

電気二重層キャパシタの特性 (1)

本号から電気二重層キャパシタ (EDLC) の特性について解説します。まず、EDLCの等価回路と電圧特性について解説します。

EDLCの等価回路

等価回路はEDLC特性を表す重要な特性ですので、まず等価回路について説明します。

EDLCのエレメントの内部構造は図1に示すように活性炭微粒子がセパレータを挟んで電極間にびっしり詰まった状態になっています。

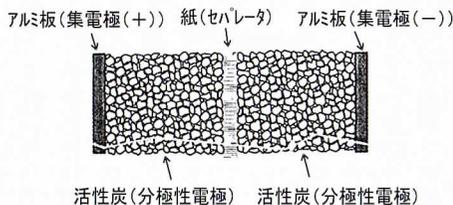


図1 EDLCの構造 (模式図)

(解説シリーズ第6回(会報誌第7号)図4転載)

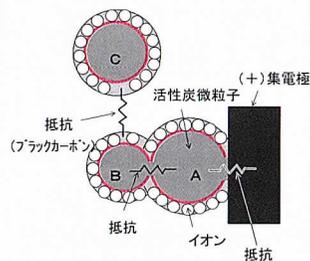


図2 EDLC内部構造模式図

(解説シリーズ第4回(会報誌第5号)図1(c)転載)

集電極から見ますと図2のようにキャパシタが立体的に接続された状態になっています。これを電気回路で示すと図3のように抵抗rとキャパシタCが多段に接続された分布定数回路となります。

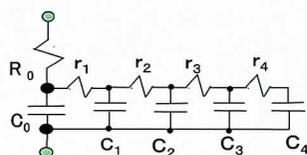


図3 EDLCの等価回路

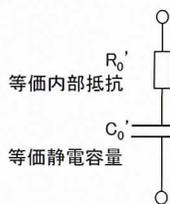


図4 EDLCの集中等価回路

図3の回路では端子からみた抵抗とキャパシタは、時間によって変わります。このため、時間に対して変わらないように集中等価回路で表した回路が図4の回路です。

ΩF (オームファラッド)

EDLCの性能を最も良く表す特性がΩFで、図4の等価内部抵抗R0'と静電容量C0'の積で表される特性です。ΩFの小さいEDLCは短時間の充放電動作に適し、ΩFの大きいEDLCはゆっくりとした充放電動作に適しています。ΩFについては解説シリーズ第4回(会報誌5号)で解説していますので参照してください。

蓄電性能の表示

電池は端子電圧はほぼ一定ですので、蓄電容量はAh(アンペアアワー)という特性を用いて蓄電性能を示しています。例えば2Ahの電池であれば2Aの電流で使って1時間使える電池であることを表しています。

時間tで電流Iが流れ始めると急激な電圧変化ΔVが発生します。この電圧は内部抵抗R0による電圧です。その後、端子電圧は直線的に上昇して行きます。時間t2で電流を零にした途端、端子電圧は急激にΔV下がります。抵抗R0による電圧降下がなくなったためです。続いて電流Iで放電させると抵抗R0による電圧降下ΔVが図示のように現れます。

EDLCの充・放電特性) EDLCの等価回路は図3ようになっていて、充電・放電動作も図5とは異なったものとなります。実際の充電・放電動作を示すと図6のようになります。図6と図5の違いは図6に示したAとDとEとFで示した部分の電圧挙動です。AとDの電圧挙動は図5に示したような電圧跳躍ではなく緩やかに変化します。EとFでの電圧変化は直線ではなく、緩やかな曲線になります。

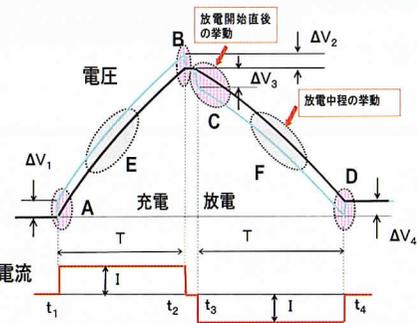


図6 EDLCの実際充電・放電動作

図6のCの部分の詳細の挙動を示すと図7のようになります。図7は図3の回路の挙動です。放電が始まるとまずC0から放電が始まります。C1からC4の

放電は抵抗r1からr4のため遅れて放電することになり、図7のようになります。

電圧特性

EDLCはキャパシタですので蓄電エネルギーは電圧の2乗と静電容量の積に比例します。図示しますと図8のようになります。

電池では蓄電エネルギーの大小にかかわらず端子電圧がほぼ一定になっています。ですが、EDLCは蓄電エネルギーに依りて端子電圧が大きく変動します。例えば、端子電圧が1/2になりますと蓄電エネルギーは1/4になります。

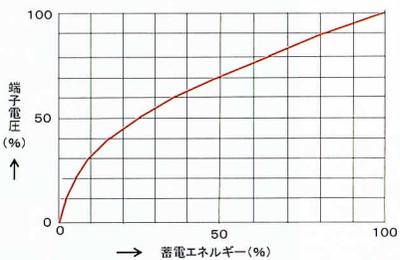


図8 EDLCの電圧と蓄電量の関係

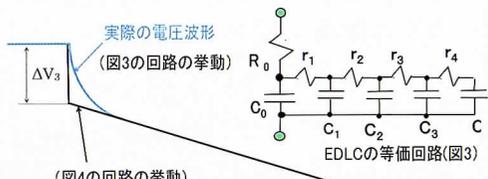


図7 図6のC部の動作の詳細

端子電圧から残存エネルギーがわかります

EDLCの特徴の一つが「端子電圧から残存蓄電エネルギーが簡単に且つ精度よく知ることが出来る」ことです。ここで、残存蓄電エネルギーとは「あ

自動車用電池の12V電池で30Ah品は12V×30Ah=360Whの蓄電容量を持っています。また1000mAh表示の乾電池は1.5Whの蓄電容量を持った電池であることを示しています。

EDLCはキャパシタですので後述しますように蓄電量の状態によって電圧は変動します。このためEDLCの蓄電性能を電池のようなAhでは表せません。EDLCの蓄電性能はWhを用います。Whは電力の単位(W)と時間(h)の積です。動作について説明します。

充電・放電特性

図4に示した集中等価回路のキャパシタを一定電流で充放電させた場合の電圧の挙動を図5に示します。キャパシタC0の電圧は見ることはできませんが、端子電圧は見る事が出来る電圧です。図5の動作について説明します。

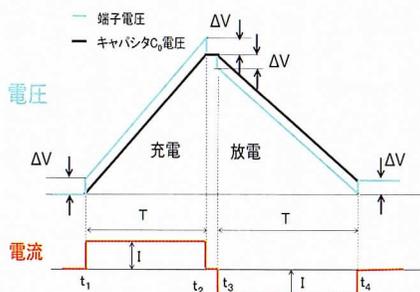


図5 図4の回路の充電・放電動作

と、どの位使える蓄電エネルギーが残っているか」のことです。図5に示したようEDLCは蓄電エネルギーによって端子電圧が変動します。

例えば、端子電圧が80%では、残存蓄電エネルギーは64%、端子電圧が50%では、残存蓄電エネルギーは25%となります。

一方電池は蓄電エネルギーが少なくなるるとほんの少し電圧は下がりますが、この変化は小さくまた温度によっても端子電圧は変わりませんので、端子電圧から残存エネルギーを知ることが非常に難しいと言えます。

今回はEDLCの特性(2)について解説します。内容は温度特性、劣化特性、寿命等の特性です。



しってる?

～猫でもわかる? わかりやすい～

連載 第8回

電気二重層キャパシタ 解説シリーズ

キャパシタフォーラム 個人会員 木下 繁則