

論文

交流点灯 LED ランプの断線検出装置の開発

宮島良一*

Development of a fault detection device for AC illumination LED Lamps

Ryoichi MIYAJIMA

Abstract LEDs (Light Emitting Diode) are used in displays, indicators and signal lights. The fault detection of AC illumination LED lamps that used many LED was difficult, because many circuits were driven in parallel. This report describes a new device that detects the fault of a part of LED circuits of the LED lamps. This device is comprises a voltage detection circuit, current detection circuit and fault determination circuit. The output of this device is expressed by the following 3 conditions. (1) Low level when the power supply is off. (2) High level when illumination is normal. (3) A Pulse when part of the LED circuit is fault. This device makes it possible for an individual LED lamp to output a fault detection signal.

Keywords LED, AC, Lamp, Detector, Fault, Pulse

1. まえがき

発光ダイオード (Light Emitting Diode) は、多色 (青、緑、赤、白など)、省電力、長寿命、小型軽量などの優れた特性をもつ、自発光タイプの光源である。

可視光 LED の用途には、携帯電話等のパイロットランプ、文字や画像を表示するディスプレイ、自動車用ランプ、鉄道や道路の信号機、照明ランプ等がある。これらの用途に適した LED の駆動方法が工夫されている。ディスプレイでは、LED 一つ一つを選択的に点灯させる駆動方式が用いられ、信号機や照明ランプでは、多数の LED を同時に点灯する駆動方式が採用されている。

自動車ランプのように多数の直列接続された LED を並列にした直流駆動の場合、発光ダイオードの断線検出は、電流制限抵抗で電流を検出し、コンパレータで判定する方法等が開発されている。

一方、多数の直列接続された LED を並列にした交流点灯 LED ランプが実用化されているが、その断線検出は、電球と同様に交流電源の電圧と電流を、電圧変成器 (PT)、電流変流器 (CT) で検出し、その信号をデジタル変換し、マイコン等で断線判定する電圧・電流検出方式である。そのため、LED に流れる電流値が 10 ~ 20 mA 程度と小さくかつ多数、並列接続されている中で一つの LED の断線を特定することは非常に困難である。

そこで、信号機、標識灯及び警告灯等で高い信頼性を要求される交流点灯の LED 信号灯及び LED 照明灯 (以下、LED ランプという) の保守性を向上するため、

LED ランプに断線の自己診断機能を付加し、断線をパルス信号として自動的に検出できるようにした断線検出装置を開発したので報告する。

2. LEDランプの断線検出装置

2.1 交流点灯LEDランプ

試作したランプに用いた LED は、表 1 に示すような特性で外形 7.5mm の R, Y, B の 3 色である。

LED の直流特性は、図 1 及び 2 に示すように 16, 32, 48 個の LED を直列に接続し、10 を通して 1, 5, 10mA 直流電流を流すための電圧を 25, 50% RH の条件で測定した。

表 1 発光ダイオードの特性

種類	波長(nm)	光度(cd)	順電圧(v)
R	640	1.0	2.2
Y	590	1.3	2.4
B	500	2.5	3.5

(光度・順電圧は順電流 20mA 時の標準値)

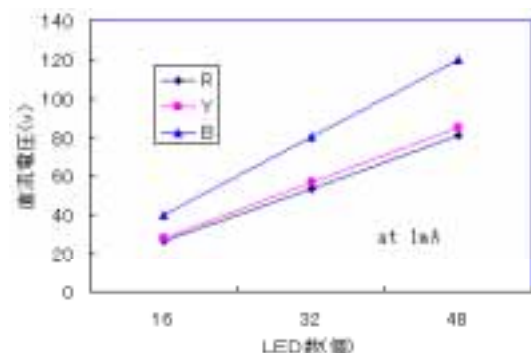


図 1 LED の直流特性

*情報システム技術グループ

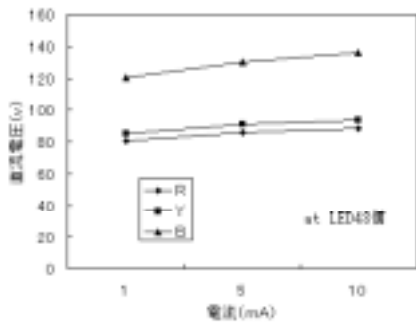


図2 LEDの電流特性

試作した AC100V 用交流点灯 LED ランプは、図3に示すように直流特性のデータを参考にして、1回路あたりの LED の個数を R、Y は 48 個、B は 32 個（以下、LED ユニットという）とし、回路数は R、Y は 4 回路、B は 6 回路とし、合計 192 個の LED を外形 20cm の同心円状に配置した構造である。



図3 LED ランプと試作回路

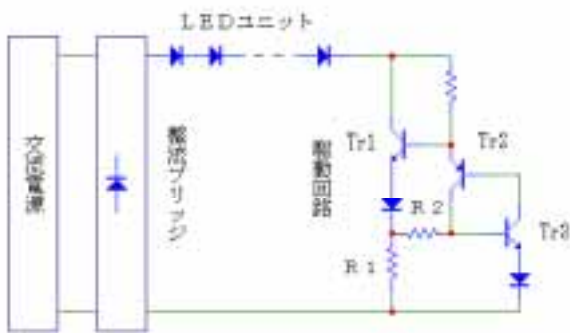


図4 LED 駆動回路

LED ランプの駆動回路は、図4に示すようにトランジスタ3個、ダイオードブリッジ、ダイオード2個、抵抗で構成されている。

駆動回路の動作は、交流電圧が LED ランプに供給された場合、全波整流波に対し、LED ユニットの LED の数と順方向電圧により決まる交流半波の電圧の上昇部分の特定の電圧で図4の Tr 1 が ON し、その電流が電圧の上昇と共に増加する。そして、抵抗の両端電圧により

Tr 3 及び Tr 2 が ON し、Tr 1 が通常、OFF になるが、抵抗 R 2 の値を数百以下にすることで、トランジスタは完全に OFF する遮断領域ではなく、適当な活性領域にとどまり、LED ユニットに電流が流れる。また、交流半波の電圧の下降部分では、LED ユニットにより決まる特定の電圧で LED ユニットの電流が OFF になる。なお、次の半波でも同様な回路動作が行われる。

2.2 断線検出装置

複数の LED ユニットを並列接続した LED ランプの 1 回路分の断線検出装置の基本的な構成を図5に示す。

LED ランプの断線検出装置は、図5に示すように、交流電源と、電源に並列接続し、電圧の有無を検出する電圧検出回路、整流ブリッジ、LED ユニット、LED の駆動回路及び電流の有無を検出する電流検出回路と、電圧検出回路及び電流検出回路のそれぞれの出力を入力として LED の断線を判定する断線判定回路で構成されている。

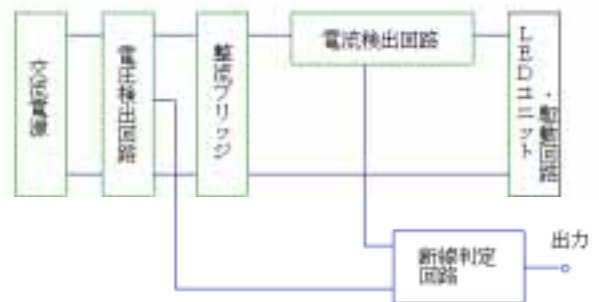


図5 断線検出装置の構成

実際、複数の LED ユニットを有する LED ランプの断線検出回路は、それぞれの LED ユニットの電流を検出する電流検出回路及び駆動回路が回路数だけ必要になる。なお、電圧検出回路、整流ブリッジは兼用できる。断線判定回路は、それぞれの LED ユニット毎に断線判定し、さらに LED ランプ全体の断線を判定している。

LED ランプの断線検出回路は、LED ユニットの1つ以上で断線が発生した場合に断線検出回路の出力にパルスが発生し、断線警報を LED ランプ自らが自動的に発信するものである。

2.3 電圧検出回路

電圧検出回路は、図6に示すように電源に並列に接続するものでフォトカプラを駆動する半波整流機能を含むフォトカプラ駆動回路と、フォトカプラに流れる電流の有無によりパルスを出力するフォトカプラで構成されている。

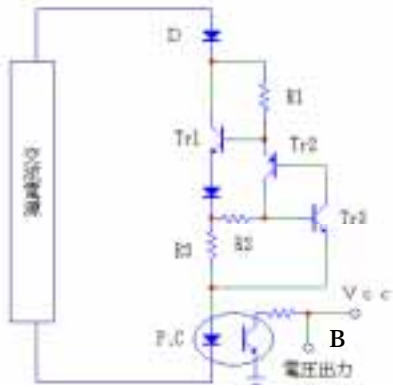


図6 電圧検出回路

図6のフォトカプラ駆動回路は、整流ダイオードとトランジスタを介して、交流波形の正の半波の電圧立ち上がり時の零に近い電圧からトランジスタがスイッチ・オンして、フォトカプラのLEDに電流が流れて点灯し、同じ半波の立ち下がり時の零に近い電圧で電流が遮断される。この結果、電圧検出回路に交流電圧が印加されている場合、電圧検出回路の出力、つまりフォトカプラの出力は正の半波では”L”レベル、負の半波ではほぼ直流電源の電源電圧”H”レベルになり、電源周波数と同じ周波数のパルスになる。

一方、電圧検出回路に交流電圧が印加されていない場合は、フォトカプラには電流が流れず、フォトカプラの出力は”H”レベルの状態が連続的に保持される。

2.4 電流検出回路

電流検出回路は、図7に示すようにLEDユニット、LED駆動回路及びフォトカプラを直列に接続した構成である。LED駆動回路は、図4に示すようにトランジスタ、ダイオード及び抵抗で構成されている。

フォトカプラは、LEDユニットに流れる電流の有無を検出する。電流検出回路の出力は、フォトカプラの出力として得られ、LEDユニットが点灯している状態では電源周波数の2倍の周波数のパルスになり、消灯の状態では”H”レベルになる。

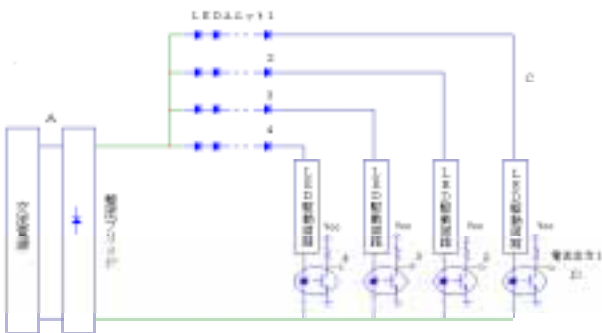


図7 電流検出回路

2.5 断線判定回路

断線判定回路は、図8に示すように電圧検出回路と1つの電流検出回路のそれぞれの出力を入力として、1つのLEDユニットの断線判定を行う断線判定ユニットを複数接続し、その出力のNORをとる。その動作は、LEDユニットに電圧が供給された状態で、1つまたは複数のLEDユニットが断線した時に連続してパルスを出力する。

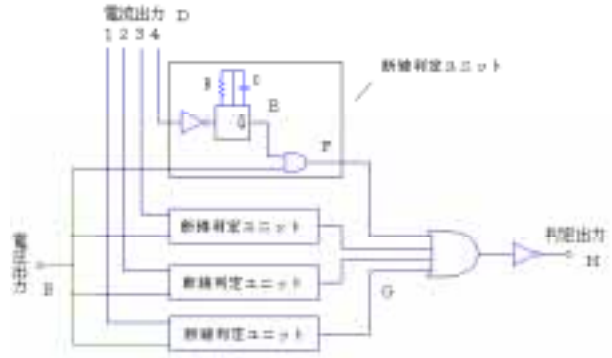


図8 断線判定回路

断線検出ユニットは電圧検出回路の出力及び電流検出回路の出力を入力とし、シュミット・トリガ・インバータ、リトリガ・シングル・ショット、2入力ANDで構成されている。この断線検出ユニットは、まず電流検出回路の出力信号をシュミット・トリガ・インバータに入力し、その出力を設定時間が電源の周期0.75倍のリトリガ・シングル・ショットの入力に接続されている。そのリトリガ・シングル・ショットの出力は2入力ANDの一つの入力に接続する。さらに、電圧検出回路の出力信号は、2入力ANDのもう一つの入力に接続する。その結果、断線検出ユニットの出力は、その2入力ANDの出力でありLEDユニットの断線判定を示す出力信号を表す。

3. 断線検出装置の動作

LEDランプの断線検出装置の回路動作は、各部の波形を表す図9を用いて時間軸のタイミングで3つの状態に分けて説明する。なお、波形A~Hの各々は、図7、8の各部の波形AからHを表している。

状態 は、電源がオフでLEDランプが消灯している状態である。状態 は、電源がオンでLEDランプが点灯している状態である。状態 は、状態 で一つのLEDユニットだけが断線し、そのLEDユニットに電流が流れない状態である。

状態 では、電源が供給されないため、フォトカプラの出力B、Cの波形は共に”H”レベルを持続し、出力

D, E, Fの波形は”H”レベルを持続し,断線判定回路の出力Gは”L”を持続している。よって, A, B, C, D, E, F, Gは, 図の状態のような波形になる。

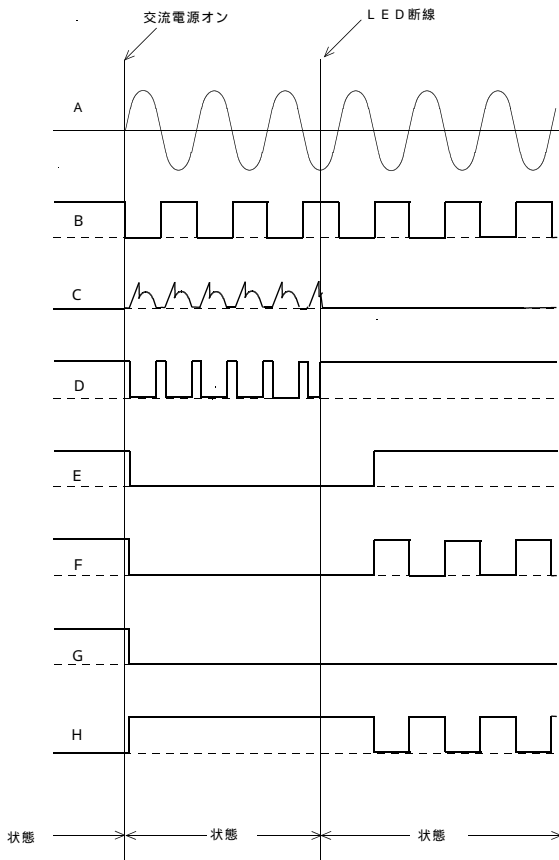


図9 回路の各部波形

状態 では,フォトカブラの出力Bは,整流ダイオードにより正弦波Aの正の半波でフォトカブラのLEDに電流が流れるため,それに対応したタイミングでパルスになる。この時,フォトカブラの電流波形Cは,全波整流波形のある電圧以上でフォトカブラのLEDに電流が流れる。そのため,電流出力Dは,それに対応したタイミングでパルスになる。さらに,Dのパルスを反転するシュミット・トリガ・インバータを介して,リトリガ・シングル・ショット回路に接続される。その回路のQ出力Eは,C,Rによる設定時間が周期 $T/2$ より長いいため,”L”レベルになり,その状態を保持する。その結果,断線判定ユニットの出力Fは,”L”レベルとなる。また,他の断線検出ユニットの出力もFの波形と同様に,Gようになる。その結果,断線判定回路の出力Hは”H”レベルになり,その状態を保持する。

状態 では,フォトカブラの出力Bは状態と同様にパルスになるが,一つのLEDユニットの断線の発生によって電流出力Dは”H”レベルになる。そのため,リトリガ・シングル・ショット回路のQ出力Eは”H”レベルになり,その状態を保持する。その結果,断線判定

ユニットの出力Fは,電圧検出力Bと同様なパルスとなる。また,他の断線検出ユニットからの出力は,LEDユニットが点灯した正常な状態であるため,すべて”L”レベルを保持している。次に,断線検出ユニットからのすべての出力を入力とするNORの出力は,Fと同様にパルスになる。その結果,断線判定回路の出力Hは,パルスになり,断線の検出が可能になる。

また,LEDユニットの二つ以上が断線した場合でも,断線したLEDユニットに対応した断線判定ユニットの出力は,電圧検出回路の出力と同様なパルスになるため,断線判定回路の出力Hはパルスになる。よって,断線判定回路は,LED群の一つ以上の断線の発生に対して,パルスを発生し,LEDランプの断線検出ができる。

4.まとめ

交流電源で点灯される数十個程度のLEDを直列に接続したLEDユニット及びその駆動回路と,さらに,それらを複数並列に接続したLEDランプの断線検出装置を開発した。

装置の概要は,電源から整流ブリッジに供給される交流電圧の有無を検出し,出力信号を発生する電圧検出回路と,LEDユニットに流れる電流の有無を検出し,出力信号を発生する電流検出回路と,電圧検出回路と電流検出回路のそれぞれの出力信号を入力とし,LEDユニットの断線検出を論理判定し,かつ同様な方法で複数のLEDユニットの断線を検出する断線判定回路を備えている。

LEDランプの断線検出装置の出力は,電源がオフ状態では”L”レベル,電源がオンで正常に点灯している状態では”H”レベル,電源がオンでLEDユニットの断線が発生した場合にパルスを発生する。

この断線検出装置を組み込んだLEDランプは,パルス信号でランプ自らが断線警報を自動的に発信することが可能になる。

交通信号機,標識灯,建造物の認識灯など安全性確保に重要な役割を果たす交流点灯LEDランプでは,ランプ自らが断線情報を発生することにより,通信回線を介して集中監視センターに故障情報が自動的に警報されるという効果が期待できる。

参考文献

- 1) 宮島良一他:東京都立工業技術センター研究報告, 25, 33 (1996).
- 2) 宮島良一他:特許第3122870号(2000).
- 3) 宮島良一:特出願平成13-120352(2001).

(原稿受付 平成13年8月1日)