

手回し発電機の EDLC を用いた LED 点灯回路の測定値と計算値の比較

Comparison Between the Measured Value and the Calculated Value
for the LED Lighting Circuit Using an EDLC of a Hand-Cranked Generator

九州共立大学 名誉教授

Kyushu Kyoritsu University

E-mail: yamaguchi-ripple@h4.dion.ne.jp

○山口 静夫

○Shizuo Yamaguchi

1. はじめに

今回は、手回し発電機で発電した電力を EDLC に蓄電して LED を光らす LED 点灯回路 (EDLC 充放電回路) の過渡現象による電圧や電流の解析の続報となる。

具体的には、充電時の EDLC の充電電流や端子電圧および放電時の EDLC の端子電圧や放電電流に対する測定値と計算値の比較を行った。さらに LED ライトとしての充電時間や点灯時間に対する EDLC の容量の大きさについて検討を加えたので報告する。

2. LED 点灯回路の測定箇所による計算値の補正

Fig.1 に、測定値と計算値の比較に用いる LED 点灯回路を示す。図の中で、G は DC モータによる手回し発電機、 R_0 は DC モータの巻き線直流抵抗、 r_c は電気二重層キャパシタ C (EDLC) の等価直流抵抗としている。

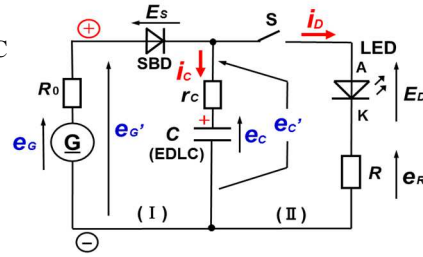


Fig.1 The LED lighting circuit as analysis using an EDLC

(2-a) 充電時の e_G, e_c' の算出

充電時には、発電電圧 e_G と EDLC の端子電圧 e_c' を測定している。そのため計算に必要な e_G と $e_c'(\text{calc.})$ を充電電流の測定による i_c と計算による $i_c(\text{calc.})$ から求めると

$$e_G = e_c' + R_0 i_c \quad (1)$$

$$e_c'(\text{calc.}) = e_c(\text{calc.}) + r_c i_c(\text{calc.}) \quad (2)$$

前回の計算による式(4), (5)を上式の式(2)に代入すると

$$e_c'(\text{calc.}) = (e_G - E_S) \left\{ 1 - \left(\frac{R_0}{R_0 + r_c} \right) e^{-\frac{1}{C(R_0 + r_c)} t} \right\} \quad (3)$$

ここで $R_0=17.6 \Omega$, $r_c=24.9 \Omega$, $E_S=0.26 \text{ V}$ および $C=0.22 \text{ F}$ を前回の式(4)と上式の式(3)に代入して充電時の計算値 $i_c(\text{calc.})$, $e_c'(\text{calc.})$ を求めると以下ようになる。

$$i_c(\text{calc.}) = \left(\frac{e_G - 0.26}{42.5} \right) e^{-0.107 t} \quad (4)$$

$$e_c'(\text{calc.}) = (e_G - 0.26) (1 - 0.414 e^{-0.107 t}) \quad (5)$$

(2-b) 放電時の e_c' の算出

放電時には、EDLC の端子電圧 e_c' を測定している。そのため計算に必要な $e_c'(\text{calc.})$ を放電電流の計算による $i_D(\text{calc.})$ から求めると

$$e_c'(\text{calc.}) = q/c - r_c i_D(\text{calc.}) \quad (6)$$

前回導出した式(9)の $i_D(\text{calc.})$ の大きさを式(6)に代入して

$$e_c'(\text{calc.}) = E_D + \left\{ \frac{R(E_c - E_D)}{R + r_c} \right\} e^{-\frac{1}{C(R + r_c)} t} \quad (7)$$

ここで $r_c=24.9 \Omega$, $R=100 \Omega$, $E_D=2.6 \text{ V}$ および $C=0.22 \text{ F}$ を前回の式(9)と上式の式(7)に代入して放電時の計算値

$i_D(\text{calc.})$, $e_c'(\text{calc.})$ を求めると以下ようになる。

$$i_D(\text{calc.}) = \left(\frac{E_c - 2.6}{124.9} \right) e^{-0.0364 t} \quad (8)$$

$$e_c'(\text{calc.}) = 2.6 + 0.8(E_c - 2.6) e^{-0.0364 t} \quad (9)$$

3. 充電および放電時の測定値と計算値の比較

Fig.2(a), (b)に $C=0.22 \text{ F}$ の充放電特性を示す。図(a)に $t=t_1$ から 60s 程度発電したときの EDLC に流れる電流 i_c , $i_c(\text{calc.})$ および端子電圧 e_c' , $e_c'(\text{calc.})$ を示す。図(a)から発電直後の充電電流 i_c は $i_c(\text{calc.})$ に比べて 35%程度低い、 e_c' は 50s 過ぎに 5.5V に達している。図(b)から $t_1 \sim 180 \text{ s}$ における放電時の端子電圧 e_c' , $e_c'(\text{calc.})$ は、ほぼ一致している。放電電流 i_D は $i_D(\text{calc.})$ に比べて時間の経過に伴い減少幅が小さい。ここで LED ライトとしての使用は $i_D=2 \text{ mA}$ の 75s 程度と思われる。

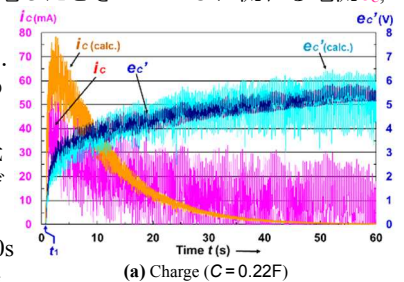
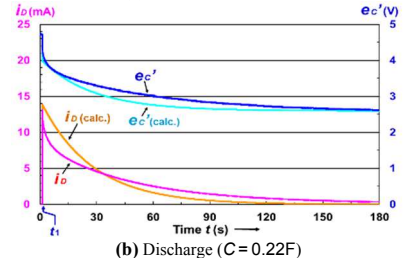
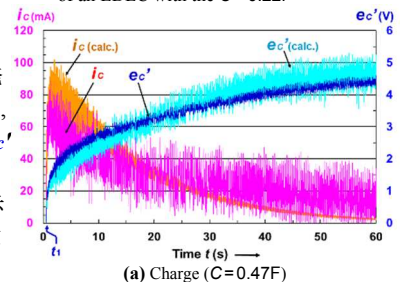
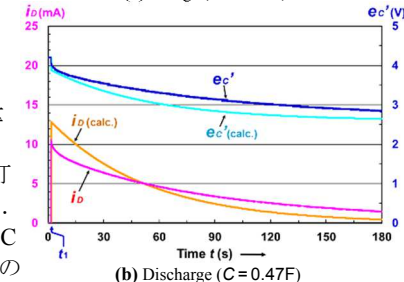
(a) Charge ($C=0.22 \text{ F}$)(b) Discharge ($C=0.22 \text{ F}$)Fig.2 Characteristics of (a) charge and (b) discharge of an EDLC with the $C=0.22 \text{ F}$

Fig.3(a), (b)に $C=0.47 \text{ F}$ の充放電特性を示す。図(a)から発電直後の充電電流 i_c , $i_c(\text{calc.})$ と端子電圧 e_c' , $e_c'(\text{calc.})$ は、ほぼ一致している。図(b)に示す放電特性では、放電スタート時に i_D が 15%程度低い。LED ライトとしては $i_D=2 \text{ mA}$ の 150s となる。さらに EDLC の容量 C の大きさに対する充電時間や LED 点灯時間の比較を行った。

(a) Charge ($C=0.47 \text{ F}$)(b) Discharge ($C=0.47 \text{ F}$)Fig.3 Characteristics of (a) charge and (b) discharge of an EDLC with the $C=0.47 \text{ F}$

その結果、この DC モータでは、EDLC の容量 C を 0.22 F から 0.47 F に変更すると充電時間が 1.5 倍となるが、点灯時間が 2 倍得られた。LED ライトとしてこの計算値を用いると明るさや点灯時間に応じた容量 C および抵抗 R の値が見積もれる。