

低圧電路における地気点探知に関する研究

電気課技官 上 月 三 郎

田 中 隆 二

1. まえがき

従来、低圧電路における地気発生を検出については、種々の漏電警報器等が使用されているが、それらによって地気の発生が検出されても、地気点の探知には停電を要することが多いため、工場などではこれらが十分に活用されていない場合が多い。そこで筆者らは、低圧電路において地気発生が検出された場合に、通電のまま比較的簡単にかつ短時間に地気点を探知できる方法について研究し、数回にわたり自家用電気施設において現場実験を試みた結果かなりの好成績が得られたのでここにこれらの概要について以下報告することにする。なおこの方法は、非接地式低圧電路にも適用できるものであり、現在多く採用されている接地式低圧電路においては、非接地式低圧電路に比べて地気が発生した場合の災害危険が大きく、また制御装置の誤動作等の事故のおそれも大きいので、この方法を併用して非接地式を採用することが安全上および送電確保上極めて有効であると考えられる。

2. 地気点探知の方法

2.1 地気発生を検出

地気点探知の前提として、まず地気の発生を検出しなければならない。

接地式低圧電路の場合には、地気の発生が市販の漏電警報器等によって検出されるが、その主たる原理は地気発生時に、

(a)変圧器の第2種接地線に流れる電流を利用して検出する、

(b)零相変流器に流れる零相電流を利用して検出する、などの方法をとっており、そのほか変圧器の第2種接地線または機体の第3種接地線に流れている地電流を接地電流計で直接測定し、その大きさから地気の程度を判断するなどの方法が一般に利用されている。

さて検出するに必要な電流の大きさはできる限り小さくすることが望ましく、そのため電路の対地容量の影響を無視できるように、直流を使用する方法がある。図1は非接地式低圧電路の場合に直流電源を挿入し、検出電流として直流を使用する方法である。

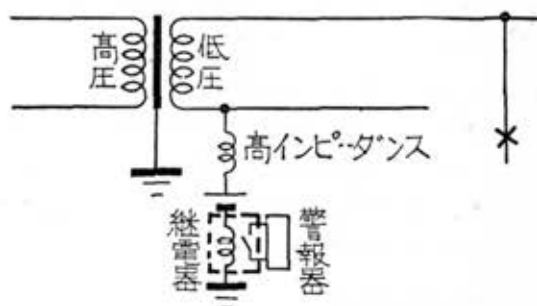


図-1 直流挿入による地気発生を検出

なお、非接地式電路の場合には地気発生を検出とともに地気相の判別も行なう必要があり、そのためには種々の方法があるが、図2に示すように、地気警報器とともに地気相表示灯（高インピーダンス）を設置し、地気相は当該表示灯の消灯によって判別することも考えられる。

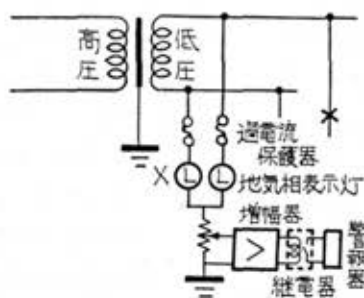


図-2 地気相表示灯の設置

なおまた、非接地式電路の場合には、対地絶縁抵抗の測定によってもある程度の地気発生を検出が可能である（付記[1]参照）。

2.2 地気点探知の原理

地気の発生が前記のような方法で検出されたならばつぎに地気点の探知を始める。この探知の原理を図3によって説明する。

接地式電路の場合には、電圧側配線に地気が発生すると地気回路に地電流が流れる。この地電流を変圧器の第2種接地線の途中に断続接点を設けて断続させ、断続電流として地気回路に送り出す。そして断続電流の生ずる磁束変化を感知コイルによって捕捉し、これを断続信号音としてレシーバーで聞きながら、電源側から負荷側に

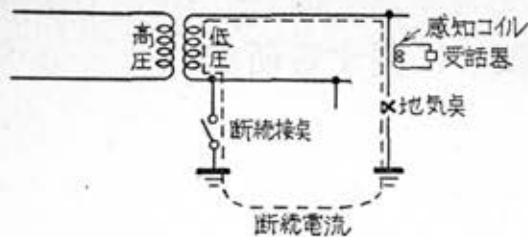


図-3 地気点探知の原理

向って断続電流の流れている回路を追跡することにより地気点に到達しようとするものである。

非接地式回路の場合には、地気発生を検出した時に地気相を判別し、変圧器の低圧側端子部分の近くにおいて地気していない相と大地間に断続接点を挿入して断続させることにより、接地式回路における場合と同様に地気点を探知することができる。

3. 地気点探知装置

地気点の探知に使用する地気点探知装置は断続接地器、探知器および探知器付属コイルより構成されるが、これらは(株)山光社の協力により試作されたもので、以下これらについて説明する。

3.1 断続接地器

断続接地器は図3の断続接点部分にあたり、その構造を図4に示す。この動作を説明すると、まずスイッチ S_1 を閉じると内蔵されている直流電源により継電器Aが動作と復帰を繰り返す、 S_2 および S_3 接点が開閉される。

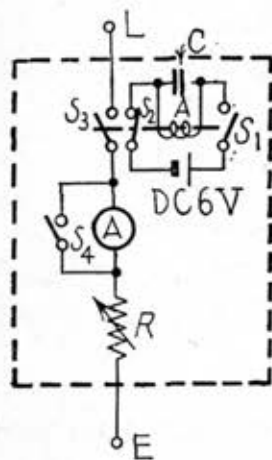


図-4 断続接地器

したがってLE間に流れている地電流が接点 S_3 によって断続される。

この場合の断続速度および断続比の決定はつぎのように行なった。すなわち、電話用ダイヤルの速度および断続比を測定する放電破壊形インパルス記録機(東方電機株式会社製)を利用し、断続状態を任意に変化させて断続音を聞いた場合に信号音として最も聞きやすいという条件を数人の被

験者について実験した結果を総合して検討し、ほぼ断続速度を5回/秒、断続比を1:1と決定した。

なお図4におけるRは断続電流の大きさを調節するための可変抵抗であり、図5は断続接地器の外観を示したものである。



図-5 断続接地器の外観

3.2 探知器

探知器は内蔵感知コイル、増巾器、クリスタルレシーバーよりなり、断続電流による磁束変化が内蔵感知コイルに誘起する電圧を増巾して、クリスタルレシーバーにより断続信号音を聞く構造になっている。

(a) 探知器の感知コイルの誘起起電力

今、無限長線路に電流が流れているとき、探知器の内蔵感知コイルに生ずる電圧の大きさを求めてみる。

電流 i (A) が流れている無限長線路から r (m) 離れた点Pの磁界の強さ H_r (AT/m) は、

$$H_r = \frac{i}{2\pi r} \dots\dots\dots (i)$$

r に比べて十分小さな面積 S (m²) のコイルを、P点に磁界に直角に置いた場合にコイルを貫通する磁束 ϕ_r (wb) は、P点の磁束密度 B_r (wb/m²) を一定と仮定すると

$$\begin{aligned} \phi_r &= B_r \cdot S \\ &= \mu_0 H_r S \\ &= \frac{\mu_0 S}{2\pi r} i \text{ (wb)} \dots\dots\dots (ii) \end{aligned}$$

ただし、 μ_0 は真空の透磁率である。

ここで i が時間的な変化をすれば電磁誘導の法則によりコイルに起電力を生ずる。 N (turns) のコイルに生ずる起電力を e (V) とすれば、(ii)より

$$\begin{aligned} e &= -N \frac{d\phi_r}{dt} \\ &= -\left(\frac{\mu_0 NS}{2\pi r} \right) \frac{di}{dt} \text{ (V)} \dots\dots\dots (iii) \end{aligned}$$

i は商用周波数の交流 (i は必ずしも商用周波数の交流でなくてもよく、後述するように直流であっても探知効果に実質的な差はない) を、断続速度5回/秒、断続比1:1で断続させたときの過渡電流をとられなければならないが、理論的にはやや複雑になり、またその解も断続接点の構造などにより実際の断続状態とはかなり異なるものと考えられる。そこで断続接地器により実際に

地電流を断続させた波形をブラウン管にて観測した結果、断続電流のうち 1,000 c/s 程度の高調波が信号音として主な役割を果たしていることを知った。

しかし、1,000 c/s の正弦波交流を断続せずに流してみてもレシーバーには 1,000 c/s の連続音を聞くのみで、探知可能な信号音としては役に立たない。

しかしながら、仮に断続電流でなくて、周波数 f (c/s) の正弦波交流とした場合の誘起起電力を考えると (iii) 式は次のようになる。

$$e = -\frac{\mu_0 NS}{2\pi r} \frac{d}{dt} [I_m \sin(2\pi ft + \theta)]$$

$$= -\frac{\mu_0 NS}{2\pi r} I_m 2\pi f \cos(2\pi ft + \theta) \quad (\text{V})$$

…………(iv)

ここで実際に試作された探知器の感知コイルについて 1,000 c/s の正弦波交流を電路に連続して流したとき e のの最大値 e_m を求めてみるとつぎのようになる。

$$e_m = \frac{1}{r} \times 10^{-6} \quad (\text{V})$$

ただし、 N 、 S および I_m はつぎの値をとった。

$$N = 1,200 \quad (\text{turns})$$

$$S = 0.5 \times 10^{-4} \quad (\text{m}^2)$$

$$I_m = \sqrt{2} \times 10^{-2} \quad (\text{A})$$

r に二、三の数字を入れた e_m の計算例を示すと表 1 の通りである。

表 1

r (cm)	e_m (μV)
10	10
50	2
100	1
500	0.2

(b) 探知器回路とその性能

探知器の回路を図 6 に示す。内蔵感知コイルの軸方向を地気回路と直角方向にすると、断続電流の磁束が同コイルに最大の起電力を誘起する。同コイルの軸方向と地気回路とのなす角度が直角よりはずれると、誘起起電力もそれに応じて減少する。

感知コイルに起電力が誘起されると、 TR_1 のベース電流が変化し、順次 TR_2 から TR_4 まで増巾されてレシーバーに信号音を生ずる。増巾度の調整は VR によって行なわれる。

地電流回路に断続電流とともに大きな負荷電流が重畳して流れている場合には、商用周波数およびその高調波の雑音が大きく、信号音の判別が困難となることがあるので、 SW_1 により入力を検波して対称分波形を除き、非

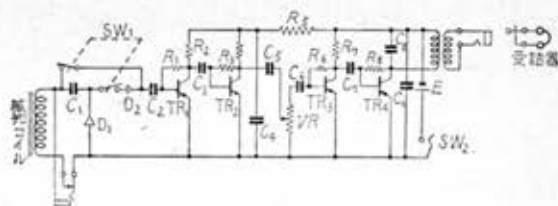


図-6 探知器回路図

対称分のみを増巾することによって探知を容易にすることができる。

試作された探知器の探知性能を示すと、つぎの通りである。

地気回路の電圧……AC または DC 200V 以下

地気回路の抵抗……2 k Ω 以下

回路方式……接地式または非接地式

探知しうる配線方式……露出配線 (架空配線を含む)

金属管配線、ケーブル配線、
コンクリートまたは木の壁の
内部に隠れている配線

探知特性……図 7 の通り (50 c/s の架空線の場合)。増巾器の最終段までの増巾度は、測定によると約 78 (db) である。

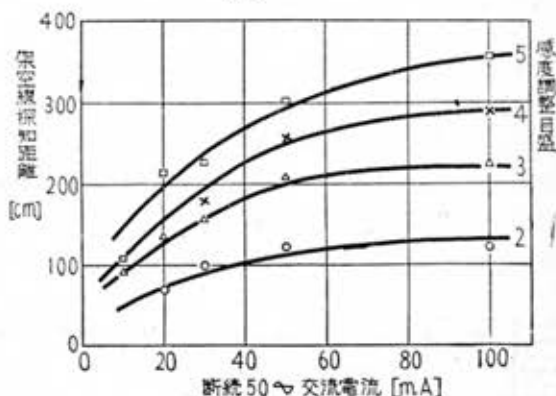


図-7 探知器感知特性 (50 c/s 交流断続)

図 8 は探知器の外観を示したもので、携帯に便利であるようにしてある。

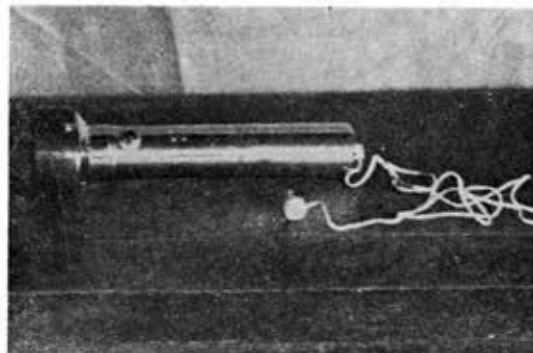


図-8 探 知 器

なお、本方法は交流低圧電路における地気点の探知を目的として、交流地電流を断続させることによって行なうものであるが、この代りに別に直流の断続電流を交流の地気回路に流して探知することも考えられる。図9は直流断続電流に対する探知器の感知特性であるが、これは図7に示した交流 50 c/s の場合の特性とあまり相違がない。また実際に直流の断続信号音をレシーバーで聞いた場合にも、何らの差異が認められなかった。ただし直流の場合は交流の場合に比べて断続接点の損耗の程度が大きいため、回路の電圧、断続電流の大きさ、接点の構造などを特に考慮しなければならない。

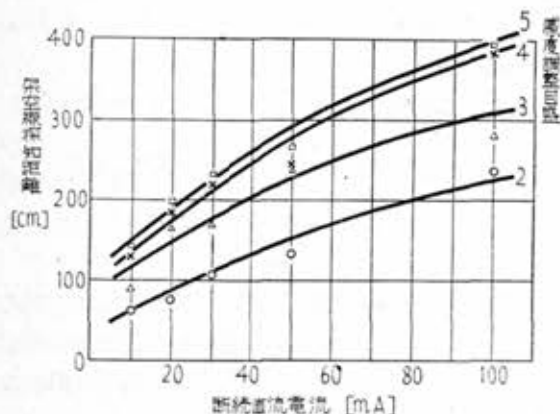


図-9 探知器感知特性（直流断続）

つぎにこの方法は交流低圧電路のみでなく、直流低圧電路の場合にも地気点の探知に利用することができる。

図10はその場合の接続方法を示したものであるが、直流の地気回路にコンデンサCを挿入して直流地電流をしゃ断し、別に商用周波数の交流 100V 電源を挿入して交流断続電流を直流地気回路に送って地気点を探知する。

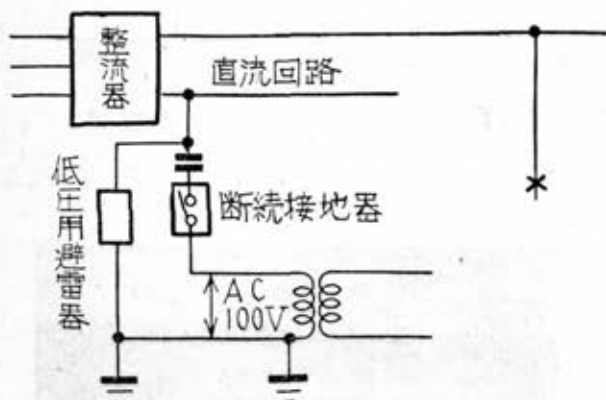


図-10 直流低圧電路の地気点の探知

この場合にも直流地電流を断続させないのは、直流 200V または 100V を断続させると、断続接点の損耗などが生じやすいからであって、直流の断続信号音が探知器で捕捉できないからではない。したがって船舶などのよ

うに、交流電源を利用できない場合には、直流の地電流をなるべく小さな値に制限して断続させることにより一応探知が可能である。

3.3 付属感知コイル

母線が互に近接して配線されていたり、配電盤、分電盤等におけるように隣接回路が接近している場合には、探知器の内蔵感知コイルに被探知回路以外の回路からの磁束が交鎖するので、探知器の内蔵感知コイルのみでは探知が困難となることがある。このような場合には、別に付属の大形の感知コイルを使用する。

すなわち、円形感知コイルおよび角形感知コイルである。ケーブル配線などの場合には、それを円形感知コイルで挟み、ナイフスイッチなどの場合には角形感知コイルで刃を挟む（4.3.1 および 4.3.2 参照）。

図11は円形感知コイルを、図12は角形感知コイルを、それぞれ探知器とともに示したもので、いずれも内蔵感知コイルを大きくしたに過ぎない。

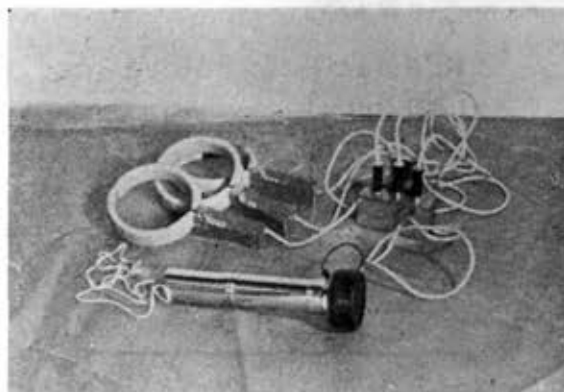


図-11 円形感知コイルと探知器

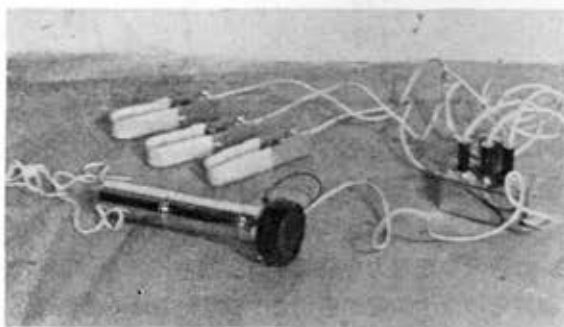


図-12 角形感知コイルと探知器

4. 地気点探知の実際

4.1 断続接地器の取付け

地気発生が検出されたならば地気系統を確認する。

接地式電路の場合には変圧器の第2種接地線と並列に断続接地器および保安器（付記〔2〕参照）を接続してから接地線を開放し、つぎに断続接地器の可変抵抗を最大

目盛の位置にしておいて取付ける。

非接地式回路の場合には、変圧器の低圧側端子部分の近くにおいて地気していない相と大地との間に断続接地器のみを挿入すればよい。

接地式回路の場合の接続を示すと図13の通りである。

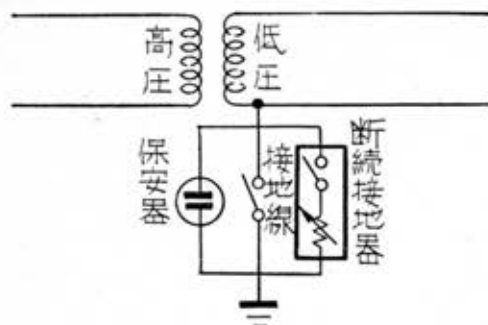


図13 断続接地器の取付け

断続接地器の取付け後、スイッチをONとして可変抵抗を加減し、付属の電流計の指針を読みながら地電流の大きさを調節し断続信号電流として地気回路に送り出す。

なお、断続中は地気回路から電流計を短絡しておく。

4.2 地気回路の追跡

断続接地器の動作を開始したら、つぎに探知器を携行し地気点の探知を行なう。信号電流が流れている地気回路に探知器を近づけると断続音が聞える。地気回路となっていないか、または地気回路から十分離れると（信号電流の大きさなどによりその距離は一定ではない）断続音が聞えない。この断続音を電源側から母線、配電盤、分電盤等と、地気点に向かって追跡し、最後に地気点に到達する。

地気系統の追跡の例として、図14に示すような場合についてその要領を説明すると、第一に変電所の母線ケーブルまたは配電盤の箇所にて断続音の聞える地気系統を判別して選出する。地気系統 L_1 がここで判明したら、つぎにその L_1 の先の分岐点 J_2 に至り、ここで地気系統 L_2 を判別し、以下この要領で順次地気回路を分岐し、最後に地気点となっている負荷に到達する。もしも分岐点 J_i と J_{i+1} の中間において断続音が聞えなくなる場合には、聞えなくなる箇所に地気点が存在する。

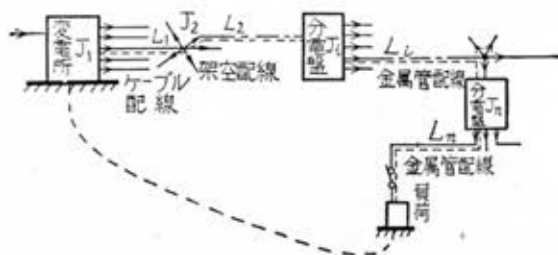


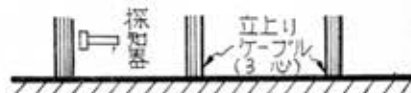
図14 地気回路の追跡

4.3 地気点探知の実際

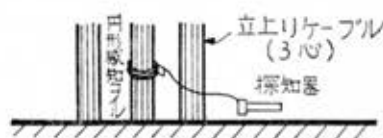
4.3.1 変電所における母線群からの地気系統の判別

母線群がケーブルで配線されている場合には、それぞれの場合に応じて図15に示す要領にて、単に探知器のみを使用するか、またはさらに円形感知コイルを使用して地気系統を判別する。

(a) 母線が互に相当離れている場合



(b) 母線が互に接近している場合



(c) 母線が各相毎に引出されている場合

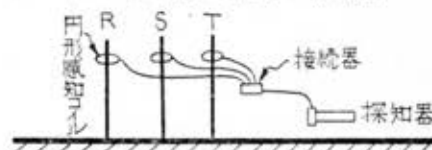


図15 変電所母線付近の分岐箇所における地気系統の判別

4.3.2 配電盤、分電盤における地気系統の判別

母線に接近できない場合または接近できても円形感知コイルが使用しにくいような場合には、配電盤、分電盤などにおいて判別する。

配電盤、分電盤では多数の開放形ナイフスイッチが互に近接して取付けられている場合が多く、これに直接探知器を近づけても近接する回路に流れる負荷電流の影響が大きくて断続音の判別が困難な場合が多い。したがってこのような場合には、角形の感知コイルをスイッチの各刃に取付け、これらを接続器に接続して判別する方法

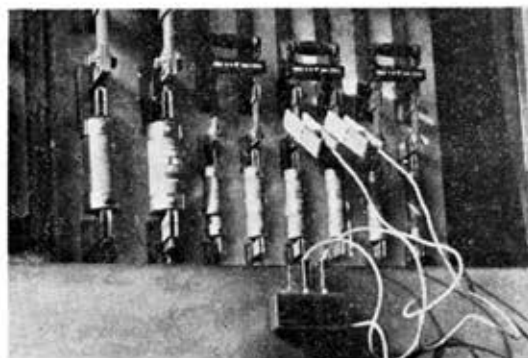


図16 角形感知コイルの使用例

をとる。

図16は単相交流回路の分電盤における角形感知コイルの使用状況を示したものである。3相の場合にはこれを3個使用する。

なお、近接の負荷電流の影響が少ない場合には、探知器の感度を低下させ、近接回路からの誘導雑音を避ければ探知器のみを近付けても判別は可能である。

4.3.3 架空線における地気系統の判別

普通の低圧架空線に流れる信号音は、探知器を架空線に向け、地上において捕捉することができる。

信号となる地電流の大きさは、この場合10mA程度でも十分なことがある。

架空線の分岐箇所における地気系統の判別は、探知器を架空線に向けながら分岐点の真下よりそれぞれの分岐系統を辿って約10m程度歩行し、各系統の断続音の有無を調べることによって行なうことができる。

4.3.4 金属電線管配線の場合の判別

金属電線管配線であっても、それが地気系統を構成していれば一般には外部から探知器で信号音がわかる。すなわち、図17(a)のような場合には判別が可能である。しかし(b)のように金属電線管内に地気点が存在する場合には、配線と金属電線管を流れる断続電流の大きさがほぼ等しく、向きが反対であるので、電線管の外部においては磁界の変化がないと考えられる。したがって、このような場合には電線管の部分では探知が困難となるので、電線管のない部分で探知し地気点を推定しなければならない。しかしまた(c)のように電線管がその両端で接地されている場合には、電流の大きさに差が生ずるので判別が可能になる。

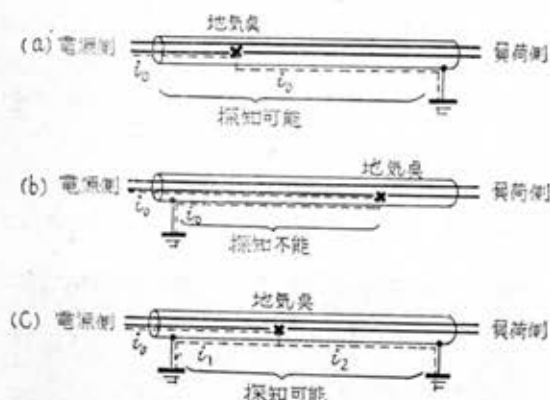


図-17 金属電線管配線の場合の断続電流

4.4 探知に関する注意事項

4.4.1 断続電流の大きさの調整

断続電流の大きさを大きくしても、それに比例して探知器の感度の増加は得られない。また電流を大きくすることは断続接点の寿命を短縮するのみでなく、絶縁抵抗

の低下の少ない回路にも感知できるような断続電流が流れるので判別を困難にすることがある。したがって断続電流の大きさは現場の実状に応じてなるべく小さな値に調整することが必要である。

普通は20~100mA程度の大きさでよいが、対地漏洩電流が全般的に大きな回路の場合、機械工場等の騒音の激しい場所で探知する場合等では、さらに大きな電流とすることがある。

4.4.2 回路の絶縁が全般的に低下している場合

配線が古い等の理由により、回路の絶縁が全般的に低下しているような場合には、信号電流が各系統に分流するので系統の分岐箇所における地気系統の判別がむづかしい。このような場合には探知器の感度を十分絞って、できるかぎり判別の差が得られやすいようにし、これらのうちでも最も信号音の大きいものから追跡する。

4.4.3 配電盤等で負荷電流が大きい場合

主配電盤などにおけるように、かなり大きな負荷電流に断続電流が重畳して流れる場合には、負荷電流による磁界の強さが大きくなるので信号音が聞きにくくなる。この場合には探知器中の切替スイッチを切替えて入力を検波すれば、対称分が除かれるので判別しやすくなる。

4.4.4 交流整流子電動機等が使用されている場合

探知すべき地気系統に交流整流子電動機等が使用されている場合には、整流火花が雑音の原因となり、これが信号音に酷似しているため判別が困難な場合が多い。

4.4.5 地気障害の発生が瞬間的である場合

電動機が地気点となっている場合には、電動機負荷の大小、負荷の特性等によって回転中に時々もしくは瞬間的に地気が発生していることがある。このような瞬間的な地気はこの探知装置では地気点を追跡することができないので、変電所等において別に地電流を記録しながら各負荷の投入時と地電流の記録とを照合させ、地気している負荷を推定する方法などを講ずることが必要であろう。

5. 地気点探知の実例

本装置を使用して製鉄、化学、紡績等の各工場におい

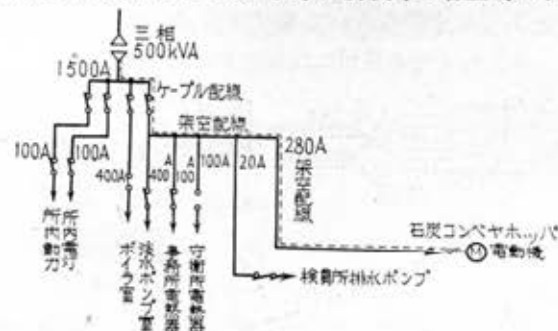


図-18 地気点を発見した低圧配線の1例

て地気点探知を実験的に試みた結果、いずれの場合にも地気点の発見に成功した。またこれにより誤結線のある機器を発見した場合もあった。

図18は某工場の構内において、石炭コンベアホッパーの電動機に地気が生じていた場合の関係低圧配線図を示したものである。

6. 低圧電路の地気保護方法への応用

さて、以上の地気点探知の方法はこれを低圧電路の地気保護方法へ応用することができる。

非接地式電路の場合には、変圧器の低圧側に常時断続接地器を取付けておくならば、地気発生を検出とともに直ちに断続接地器を動作させることにより地気点の探知にうつることができる。

接地式電路の場合には、地電流が極めて大きければ直ちにしゃ断器を動作させて地気回路をしゃ断するが、地電流が比較的小さければそれにより警報器を動作させ、同時に自動的に回路を切替えて保安器を挿入し、臨時に接地線を開いて非接地式として地気点を探知する方法が考えられる。地気点が探知でき、電路の絶縁が回復したならば再び本来の接地式に戻しておけばよい。

7. 結 語

ここで述べた方法と装置はいずれも比較的簡単なものであり、現場実験の結果も良好であったので、自家用電気施設を有する各工場で活用するならば、接地事故の早期発見と災害防止に極めて有用である。

また、接地継電器の感度を増加するとともに、本装置を活用するならば、非接地式低圧電路を採用した場合の安全性を一層期待されるものと思われる。

なお、このような地気点の探知の際に、接地式電路における第2種接地線を一時取外すことは、信頼のできる保安器を使用するなど危険防止処置を講ずるならば、必ずしも電気工作物規程にてい触するとは考えられないという関係当局の意見があるので念のため申し添えておく。

参 考 文 献

- 1) 宮崎 他：感電防止に関する一考察と真空避雷器の改良（第38回日本電気協会総会研究会講演文集）
- 2) 上 月：非接地式低圧電路の安全性について（第19回全日本産業安全大会研究発表集）
- 3) 上月，田中：低圧配線における地気点探知の一方策（昭和35年照明学会東京支部大会講演論文）

付 記

〔1〕非接地式低圧電路の対地絶縁抵抗の測定について

自家用電気施設などにおいて、その低圧電路およびこれに接続される電気機器の対地絶縁の程度を通電のまま測定しうる指示計器が製作されている*。したがって地気点の探知に先立って、予めこのような計器で地気系統の地気の程度を知ることができる。また通常の電路の保守にも役立つものであろう。

* 対地絶縁抵抗計（仮称）：（株）山光社

〔2〕保安器について

接地式電路の場合には、地気点探知中変圧器の第2種接地線を一時開放し、接地線の中間に断続接地器を接続することになる。したがって、断続接地器の接点が断続動作中「断」の状態では事実上変圧器の第2種接地工事が行なわれていないことになり、探知中万一発生するおそれのある高圧混触等による災害危険がある。そこでこのような危険防止のために保安器を断続接地器と並列に挿入して使用するのである。

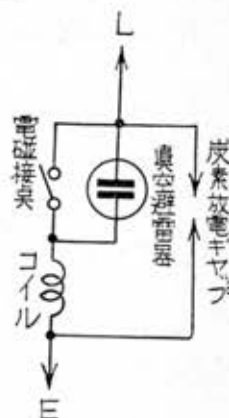
このような保安器としては、中国電力技術研究所宮崎貢氏が研究試作され、これが改良されて市販されているが、その特性等を示せばつぎの通りである。

- (a) SS-1 真空避雷器，200V用……………（株）山光社製
放電開始電圧……AC 300V $\pm$ 40V
放電耐量……AC 3,000V，20A，1分通電，5分間隔10回
AC 3,000V，20A，10分間連続通電1回

放電開始の遅れ…1 μ s 以内
絶縁抵抗……100M Ω 以上

- (b) MS-P 型 マグネット保安器……………（株）山光社製

上記のSS-1真空避雷器に、さらに接点を設け、事故による放電電流により接点を閉じ、あとは事故電流で保持して避雷器を保護する。また、放電ギャップを別に備え、避雷器の性能をこえる地絡電流から避雷器を保護する。



放電開始電圧……AC 3,000V， $\pm$ 40V
放電耐量……AC 3,000V，30A，10分連続通電
AC 3,000V，50A，1分連続通電
AC 3,000V，100A，20秒連続通電
AC 3,000V，200A，5秒連続通電
放電開始の遅れ…1 μ s 以内
電磁接点動作時間…1/2 c/s 以内
絶縁抵抗……100M Ω 以上

Research on Finding-out of Earth-fault Points in Low Voltage Circuits

by S. Kōzuki
R. Tanaka

Earth-fault detectors have been so far widely used in factories in order to detect earth-faults in low voltage circuits, but even if detected by them, as it becomes necessary to find out earth-fault points by stopping electric supply service, they are not of fully practical use.

The writers studied on how to find out earth-fault points under power supply and as a result of some experiments which were done at large factories, such as of iron and steel, chemical and spinning industries, we showed that our method was very useful for preventing accidents due to earth-faults.

On Hazards of Igniting of Gun-Powder though Breakage of Incandescent or Fluorescent Lamps (2nd Report)

by S. Kōzuki
K. Sakanushi

We indicated, on the first report, the results or hazards of whether a bit of gun-powder scattered on the surface of incandescent or fluorescent lamp would be ignited through breakage of the lamps or not.

This time we studied on hazards of igniting of a bit of gun-powder through breakage of 40 watts rapid-start and 20 watts glow-start fluorescent lamps, and obtained the following results.

1. In cases of 40 watts rapid-start fluorescent lamps,
 - (a) T. N. T. black carlit and ammonium nitrate explosives are not ignited,
 - (b) Black-powders are occasionally ignited by waste heat of filament, but seldom on discharge.
2. In cases of 20 watts glow-start fluorescent lamps,
 - (a) T. N. T. and Black carlit are not ignited,
 - (b) Black-powders ignited by waste heat of filament, but seldom on discharge.

By the results of the first and second reports, we found out that when a working incandescent lamp or a fluorescent lamp is broken, the former is far more hazardous concerning the ignition of gun-powder.

Research of Ventilation in Plant (3rd report)

by T. Kondō

Experimentally, we measured the velocity and the temperature of the convection flow over heated sources, in order to improve the design of exhaust system for hot gases and fumes from the furnace and the open tank etc. Instead of the using convection loss, to calculate the volume of convection air, we proposed the using air temperature, which can be measured more easily in plant. Besides, the deflection of convection flow by the traverse wind was conjectured from our study.

研 究 所 報

1960 No.3

内 容

1. 低圧電路における地気点探知に関する研究…………… 1
2. 白熱電球および蛍光ランプの破壊による
火薬類の着火危険について（第2報）…………… 8
3. 工場内換気に関する研究（第3報）
——高熱物よりの上昇気流について——……………16

労働省産業安全研究所

昭和36年3月