

キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

木下 繁則

第11回(2017-2-3)

EDLCの劣化診断と残存余命の推定

参考テキスト:キャパシタフォーラム会報誌第11号
(電気二重層キャパシタ解説シリーズ(第10回))

1. EDLCの状態検知
2. 静電容量、内部抵抗の測定
3. EDLCの残存余命の推定
4. EDLCの残存余命の延伸
5. EDLCのメンテナンス

キャパシタ基礎講座シリーズ

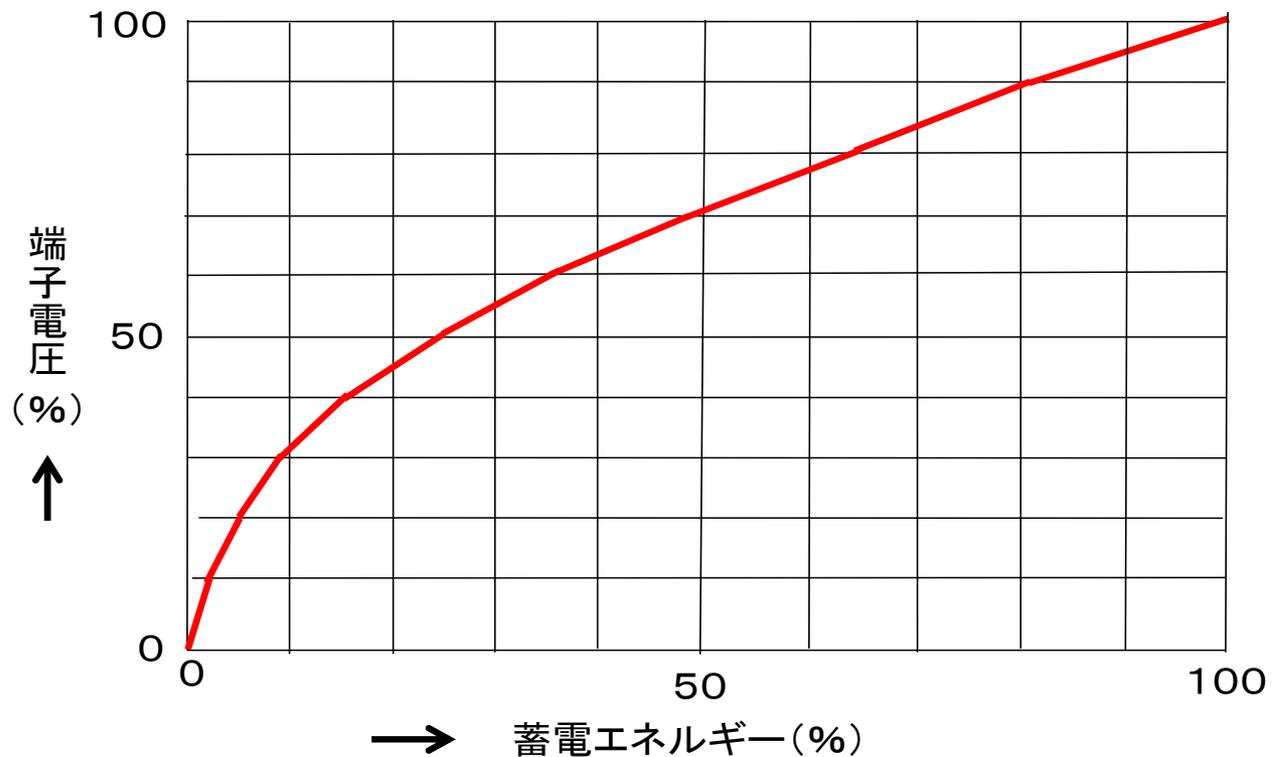
基礎講座	基礎講座の該当フォーラム	基礎講座のテーマ	対応解説シリーズ	備考
		主な講座内容	掲載会報誌号（発行年）	
1回	10月度フォーラム	基礎講座 プロローグ		
	2015年10月16日	電気と電気エネルギーの復習		
2回	11月度フォーラム	電気を貯める	第1回	
	2015年11月13日	電池、電気を貯める、充電・放電	2号(2007年)	
3回	12月度フォーラム	EDLCとは？	第2回	
	2015年12月18日	電気二重層キャパシタの蓄電原理	3号(2008年)	
4回	1月度フォーラム	EDLCの放電	第3回	
	2016年1月15日	EDLCの放電/充電、オームの法則、クーロンの法則)	4号(2009年)	
5回	2月度フォーラム	EDLCの内部抵抗、 ΩF (オームファラッド)	第4回	
	2016年2月19日	内部抵抗の発生、EDLCの ΩF	5号(2010年)	
6回	7月度フォーラム	セパレータ	第5回	
	2016年7月15日	EDLCのセパレータ	6号(2011年)	
7回	9月度フォーラム	EDLCの電解液	第6回	
	2016年9月23日	EDLCの電解液とは	7号(2012年)	
8回	10月度フォーラム	EDLCの構造・形状	第7回	
	2016年10月21日		8号(2013年)	
9回	11月度フォーラム	EDLCの特性(1)	第8回	
	2016年11月18日	等価回路、充電/放電特性、電圧特性	9号(2014年)	
10回	12月度フォーラム	EDLCの特性(2)	第9回	
	2016年12月16日	温度特性、電圧依存性、劣化	10号(2015年)	
11回	2月度フォーラム	EDLCの劣化診断、残存余命推定	第10回	
	2018年2月3日	劣化診断、残存余命推定法、静電容量および内部抵抗の計測法	11号(2016年)	
12回(予定)	2018年3月17日	EDLCの保護協調	—	

EDLCの状態検知

EDLCの蓄電量と電圧の関係

(第9回基礎講座テスト再掲)

蓄電量 $Q = CV^2/2$ C:EDLCの静電容量(F)
V:EDLCの電圧(V)



静電容量、内部抵抗の計測

計測の方法

オフライン計測

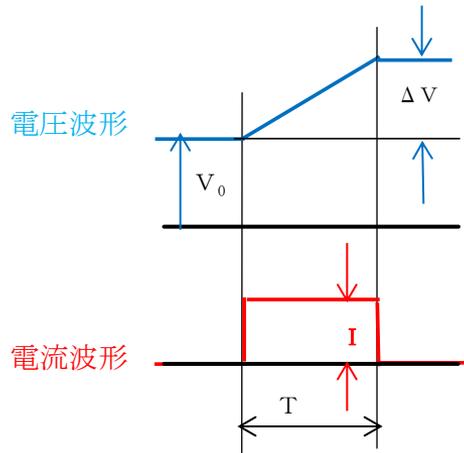
システムを停止した状態で、電圧、電流、温度を決めて計測する方法。

オンライン計測

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、電圧、電流、温度を決めて計測する方法。

静電容量の測定(1)

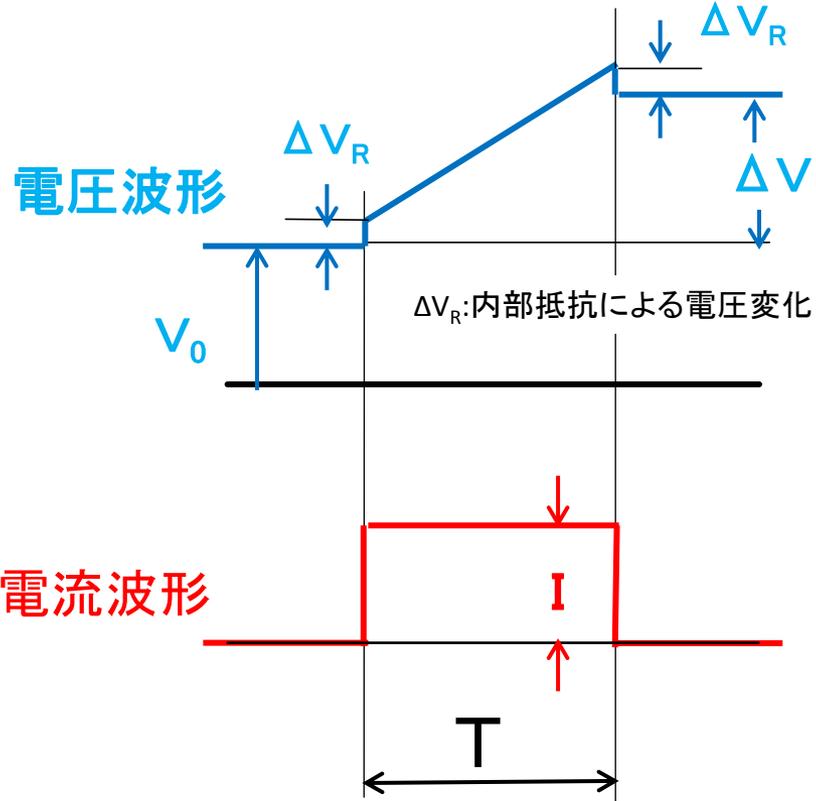
オフライン計測



静電容量のオフライン計測

$$C = I \cdot T / \Delta V \quad (F) \dots\dots(1)$$

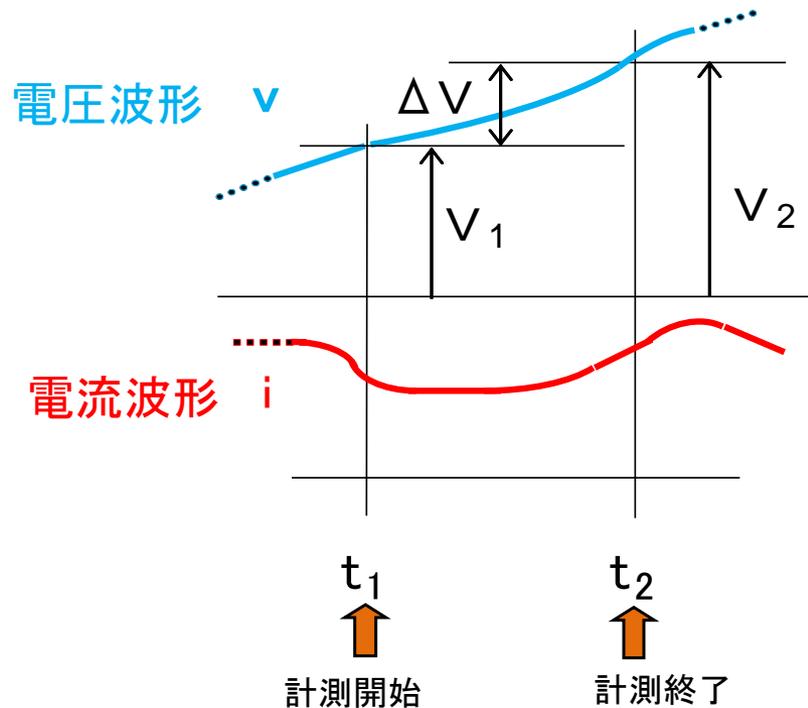
(会報誌図1)
(内部抵抗無視した場合)



(実際の電圧波形)

静電容量の測定(2)

オンライン計測



電荷法

$$C = \int i dt / \Delta V \quad (F) \dots\dots(2)$$

エネルギー換算法

$$C = 2(\int (vi - i^2 r) dt) / (V_2^2 - V_1^2) \quad (F)$$

$\dots\dots(3)$

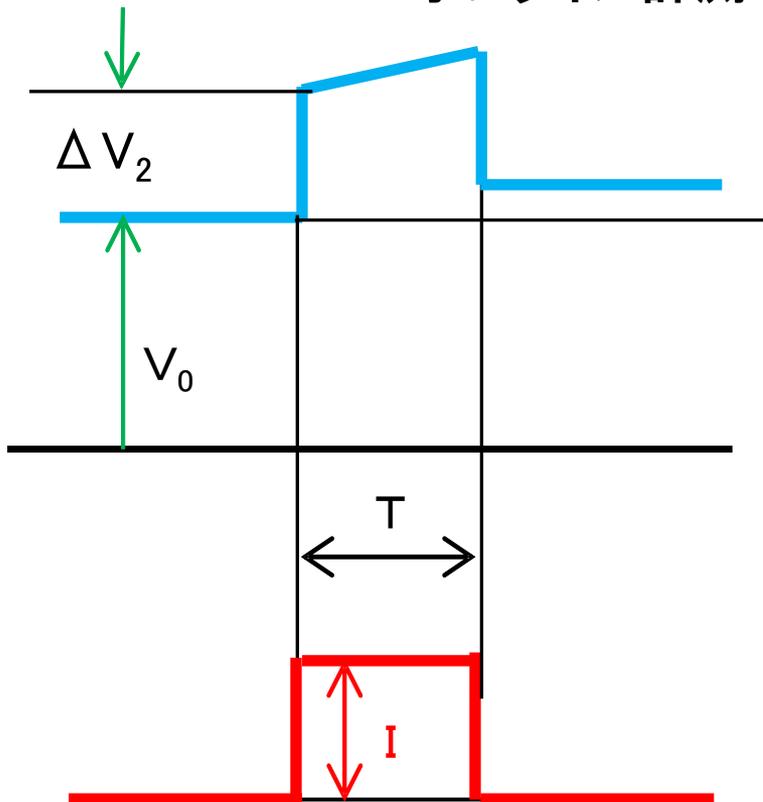
ここで $t : t_1 \sim t_2$
 $r : \text{内部抵抗}$

(会報誌図2)

内部抵抗の計測(1)

オフライン計測

電圧波形



電流波形

$$R = \Delta V_2 / I \quad (\Omega) \dots\dots(4)$$

(会報誌図3)

内部抵抗の計測(2)

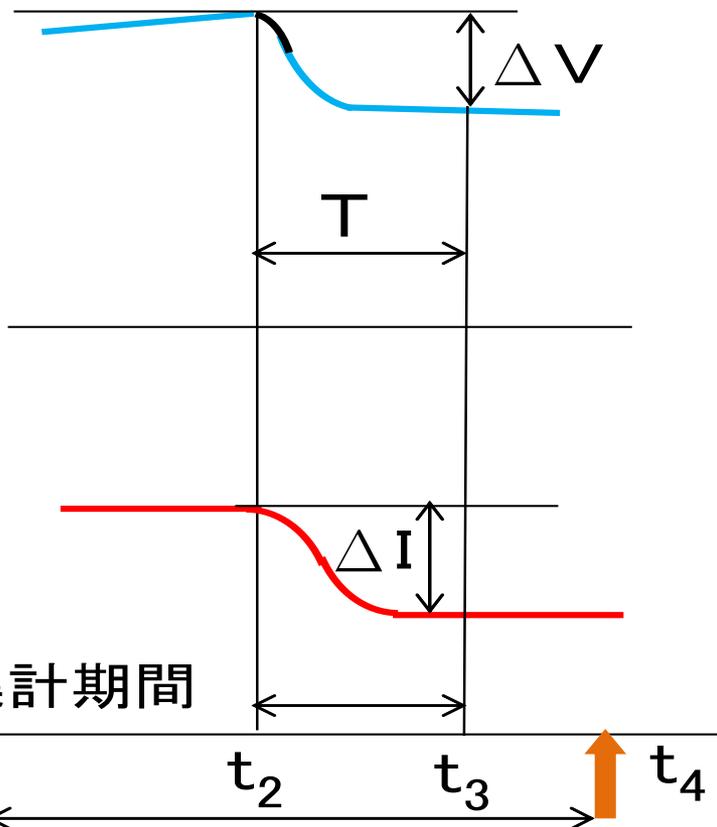
オンライン計測

計測方法

1. 計測指令が出た時刻 t_1 で計測を始める。
2. 電流変化量が規定値 ΔI に入る時刻 t_2 から t_3 の間で計測する。
3. 計測期間(時刻 $t_2 \sim t_3$)のデータを集計して、時刻 t_4 で計測終了する。

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

電圧波形



電流波形

データ集計期間

t_1 t_2 t_3 t_4

計測開始指令

計測期間

計測終了

(会報誌図4)

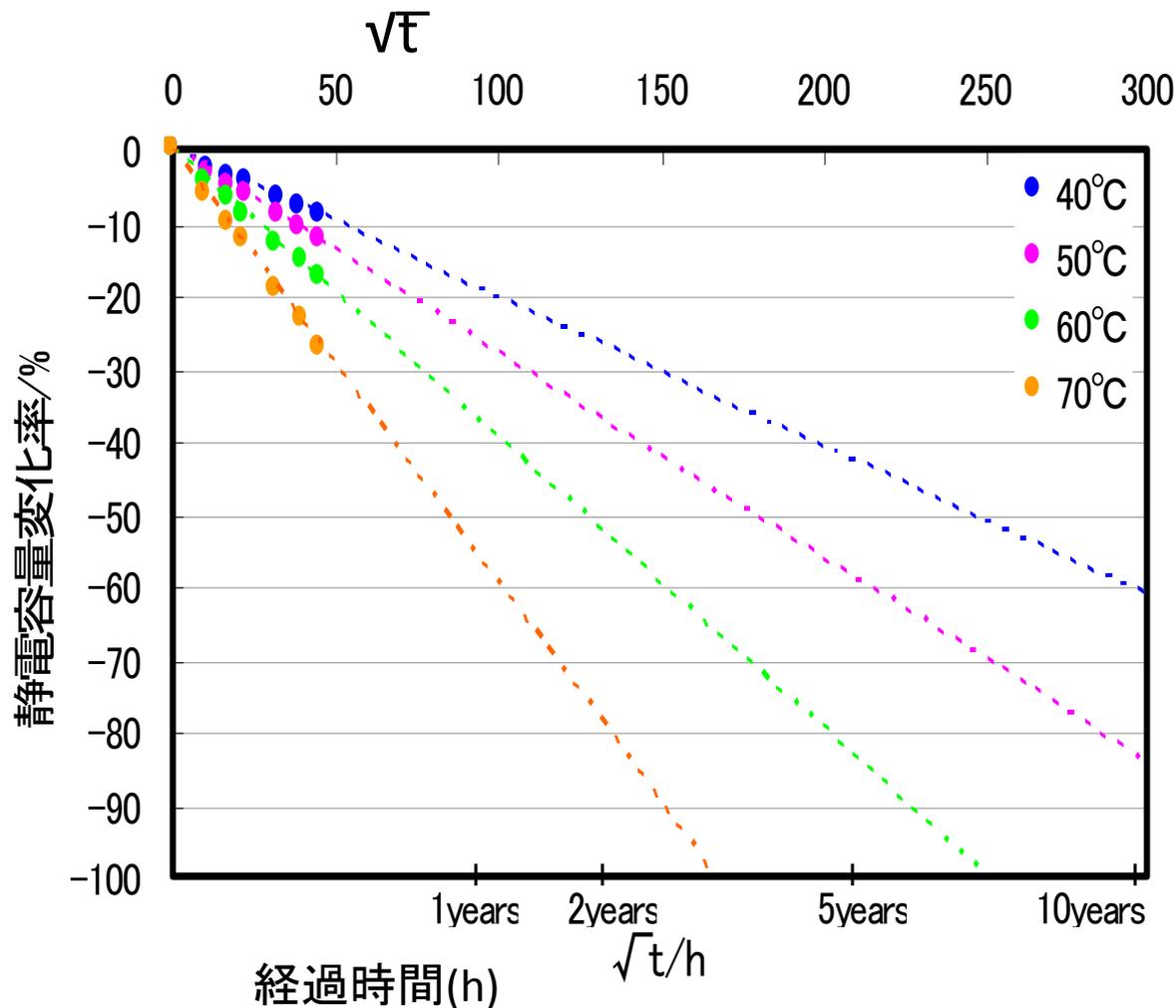
EDLCの残存余命の推定

EDLCの劣化特性



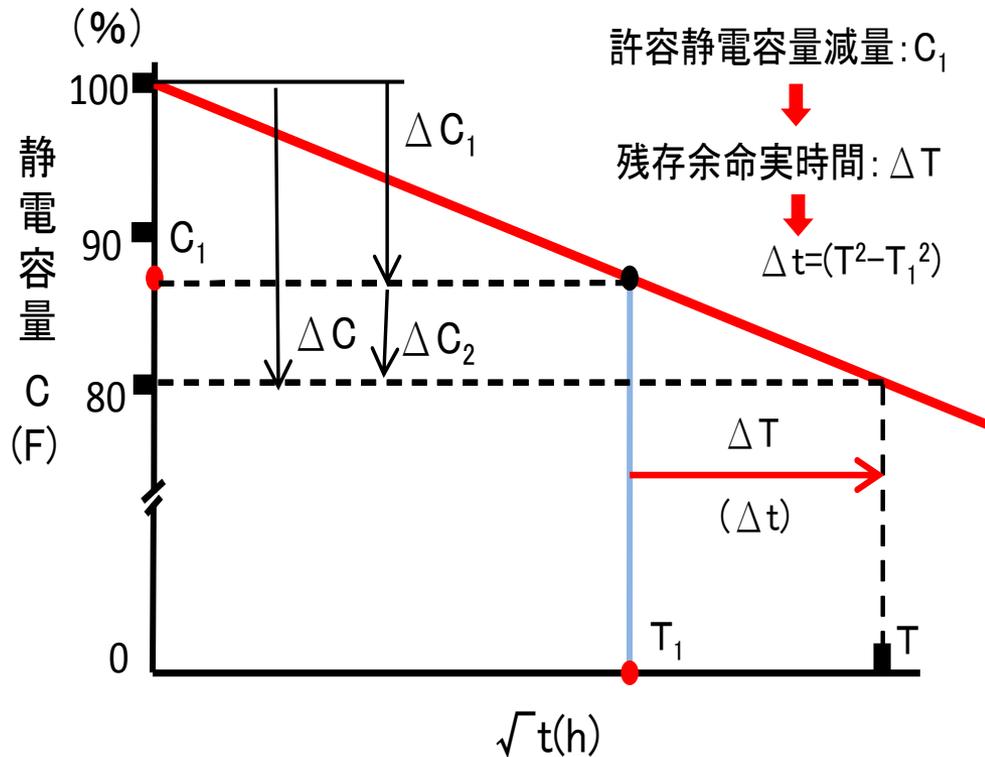
静電容量劣化の \sqrt{t} 特性

静電容量の \sqrt{t} 特性



(第10回基礎講座スライド再掲)

残存余命を推定する特性図



ΔC : 寿命時の劣化量

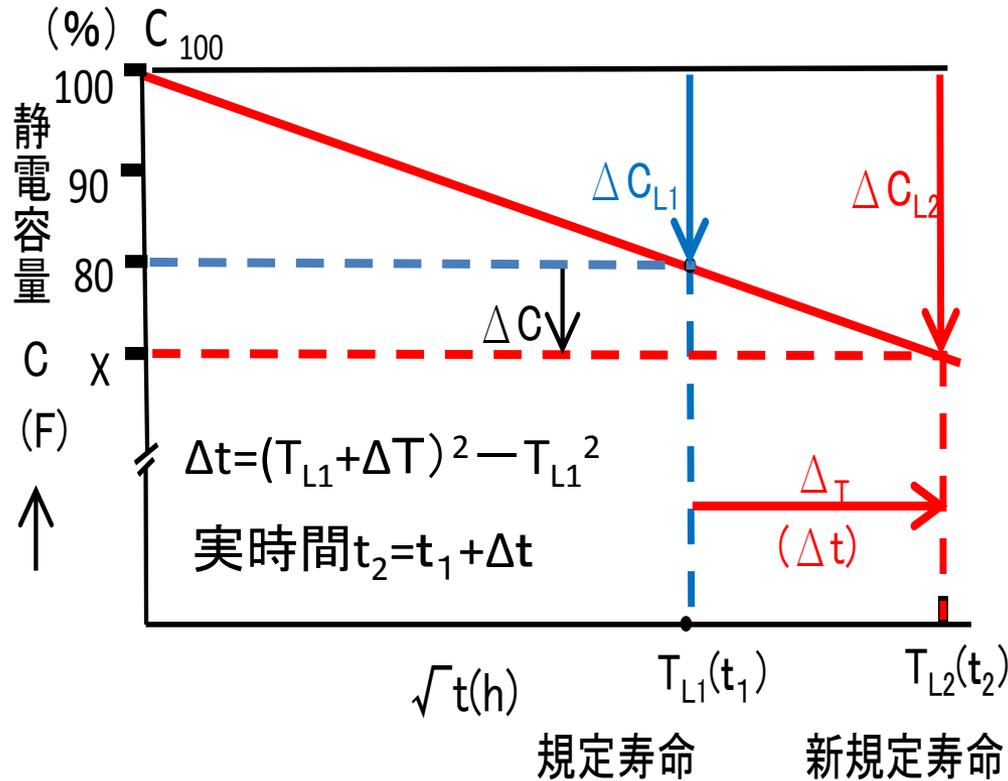
ΔT : 寿命迄残された時間
(\sqrt{t} 特性)

T_1 : 使用開始からの現時点
迄の時間(\sqrt{t} 特性)

$$\Delta t = T^2 - T_1^2 \quad (s) \cdots (6)$$

(会報誌図5)

残存寿命を延伸する特性図



延伸の一例

規定静電容量劣化量 ΔC_{L1} (例: 20%) を ΔC 増大して X (劣化量 ΔC_{L2}) に

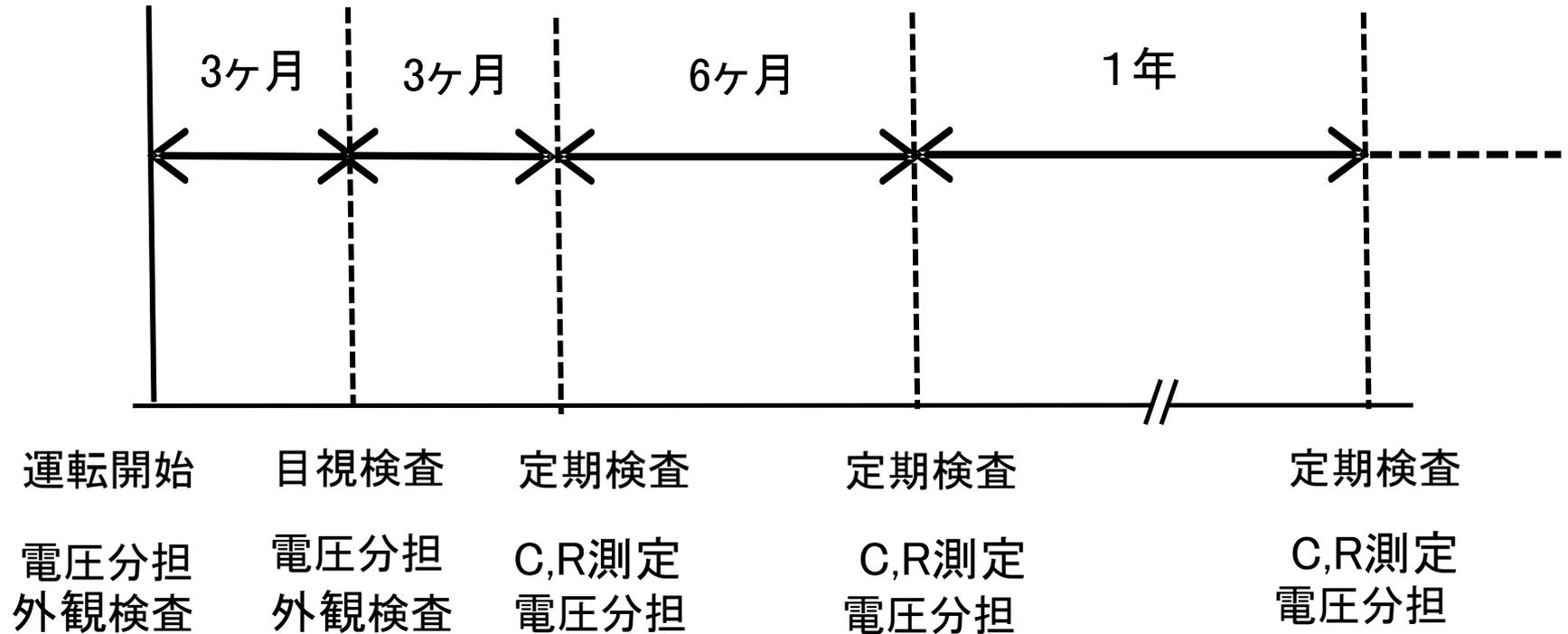


静電容量が X になる時間は $T_{L1}(t_1)$ から $T_{L2}(t_2)$ まで $\Delta T (\Delta t)$ 伸びる。

(会報誌図6)

EDLCのメンテナンス

EDLCのメンテナンス周期 (一例)



参考

EDLCの寿命設計

EDLCの基本特性

1. EDLCの仕様(寿命)

条件: 定格温度、定格電圧フローティング

静電容量劣化量: 20%

寿命: 2000時間

2. 設計に使用する特性、データ

アレニウスの法則適用: 温度 10°C 下がると寿命が2倍になる。

静電容量の電圧依存性適用: 定格電圧近傍では、 0.1V 下がる寿命が2倍になる。(出典: 岡村迪夫著「電気二重層キャパシタと蓄電システム」第3版(日刊工業新聞(2005年))P115)

寿命設計例

EDLCの仕様 条件: 定格温度(T_R)、定格電圧(V_R)フローティング
寿命: 2000 (h)

通年の平均のEDLCの温度: T にする($T < \text{定格温度 } T_R$)



アレニウスの法則から温度が T_R から T に下がると寿命は n_1 倍になる。

通年の平均のEDLCの電圧: V にする($V < \text{定格電圧 } V_R$)



電圧依存特性から電圧 V_R から V に下がると寿命は n_2 倍になる。



EDLCの寿命: $2000 \times n_1 \times n_2$ (h)

キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

次回(第12回(最終回))内容

開催日(予定) 2017-3-17

EDLCの保護協調

テキストなし

参考資料「電気二重層キャパスタ<EDLC>の特性と上手な使い方」

1. EDLCの安全性
2. EDLCの保護協調
3. 具体的な方法