

リレーを用いない突入電流防止回路の提案

学生員 澤田 純兵* 正員 茂木 進一**a)
正員 南 政孝** 正員 道平 雅一**

Proposal of Inrush Current Prevention Circuit without Electrical Relay

Jumpei Sawada*, Student Member, Shin-ichi Motegi**a), Member, Masataka Minami**, Member,
Masakazu Michihira**, Member

(2017年7月27日受付, 2017年8月27日再受付)

Generally, in electric equipment, a large inrush current flows in the capacitor when the power is turned on. The inrush current causes deposition of terminals and switches, melting of fuses, and so on. Therefore, conventional inrush current prevention circuits using an electrical relay and a controller are provided. However, the use of electrical relay enhances concern about an increase in cost and charge-time. In order to solve these problems, this paper proposes the inrush current prevention circuit without electrical relay. In this paper, the authors examine the effectiveness of the proposed circuit from experimental results.

キーワード: 突入電流, 突入電流防止回路, リレー

Keywords: Inrush Current, Inrush Current Prevention Circuit, Electrical Relay

1. まえがき

一般に, 電気機器には電源への接続時や電源投入時に機器内部の大容量キャパシタを充電するために, 定常電流値を超えた大きな電流, いわゆる突入電流が流れることが多い。この突入電流は, 接続端子やスイッチの溶着, ヒューズの溶断などを引き起こすため, 従来からリレーや抵抗などにより構成される突入電流防止回路(以下では従来回路と略す)が設けられている^{例え(1)(2)}。しかし, 従来回路では, リレーやリレーを制御するための回路が必要, 充電電流が大きい, 充電電流を抑制すると充電時間が長くなる, などの問題がある。そこで本レターでは, リレーを用いない突入電流防止回路⁽³⁾を提案し, 一連の実験結果からその有効性

を検証する。なお, 本レターで提案する突入電流防止回路は, 手で接続するコネクタや端子などへの適用を想定している。

2. 突入電流防止回路

Fig. 1 に各種の突入電流防止回路を示す。ここで, Fig. 1 (a)が従来から用いられている一般的なリレーと抵抗による従来回路, Fig. 1(b)が本レターで提案する突入電流防止回路(以下では提案回路と略す)である。

Fig. 1 (a)に示す従来回路は, スイッチ SW を ON した直後は抵抗 R を介してキャパシタ C を充電することで充電電流 i_C を抑制し, 同キャパシタの充電完了後にリレー Ry を ON とする構成である。

一方で提案回路は, Fig. 1(b)に示すようにリレーを用いないことが特徴である。具体的には, スイッチ SW の代わりにコネクタ(手で接続することを想定)を用意し, 同コネクタの端子自体に抵抗を持たせている。これにより, 差し込みが浅い場合には大きな抵抗値でキャパシタ C を充電し, 最も奥まで差し込むと抵抗値がゼロになることで, 必ずキャパシタ C の充電が完了される。

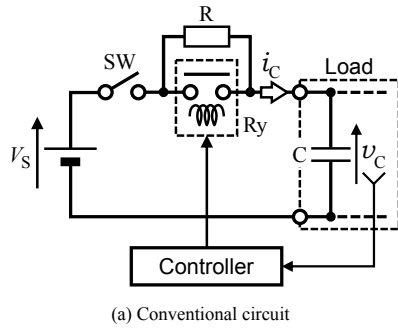
3. 提案回路 (Fig. 1(b)) の機能試作機

Fig. 1 (b)に示す提案回路について, コネクタの挿入深度に

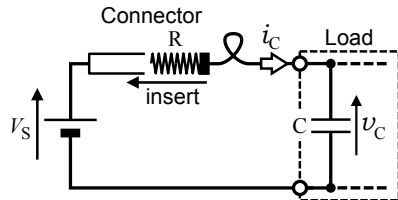
a) Correspondence to: Shin-ichi Motegi. E-mail: motegi@mem.iee.or.jp

* 神戸市立工業高等専門学校 専攻科 電気電子工学専攻
〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3
Advanced Course of Electrical and Electronic Engineering,
Kobe City College of Technology

** 神戸市立工業高等専門学校 電気工学科
〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3
Dept. of Electrical Engineering, Kobe City College of
Technology
8-3, Gakuen-Higasimachi, Nishi-ku, Kobe 651-2194, Japan



(a) Conventional circuit



(b) Proposed circuit using connector with resistor

Fig. 1. Inrush current prevention circuits.

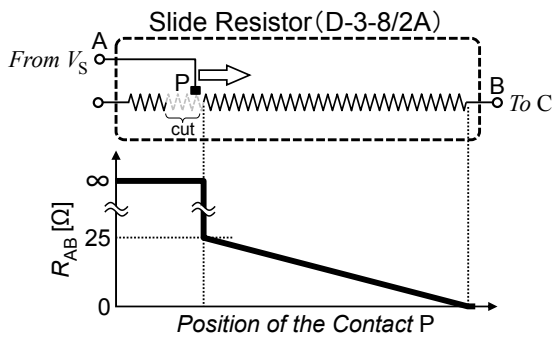


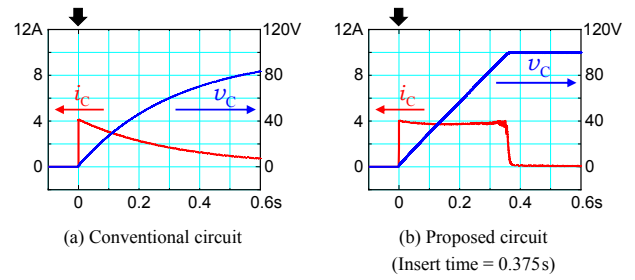
Fig. 2. A functional prototype for the proposed circuit.

よって抵抗値が変化するという機能のみを模擬する機能試作機を用いてその効果を検証する。本機能試作機は、摺動抵抗器 (D-3-8/2A, 山菱電機社製) を Fig. 2 上部に示すように一部切断することで実現している。これにより、摺動部 P を切断部から右方向に動かすことで A-B 間の抵抗値 R_{AB} (Fig. 2 下部参照) を $\infty \rightarrow 25\Omega \rightarrow$ (連続的に) $\rightarrow 0\Omega$ のように、Fig. 1(b) のコネクタを挿入した場合と同様の抵抗値変化とすることが可能となる。なお、実験では端子 A を電源 V_S に端子 B をキャパシタ C に接続している。

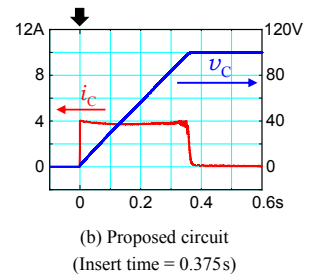
4. 実験結果

第 2 章で紹介した突入電流防止回路のうち、Fig. 1(a) と Fig. 1(b) の機能試作器 (Fig. 2) に示す回路について実験を行う。ここで、入力電圧 $V_S=100\text{V}$ 、抵抗 $R=25\Omega$ 、キャパシタ $C=15,000\mu\text{F}$ (時定数 $\tau=0.375$ 秒) としている。

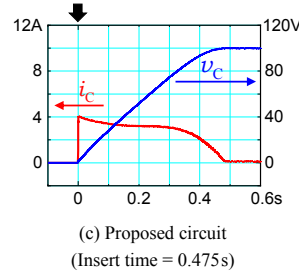
〈4・1〉 従来回路 (Fig. 1(a)) Fig. 3(a) に従来回路の実験結果を示す。Fig. 3(a) に示すように従来回路では、SW 投入 (↓) 後 0.5 秒程度で v_C が 80V 程度しか充電ができていない。なお、抵抗 $R=5\Omega$ とすることで、次節で紹介する提案回路と同等の充電時間 (0.4 秒程度) とすることも可能で



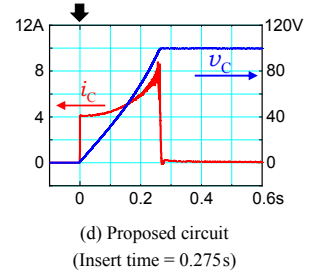
(a) Conventional circuit



(b) Proposed circuit (Insert time = 0.375s)



(c) Proposed circuit (Insert time = 0.475s)



(d) Proposed circuit (Insert time = 0.275s)

Fig. 3. Experimental results.

あるが、充電電流 i_C の最大値が $20\text{A} (=100\text{V}/5\Omega)$ に増加する。

〈4・2〉 提案回路 (Fig. 1(b)) 提案回路の機能試作機 (Fig. 2 参照) による実験結果を Fig. 3(b)~(d) に示す。ここで、Fig. 3(b) が 0.375 秒程度 (\approx 時定数 τ) で、Fig. 3(c) が 0.475 秒程度 ($>$ 時定数 τ) で、Fig. 3(d) が 0.275 秒程度 ($<$ 時定数 τ) で、それぞれコネクタを挿入 ($25\Omega \rightarrow 0\Omega$) した場合である。まず、0.375 秒程度で挿入した場合には、Fig. 3(b) に示すように、充電電流 i_C が 4A 程度に保たれ、0.375 秒程度で充電が完了している。次に、0.475 秒程度で挿入した場合には、Fig. 3(c) に示すように、充電電流 i_C が充電終盤に減少するものの、0.475 秒程度で充電が完了している。最後に、0.275 秒程度で挿入した場合には、Fig. 3(d) に示すように、充電電流 i_C が充電完了直前に 8A 程度まで増加するものの、0.275 秒程度で充電が完了している。なお、Fig. 3(b), (d) において充電完了直前に充電電流 i_C に脈動が見られるが、これは機能試作機の抵抗値が巻線抵抗のため離散的に変化することが理由である。

5. あとがき

本レターでは、リレーを用いない突入電流防止回路を提案し、その機能試作機により実験を行った。提案回路は従来回路に比較してリレーを用いないだけでなく、充電完了までの時間が短いことが特徴である。課題としては、摺動抵抗機能を有するコネクタの開発、実機による信頼性の検証などが挙げられ、今後も検討を続けていく予定である。

文 献

- (1) 奥出章雄:「電源回路」, 特開昭 60-156225 (1984)
- (2) 伊奈達也:「突入電流防止回路」, 特開平 05-030650 (1991)
- (3) J. Sawada, S. Motegi, M. Minami, and M. Michihira: "A Proposal of Novel Inrush Current Prevention Methods without Electrical Relay Circuit", JIASC 2016, Y-48 (2016) (in Japanese)