

電気二重層キャパシタの劣化診断と残存余命の推定

前号では、電気二重層キャパシタ (EDLC) は劣化で静電容量が減少し、内部抵抗が増加することを示しました。今回はEDLCの劣化診断、残存余命と保守について解説します。

「EDLCの状態検知」

蓄電池デバイスとして、現在どの程度の利用可能エネルギーが蓄電されているか、また劣化がどの位進んでいるのかを知ることは非常に重要な技術です。EDLCの蓄電エネルギーE (J) は静電容量C (F) と端子電圧V (V) の2乗に比例するので、蓄電エネルギーは端子電圧から簡単に知ることが出来ます。EDLCの静電容量は後述する方法で簡単に知ることが出来ます。端子電圧を測ることにより、蓄えられているエネルギーを簡単に、精度よく巨つ直接知ることが出来ることはEDLCの大きな特徴です。

「静電容量の測定」

静電容量の計測にはオフライン計測とオンライン計測と

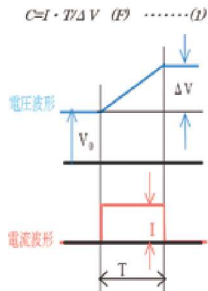


図1 静電容量のオフライン計測

があります。

(一) オフライン計測

この計測は、システムを停止して、電流、電圧および時期を決めて計測する方法です。

静電容量Cは充電時または放電時での規定時間内の電圧の変化量、電流積分値を計測することによって知ることが出来ます。図1は充電動作時の計測例について示したもので、静電容量Cは図中の式(1)によって求められます。

(二) オンライン計測

この方法はシステムを停止できない場合、システムを稼働させた状態で図2に示したように電流、電圧および時期から静電容量を計測する方法です。この場合、計測時期 (または周囲温度)、電流、電圧の計測条件はできるだけ同じにするのが望ましい。

静電容量Cは同図に示した式(2)または式(3)によって求めます。電荷法は端子電圧から計測する方法で、エネルギー換算法は内部抵抗の損失を考慮してより正確に計測できる方法です。

$$\text{電荷法 } C = I \cdot T / \Delta V \quad (\text{F}) \quad \dots\dots (2)$$

$$\text{エネルギー換算法 } C = 2 \int (v \cdot i - i^2 R) dt / (V_2^2 - V_1^2) \quad (\text{F}) \quad \dots\dots (3)$$

ここで $i = i_1 \sim i_2$ 、 R は内部抵抗

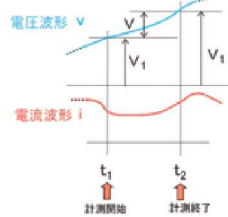


図2 静電容量のオンライン計測

$$R = \Delta V / \Delta I \quad (\Omega) \quad \dots\dots (4)$$

「内部抵抗の測定」

内部抵抗の計測には静電容量の計測と同じようにオフライン計測とオンライン計測とがあります。

(一) オフライン計測

EDLCは電流を急峻に変化させると端子電圧には内部抵抗が比例した急峻な電圧変動が現れます。この電圧変動を計測することにより内部抵抗を計測します。測定法の一例を図3に示します。内部抵抗の計測は同図に示した式(4)により求めます。前号で説明しましたように、内部抵抗は時間と共に変化しますので、計測点の時間をできるだけ同じにすると共に電圧、電流および温度もほぼ同じにすることが望ましい。

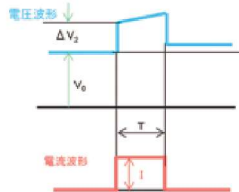
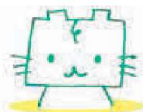


図3 内部抵抗のオフライン計測



しってる?

～猫でもわかる? わかりやすい～

連載 第10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

$$R = \Delta V / \Delta I \quad (\Omega) \quad \dots\dots (5)$$

ΔT : 寿命劣化した時間 (t特性)

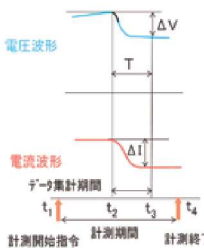


図4 内部抵抗のオンライン計測

(二) オンライン計測

システム稼働中に、電流急変時のタイミングでEDLCの端子電圧変化幅、電流変化幅を計測して内部抵抗を計測します。特に、電圧跳躍直後の電圧の大きさは秒単位域では変動するので注意を要します。計測例を図4示します。

図4での計測は次のように行います。

(a) 計測指令が出された時刻t1で計測を開始します。

(b) 電流変化量が規定値に入る時刻t2からt3の間で計測します。

(c) 計測区間時刻t3 (ts) のデータを集計して、時刻t4で計測を終了します。抵抗は同図の式(6)から求めます。

ΔC : 寿命時の劣化量

ΔT : 寿命劣化した時間 (t特性)

T_1 : 使用開始からの現時点までの時間 (t特性)

$$\Delta t = T_2^2 - T_1^2 \quad (\text{s}) \quad \dots\dots (6)$$

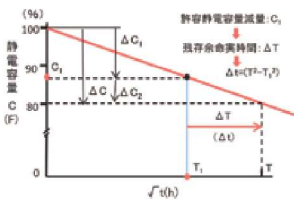


図5 残存余命を推定する特性図

「EDLCの残存余命の推定」

前号で説明しましたように、EDLCの静電容量劣化がVで表わした直線になることは、容易にEDLCの残存余命が推定できる優れた特性です。次に静電容量のV特性を利用した残存余命の推定法について図5で説明します。現時点 (T1) での特性劣化量はΔCであり、寿命の劣化量がΔCになるまでの時間はTと推定されるので、残り時間ΔtはTからT1を引いた時間となります。実時間の残存余命時間Δtは同図の式(6)となります。

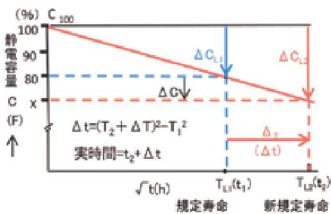


図6 残存余命を延伸する特性図

「EDLCの残存余命延伸」

EDLCの経時に対する特性は寿命を超えてもある期間ほぼ線形に変化します。この特性から規定変化量を緩和することによって寿命を延ばすことができます。以下、図6を用いて説明します。寿命時間T1は寿命として規定された変化量ΔC1となる時間です。

規定変化量をΔC1から変化量ΔCを増やしたΔC1にすると寿命時間はT1に対し、ΔT長くなり、寿命時間はT1まで延びます。

「EDLCのメンテナンス」

EDLCの静電容量と内部抵抗は経時変化し、変化量が規定値に達すると寿命となります。このため、定期的に変化量を検査してメンテナンスすることが望ましい。

静電容量および内部抵抗の初期値からの変化量は電圧および温度によって影響を受けますのでこれらの特性を数年にわたって継続的に計測するために、できるだけ同じ条件、状態で計測することが望ましい。検査タイミングの一例を図7に示します。同図では、まず運転開始から3ヶ月目でシステムの不具合がないかの点検で目視による外観検査と電圧分相検査を行います。その後、3ヶ月目の定期検査 (初期検査) で静電容量、内部抵抗、電圧分相の計測を行います。計測値の初期値と比較を行い正常であれば運転継続します。次は半年後に同様の計測し、初期値との比較を行います。正常であれば運転継続し、次の定期検査は一年後に行い、以降寿命がくるまで二年毎に検査を行います。

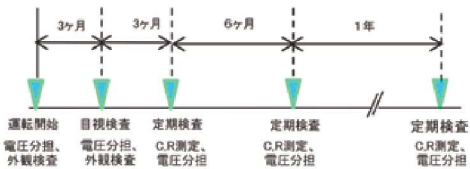
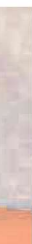


図7 EDLCのメンテナンス周期



次号はEDLCの保護について解説します。

今号の解説内容は下記の本に書かれています。参考にして下さい。