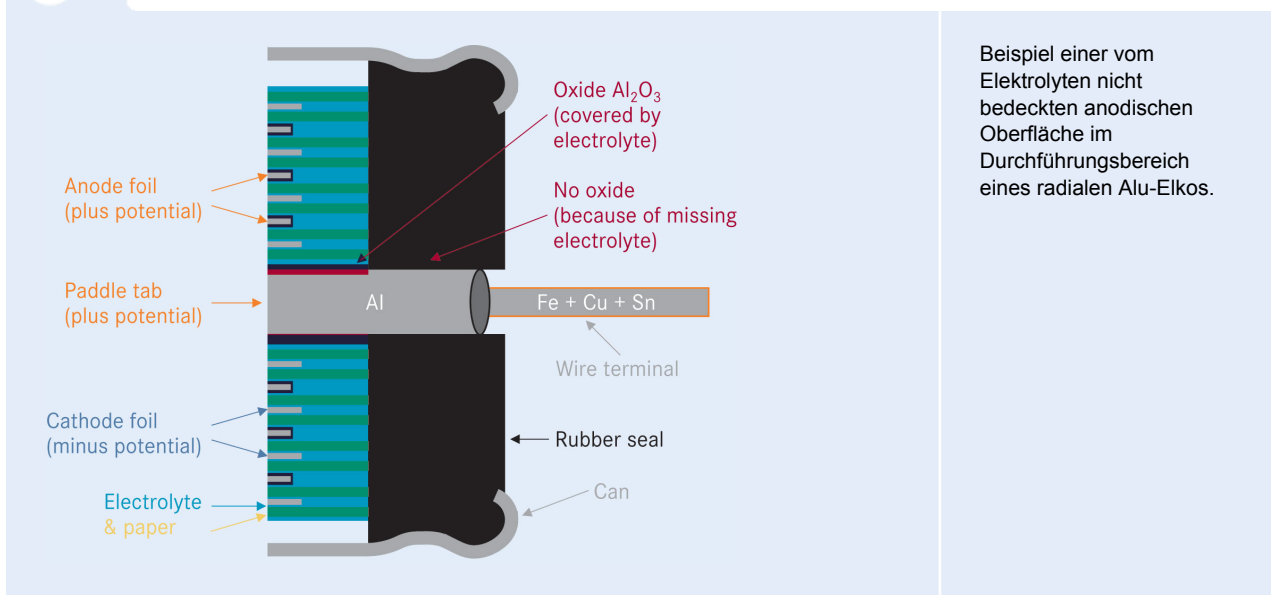
b) Nachimprägniereffekte

Das Oxid kann im Bauelement nur dort elektrochemisch ausformiert werden, wo es auch mit Elektrolyt bedeckt und über den Elektrolyt mit der Kathodenfolie elektrisch verbunden ist. Das heißt, an diesen Stellen kann der nötige Formierstrom fließen. Dies ist in einem neuen Kondensator bei mehr als 99,9 Prozent der zu formierenden Oxid-Fläche der Fall.

Beim radialen Kondensator in Abbildung 2 ist die positive Durchführung, die auch als Paddle Tab bezeichnet wird, nur auf der im Wickel liegenden Oberfläche formiert worden. Im Bereich des Gummistopfens, wohin der Elektrolyt nicht vorgedrungen ist, konnte beim Formieren kein Oxid entstehen. Das ist zunächst auch kein Isolier-Nachteil, weil dort, wo kein Elektrolyt ist, auch kein Reststrom fließen kann. Sollte später in diesen Bereich doch teilweise Elektrolyt vordringen, muss die Formierung zur Ausbildung eines isolierenden Oxids beim nächsten Anlegen einer Spannung nachgeholt werden (Abbildung 3). Dies bedeutet, dass dann zunächst solange ein erhöhter Reststrom fließt, bis auch das neu mit Elektrolyt benetzte Stück der anodischen Aluminium-Oberfläche ausformiert ist.

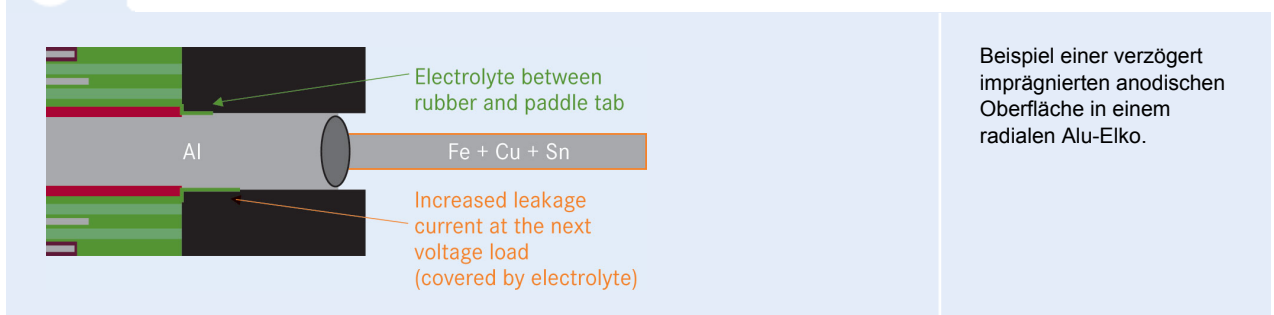
Applications & Cases

ABBILDUNG 2: PARTIELLE FORMIERUNG IM ANSCHLUSSBEREICH



Beispiel einer vom Elektrolyten nicht bedeckten anodischen Oberfläche im Durchführungsbereich eines radialen Alu-Elkos.

ABBILDUNG 3: NACHFORMIEREN IM ANSCHLUSSBEREICH



Beispiel einer verzögert imprägnierten anodischen Oberfläche in einem radialen Alu-Elko.

Bei Niedervolt-Alu-Elkos mit Lösemittel-Elektrolyt ist zu erwarten, dass nach den Lager- und Transportzeiten bis zum ersten Betrieb in der Anwendung alle Bereiche benetzt sind und damit langfristig auch einen sehr geringen Reststrom aufweisen.

Diese Nachformier-Effekte, hervorgerufen durch die nachträgliche Benetzung, gelten im Prinzip auch für Hochvolt-Elektrolyte, sind aber wegen des dominanten Einflusses der Oxid-Degeneration von untergeordneter Bedeutung. Doch auch für diese Elektrolytklasse ist der Testbetrieb mit Spannung vorteilhaft für das langfristige Reststromverhalten des Alu-Elkos, weil durch jede Formierung die isolierenden Eigenschaften des Oxids stabiler werden.

Applications & Cases

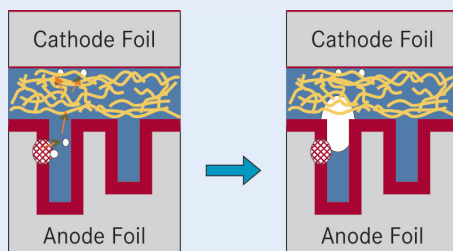
Um auch bei der Gerätelagerung den Formierzustand des Kondensators stabil zu halten, sollen größere Temperaturschwankungen und länger andauernde Erschütterungen vermieden werden. Damit können Alu-Elkos mit Lösemittielektrolyten der SIKOREL-Klasse über einen Zeitraum von mehr als 15 Jahre gelagert werden, ohne dass der für das neue Bauelement spezifizierte Reststromgrenzwert überschritten wird.

Bei Kondensatoren mit polareren Elektrolyten dominiert jedoch die chemische Wechselwirkung zwischen Elektrolyt und Oxid das Sperrverhalten des Dielektrikums. Deshalb ist bei diesen Alu-Elkos eine möglichst geringe Lagertemperatur von unter 25 °C zu wählen. So können auch Lagerzeiten von mehr als den spezifizierten zwei Jahren erreicht werden. Aber auch nach Überschreiten der zulässigen Lagerzeit ist nicht mit einer Schädigung des Alu-Elkos zu rechnen, sondern nur ein für mehrere Minuten anhaltender erhöhter Reststrom zu beobachten.

Unabhängig vom Betriebselektrolyten ist der Betriebsreststrom im Gleichgewicht sehr gering. Der Reststrom passt sich dem Gleichgewichtszustand (Spannung, Temperaturverteilung, Einbaugeometrie, Erschütterungen) an. Ändert sich nach einem längeren konstanten Betrieb das Gleichgewicht durch eine höhere Spannung oder eine höhere Temperatur werden wieder Ladungsträger im Dielektrikum aktiviert, so dass erneut ein höherer Reststrom fließt. Auch Änderungen des Gleichgewichts, die den Elektrolyten zum fließen bringen, können unter Umständen Anodenflächen benetzen, die im alten Gleichgewicht nicht wirksam benetzt waren. Zu diesen Anodenflächen können auch kleinste Bereiche mit einzelnen Schwachstellen zählen, die nicht wirksam formiert waren. Neben dem klassischen Ausformieren des Dielektrikums durch Bildung eines sperrenden Oxids kann es bei eingelagerten Fremdstoffen zu einer Fehlstelle kommen, die ständig einen lokalen Leckstrom verursacht. Im Gleichgewicht können auch diese Fehlstellen (Abbildung 4) scheinbar durch Bilden einer Gasblase ausheilen. Das durch den lokalen Leckstrom erzeugte Gas verdrängt den Elektrolyten an der Fehlstelle, so dass auch der lokale Stromfluss abbricht.



ABBILDUNG 4: STÖRSTELLEN FÜHREN ZUR GASUNG



Jede Änderung des Gleichgewichts, das einen Einfluss auf die Gas- und Elektrolytmenge und dessen Gas-Löslichkeit hat, kann den Reststrom ansteigen lassen. Damit ist auch die paradoxe Beobachtung erklärbar, dass selbst beim Abkühlen eines Kondensators der Reststrom wider Erwarten zunächst ansteigen kann.

Sicherlich bewirkt der Reststrom auch eine Alterung des Alu-Elkos, weil er einige Bestandteile des Elektrolyten für die Oxidbildung beziehungsweise Regeneration verbraucht. In der Regel ist dieser Effekt aber nicht der Alterungsbestimmende Mechanismus. Hierbei ist zu beachten, dass die störenden hohen Restströme nur kurz nach dem Anlegen der Spannung auftreten, also in Summe über die gesamte Betriebszeit vernachlässigbar sind. In der Praxis bewirkt ein hoher Reststrom nur dann ein vorzeitiges Ende, wenn der Strom wegen überhöhter Spannung oder Falschpolung, verstärkt durch hohe Temperatur, nicht richtig absinken kann und dann durch die schnelle Gasbildung ein Platzen der Sollbruchstelle erfolgt.

Bei Applikationen, die über eine Batterie oder einen Akku versorgt werden, wie typischerweise in Fahrzeugen, besteht immer die Sorge, dass die Batterie durch den hohen Reststrom eines Bauelementes entladen werden könnte. Mit modernen Alu-Elkos von EPCOS ist diese Sorge unbegründet. Dies gilt auch bei der Verwendung selbstverlöschender Hochvolt-Elektrolyte. Alu-Elkos können nur kurzzeitig hohe Restströme bewirken, nie jedoch im Langzeitmittel. Unter geeigneten Einsatzbedingungen können Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren über Jahrzehnte betrieben werden.

Applications & Cases



INFOBOX: ALU-ELKOS RICHTIG VERARBEITEN

Hohe Lagerzeit bei Alu-Elkos

Für die gelisteten Elko-Baureihen, die für Automobil-Anwendungen geeignet sind, spezifiziert EPCOS eine Lagerzeit von 15 Jahre bei einer Temperatur kleiner 40 °C bezüglich des Reststrom. Nach der Lagerzeit ist der Reststrom immer noch in der Größenordnung des ursprünglichen Grenzwertes.

Radiale Baureihen:

B41853, B41858, B41888, B41866, B41896, B41868

Axiale/Lötstern Baureihen:

B41684/B41784, B41691/B41791, B41692/B41792, B41693/B41793, B41694/B41794, B41695/B41795, B41696/B41796

Snap-In und Large-Size Baureihen:

B41505, B41605, B41607,

Schraubanschluss Baureihen

B41550, B41554, B41570,

Wurden die Kondensatoren sehr lange gelagert, können sich die Reststromeigenschaften ändern und zu falschen Bewertungen bei der Endkontrolle führen. Es empfiehlt sich, die Alu-Elkos frühzeitig zu verbauen und dann das fertige Gerät zu lagern. Damit sind nicht nur die Kondensatoren optimal formiert, sondern auch die Lötungen auf den Leiterplatten konnten noch mit einer neuwertigen Zinnoberfläche durchgeführt werden. Die Lagerung des fertigen Gerätes sollte dann bei geringer Temperatur und möglichst wenigen Temperaturschwankungen erfolgen.

Autoren:

Christian Baur, Product Marketing Aluminum Electrolytic Capacitors

Norbert Will, Development Aluminum Electrolytic Capacitors