

アルミニウム電解コンデンサ

3. アルミニウム電解コンデンサの性能

アルミニウム電解コンデンサは小形で大きな静電容量を有する事を特徴とするコンデンサです。

ここでは、その一般的な性能について記述します。

3-1 静電容量とエネルギー蓄積

コンデンサの静電容量は一般に次式によって表されます。

$$C = 8.855 \times 10^{-8} \frac{\epsilon S}{d} \dots\dots\dots 3.1 \text{式}$$

ここで

- C : 静電容量 (μF)
- ε : 比誘電率
- S : 電極対向面積 (cm²)
- d : 電極間距離 (cm)

アルミ電解コンデンサにおいて、Sはエッチングにより拡面化された電極面積で低電圧用アルミ電解コンデンサでは見かけ上の面積の60~150倍となっています。

また、dは誘電体、即ち酸化アルミニウム皮膜の厚みに相当し、13~15μ/Vでありその比誘電率は、8.5となります。

コンデンサに蓄積される電気量Q(クーロン)は端子間電圧がV(ボルト)のとき

$$Q = C \cdot V \dots\dots\dots 3.2 \text{式}$$

となります。Q(クーロン)の電気量がする仕事量W(ジュール)は次の通りです。

$$W = \frac{1}{2} \cdot V \cdot Q$$

$$= \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2 \dots\dots\dots 3.3 \text{式}$$

3-2 損失角の正接とESR

理想的なコンデンサに正弦波交流電圧を印加すると、その電流は $\frac{\pi}{2}$ 進んだ位相で流れます。

しかし、実際のコンデンサは $\frac{\pi}{2}$ より進み方が小さく

$(\frac{\pi}{2} - \delta)$ となります。この δ を損失角と呼びます。

(図3.1参照)

この理由の一つは、コンデンサの材料の電気抵抗です。アルミ電解コンデンサの場合、電極箔の固有抵抗、電解液の抵抗、端子の抵抗等がこれに相当します。もう一つの理由は、コンデンサに電圧を印加したとき、誘電体の双極子が整列するのに時間がかかり、分極が直ちに平衡に達しないことにあります。アルミ電解コンデンサの等価回路を模式的に示したものが図3.2です。

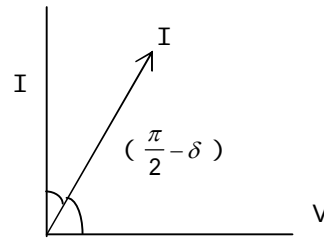


図3.1

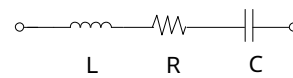


図3.2

- C : 理想的コンデンサ (F)
- R : 電極箔抵抗、電解液抵抗、誘電体抵抗 ()
- L : 電極箔、端子間のインダクタンス (H)

$$\tan \delta = \frac{R}{X_C} = 2 \pi f C R \dots\dots\dots 3.4 \text{式}$$

このときのRを等価直列抵抗(ESR)と呼びます。

アルミニウム電解コンデンサ

3 - 3 漏れ電流

静電容量Cのコンデンサに直列抵抗を通じて直流電圧Vを印加した時の電流Iは、図3.3の様な経時変化を示し、3.5式で表されます。

$$I = I_c + I_a + I_l \dots\dots\dots 3.5 \text{式}$$

ここで、
 $\left\{ \begin{array}{l} I_c : \text{充電電流} \\ I_a : \text{吸収電流} \\ I_l : \text{漏れ電流} \end{array} \right.$

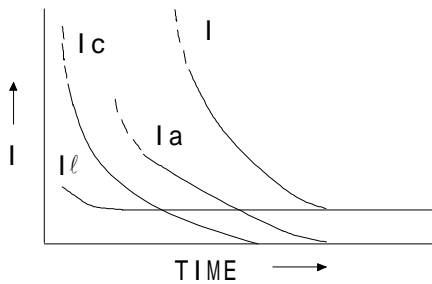


図 3 . 3

コンデンサを流れる全電流は最初コンデンサの静電容量Cと直列抵抗で決定される充電電流I_cの変化に沿って減少しますが次第に緩やかな変化となり、吸収電流I_aの影響がなくなるまで減少し最終的には漏れ電流I_lに収束します。

本来、漏れ電流とは、この収束した電流を指すのですが実用上は時間がかかりすぎるため、便宜上直流電圧を印加し、5分後、または1分後の電流を漏れ電流として扱っています。

吸収電流の発生原因は、誘電体の分極が行われているときの時間的変化によるもので、主として空間電荷分極の応答時間が影響しているものとされています。

又、コンデンサを放電した後、再び端子間に電圧が発生する再起電圧の現象もこの空間電荷分極の応答時間の遅れが原因していると言われています。

3 - 4 インピーダンス

コンデンサのインピーダンスは理想的には容量リアクタンス $X_c = \frac{1}{2\pi fC}$ で表されるものですが前述の等価回路(図3.2)から、等価直列抵抗(E S R)及び誘導リアクタンス $X_L = 2\pi fL$ の影響を考慮し、3.7式で表されます。

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2} \dots\dots\dots 3.7 \text{式}$$

これを模式的に図示すれば図3.4の通りになります。即ち、低周波領域ではX_cが、共振点付近ではE S Rが、また高周波領域ではX_Lがインピーダンスの支配的成分となります。

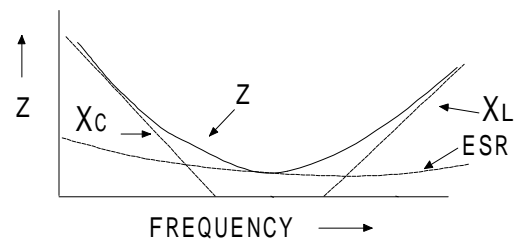


図 3 . 4

アルミニウム電解コンデンサ

3 - 5 温度特性

アルミ電解コンデンサの各特性には温度依存性があります。

これは使用している電解液の性質によるもので、特に低温域において著しい静電容量の減少、等価直列抵抗 (E S R) 及び損失角の正接の増加をみる必要があります。

その理由は、低温域において電解液の粘度、及び抵抗の増加によりイオンのモビリティが低下する為です。

図 3 . 5 に静電容量、図 3 . 6 に損失角の正接、図 3 . 7 に漏れ電流の温度変化グラフを示します。

(50V 10 μ F 5 \times 11)

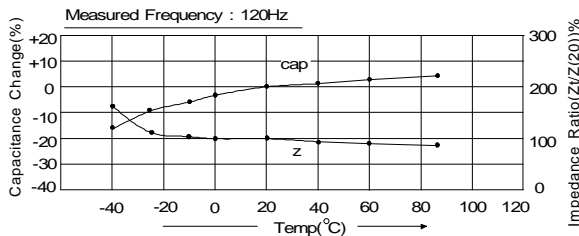


図 3 . 5

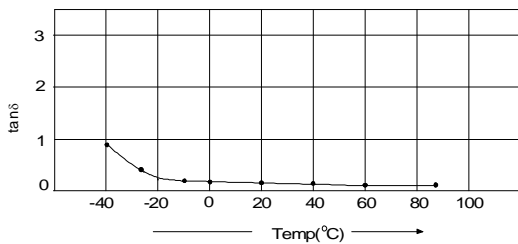


図 3 . 6

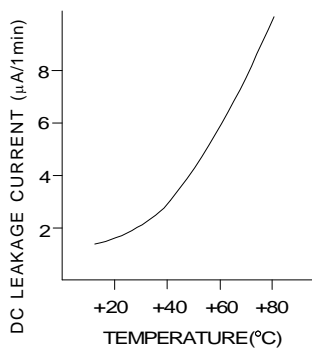


図 3 . 7

3 - 6 周波数特性

アルミ電解コンデンサの各特性は、また周波数依存性もあります。

周波数が高くなるにつれ静電容量及び等価直列抵抗 (E S R) は減少する傾向を示します。

インピーダンス特性の変化は 3 - 4 項で述べた通りです。

しかし、これらの変化率は一定ではなくその原因として次の事項が考えられます。

電極箔のエッチング形状

誘電体としての酸化アルミニウム皮膜の性質

電解液の特性

コンデンサの構造

図 3 . 8 及び図 3 . 9 に静電容量及び E S R の周波数変化のグラフを示します。(50V 10 μ F 5 \times 11)

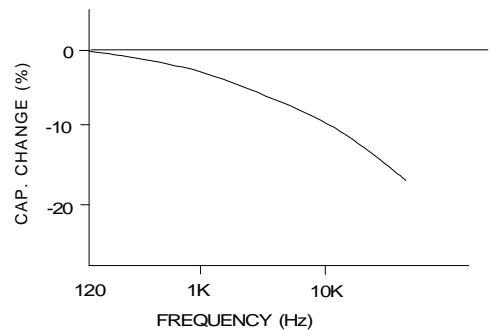


図 3 . 8

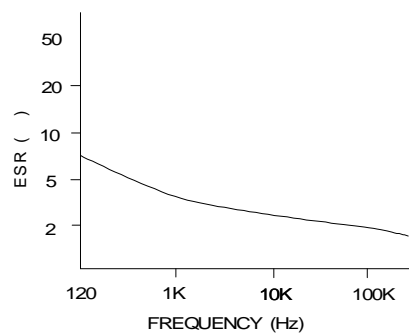


図 3 . 9

アルミニウム電解コンデンサ

3 - 7 無負荷放置特性

アルミ電解コンデンサを無負荷で長時間放置すると、漏れ電流の増加、静電容量減少、ESRの増加がみられることがあります。ただし、これらの変化は常温中で2年間程度（低漏れ品については、6ヶ月程度）の放置では全く少ないものであり実用上支障はありません。これは、電解液と誘電体皮膜との化学反応によるものとされています。

また、酸化皮膜の欠陥部を保護していた酸素が電解液中に拡散し、その部分に電解液が流入することも漏れ電流増加の原因とされています。特に高温中で放置された場合は、封口材料の老化による封口能力の低下、電解液の蒸発による減少もこれら特性変化の原因となります。

一般的な、85 に於ける無負荷放置による各特性変化を図3.10～3.12に示します。

(50V 10 μ F 5 \times 11)

3 - 8 負荷特性

アルミ電解コンデンサに直流電圧又はリプル電流を重畳した直流電圧を長時間印加すると、静電容量の減少、損失角の正接の増加がみられます。この変化量に一定の規格を設け、実用寿命の判定をしています。

直流電圧の印加により、誘電体である酸化アルミニウム皮膜は電解液を消費しながら常に補修されているので、漏れ電流は一定値に収束したまま変化しません。

静電容量及び損失角の正接の変化は、主として電解液の蒸発及び分解による減少で、特に高温中では、これが加速されます。

一般に寿命試験と呼ばれる85 に於ける負荷試験による各特性の変化を図3.10～3.12に示します。

(50V 10 μ F 5 \times 11)

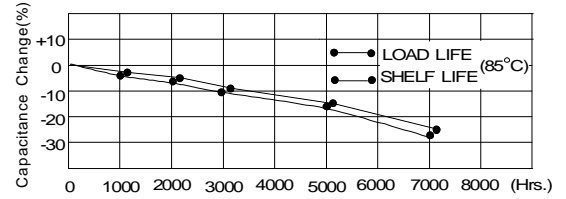


図 3 . 1 0

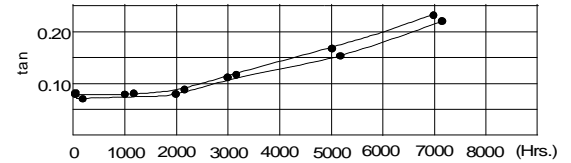


図 3 . 1 1

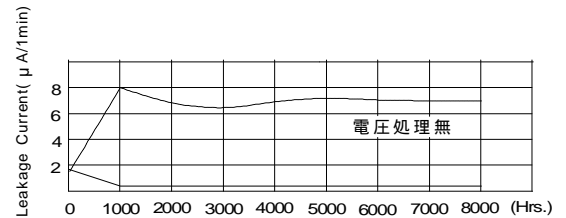


図 3 . 1 2