

煙立つ回路と想定しておくべき電気の流れ

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊谷, 正朗 メールアドレス: 所属:
URL	https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/24041

煙立つ回路と想定しておくべき電気の流れ

久しぶりに、開発した回路の試験中に煙が出ました。当研究室はロボットのために制御回路類も多くを内製しています。マイコンを搭載した主たる制御の基板、モータ駆動用の基板などを、回路設計、基板設計から組立までしています。最近は、新しく開発した小型玉乗りロボットのために、一式すべてを新作&改良していました。今回は、その電池回りをとりまとめる基板を追加でつくっており、組み立てて電源部としての機能試験を済ませた後に、ロボットの回路に接続、電池を装ったら部品のひとつから発煙しました。

具体的には、充電電池の残量を簡易的にモニタし、電圧が下がってきたら警報(音と赤色点滅)が出る仕様で、電圧監視用の半導体 IC 部品とブザーと自己点滅 LED だけの簡単な回路を電池に並列に接続した構造です。単独で問題ないことはあらかじめ確認し、必要な電圧確保のため、この回路が個々についた 7V 強の充電電池を 3 段に直列にしました。電池は着脱式で、直列にした電池ホルダと回路だけを、負荷であるマイコン基板、モータ駆動基板に接続してから、電池を 1 本ずつ装りました。1 本、2 本と挿していくと、マイコンや表示器が動き始めました。この時点でもう十分におかしい、仕様外の動作だったのですが、重要視せずに確認を後回しにして、そのまま 3 本目を挿したところ、煙が。

結果から分析すると、回路設計段階から可能性は予期しうるトラブルだったのですが、「単独では問題なく動作する回路」を「直列にして」かつ「負荷をつなぐ」と壊れるという、ちょっとした想定外で、いくつかの教訓を含んでいました。

ここでキーとなるのはダイオードという部品(回路要素)です。これは半導体部品の一種で、電圧をかけたときに 1 方向にのみ電流が流れる性質があり、配管部品で言えば逆止弁のようなものです。照明などにも広く用いられる LED は「発光するダイオード」で、これも 1 方向にのみ流れ、流れたときに光ります。このダイオードは単独の電子部品として、あるいは集積回路内に必要なために明確につくり込まれたダイオードのほかに、明示的に設計せずとも結果的にできてしまう寄生ダイオードというものもあります(通常動作時は電流が流れない)。IC 部品では、端子の保護用に意図的に入れるものも含め、電源供給端子のマイナス側からプラス側に向かってダイオードが形成されていることが多くありますが、あくまでふだんの電圧のかけ方と逆向きで、そのダイオードに電流が流れることはありません。

今回の回路で使った電圧監視 IC 内にもこのダイオードがあるような性質、つまりマイナスからプラス側に電流を流せることを事故後に確認しました。これで今回のトラブルを説明できます。ま

熊谷正朗—KUMAGAI MASA-AKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



ず、電池を一部のみ装てんした状態でも、制御系の回路を動かすのに必要な電圧が確保されます。一方、電池を挿していない、つまり監視ICだけがつながったところは、電池ホルダのマイナス側からプラス側にダイオードが入ったかのような状態なので、このダイオードを経由して電流が流せ、これが回路を動かしました。ただ、このダイオードには大きめの電流を流す意図はもとよりまったくないため、流れた電流でICが部分破損、最後の電池を挿したこととどめを刺した、というシナリオと分析しています。なので、そのような電流が監視ICに流れないようにした改良版では今のところ問題は起きていません。

今回は、想定すべきだった電流の経路を想定漏れたことで発煙に至りましたが、通常動作時は起きないけれども、想定しておいた方がよい電流のケースはいくつもあります。たとえば、回路内の電源用のコンデンサは、量は多くはありませんが、蓄電します。電源をオフにしてもこの分ですぐに止まらず、下がる途中の半端な電圧を供給します。スイッチオフ後に電源ランプがゆっくり消えるときはこの場合があり、回路の電源投入シーケンスに反する動作をする可能性もあります。

メカトロの場合はモータの起電力が要注意であり、一例は回路がオフの状態、モータを外力で動かした場合です。モータの駆動回路には意図的

に前述のダイオードが入れてあり、モータが発電した電気がダイオード経由で回路の電源線に流れていきます。回路オフ時にモータを回して、回路のランプが光ったらこのケースですが、半端な電圧が回路にかかるという観点では同じくリスク要因です(一般には想定した設計になっているはずですが)。また、動作時には、モータを減速させたときに回生の電流が帰ってくることを想定します。モータを減速することでメカ全体が減速しますが、減少する運動エネルギーが電力になるわけです。ハイブリッド自動車などでは積極的に活用しますが、メカトロ機器でも量の違いはあれど、効率の良い制御装置では帰ってきます。多くの場合は回生量は多くなく、一時的にコンデンサに貯まり、すぐに回路等の動作で消費されてしましますが、エレベータやクレーンのように重力に対抗しながら下ろすためにブレーキをかけ続けるような場合は、回生し続けるので、その電力をどう逃がすかを設計に入れる必要があります。

メカトロ系の回路や、電源系の回路は、電気をエネルギーとして使うので、扱いを間違えると部品や配線を簡単に燃やせるだけのリスクがあります。今回はそれをうっかりやらかしてしまったのですが、あらかじめ想定するには、知識と重大事故にならない程度で経験を積んでいくしかないと思います。