

ベクトル理論 Igr 検出方式 (TrueR) を利用した絶縁監視装置

株式会社 So Brain 頭本 頼数
オムロンソフトウェア株式会社

1. まえがき

等価対地絶縁抵抗に起因する漏洩電流のみを測定する Ior 方式や Igr 方式の製品は、近年いろいろな企業から発売されています。しかし製品により測定の仕組みが異なるため、如何に運用現場において精度の高い検出が可能になる製品を選択するかが重要なポイントになります。この考察をすることなく選択すると、現場での信頼性を欠き活用できない製品となることがあります。

ここで選択する場合のポイントとして重要になるのは、①技術的な根拠が示されている点。②運用現場で安定した高い精度の測定結果が示されている点。③三相 3 線式デルタ結線での I_0 と Igr 値が逆転する現象（協会の窓 2011 年新春号 ベクトル理論 Igr 方式の信頼性）の解決が可能な点。④そして「絶縁劣化が発生した際、本当に危険な状況であるか診断に役立つか?」、という点の 4 つです。これに技術的な選択方法として次の 2 点（後述の⑤と⑥）も考慮した方が賢明と考えられます。⑤安定した基準電圧を採用しているか $<V (T \rightarrow R)>$ 。⑥静電容量の除去根拠は安定した方法で解決してあるか（演算方法）。

また Ior 方式の浸透で認識が新たになったこととして、単相 3 線式や三相の場合、以前は Ior 方式では対地静電容量のアンバランスによる影響によって測定値誤差を生じると言われていましたが、実際の運用状況を見ると 3 相 3 線式デルタ結線から単相の電源を活用することがあっても、その単相部の距離は非常に短く、対地静電容量のアンバランスを引き起こす係数には値

しない環境がほとんどであることがわかってきました。また静電容量のアンバランスがあってもその時点を基準値として増減管理を行えば、絶縁劣化管理は可能です。

更に、注入トランスが不必要な点、確定スピードが速い点（周波数注入方式は、結線を選ばないという利点はあるが、確定スピードが 45 秒から 1 分かかる傾向にある）などから、Ior 方式を活用される電気主任技術者の方が多くなっており、「増減の変化値の判断に適する」「間欠漏電の測定も可能である」ということが実証されてきています。

なお本編では I_0 値等を測定して Igr 値を求めるものを Ior 方式と呼び、この形態で求めた Igr 値を Igr(IOR) と表記します。また周波数注入によって Igr 値を求めるものを Igr 方式と呼び、この形態で求めた Igr 値を Igr(IGR) と表記します。また「ベクトル理論 Igr 方式 (True R)」は Ior 方式の一種です。

2. 間欠漏電検出の必要性

間欠漏電検出の必要性について二つの事例を下記に示します。

2-1 分電盤のすき間に挟まれた電線の事例 (ある電気保安関連事例)

絶縁監視装置より漏電警報が発せられ、現場に急行し、受電室において漏電測定したところ、ある分電盤で漏電の可能性あることを確認したものの、分電盤の扉を開け漏電測定をしたところ漏電している回路は確認できず、漏電は何も発生していない状況であった。

絶縁不良箇所が見つからなかったため、現

状復帰を行い分電盤の扉を閉めたところ、再び絶縁監視装置の漏電警報が発生したので、調査を再開し、受電室において絶縁抵抗測定を行ったところ、最初と同じ箇所での漏電を検出した。絶縁監視装置の検出器で漏電の発生をリアルタイムに把握しながら、探査を行い、リアルタイムの漏電監視装置の検出器の測定値を元に漏電回路の特定を行ったところ、分電盤の扉を閉めると漏電が発生することが特定できた。

この原因は、分電盤の固定枠と緩んだ仕切り枠との間に挟まった電線の被覆が、閉めた扉で圧迫されて損傷し、金属部分と接触していたことであった。

2-2 ペットショップのドライヤーの絶縁劣化

ショッピングセンターの屋上キュービクルにおいて漏電管理を I_0 方式によって行っていたところ、高い漏電量が検出された。 I_0 値では、安全な状況（無効分電流）なのか危険な状況（有効分電流）なのか判断がつかない為、 I_{gr} 値（有効分電流）のみを測定できるベクトル理論 I_{gr} 方式（True R）の漏洩電流検出測定器（ I_{or} クランプメーター）によって、屋上キュービクルの当該トランスのB種接地線を測定した。この結果 $I_{gr}(I_{OR})$ 値は、約 80mAであり危険な状況にあった。

このため漏電箇所の特定を開始し、分岐回路において測定を行ったところ、ある回路で $I_{gr}(I_{OR})$ 値が、約 80mAで、 I_0 値は約 148mAを検出した。



更に、その回路から給電する先の分電盤で確認したところ（回路を図面上で確認していたので分電盤を特定するのに 30 分くらい要した） $I_{gr}(I_{OR})$ 値は、約 3mA~30mAの間で変化し、 I_0 値も 190mA~210mA と変化していた。屋上のキュービクルで測定していたときは、時間が経過しているため発生状況が変わったものと考えられる。

しばらく考察を繰り返した結果、 $I_{gr}(I_{OR})$ 値が変動していることから、On/Offをしている負荷であると想定し、対象機の探索に入った。フロアを見渡したところ On/Off を繰り返している負荷としてペットショップのドライヤーが数台あった。



これらドライヤーの On 状態と Off 状態での $I_{gr}(I_{OR})$ 値の変化をオンタイムで測定したところ 3mA~30mA の変化がドライヤーの動きに連動していることを確認できた。

このためペットショップの了解を得て、ツ

ールチェッカー(負荷用の Igr 測定器)を使用し、電源コンセントを着脱できるそれぞれのドライヤーの Igr(IOR)測定を、ドライヤー毎に実施したところ、いずれも絶縁良好と判断できた。メガでの測定は、負荷の故障等心配があるため使用していない。



ただ一台だけ、電源コンセントがない直接型のドライヤーがあり、この負荷に関しては、分電盤において、電源を Off にした場合と On にした場合に切り分けて、Igr(IOR)値の測定を行った。その結果、Off 状態では 3mA 程度だったものが、On 状態にしてから少し間を置くと Igr(IOR)値が徐々に上昇して 20mA 程度までの値を検出し、絶縁不良原因の特定ができた。本件の測定開始から特定までに要した時間は 2 時間程度であった。

本事象で On 状態にしたとき Igr(IOR)値が、すぐに上昇しなかったのは、負荷が熱を持っていなかったと考えられる。負荷が熱を帯びて絶縁不良が発生する、いわゆる”オバケ”と言われる絶縁不良である。このケースは、通常のメガテストでは特定できない絶縁不良である。

また、Igr(IOR)値が 3mA~30mA と大きく変動するにも関わらず、I₀値で見ると 190mA も発生している状況では、I₀値での絶縁不良の特定は極めて難しく、Igr 値のみを測定できる方式が必要になる事例と言える。そして、合わせて必要と言えるのが Igr 値の追従性である。

3. 間欠漏電の解決に必要な追従性

前述の 2 つの事例が示す重要なポイントは、時間毎に発生したり、消えたりする間欠漏電への追従性です。監視装置で特定するにも、注入型のように確定まで 45 秒~1 分の時間を要する性能では、特定するために時間を要し労力を必要とします。また、測定器でも、追従性がない場合は、原因の特定までは進めないと考えられます。

しかし、監視装置にしても、測定器にしても Igr 値発生時の追従性を実現できている技術は、そんなに多くないのが現状です。

4. Igr(IOR)値 追従性の実験

そこで間欠漏電解決に必要な不可欠となる追従性の実験をある程度の測定器をあつめて検証をしてみました。

< Igr(IOR)測定器の追従性実験 >

三相 3 線式デルタ結線 静電容量発生時 Igr (IOR) 変動追従性確認実験

< 方 法 >

三相 3 線式デルタ結線 200V の疑似漏電発生器により静電容量を 1 μ F (約 120mA) 発生させ、抵抗分電流 Igr (IOR) を 0mA から 1mA 変動させる状況の測定結果において、抵抗分電流測定が、静電容量 (コンデンサを使用) の影響が受けずに測定できるか 5 つの技術に対して実験した。

本実験の狙いは、間欠漏電の追従性の有無を明確にすることである。

静電容量を 1 μ F 発生させ、基準の 0 相電流 (I₀) が電流計 (フルーク) で約 120mA であることを確認した。更に、静電容量を発生

させない状況で、抵抗分電流で 1mA を発生させて電流計（フルーク）によって値を確認し、実験を開始した。

<実験結果>

測定器	Igr 0mA		Igr 1mA		追従性	精度
	I ₀	Igr	I ₀	Igr		
TrueR 方式	120.0	0.0	119.6	1.2	確実	良
A 社	115.8~9	0.415	115.8~9	0.120 ~ 0.283	なし	否
B 社	116.80	1.01	116.43	2.19	ある	否
C 社	-	1.22	-	2.22	なし	否
C 社旧モデル	-	3.565	-	2.403	なし	否
D 社	-	14.00	-	13.1	なし	否

<所見>

今回の実験で、追従性が認められたのは、True R 方式と B 社の技術の 2 つであった。他の方式では、追従性は確認できなかった。また精度面では、True R 方式以外は、あまり高くないように見える。

補足：実験結果は、あくまで今回のみの結果であり、環境による結果ということも考えられるので、追従性及び精度に対する結果が確定されたというものではありません。

5. ベクトル理論 Igr 方式 (True R) の絶縁監視装置

絶縁監視装置は、センサーとなる測定部分で測定された値を、何らかの通信方法で監視者に送信することが求められます。測定値が確定してから通信で値を送るため、通信時間がある程度かかることは、構造的にいたしかたありません。そのため測定値の精度が十分でないと、通信で必要とする時間との兼ね合いもあって警報結果に対して影響を与えることが想定されま

す。つまり測定値が不正確であれば、機構上タイミングが少し遅れる警報から、正しい絶縁劣化の状況を把握することが困難になります。したがって測定部分の精度は重要です。

自家用電気工作物保安管理規定 (JEAC 8021-2006) では、低圧絶縁監視装置について「警報作動電流の上限値は 50mA とする。」「警報動作電流に対する装置の許容誤差は ±10%以内とする。」との記述があります。

この記述からは、I₀値管理では、I₀値で 50mA ± 10% であることは読み取れます。しかし、Igr (IOR) 値管理では、Igr (IOR) = 50mA ± 10% とは、静電容量の漏洩電流が、何 mA (つまり合算となる I₀値) の環境下での許容誤差なのかは不明確です。

とはいえ、抵抗分電流での管理をする場合、電気保安の実状及び、実施する主任技術者の立場での必要性から分析すると、静電容量がある程度多い現場でも、Igr (IOR) 値において 50mA ± 10% の許容誤差が必要不可欠であることは、間違いありません。

この観点から、例えば 200mA I₀値で、50mA の Igr 値が発生している環境でも、Igr (IOR) 監視装置の測定値は 45mA ~ 55mA の範囲に入っていることが求められます。

6. 絶縁監視装置の精度確認実験

前述の考察から、絶縁監視装置の精度を確認するための実験を行いました。

<監視装置実験>

三相 3 線式デルタ結線 静電容量発生時 Igr (IOR) の精度評価実験

<方 法>

三相 3 線式デルタ結線 200V の疑似漏電発生器により抵抗分電流を 50mA 発生させた。

また、静電容量を $2\mu\text{F}$ (約 210mA) 発生させた状態で、抵抗分電流 I_{gr} (I_{OR}) の測定結果が、 $50\text{mA}\pm 10\%$ の条件になるかの実験を行った。

<実験結果>

測定器	I_{gc0mA}		$I_{gc210mA}$		精度
	I_0	I_{gr}	I_0	I_{gr}	
TrueR方式 測定器(参考)	51.7	51.8	215.4	50.8	良
TrueR方式 監視装置	50.4	50.6	210.6	52.3	良
A社	50	50	-	43~ 44	否
B社	51	50	214	27~ 44	否

<所見>

実験結果では、ベクトル理論 I_{gr} 方式 (TrueR) の測定器及び監視装置では、静電容量約 210mA 負荷された状態でも、測定結果が $50\text{mA}\pm 10\%$ の許容誤差内に入っている。それに対して、他の2つの監視装置は、静電容量がない場合には、許容誤差内に入っているが、静電容量が負荷された条件では、許容誤差内に入っていない結果となった。

補足：実験結果は、あくまで今回のみの結果であり、環境による結果ということも考えられるので、許容誤差に対する結果が確定されたというものではありません。

今後は、更により多くの他の技術を含めて検証していくことが重要だと考えられます。

7. 絶縁監視装置に取り付ける I_{gr} アダプタ

オムロンソフトウェア株式会社では、 I_{gr} 値の監視を可能にするアダプタ機を本年 11 月に提供する予定です。(この文章を皆様をご覧いただいている時には、既に発売開始していることかと思われます)

このアダプタは、オムロン製の絶縁監視装置

であるSW150LF、SW150LF8 の他、同じくデマンド監視装置であるSW150PF及びSW150PFKに接続できます。これらの遠隔監視端末には複数のチャンネルがありますが、その一部分だけにアダプタを装着することも可能ですので、 I_0 値による監視と I_{gr} 値による監視を併用して、 I_0 値では監視が難しい箇所だけを I_{gr} 値による監視にすることも可能です。



I_{gr} 値測定用アダプタとオムロン製監視装置
(左が I_{gr} 値測定用アダプタ)

本アダプタは 1 台で 2 つのチャンネルを持ちますので、2 箇所の I_{gr} 値の測定が可能です。また I_{gr} 値の測定に TrueR 方式を採用し、 I_0 値と電圧値を入力として I_{gr} 値を測定しています。TrueR 方式は、すでに多くの機器で実績がある方式であり、前述した実験結果からも確定速度と追従性及び測定値の安定性に優れています。

TrueR 方式を採用していることにより、同じ方式を採用する他の機器との併用も有効です。例えば TrueR 方式で I_{gr} 値を計測する三和電気計器製の I_{gr} 値用クランプメータ ($I_{OR}100$) 又は So Brain 製の TrueR ハンデイト、本アダプタを併用すれば、同じ方式による機器で実地点検と監視を行うことが可能になります。 I_{gr} 値の測定方式は各社各様の状況であり、方式毎に特性が異なることから、

異なる方式の機器を利用すると同じ箇所で必ずしも測定値が一致しないことも多いなか、同一方式で多様な機器が利用できるのは大きな特徴です。

True R シリーズ



ハンディ測定器
(クランプ取替式)
So Brain 社製



ハンディ測定機
(クランプ一体型)
三和電気計器社製



漏電監視リレー
オムロン社製

8. おわりに

今回オムロンソフトウェア株式会社が発売する TrueR 方式の監視装置用 Igr 値測定用アダプタは、管理規程と実運用の相違点に悩まされてきた電気主任技術者の課題解決の 1 つの有効な手段となるものです。

これを機に、電気保安管理における一層の安全性の向上はもちろんのこと、管理規定に定める許容誤差を実現していける可能性が高まると考えています。

また現在、SoBrain 社では TrueR 方式を用いて IC のみの回路によって演算スピード 0.03ms の模擬回路を実現しており、Igr (IOR) 漏電遮断器の具現化も可能になっています。

今後は、更なる、保安管理の安全性向上が実

現することも期待してこの考察を終わりにさせていただきます。

編集参考文献

- 1) 電気設備学会誌 2009年5月号 論文
ベクトル理論による Igr 検出方式の信頼性
- 2) 東京電気管理技術者協会会報誌「電気管理技術」2010年4月号 ベクトル理論による Igr 検出方式の信頼性 等価対地絶縁抵抗に起因する漏洩電流 (Igr) 検出技術
- 3) 中部電気管理技術者協会会報誌「協会の窓」新春号 ベクトル理論による Igr 検出方式の信頼性等価対地絶縁抵抗に起因する漏洩電流 (Igr) 検出技術
- 4) 東京電気管理技術者協会会報誌「電気管理技術」2011年7月号 漏電測定器「最近の技術の特徴」
- 5) 電気と工事 2011年11月号 特別企画 省エネ・保守管理に効果的な遠隔監視装置システム

TrueR は株式会社 So Brain の登録商標です。また TrueR 方式は同社が専用特許実施権を持つ技術です。この他、記載の固有名には各社の登録商標が含まれています。