漏電ブレーカ（ELB）の安全安心な取扱と漏電調査

技術士（電気電子・総合技術監理）　増永秀人

ELB のトリップ動作とリセット操作、動作試験（手動・試験機使用）、不動作・不要動作防止のための感度電流・時延等の協調設定・接地システム・配電方式の違いによる留意点、メガ・クランプメータ等の測定器を使用しての漏電調査、Io・Ior の考え方と絶縁監視装置等の有効活用を、私の経験により説明します。

ビル・工場用等の設備を主な対象としていますが、2-1 ブレーカ操作による停電復旧、3-1 動作試験、4-1 絶縁抵抗測定等は家庭用設備でも適用できると考えています。関連項目として、「ELB 内部構造」、「スターデルタ始動電動機の漏電調査」、「高圧ケーブルの絶縁測定」を添付しています。

私の電力技術ページ（http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/ ）をご参照ください。

(2025/7/4)

１．漏電の概要

1-1. 漏電とは

a）漏電現象と発生する災害　　b)漏電検出の方法

c）漏電発生時の疑問例（電力料金の増加、漏電している設備の使用）

d）保護できない電気事故（接地不良、小電流短絡）

1-2. 漏電ブレーカの動作と付帯する不具合

a）トリップ動作とリセット操作（ハンドルの状態）

b）分電盤での使用状態（健全部までの停電）

２．トリップ動作（停電）時の復旧

2-1. ブレーカ操作による復旧

2-1-1. 基本的な手順（不良部の切り離しと受電）

2-1-2. 実施時の留意事項

a）操作前の確認（表示ボタン復帰他）　b）各種の ELB と動作の違い

c）分電盤点検時の安全

2-2. 復旧できない場合

2-2-1. 分岐ブレーカが全数切でも受電できない

a）不良部の未分離（ブレーカ間違、外線･制御線引出）

b）ニュートラルスイッチ使用（中性相並列接続）

c）ELB 本体不良（水濡・ハンドル機構不良・経年劣化）

2-2-2. 分岐ブレーカが投入されても受電 ELB がトリップしない（何度も落ちる）

a）不安定な漏電　b）他設備からのもらい動作　c）設備特性による誤動作

2-2-3.　中性相欠相（単相三線式での異常電圧）

a）ELB の場合　　b）ELB でない場合

c）中性相欠相での異常電圧の発生　　d）ナイフスイッチ（ブレーカ更新）

2-2-4.受電ブレーカが無い場合

a)　ナイフスイッチ受電　　b)　端子台受電

３．取扱及び設置方法

3-1. 動作試験

a）本体テストボタン　b）試験機による特性試験　c）試験時の注意（危険例）

d）電路から取外しての単体試験　e）疑似漏電装置（感震センサ他）

3-2. 設置方法及び特性の選定

3-2-1. 二次側負荷と ELB 動作　（不要動作防止-1）

a）二次側設備の組合せ　b）一次送り　c）分岐ブレーカの ELB 化　d）電動機保護等

3-2-2. 保護協調・高調波対策　（不要動作防止-2・感電保護と幹線保護）

a）感度電流（最小動作電流）　b）時延（動作時間・保護協調）

c）高調波対策（インバータ・雷撃）

3-2-3. MCCB の漏電トリップと ELB の過電流トリップ

3-2-4. 逆接続

a）配線方法　b）逆接続での注意点（漏電検出基板用電源）

3-3. 漏電と接地

3-3-1. 接地の必要性と区分（ELB 動作安定）

a）機器接地（D 種 C 種）　b）電源の接地（系統接地　B 種）

c）接地の不良による ELB 不動作

・検電器による接地状態確認　・仮設分電盤での接地不良

3-3-2. 接地の共有によるもらい誤動作（不要動作防止-3）

a） D 種接地の共用（ELB 専用接地）　b） B 種接地の共用

3-3-3. 接地システムと漏電（地絡）電流

a）非接地系（発変電所等、スコットトランス、昇圧トランス等）

b）灯動共用設備（V 結線・Y 結線三相四線式）

c）各種接地システムの概要（TT・IT・TN）　d）ABD 共通接地、等電位ボンディング

e）太陽光発電設備幹線用の ELB 動作　f）仮設発電機

4．漏電状況の調査

4-1. 停電しての絶縁抵抗測定

4-1-1. メガでの測定

a） 測定方法及び使用電圧　b）接地相（中性相）の測定　c）制御回路の保護

4-1-2. その他のメガ（太陽光直流部用、高圧部用）

4-2. 停電しないで行う測定

4-2-1. 随時行う方法

a）クランプメータによる Io 測定

b）Io、Ig、Ior、Ioc の考え方（地絡電流と真の漏電電流）

c）設備構成による誤差（スターデルタ起動電動機、変圧器運用等）

d）データロガによる漏電現象の記録　e）活線漏電点標定器

4-2-2. 常時行う方法（B 種接地線電流監視）

a）絶縁監視装置（電気事業法、Io、Ior、Igr 方式）　b）漏電火災報知器 LGR（消防法）

4-2-3. 設備運用状態との比較検討（漏電記録の例）

4-2-4. 目視点検（原因推定と予防）

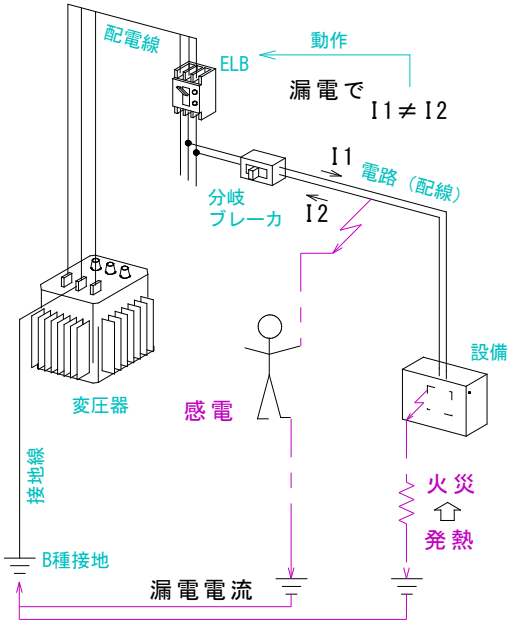
１．漏電の概要

1-1. 漏電とは

top へ

1_1_a） 漏電現象と発生する災害

漏電は、電源から送出された電流の一部が電気設備の外（最終的には大地）へ漏れ出す現象です。電気設備の電圧がかかる部分（充電部導体）は、電気を通さない物質（ビニル・ポリエチレン等の絶縁体）で被覆する、又は他の部分と離隔（空気層で絶縁）することで絶縁されています。絶縁が不良になると、電流が「漏れ」出して大地へ流れる漏電（対地）電流が発生します。漏電した電流は拡散して消滅することはありません。電気的な特性に従い、どこか？を経過して、大地と電源である変圧器（受変電設備又は電力会社配電設備）の接地線と呼ばれる設備を通して電源へ戻ります。



使用設備へは、行き電流 I1 と戻の電流 I2 が流れます。正常な状態では I1 と I2 は全く同量です。漏電が生じると I1 と I2 には漏電電流分の電流差が生じます。漏電電流は、ほとんどの場合は mA（千分の 1 アンペア）単位の大きさです。ELB はこの差を検出して、「トリップ」と呼ばれる自動的な OFF（負荷電流の開放）動作を行います。使用設備が停電することで、漏電が停止します。漏電電流がこのようになるのは、国内の低圧電気設備が「電気設備技術基準」により、電源（系統）接地と設備外箱等（機器）接地を別に施工されている電気的特性によるためです。

漏電電流経路に人体が入ると、感電災害になります。数十mA 程度となると、痙攣等が生じ、転倒して頭を打つ、高所から墜落する、溺れる等の重大災害が二次的に発生する危険もあります。電流が更に大きくなると、人体内部の電流通路部の火傷による組織障害も生じます。電圧 100V の電線等から電気が漏れるのに、小さな電流しか流れないことは不思議ですが、絶縁抵抗がゼロではないためです。人体の場合は、内部抵抗 500Ω と皮膚・衣服等の接触部の抵抗を合わせて 4000～5000Ω と言われています。4000Ω とすると、漏電電流は 100÷4000＝25mA です。手足の水濡れなどがあれば、抵抗は大きく下がります。

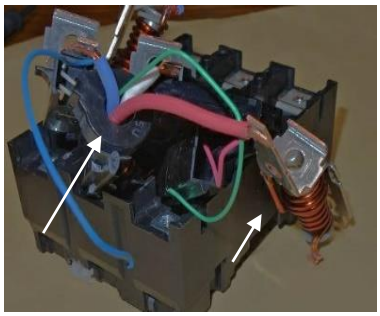
故障点の絶縁抵抗がゼロ近くまで小さく、漏電電流が直接に大地に流れると、漏電電流は 10 アンペア以上までになります。工場の動力用設備等で発生します。漏電電流が変圧器へ戻る途中では、金属製配管、建屋鉄骨等へも流れます。金属部（構造材の接続部・金具・釘など）へ集中して赤熱し、近くの木部・堆積したゴミ等に着火すると、火災の原因となります。ケーブル等では、発熱での線間（相間）の絶縁の加速的な劣化が生じると、線間が短絡しての大電流が流れ（地絡短絡と呼ばれる電気事故）、短時間で火災・設備損傷等の災害になります。火災発生後は電流を遮断しても消火しません。

漏電（感電）災害は被覆物の絶縁劣化のみでなく、接触しないと信じ込んでいた充電部分への人体の接触、電気配線（工事）の間違いなど、予想しなかった原因でも生じます。絶縁劣化の原因も雨濡れ、化学的劣化（使用環境）・物理的劣化（ケーブルの無理な折り曲げ、振動）、小動物の食害等の多種多様です。ネズミがかじったケーブルが雨漏れで濡れる等、複合することもあります。電源部から電気使用設備までのあらゆる場所で発生し、可能性がある漏電原因を完全に予防することは極めて困難です。ELB で原因によらず、漏電を無くすことができます。

図は、工場200VのELB保護を行わない部分での動力ケーブルの金属電線管内部の漏電（地絡）事例です。電線管引込時にケーブルについた傷からの劣化進行と考えられます。ケーブルは蒸し焼き状態で、電線管には地絡電流によると考えられる穴までも開いています。周辺に可燃物があれば、火災になっていたと考えられます。

1_1_b） 漏電検出の方法

漏電電流（電流差・通常はmA単位）は、設備への負荷電流が流れる全ての電源配線を、ZCT（零相変流器）と呼ばれる検出部（ドーナツ状鉄心）に貫通させて測定します。ELBの本体下部（二次側）にZCTが内蔵されています。図は3極式（三相動力・単相三線式用）の分解例です。左側の大きい白矢印がZCTです。赤、白、青の3本の負荷行きケーブルが貫通しています。ZCTより電源側（一次側）の漏電の検出できません。1-1図の2極式も同じ構造です。ほとんどのELB負荷側には小さな白矢印の、電磁力で動作する過電流検出コイルも付帯しています。より詳細な構造例は添付「漏電ブレーカの内部構造」をご参照ください。



※　ZCTで検出される値は、交流理論の対称座標法での「零相電流」と同等な電流として「Io」と呼ばれます。Ioの説明を4-2-1 b）節に記述します。以降、漏電電流をIoと記述しています。漏電調査に使用される、リーククランプメータも同様のZCTを使用しています。測定方法を4-2-1節に説明します。

1_1_c）漏電発生時の疑問例

・電気料金の増加

漏電すると電気料金がどれくらい増えるか？を考えます。感電保護用ELBの感度電流30mA（人体にとっては危険）が流れ続けた場合、100Vでの電力換算では3W、1か月では3×24×30≒2.2kWh、電力料金単価25円/kWhとして55円/月となります。ELBによる検出がなければ、気づくことが難しい金額です。現在、全ての家庭用設備では受電用に感電保護用ELBが使用されています。工場動力200Vでは10A以上が流れ続ける場合がありますが、全体の電力使用量が大きいため、料金で知ることは困難です。

電気料金が原因不明？で増える原因としては、電気使用設備の待機電力等の運用上の見落とし、隣接設備への誤配線等の疑いがあります。私の電力技術のホームページ「電力の省エネ」をご参照ください。

・漏電している電気設備の使用

電気設備の絶縁不良では、大地への「漏れ」である漏電と、相（線）間の短絡（ショート）が生じます。短絡は大電流であり、電流は事故点で電源に戻ります。設備には十分な電流が流れず、設備の使用はできなくなります。照明が点灯しない、モータが動かない等です。漏電は大地への「漏れ」で、接触物等の各種の絶縁抵抗に制限された（通常はmA単位の）電流です。漏れ電流分は電源が負担して、事故点より先の設備には、ほぼ通常通りの電流が流れます。照明でのちらつき等が感じられることがありますが、設備の運用は続行できます。設備の運用状態（ビリビリとする感電以外）での判断は困難です。

・高圧部への波及

高圧 6600V 受電の事業所（自家）用設備では、高圧―低圧の電圧変換は絶縁変圧器で行われ、高低圧間は絶縁されています。低圧部で大きな漏電が生じても（大きな地絡電流が流れても）、漏電電流は低圧部の接地を通して循環し、高圧部の地絡とはなりません。高圧部の停電は発生しません。しかしながら、低圧部の漏電を防止し、接地を良好にしておくことは、高圧受電スイッチ（PAS）用保護装置（SOG）の動作安定のために必要です。3-3-1 節の ELB の「もらい動作」で説明します。

・漏電と地絡

充電部（電路等）と大地（アース）間の絶縁抵抗不良現象で、理論的には同じものです。一般的に、低圧部では漏電、高圧部では地絡と呼ばれます。高圧配電線等では、一定の絶縁抵抗が残っている、微地絡と呼ばれる現象もあります。地絡は電路等の電圧異常によっても検出できます。

1_1_d）保護できない電気事故

ELB（Earth Leakage Breaker）は全ての電気災害を無条件に防止するものではありません。接地が不適であれば、絶縁不良となっても、ELB が動作するための漏電（対地）電流が生じません。絶縁性の壁に取付けられたクーラの外箱の接地が無い場合等です。線間絶縁の劣化が進行し、短絡大電流により発火（電気火災）した場合も、焼損等により地絡し、漏電電流が発生するまで ELB は動作しません。着火後は、ELB が動作して漏電電流が消滅しても、燃焼物があれば火災は継続します。ELB 本体のみでなく、接地を含む使用システムが正しいことが必要です。接地との関連性を、3-3-1 節に記述します。ブレーカ又は配線端子等の緩みによる発熱火災にも対応できません。日常の保全が重要です。

設備で短絡電流が生じた場合は、ELB に付属している過電流要素（E 要素）で動作しますが、小電流短絡の場合、過電流要素が動作できない場合があります。地震でのコード上への家具転倒等による「コード短絡による火災の発生を抑え、火災の発生を減少させる働き」を持つ、「コード短絡保護付き」ブレーカを分岐ブレーカへの採用が考えられます。地震後の不完全な短絡状態での「通電火災」にも対応できると考えられます。

※　過電流要素で動作する安全ブレーカは、MCCB（Molded Case Circuit Breaker）又は NFB（No-Fuse Breaker・メーカー商品名）とよばれています。ELB も正式には ELCB ですが、本稿では ELB を使用しています。MCCB は、定格値（例えば 20A）以上で一定の時間経過後に動作します。このために、整定値未満で動作する ELB は、頻繁に動作しすぎると感じられることもあります。

1-2. 漏電ブレーカの動作と付帯する不具合

top へ

1_2_a）トリップ動作とリセット操作（ハンドルの状態）

ELB は感度電流（次項に説明）以上の漏電電流（Io）を検出すると、発生原因によらず、「トリップ」動作（自動的に OFF）します。「落ちる」とも呼ばれています。二次側の全ての設備が停電することで、漏電災害の危険が消滅します。

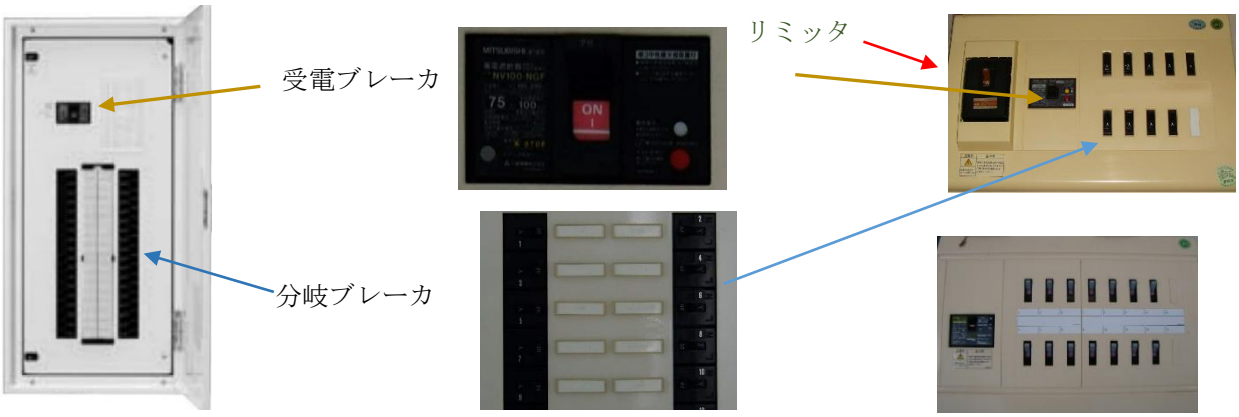
再投入のためには機械的な「リセット」操作が必要です。保安設備として、操作者が事故発生を認識（対策）してから、ON 操作を行うことを要求しています。図・左がトリップ状態です。トリップ表示ボタン（黄色）が突出し、ハンドルは中立、上側の緑 OFF 表示と下側の赤 ON 表示が半分ずつ見える状態です。ハンドルを上にあげてもフラフラするだけで、ON にはなりません。壊れていると勘違いすることもあります。ハンドルを強く押し下げ、図・中の OFF 位置にすることで、機械的にリセットされます（慌てていると忘れます）。この後ハンドルを押上げると、図・右の ON の状態になります。リセット操作はトリップ表示ボタンの押し込み復帰操作を行った後に行います（復帰しなくともリセット操作は可能です）。表示ボタンには各種あり、2-1-2 節に説明します。過電流での動作では、ハンドルのみがトリップ位置になります。

ハンドル操作でトリップ位置とすることはできません。ON 位置のハンドルを押し下げると、内部の圧縮（蓄勢）されたバネの力で、即時に OFF 位置への動作を行います。事業所等で使用される 3 極の過電流保護専用ブレーカ（MCCB）も同様のトリップ動作を行います。この動作が原則ですが、トリップ動作によりそのまま OFF 位置になる ELB もあります。

古い型で、トリップ時のハンドルが中立より上向きになって、目視（特に下側から）では判断できにくい場合があります。ブレーカは入っていると思いこむと、以後の調査は面倒なものになります。右図は、壁の方（分電盤）でカチと音がして電気が全部消えたのに、ELB は ON のままと誤認された例です。ON、OFF の表示はなく、漏電表示ボタンも白色で、さらに気付きにくくなっています。ON 位置であることの確認はハンドルを上に押し上げて動かないことで行います。この操作での OFF 動作はありません。ハンドルを上方向に押して、動く場合はトリップ状態です（投入は不能）。この例でも、硬くなっていたハンドルを強く（力いっぱい）何度か押し下げてリセット操作ができ、ON となりました。

1_2_b） 分電盤での使用状態（健全部までの停電）

事業所設備（工場、事務所等）用を下図・左に、家庭用（ホーム分電盤）を下図・右に示します。いずれも受電用として ELB（黄矢印）が使用されています。親 ELB とも呼ばれます。

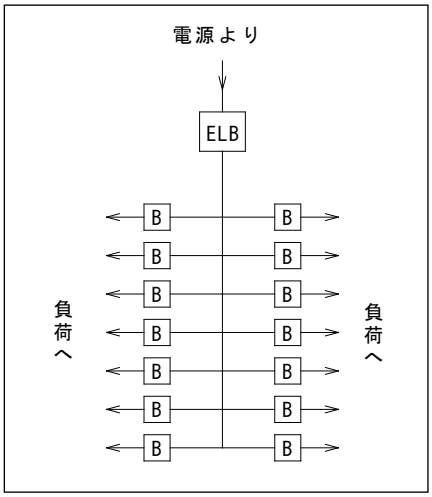


家庭用の場合はリミッタ（電力契約ブレーカ・赤矢印）が ELB の前に取り付けられます。リミッタは受電電流が基本料金の契約アンペア値を超過すると、電気的な故障はなくても動作し、電気の使用を停止

（停電）させます。制限する電流値により色別されています。保安装置ではないため、前項のリセット操作は不要で、電流超過の原因になった家電（レンジ等）を停止し、ハンドル（レバー）を上げるとそのまま入ります。

※　事業所用と家庭用の違い

事業所として、家庭用と同様の形状でリミッタ無しの盤が、電灯分電盤として使用されています。図、右の下段です。リミッタ取り付け部が空となっています。基本料金がリミッタではなく、事業所全体で実測された最大電力(デマンド)で自動的に、又は協議により決定されるためです。家庭用で電力量計にスマートメータ（契約電力制限機能付き・停電後の一定時間後に自動復帰）となっている場合、小規模な動力で「負荷設備契約」「主開閉器契約」が適用されている場合もリミッタがありません。スマートメータに更新された後であっても、リミッタが残置されている場合があります。



事業所用電灯分電盤の結線例を示します。受電用 ELB 二次側（母線）に、分岐用として、過電流で動作する安全ブレーカ（B）が 10～20 台設置されています。分岐回路の短絡または負荷設備での電気の使い過ぎ（タコ足配線、ポット 2 台同時使用等）による過電流で動作します。

二次側設備のどこかで漏電が生じると、受電用 ELB がトリップし、二次側は健全な部分を含めて全て停電します。漏電災害に対しては安全が保たれますが、設備使用の面からは不具合となります。ELB のトリップは、漏電のみでなく、もらい動作（3-3-3 節）、本体不良でも発生します。分岐回路別の ELB 使用が最良ですが、経費等で、特に電灯（100V）分電盤では、受電用には ELB が、コンセントなどの分岐用には安全ブレーカが使用されることが一般的です。医療用等で停電範囲を極小化する必要がある場合は、2-2-3 節に説明するように、分岐ブレーカに ELB が使用されます。

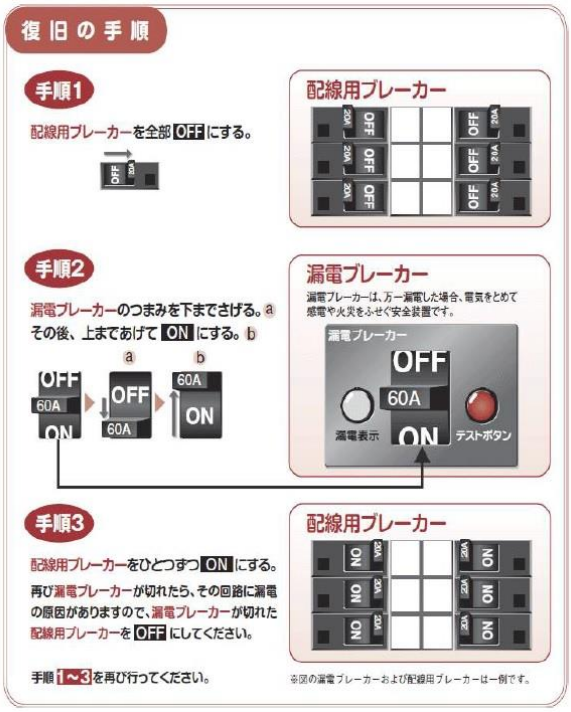
２．トリップ動作（停電）時の復旧

top へ

2-1.　ブレーカ操作による復旧

受電 ELB がトリップ動作した場合に、応急復電操作として使用される方法です。分岐（安全）ブレーカと受電 ELB の交互操作により漏電部を切離すことで分電盤の健全部を復旧させます。測定器などは不要です。東北電気保安協会殿ホームページに、わかりやすい手順が記載されています。引用して私なりの補足を加えます。

2-1-1.　基本的な手順（不良部の切り離しと受電）



・手順 1：全ての分岐ブレーカを OFF にします。二次側設備が漏電部も含めて全て切り離されます。

・手順 2：ELB を ON とします。漏電部が切り離されているので ELB は入ります。

・手順 3-1：分岐ブレーカを数秒間隔で一つずつ、ELB が動作しないことを確認しながら ON にします。漏電部がある分岐回路のブレーカが ON になると、漏電状態になり ELB が動作します。その分岐ブレーカを、再度 OFF にします。

・手順 3-2：ELB を ON にして、他の分岐ブレーカを ON にします。漏電個所以外の停電は回復します。漏電個所の分岐ブレーカは OFF のままとします。

事業所用・家庭用ともに行うことができる操作です。家庭用ではほぼ、この操作で復電ができます。OFF のままの分岐ブレーカ回路の設備は工事店などでの、別途の点検修理が必要です。東北電気保安協会殿ホームページにも、「漏電ブレーカが動作したとき、原因を確かめないで ON にすることは危険です。ON にする前に東北電気保安協会へ必ず連絡してください。」と記されています。

※　事業所用では分岐ブレーカ全数切でも ELB が動作する場合、分岐ブレーカを全数入れても ELB が動作しない場合があります。それぞれを、2-2-1 節と 2-2-2 節に示します。ELB のもらい動作・不連続な漏電等によりトリップし、再投入で、そのまま使用できる事例も増えています。実用操作として、手順 1 の前に、ELB をリセット・再投入し、動作しないことで漏電状態解消を確認することも有効です。はじかれる様に再トリップする場合は漏電状態継続中です。手順 1 以降の調査を行います。

2-1-2.　実施時の留意事項　　top へ

2_1_2_a）　操作前の確認

・ブレーカの状態

手順 1 では、分岐ブレーカに OFF のものがあれば、マークしてから実施します。他の原因で OFF となっていた場合に、手順 3 の ON 操作で、OFF 処置されていたブレーカまで間違えて ON にすることがあります。除外されていた故障までもが再発します。

※　漏電は危険である、と広く知られるようになったためか、電気使用がおかしい原因は漏電である、との先入観が生じ、ポット 2 台使用での電気の使い過ぎでの分岐ブレーカの動作、使用中にコンセントを引き抜いて火花が出る、蛍光管の 2 灯同時故障での不点灯等の場合も漏電による障害だと思いこまれることがあります。ブレーカ状態と設備運用状態が把握できれば、原因の推定ができます。平常状態のマーキングがあれば、異常発生時のブレーカ動作確認のためにも役立ちます。

・漏電表示ボタンの確認（過電流動作有無の確認）、復帰

手順 2 では、漏電表示ボタンを確認し、復帰した後に ON にします。漏電トリップ動作で表示ボタン（この機種では黄色）は、左図のように突出します。指で押込むと右図ように復帰します。ハンドル ON 操作に連動して復帰するものもありますが、手動復帰も可能です。

一般的な ELB は過電流保護（OC）機能も保有しています。過電流トリップでは表示ボタンは突出しません。動作時の表示ボタンの状態で過電流と漏電の原因判別ができます。分岐ブレーカ劣化等により、受電 ELB が分岐ブレーカより先に過電流動作する場合もあります。復帰させておかないと、過電流で再動作しても、漏電と間違える恐れがあります。再投入後、うなり音がして、少しの時間の後トリップする場合は過電流の疑いがあります。漏電状態継続中であれば瞬時に、振動なく動作します。

表示ボタンは、黄色、白が一般的ですが、メーカ・製造年・用途により色・配置共に各種のものがあります。図の緑矢印が表示ボタンです。

赤矢印は、実働試験を行うテストボタンです。動作表示の復帰忘れと思いこんでテストボタンを押し、使用中の設備を停電させることは、残念ながらよくある失敗です。「動作表示」等の文字確認が必要です。テストボタンでの試験の注意点は 3-1 節に記述します。

2_1_2_b） 各種の ELB と動作の違い

ELB には各種の型があり、動作にも違いがあります。いくつかの例を示します。他にもいろいろな型があるので、本体の表示を読み、理解して操作することが必要です。

・漏電保護専用

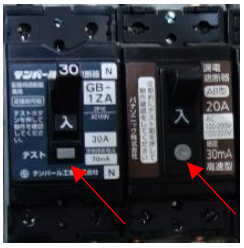
本来は ELCS（漏電サーキットスイッチ）とも呼ぶべきものです。緑色が一般的（旧 JIS 規格）です。漏電時の負荷電流の開放を行います。過電流の遮断（OC）能力はありません。表示されている定格電流までが通電（開閉）可能な電流です。過電流では焼損する場合があります。電源（一次）側に保護用の過電流ブレーカ（MCCB）設置が必要です。3P0E（P：極数、E：過電流検出）と表示されることもあります。テストボタンのみがあり、漏電表示ボタンはありません。既設の回路に漏電保護機能を追加する場合の増設用として使用されていました。新設されることは、ほとんどありません。

・ABF 型

二次側ブス引出が側面にある、家庭用コンパクト電灯分電盤の受電用専用です。メーカ名で ABF 型と呼ばれています。最近、使用が増えています。左が ON、右がトリップ状態です。矢印の窓が黄色に変わりますが、ハンドルは中立ではなく OFF 位置になります。リセット操作は不要で、そのまま ON となり、窓の表示もハンドルに連動して復帰します。家庭用等で、リセットなしに再投入しても、大事故につながらない場合はこれでも良いとの発想で

はないかと思います。過電流保護兼用で定格電流はハンドル上部に記入されています。漏電と中性相欠相の過電圧の場合に表示窓が黄色になります。

・分岐型



分岐用の安全ブレーカと同じ外形の 2 極式です。受電ブレーカが ELB でない場合等に、分岐回路毎の漏電保護のために使用されます。感度電流は 30mA で、過電流保護兼用です。図左は、ハンドルのトリップ位置があり、テストボタン（赤矢印）の上に漏電表示ボタンがある例です。リセット後に ON 操作ができます。漏電表示ボタンはハンドルに連動して復帰します。図右は漏電表示ボタンがない、遮断容量 30A と 20A の例です。トリップ位置はなく、漏電又は過電流で直接 OFF 位置になります。漏電の確認は二次側の絶縁測定が必要です。OFF 位置からそのまま ON 操作ができます。

・漏電アラーム付き

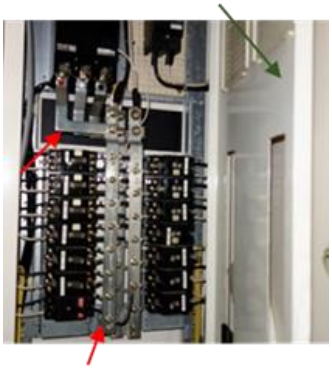
各種の名称があり、本体に「漏電アラーム」等の表示があります。漏電を検出すると表示灯（図では緑矢印）が点灯します。漏電検出時のブレーカ動作はありません。本体（または分電盤）にブザーがある場合は鳴動させます。工場等で、設備別の漏電を確認したいが、安全のために停電させることのできない設備に使用されます。労働安全衛生法等で ELB の設置が義務付けられている場所での使用はできません。ブレーカ操作による漏電復旧は、ブレーカ ON のまま、分岐ブレーカの入り切りによる表示灯確認になります。トリップ動作は過電流のみによるため、トリップ時の分岐ブレーカ操作による故障調査は不能（危険）です。

受電用として使用され、時延（3-2-3ｂ節）が 0.1sec（高速型）であると、二次側に設置された ELB が不動作であっても、漏電表示が出る場合があります。感度電流を大きくすることでの対応ができますが、二次側 ELB の動作が無い範囲での漏電が発生している、何故か？との考えで、設備運用を含めての原因調査のきっかけとすることで安全が図れます。

メーカにより、本体が白色、オプションで漏電トリップ要素が付加されて ELB 同様となっている、漏電発生の状況確認のための漏電発生時刻と状況を記憶できる表示部が追加されている等の型があります。

2_1_2_c） 分電盤点検時の安全

事業所用分電盤の中扉（緑矢印）を開くと、二次側母線（ブス）等の絶縁されていない充電部（赤矢印）が露出します。充電部を中扉で覆い、ブレーカハンドルのみ露出させることで感電を防止する構造となっています。家庭用では、外箱を外すと充電部が露出します。



受電状態での中扉を開いて充電部を露出させての点検・ブレーカ操作は、充電部接触による感電災害の恐れが大きい作業です。事業所では、労働安全衛生規則の低圧活線近接作業になり、従事する労働者には「低圧電気取扱教育」が必要です。母線はほとんどの場合、最前列が触れても感電の少ない中性（接地）相となっていますが、極性（電圧）相が前列になっている場合が

あり、触れないことが原則です。
※　本稿では中扉を開いた状態での図も掲載していますが、技術員でない方は理解するための参考としてご覧ください。改造されていない分電盤で、中扉または外箱を閉じた状態でのブレーカ操作は安全です。

2-2.　復旧できない場合

top へ

前項の操作手順では復旧できない場合があります。3 例に分類して記述します。
・手順 1 で全ての分岐ブレーカを切っても、手順 2 の親 ELB が入らない
・手順 2 のあと、手順 3-1 で全ての分岐ブレーカを入れても受電 ELB がトリップしない
・設備構成が異なる（受電ブレーカが ELB でない）

ELB トリップ動作には、使用状態、接続されている各種負荷の特性も関連します。分電盤にはブレーカ以外のものも設置されているため、原因調査には一定の知識と経験が必要です。専門家に依頼すべきものですが、概要を理解しておくことは、安全安心な操作のためにも有益です。

2-2-1. 分岐ブレーカが全数切でも受電できない

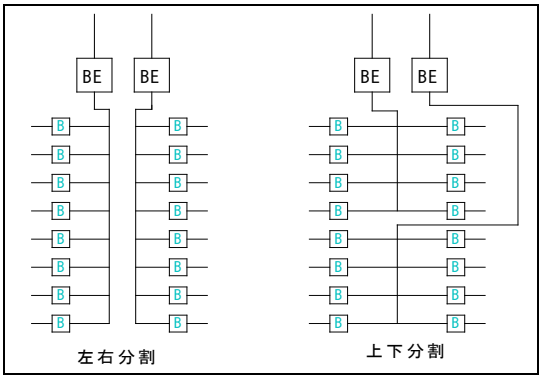
2_2_1_a) 不良部の未分離

分岐ブレーカを全数 OFF としても、漏電している回路が分離されない場合です。親 ELB の二次側は漏電状態のままであり、投入すると再度トリップします。主に事業用の分電盤で生じる現象です。

・受電 ELB と分岐ブレーカの関係間違

分電盤に二台の受電 ELB があり、受電と分岐の関係を盤面から判断することが困難な場合です。分電盤の盤面形状及び結線図の例を示します。停電時に慌てることが無いように、平常から調査しておくことが早期の停電復帰につながります。

親 ELB が二つある（中扉表面）盤の母線配置



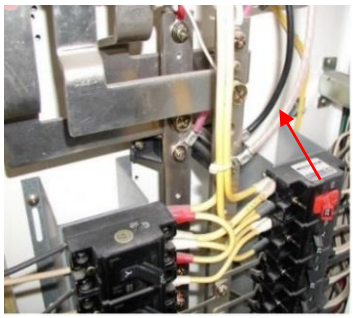
電気結線図

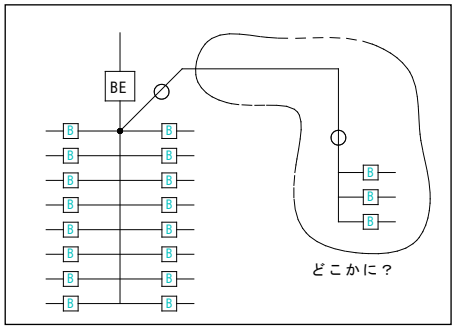
上図例では、分岐ブレーカ母線は左右分割で、左 ELB が左側母線、右 ELB が右側母線に接続されています。結線図で示すように、上下分割で、左 ELB が上側、右 ELB が下側の場合もあります。受電 ELB と分岐ブレーカの接続関係は内部調査を行うとわかりますが、停電時にはその余裕がありません。間違えて、関係のない側の分岐ブレーカを切っても、漏電回路の切り離しはできません。

分電盤を間違えて、停電部とは異なる分電盤を点検することもあります。盤名称があいまいな場合等に、不思議なほど発生します。点検そのものが無意味となります。停電しているとの思い込みがあると、点検時に感電の危険もあります。分電盤の配置、どのような設備が接続されているかを調べておくこと（単線結線図の作成）が事前対策の第一歩です。

・ELB 二次側からの外線引出

ELB 二次側から盤外部の他所へのケーブル（外線）が直接引出されている場合です。図の赤矢印部はブスバーからの引き出されている部分です。外線部以降に漏電があると、分岐ブレーカ全数を OFF としても、漏電部の切離しはできません。分電盤の増設でよく生じます。増設された分電盤は、炊事場の奥、書棚の後ろ等、別の部屋等の見つけにくい「どこかに？」にあることが普通です。前項同様に平常時の調査が有効です。

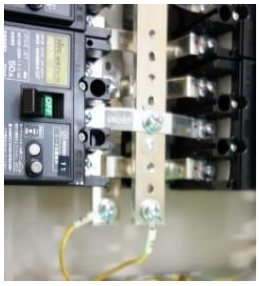




法規（電気設備技術基準等）では外線引出点である、結線図の○印の引出点にブレーカを設置するようになっています。引出先の分電盤に受電ブレーカがあるので安全である（途中のケーブルの短絡事故は無い・経費節減）等の考えで、直接結線したと考えられます。引出ブレーカがあると、4-1 節の絶縁測定をブレーカ OFF 操作により安全・効率的に行うことができます。必ず発生すると考えるべきである引出ケーブル、増設された分電盤の保全作業も安全になります。

・制御機器用配線の引出

制御機器用の単相配線が直接引き出されている場合です。図・左は母線からの引き出し、図・右は受電ブレーカ端子引き出し例です。ネジ止めの黄色（IV）線が引出線です。単相三線式では R、N 等が、動力では三相のうち 2 相が単相 200V として使用され、R1、S1 等の線番号が付けられています。ネジ等を外しての漏電調査は時間がかかり、締め付け不良等の副次的な障害の危険もあります。

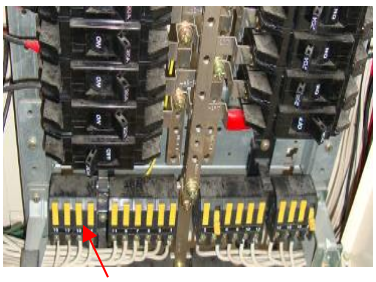


※　屋内盤でも、雨漏れ・結露による水滴の落下等で、端子台の水濡れ、防水性能が弱いマグネットスイッチ等の制御部品の内部浸水が生じます。リミットスイッチ等が屋外現場に引出されている場合もあります。制御配線はワタリが多く、切分けは極めて困難です。制御配線引出点に 2 極式のブレーカ（ELB ではない）を設置しておくと作業が早くなります。しかしながら、制御回路の絶縁不良が分かっても、ワタリなどにより不良個所の特定は困難です。制御回路が OFF のままでの分電盤使用はできません。制御機器が多い場合は、絶縁変圧器で、非接地系（3-3-3 a 節）とすることが安全です。

2_2_1_b ）ニュートラルスイッチ使用 (中性相並列配線)

古い分電盤で、盤下部にニュートラススイッチ（NS）と呼ばれる黄色の中性相集合端子台が設置されている場合です。負荷行きケーブルの極性相は単極型（1P）の分岐ブレーカで、中性相は NS 端子台で並列接続されています。NS には、スナップ型（図左）とプル型（図右）があります。

NS入りの状態（常用位置）では、分岐ブレーカをOFFとしても、極性相のみが切となります。分岐ブレーカの全数切りで親ELBはONになりますが、中性相側は並列接続のままです。絶縁が良好な回路の分岐ブレーカの ON でも、他の回路の絶縁不良部への連結された中性相の回り込みで漏電電流が生じ、親ELBが動作します。



分岐ブレーカ操作による調査は困難です。停電状態で、分岐ブレーカ切のみで二次側の絶縁測定を行っても、ほとんどの場合ゼロ近くになります。一対一に対応（通常は分岐ブレーカと NS に表示されている番号が同じ）している NS を切としなければ、2 線切ブレーカと同様の絶縁測定はできません。リーククランプでの Io 測定（4-2-1 節）は極性相と中性相が VA ケーブル等でそろった部分を探して行います。

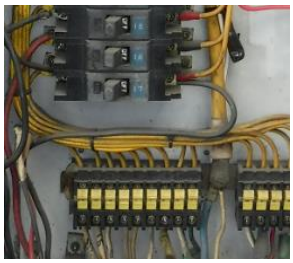
NS 入りが正常であることは、受電中には NS 下側端子に対地電圧が無いこと（検電器が動作しない）、停電中には NS 端子の下側端子と中性相ブス間抵抗がゼロであること（テスタ確認）で確認します。NS には電流の開閉能力はないため、受電中の切操作は厳禁です。切操作は、極性ブレーカ → NS、入り操作は NS → 極性ブレーカです。

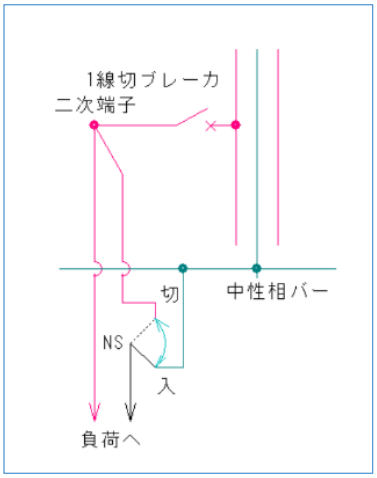
※　NS は劣化していることが多く、レバーが折れる等での再投入不能が多発します。上図・左では、不具合分岐の分離のため、運用中でも 2 台の LS が開放されています（対応する分岐ブレーカも切位置）。他回路の NS 切での絶縁測定の後、間違えて入りとすると、除去されていた不良が再発する恐れがあります。

受電中に、NS のみ切（入れ忘れ、投入不良）であると、「中性相喪失」（2-2-3 節）で異常電圧が生じ、使用設備が広範囲に損傷する恐れがあります。分岐ブレーカを 2P 型に更新することが最良です。体格は同じなので、一次側を、極性極はそのまま、中性極を下部の中性相ブスから引き戻すことで更新できます。漏電の恐れが大きい回路での個別の ELB 使用も可能となります（1P 型の ELB は存在しません）。

・3 極型 NS

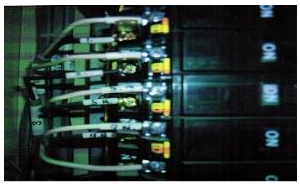
分岐ブレーカの二次側端子から 2 本の配線が出ています。1 本は極性相として負荷へ接続され、もう 1 本はスナップ型 NS の上側端子に接続されます。極性相と中性相が短絡しているようにも見えます。負荷設備からの中性相配線は、NS 入り（常用位置）では中性相ブスに接続され、NS 切位置では上側端子（分岐ブレーカの二次）と接続されます。受電ブレーカ全数 OFF として NS を全数切位置とすると、ブレーカと NS との関連（一対一）を考えずに、ブレーカ二次側で極性と中性相の絶縁測定ができます。運用状態の NS 入りの状態では、NS 上側配線では検電器が動作、下側配線では不動作が正常です。切位置のままで受電すると、負荷行きの配線の二相共に極性となり、負荷は動作しません。





・本体付属型

ブレーカ本体に NS（図の黄色部）が付属した型です。分岐ブレーカの配線は2P型同様に2本です。NSはブレーカハンドルと連動での動作はしないため、個別に切にしなければ中性相は分離されず、集合端子と同様の現象が生じます。一対一対応のNSを探す操作は不要です。



2_2_1_c） ELB本体不良　（水濡・ハンドル機構・経年劣化）

ELBはMCCB同様の過電流保護と、電子基板による漏電保護の要素を持つ、バネとリンク機構で動作する装置です。劣化すると通常の電磁振動、湿気等による「誤動作」が生じ易くなります。更新推奨年数15年を大きく超過し、本体の白ボケ・操作ハンドルの緩み・トリップボタンのぐらつき等の例が多数あります。ON 操作が不能になる場合も生じます。分解修理は不可能で、復旧には交換品手配の時間もかかります。旧型で取合いが異なる場合は盤改造が必要になり、更に時間がかかります。電気の安全安心な使用のためには、予防保全としてのELB本体更新が最良の手段です。

・誤動作（不要動作）と誤不動作の考え方

設備には、安全上の「誤動作」と「誤不動作」の考え方があります。ELBでの「誤動作」は二次側に不具合が無いのに ON でなくなること、「誤不動作」は不具合（漏電）があるのに ON のままであることです。「誤動作」は二次側が停電し、電気の使用での支障がありますが、直接の災害は発生しません。「誤不動作」は漏電している設備に電気が流れ続け、漏電・感電・火災等の重大災害を生じます。安全の面からは、「誤動作」は許容できても、「誤不動作」は許容できません。ELBは、本体の劣化・故障または設備に漏電の疑いがある現象が生じた場合の、「誤動作」を許容することが基本となっています。誤動作で許容できないリスクが生じる場合は、一次送りなどのシステムとしての対応を行います。

不要動作には、ELB本体が正常であっても設置されているシステムの特性によるトリップ動作があります。3-2設置方法及び特性試験の節で説明します。

・漏電検出部の劣化（水濡れ）

検出回路不良となると、ハンドルで入りとすると同時に跳ね返されるようにトリップ動作する場合があります。二次側から電源がとられている検出基板が ON 位置で通電され、トリップ信号が出るためです。リーククランプを取り付けても漏電電流は表示されません（ELB 動作が早い）。内部点検は不可能です。外観点検、二次側の絶縁測定による判断になります。小型の ELB では、二次側を解線して ON 操作し、トリップ動作があれば不良の判断ができます。

検出部は防水処理のないプリント基板がむき出しで使用されています。湿潤等で「トリップしやすい状態」になります。図は内部に水漏れがあった分電盤の、誤動作した受電 ELB の検出基盤です。二次側の絶縁は良好でしたが、ON 位置で投入後に即時トリップしました。乾燥させると（ハンディファン使用）ON となりましたが、時間が経つと、不規則にトリップしました。外観点検で、一次端子台に水濡（発錆）があり、分電盤天板からの水滴落下が認められました。新品更新で正常復帰しました。取外し品の絶縁と単体試験は正常でした。分解調査で（廃棄を前提）、本体内部二次側の矢印部（基板の下）に浸水の跡と考えられる錆状のものが認められました。検出回路の水濡れによる

劣化と、乾燥での一時的な回復が反復していたと考えられます。

水害などによる水没の場合は、外観および絶縁に関係なく更新が必要です。検出回路のみでなく、主接点の汚損による一次と二次間の導通不良、機構部の発錆等による劣化も生じます。

・ハンドル機構部の劣化

ELB（及び MCCB）は ON 時のハンドル押し上げの力で内部バネを圧縮（OFF のための蓄勢）したまま、ラッチで保持します。機構部が劣化すると、「ON」位置が不安定になります。負荷電流変化の電磁振動でもトリップする、「落ちやすい」現象です。正常状態のハンドルの上げ操作には硬さがあり、カチッと入ります。OFF動作は内部の圧縮バネ開放によるため、ハンドルを少し押し下げるだけで動作します。劣化すると引っかかったような状態、または押し下げないと OFF 位置にならない場合があります。OFF動作が不安定な場―合は、ON 位置も不安定になります。分解修理は不能です。更新が必要です。

※　電灯分電盤の分岐ブレーカ 4 台を持つ受電用で、トリップ状態でハンドルが ON にも OFF にもならなくなった（訳が分からなかった？）不良例です。図・右のように漏電表示は不動作、ハンドルは中立位置で上下のどちらへもフニャフニャの状態、リセットも不能でした。電圧測定で一次側は正常、二次側は無電圧であったため、OFF 動作中であることは確認できました。分電盤から取り外したあと、なぜか、OFF（リセット）可能となりました。単体試験（後述）では、22.5mA で正常に動作しましたが、再度、フニャフニャ状態になりました。漏電検出部ではなく、機構部に不具合があったと考えられます。二次側分岐の一つに相間の短絡があったので、分岐ブレーカより早く過電流で動作し、そのまま操作不能になったと考えました。受電ブレーカ 30A、分岐ブレーカ 20A で定格電流値が近いことが原因であった可能性があります。

・経年劣化

照明等の入切スイッチ兼用として使用されている場合は、原因不明の OFF 動作が頻発することがあります。ブレーカの更新推奨時期は 15 年・開閉回数で 10,000 回以下です。大幅に超過して使用されている例がよくあります。2 回/1 日の操作で 20 年間使用されると、600 回/年（300 日）、12,000 回/20 年になります。機械的な劣化が進んだものとしての更新が必要です。本来はブレーカ出側に「入切スイッチ」を設置し、ブレーカは事故防止と回路の停止切り分けにのみ使用するべきです。

※　ハンドルが ON 位置でも、二次側に通電しない場合もあります。MCCB でも同様の故障が生じます。ハンドルと主接点は一体構造でないために、ハンドル ON でも主接点が閉じない、又は接点の接触の不良（表面での酸化被膜発生等）が原因と考えられます。ON になっているかは、二次側電圧のテスタ測定で確認します。三相の場合は検相器での相回転確認でも可能です。検電器では商用の電圧があることの確認はできません。二次側ケーブル、主接点部等の誘導電圧でも作動します。検電器は誘導も含めての電圧が無い事を確認するものです。

ごく稀に、接点の焼付き、ハンドル機構の不良等で、OFF位置であるのに二次側が通電のままである故障もあります。ハンドルの見かけ位置のみでは判断できない場合があります。

2-2-2. 分岐ブレーカが投入されても受電 ELB がトリップしない top へ

分岐ブレーカが全て投入されても、受電 ELB がトリップしない場合もよく発生します。不安定な漏電、他の個所の漏電によるもらい動作、設備特性等による ELB の誤動作（結果としての）が原因です。そのままで使用すると、再度停電することも起こります。投入後に停電ができれば、3-1 節のテストボタン試験と、4-2 節に説明する漏電個所調査を行うことが安全です。

2_2_2_a) 不安定な漏電

・不完全な絶縁劣化

通常は、通電しておけば電流による発熱で絶縁は回復し、停電すれば絶縁は低下しますが、停電中により絶縁が回復する場合もあります。ELB は ON になりますが、通電状態で時間がたって漏電状態に戻れば、再度トリップします。右図は 1/4 まで水が溜まっていた屋外照明灯グローブの例です。この状態でも連続した漏電は発生していませんでした。充電部の水没がなく、温度が下がることで内部の湿度が下がったとも考えられます。正確な原因は不明でした。照明灯の切り離しで他の部分は正常復帰しています。

入切り、又は運用状態が変動した設備はないか、雨漏れ、水道の漏水・蛇口開きすぎでのコンセント等の水濡れ、ふらついている照明等はないかの周辺調査が有効です。動力設備では運用状態で発生する漏電現象があります。4-2-3.設備運用状況との比較検討に他の例も説明しています。

・故障機器の電気的な切り離し

負荷機器が分岐ブレーカに直接ではなく、制御機器を経由している場合、制御機器は停電で切になり、漏電部は切り離されます。図・左は電灯分電盤内の照明用リモコンリレーです。現場の壁付スイッチ等の信号で、天井灯等の点灯・消灯に使用されます。図・右はマグネットスイッチ（MgS）です。電灯設備では複数の外灯等の一括入切り、動力設備ではポンプの起動停止等に使用されます。リモコンリレーOFF 表示、MgS 中央部（赤矢印）が引込み位置でない OFF の状態では、ELB は ON になります。再度の入り操作で漏電が再発します。普段（停電前）は動いて（点灯して）いるのに停止している設備を探すことが有効です。動力設備ではリレー自己保持と呼ばれる制御方式が使用されるため、よくある現象です。電灯ではスナップスイッチなど、機械的にそのままの状態（入残）となる場合が多いので、あまり発生しません。「入残スイッチ」で MgS が動作している、ELB を ON して、一呼吸おいて（MgS 入りで）再度トリップする場合があります。

人的原因として、絶縁不良の電気品をコンセントに差し込んだ途端に停電したため、停電に驚いて引き抜く場合があります。昼間に、工事等で電動工具を使用して、停電したので作業を中止、ELB動作のまま帰ってしまい、夕方に他の人が気づく場合もあります。漏電原因が消滅しているため、ELBはONになります。寮などの「電気修理が得意」な人、「何かの工事」をしていないかを聞き取りすることが有効です。

※　<u>勘違いによるマグネットスイッチ（MgS）の危険な手動操作</u>

設備の動作中は右図のように、MgS のマグネット（中央の黒色部分）が引込み位置であることを知っている人が、出ているマグネットを漏電（故障）表示と勘違いをして、指等で押しこむことがあります。危険な操作です。二次側の状態によっては、押し込んだとたんに Mgs に短絡故障での大電流が流れ、遮断不能での高熱アークが噴きだし、重大な人災につながる恐れがあります。

付属のサーマルリレー（熱動型の過負荷保護装置、通常は MgS の下側）動作で停止している場合は、更に危険です。復帰操作は上流側のブレーカを OFF とし、MgS 一次側を無電圧とする必要があります。ブレーカが短絡電流遮断、MgS が負荷電流開閉、サーマルは過負荷電流の検出であるという、設備の目的を理解した技術員により、MgS が自動投入しないことを確認後に行います。

2_2_2_b）他設備からの「もらい動作」

電灯回路に発生が多くなっている現象です。動作した ELB の二次側ではない設備での、大きな漏電等により偶発的に発生します。配電系統の問題で、ELB 異常ではありませんが、運用上では誤動作になります。自系統の漏電ではないため、ほとんどの場合そのまま復帰します。「もらい動作」の考えが無ければ、なにが悪いのかわからない状況での不要な調査に時間を取られることになります。インバータ設備等の対地容量（キャパシタンス）の大きな設備が多くなっていること、接地系が旧来のままであること等が原因と考えられます。詳細を、3-3-1. ELB 使用設備の接地の項に記述します。もらい動作が疑われる場合は、2-1 節の分岐ブレーカの操作前に、まず受電 ELB を再投入してみることも方法の一つです。

2_2_2_c）設備特性による誤動作

無停電電源装置などによる誤動作です。漏電は出て行った電流が帰ってこない現象です。無停電装置は、ある意味で電流をため込む装置です。漏電判断は時間的な平均値ではないため、タイミングの関係で電流が帰ってこないと判断され、漏電として検出されることがあります。重要設備の場合は、ELB 二次側ではなく、3-2-1 節に示す一次送りとすることが安全です。同様の現象がノイズフィルタ等の静電容量分（キャパシタンス）の大きい機器でも生じることがあります。

動力設備で古い ELB が使用され続けている場合、インバータ等による高調波による誤動作が生じることがあります。3-2-3 節 c) に記述します。いずれも、偶発的に生じることが多く、ほとんどの場合、そのまま復帰します。

2-2-3. 中性相欠相（低圧電灯用単相三線式での異常電圧）

top へ

電灯用の単相三線式は、中性相を電灯変圧器の接地極に接続することで 100V-100V-200V となっています。中性相配線に断線・端子締付不良等が生じると、本節 c 項に説明する現象で、二次側 100V に異常電圧が生じる場合があります。中性相欠相保護は 100V である二次線間の電圧が 135V 以上になると受電ブレーカをトリップ動作させ、過電圧による設備損傷（特に電子部品）を防止します。保護動作の場合は中性相欠相を改修しなければ、再投入はできません。ブレーカ操作による調査もできません。

健全であることは N 相配線が正常であること（目視）、N 相で検電器が動作しないこと、テスタよる測定で受電ブレーカ二次側の R－T 相と T－N 相間の電圧が概 100V、対地電圧が R 相と T 相が概 100V、N 相がほぼ 0V であることで確認します。事業用設備での電灯分電盤の受電用（親）としては内線規程

（1375-2）により、中性相欠相保護付の使用が一般的になっています。家庭用では 1995 年ごろ以前のホーム分電盤には使用されていませんが、積極的な更新はなされていません。家庭用分電盤は電力会社所掌の配電線に直結されているためと考えられます。

2_2_3_a）ELB の場合（中性相欠相保護機能付属 ELB）

本体外形及び漏電検出機能は欠相保護機能なしの場合と同じです。欠相保護付の表示があり、横側から電圧検出用（白色又は黄色）のリード線が出ており、二次側ブスの中性相にビス止めで接続されていることで判断できます。表示ボタンは漏電と過電圧の共用です。表示ボタン突出では漏電との断定はできません。テストボタンでの欠相保護機能の試験もできません。

欠相検出不良による誤動作がごく稀に発生します。一次側電圧正常（B 種接地正常）、ブレーカ二次側絶縁良好（すべての分岐ブレーカ OFF）でトリップする場合に、検出リード線外しで ON となることで不良と推定できます。緊急対応として、リード線外しのまま運用する場合は、二次側ブスの再端部が中性相であること等、前述した測定方法で確認します。中性相欠相での異常電圧が生じると、広範囲の負荷設備が損傷します。次項の ELB でない場合を含めて、リード線取り外しでの運用は極力避けるべきです。ブレーカの修理はできないので更新が必要です。

2_2_3_b）ELB でない場合

受電用として、漏電保護がない欠相保護専用ブレーカも使用されています。表示ボタンは過電圧専用です。テストボタンは中性相欠相保護の試験を行います。漏電と間違えての誤操作防止のために、ブレーカに「ELB ではない」等の表示をつけておくと安全です。

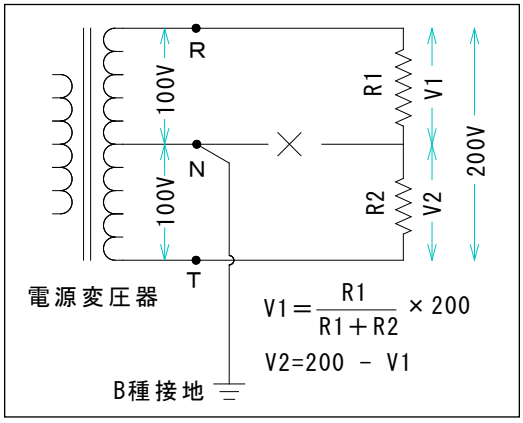
図・右が分電盤全体配置です。受電ブレーカの漏電動作は無いので、一次送りブレーカ取付け用の個所は空になっています。上段のロック（誤操作防止）用の赤キャップが付いているところが誘導灯等の保安回路で、安全ブレーカ（過電流）が使用されています。漏電保護が必要な回路（場合によっては全数）の分岐ブレーカには、図・左下のように安全ブレーカと同じ体格の ELB が使用されます。

漏電と過負荷保護が分岐ブレーカで、中性相欠相と短絡保護が受電ブレーカで分離された構成です。漏電による停電範囲を制限できるので、医療機関などでの採用が増えています。低圧用避雷器が設置されている設備も増えています。

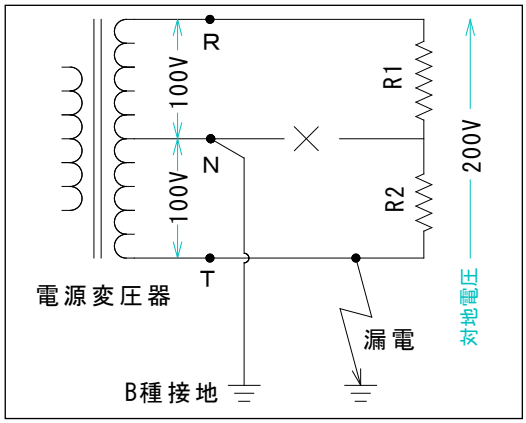
2_2_3_c）中性相欠相での異常電圧の発生

単相三線式は、自家用では受電設備（自社責任範囲）の電灯変圧器、家庭用等では電力会社の V 結線配電変圧器（柱上等）共用相の低圧側中央点で B 種接地され、中性点（基準点）となっています。中性点から N 相が現場分電盤まで配線されます。R 相・T 相と N 相間の線間電圧 V1 と V2 は R 相と T 相間の線間電圧 200V が等分され 100V です。負荷分担が良好であると、N 相電流が R 相と T 相が打ち消しあって小さくなるため、負荷電流による電圧変動と配電線電力損失が単相二線式より減少する効果があります。

N 相が図の×点で断線（欠相）すると負荷側では中性点がなくなります。電源の 200V は N 相ではなく、負荷の抵抗分である R1 と R2 で分圧されます。100V である V1 と V2 が、R1＞＞R2 の場合には、V1≒200V になります。故障発生前の V2 側で使用される機器の容量が V1 側容量器よりも極めて大きい（中性相電流が大きい運用）場合に生じます。負荷配分が適切で、R1≒R2（中性相電流が小さい運用）であれば V1、V2 共に 100V 近くが保たれ、気づけません。負荷配分（電圧配分）で、基準値（101±6V）以上となれば、照明のフリッカ等、何か変だと感じる場合はあります。中性相欠相保護は V1 または V2 が 135V 以上になるとでトリップ動作し、機器の過電圧損傷を防止します。



中性相欠相状態で R 又は T 相に漏電が生じると、さらに大きな事故になります。ナイフスイッチの爪付きヒューズ中性相のネジ緩みによる二次側の N 相欠相状態で、分電盤に雨漏れによる漏電が T 相に発生した例を右図に示します。漏電発生前にも若干の線間電圧異常が発生していたとは考えられます。T 相での接地状態となるため、R1 と R2 の負荷分担に関係なく、健全な R 相の対地電圧は電源電圧である 200V まで上昇します。対地電圧上昇側のタイムカード、コンピュータ等の電子回路を使用した設備のほぼ全数が損傷した例があります。機器の安全には線間電圧のみでなく、対地電圧も影響します。分岐ブレーカ増設のため、母線延長を行う場合は、検出リード線を延長部の先端に取り付けます。



※　配電盤から分電盤までのケーブル中継等での配線間違いで R 相と T 相が同相になると、相間電圧 R-N 及び T-N は共に 100V、R-T は 0V となり、100V 機器は使用可能なのに、200V 機器だけが使用できない状態になります。分電盤での三線間の電圧と、N 相電流（R 相と T 相の合計となる）の測定で判断します。この状態での ELB の漏電要素は、二線式設備を R または T 相と N 相に接続した場合は正常に動作しますが、三線式では R,T 相間の制御電圧が無いために動作しません。

2-2-4　受電ブレーカが無い場合

2_2_4 _a）ナイフスイッチ受電（ブレーカ更新）

かつては、図・左のナイフスイッチ（KS）が多用され、欠相故障が、ヒューズ経年劣化による断線、歯受の変形・端子の緩み等で多発していました。ヒューズは、なぜか中性相を選んで劣化断線する？とも言われ、中性相は銅線（バー）が使用される等の対策が取られていました。異常電圧が生じても電球が切れる程度でしたが、最近は前項の例のように電子基板部品焼損等の大きな損傷が発生します。ブレーカに更新することが安全です。ブレーカ外形は同容量の KS より小さいので、盤改造なしに更新できます。KS の二次側に母線がない場合は、図・右の

例のように、検出リード線（白）を二次側端子に直付けにすることで対応します。電源側上流に ELB がある場合は、不良部分の選択停電のためには、電源側 ELB と保護協調（3-2-2 節）を取ります。

※　三相 200V での一相接地の場合は、線間及び対地電圧が共に 200V です。中性相欠相による異常電圧障害は発生しませんが、ヒューズが 1 本だけ溶断すると、一相欠相運用になり、奇妙な部分停電、電動機の回転異常・過電流による焼損等の事故が発生します。残存している KS は三相遮断のブレーカに更新することが安全です。

2_2_4_b) 端子台受電

受電（親）ブレーカがなく、端子台で受電している分電盤です。他所の送電元（配電盤等）に ELB があれば、配電ケーブルを含む一括での漏電保護はできますが、ブレーカ操作による漏電部調査は不可能です。図・左は端子台受電の例です。

受電ブレーカは二次側の漏電・過電流の保護のみでなく、工事・故障調査等のための系統切り分けも目的としています。図・右は、この盤での保全作業で、停電ができないために活線作業を行い、ドライバで母線を短絡焼損させ、母線撤去・配線仮設等の応急修理を行った後のものです。中扉裏側の焼け跡から事故の激しさがわかります。受電ケーブルに着火しなかったので、ケーブルラックまでの延焼にならなかったのが幸いという事故です。受電ブレーカでの停電作業ができれば、作業中の地絡（漏電）又は短絡（過電流）は発生しません。送電元ブレーカ（キュービクル配電盤等）を探しまわる余分な作業は不要となり、受電中の母線事故も保護されます。事故は無いと信じ込むのではなく、受電ブレーカの設置が必要です。本事故例での復旧では、受電 ELB が追加されています。

※　分岐盤

電源分割のための「分岐盤」として設置された後、負荷設備直結のブレーカが増設され、分電盤同様になっていることがあります。「分岐盤」からの配線先は受電ブレーカを持つ分電盤であり、負荷設備への直接配線は行わないことが原則です。

３．取扱及び設置方法

top へ

ELB は、本体が正しく動作することの確認と、配電システム内で適正に設置されていることで、電気の使用上に問題となる誤動作（不要動作）、及び電気災害の原因となる誤不動作を引き起こす恐れが無い、安全安心な使用ができます。本体構造と動作の理解も有効です。

3-1. 動作試験

ELB が適正に動作するかを確認する試験方法を説明します。

3_1_a）　本体テストボタン

使用（受電）状態で、本体のテストボタンを押して、トリップ動作の実働試験を行います。トリップ機構のみの試験はできません。負荷（二次）側が停電することを前提の試験です。テストボタンの色と位置

は 2-1-2 節のように各種のものがあります。点検中に誤って触れ、動作させてしまうこともあります。点検前に「試験、TEST」等の表示の再確認が必要です。

テストボタンは内部の漏電検出 ZCT に通された試験線に、漏電電流（Io）相当の試験電流（mA）を流す電気スイッチです。軽く・短く押すだけで動作します。強く、長く押す効果はありません。トリップ機構の不具合で、押したままでトリップ動作できなければ、制御回路が動作のままとなり、トリップコイルが過熱焼損することがあります。3-2-2 の逆接続の節に試験回路の例を示しています。

※　制御回路の電源は一般的には二次側の左極と右極から取られています。ON 状態で制御回路が活きます。3 極式の ELB を 2 線式回路で使用する場合は左右極に配線します。一次側停電中又は OFF 状態の ELB は制御電源がないため、テストボタンを押しても開（OFF）動作はしません。災害時などは、ハンドルによる手動での確実な OFF 操作が必要です。

試験以外でのテストボタンでの OFF 動作は、ブレーカの負担が大きいため、避けるべきとされています。通常の使用では年に数回、環境が悪い場合は月に 1 回の試験が推奨されていますが、ほとんど実施されていないのが現状です。類似する方式での ELB 動作を行う、疑似漏電設備を e) 節に示します。

一部の ELB と殆どの MCCB には、機械的に引外し機構を強制動作させる、押し込み式のトリップボタン（push to trip）が付けられています。図の赤丸で囲っている部分です。先が細いもので押込むとトリップ動作します。MCCB では赤色が多いようですが、テストボタン同様に各種のものがあります。動作表示はなく、ハンドル位置で確認します。トリップボタンは機械的な引き外しなので、停電中であっても動作します。トリップ動作は内部の投入時に蓄勢されたバネにより、いつでも実行できることがブレーカの責務とされています。

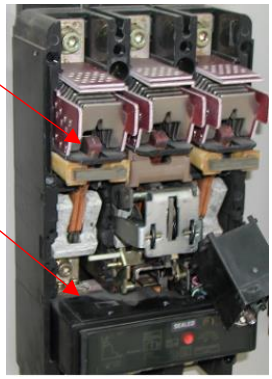
3_1_b）　試験機による特性試験

試験機により、主回路を通して ELB 内臓の ZCT に漏電成分 Io の試験電流を流すことで、設定値（感度電流及び時延、3-2-3 節）で動作することを確認します。電路に取り付けたままでの、テストボタン同様に ELB 実動作（二次側停電）を伴う専用試験機による方法と、取り外して GR 用等の汎用試験機による単体試験を行う方法があります。

専用試験機には感度電流での動作良否のみを確認するもの、感度電流と時延の数値までを測定するもの等の各種があります。図は受電状態で、感度電流と時延の測定を行う、乾電池式の専用試験機を使用しての試験状態です。感度電流 15mA、30mA、50mA、100mA、200mA、500mA を設定しての試験ができます。黒プローブを一次側接地極、赤プローブを二次側極性極に当て、試験ボタンを押すことで、自動で動作電流と時限の測定を行います。プローブは試験電流の供給と、動作による電圧喪失をトリップ信号として検出するため、200V 受電状態の端子につけても安全なように設計されています。

3_1_c）　試験時の注意（危険例）

受電状態の試験では、テストボタン・専用試験機の方法ともに、本体が焼損する場合があります。自動試験機による試験で、不良判定が出た直後に、発煙、焼損した動力用 ELB を分解した例を右図に示します。下部の黒い箱の部分（制御装置）が黒化し、上部の主接点にはアーク発生の跡が認められます。テストボタン試験でも、ボタンを押して動作しなかった直後に焼損する事例があります。



電撃、火炎噴出で驚いて点検台を踏み外し、転倒しケガをするなどの二次災害も生じます。動作しない場合（ビビリ音の発生等）は、できるだけ早く試験を中止し（テストボタンから手を放す）て、ハンドルによる手動 OFF 操作をすることが安全です。私は、試験を行うときは火炎噴出に備えて、ELB 本体の斜め前に立つことにしています。MCCB の操作でも同様の火炎が生じることがあります。

3_1_ｄ）電路から取外しての単体試験

専用試験機を使用する場合と、汎用 GR 用試験機を使用する場合の単体試験例を説明します。いずれも、試験機の取説に記載されていませんが、私の経験では試験可能です。

・ELB 専用試験機（KEW5410）と IPR 使用

試験には検出回路を活かすための試験電圧と、作動させるための試験電流が必用です。試験電圧は一次側の左極と右極に接続します。専用試験機には電圧供給機能がないため、汎用試験機 IPR の PUN 出力を使用しています。動作電圧の確立は、テストボタンで動作することで確認します。200V 用 3 極型ですが、70V 以上で動作可能になりました（某メーカの公称値は 80V 以上です）。

試験電流は ZCT 試験線への供給ができないので、一次端子と二次端子間に流します。一次右極（白矢印）に試験機（KEW）の一次接地側プローブ、二次左極（赤矢印）に二次負荷側プローブに接続しています。時限測定は ELB 動作による二次端子の電圧喪失をトリップ信号として検出します。試験電流が PUN 電圧発生部にも流れていると考えられますが、IPR 電源側の ELB(30mA)の動作は生じていません。30mA 感度設定で、最少動作値 15mA との中間値である 22.5mA で動作しています。

・GR（汎用）試験機の使用

基本的には PAS 用の GR 試験と同様です。試験機の付属コードクリップを、一次と二次の端子に接続することで行います。補助電源 P1・P2 を一次左極と右極、試験電流は Kt を一次中極、Lt を二次中極、トリップ検出は電圧検出位置での T1・T2 を二次左極と右極にとります。右図では、一次端子が左から P1、Kt、P2、二次端子が左から T1、Lt、T2 となっています。試験電流の供給とトリップ電圧信号の検出が分離していることが前項の専用試験機と異なります。

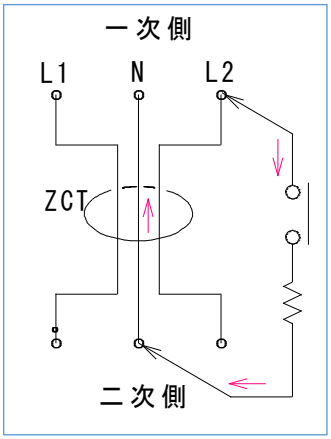
補助電源（AC100V）で検出回路用（AC70V 以上で動作）が活きます。ELB が ON では二次側にも補助電源の電圧がかかりますが、トリップすれば無電圧になります。トリップ検出切替を電圧位置で、OFF 動作を検出できます。試験電流は中極の一次と二次の間に流れます。Kt-Lt 電流調

整により電流感度の測定、設定位置で電流調整して開始（スタート）操作を行うと動作時限（時延）測定ができます。戸上社製試験機では設定位置で流れる調整電流で ELB がトリップするため、電流設定時は補助電源を停止します。電流感度のみの測定であれば T1・T2 の接続は不要です。GR 試験機は 200mA・200msec 程度以上を考えているのに対して、30mA・100msec（高速型）の ELB 試験では、測定精度は悪くなります。

※Kt、Lt クリップを電圧がかかっている端子に接続したくないために、無電圧である中相に試験電流を通しています。電圧がかかっている端子に Kt を接続できる試験機では、他の相でも可能です。

3_1_e）疑似漏電装置（感震センサ・設備保護等）

トリップコイル動作により本体を OFF（引き外し）できる特性を利用し、一次二次間に Io 疑似漏電電流を流して、二次側設備を停電停止させる装置です。ELB 本体の誤動作と間違えない注意が必要です。疑似漏電装置のテストボタンで実働試験を行います。テスト動作で二次側設備が停電することは、本体のテストボタンと同様です。



主回路に、専用試験機と同様に、一次の極性相の 1 相（図では L2）と二次の他の 1 相間（一般的に N 相）に漏電成分電流を流すと、ELB の ZCT では漏電として検出されて動作します。単相三線式の動作図を示します。a 接点はテスト操作及び負荷設備保安のための異常検出で閉じる接点です。ELB 一次側から、次節 b) の一次送りではないケーブル（検出線）が 1 本出ていることが外形上の特徴となります。試験機とは異なり、疑似漏電電流は定電流発生器ではなく、相間の抵抗により受動的に発生していると考えられます。安定な動作のためには、相間の電圧にも注意することが必要です。

・感震センサ

地震発生後に、受電状態の ELB をトリップさせ、系統復電時の通電火災（配線の断線地絡、家具挟み込み等による短絡等）を防止します。家庭用受電盤が 30mA 感度整定の ELB 受電であることを利用する装置です。地震による振動（震度 5 以上）を検出した後、一定時間（停電に対応する時間）後に、受電電源を使用して受電 ELB をトリップさせます。受電盤に組込、又は既設用の別置追加用として市販されています。追加の場合も、ELB 更新は不要です。

感震センサとしては、電源を使用しない、振動により落下する錘でハンドルを押し下げる、錘式等もあります。停電時に発生した地震にも対応できますが、時限は取れないため、即時の OFF になります。

・設備保護用

設備の異常を設備内部の温度センサ等により検出して、電源 ELB をトリップさせる目的として使用されます。異常検出が不具合の場合は、異常が発生しても電源が ON のままとなり、設備が損傷します。ELB の誤動作・誤不動作と間違えられやすい故障です。疑似電流を流すための相間（又は対地間）の電圧、ELB 感度電流が変化していないこと等を試験動作により確認することが必要です。

3-2. 設置方法および特性の選定

top へ

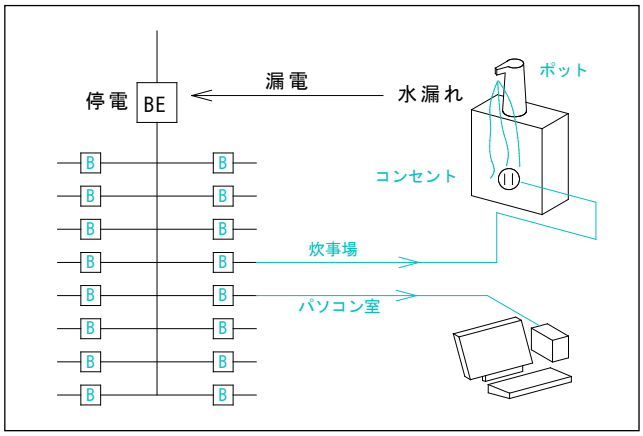
ELB は漏電が「発生」又は「疑われる」場合に、二次側を停電させて設備安全と感電災害を防止する装置です。正常な ELB であっても、設置状態によっては不要動作（トリップ）を生じ、電気の使用に対する障害となります。二次側は停電しても支障の少ない機器を接続する電源です。人命にかかわる医療用機

器、最後まで維持が必要な保安設備（火災報知器・誘導灯）、停電での操業への障害が大きく、かつ感電する恐れの少ない設備（サーバー等）を接続することは避けるべきです。ELB動作により急停止しても安全方向である（急停止による危険・極度の生産障害等がない）ことも確認が必要です。マグネット式クレーン、恒温槽ヒータ等では、(2-1-2 b 節)のアラーム付きの採用も適しています。

3-2-1. 二次側負荷と ELB 動作　（不要動作の防止-1）

3_2_1_a ）　二次側設備の組合せ

厨房用コンセントとサーバ回路が、同じ ELB の二次側に接続された場合を右図に示します。ポット等からの水漏れで、コンセント濡れ→漏電→ELB 動作→サーバ停電となります。天井裏ファンコイルの結露、外灯の防水不良等でも同様です。工場の検査設備が、使用していない老巧化した建物の雨漏れで停電する等の、事業所全体の運営にかかわる場合も生じます。必要部に次項の一次送りを行います。



設備増設等で、空いているブレーカから安易に各種設備の電源が引き出され、不用意な分岐配線になる場合がよくあります。対地静電容量の大きな設備が増設されると、3-3-3 節のもらい動作（漏電と間違えられる不要動作）のおそれも大きくなります。

※　MCCB でも組合せ不適があります。医療用設備で救命設備が接続された分電盤の分岐コンセント（一般的には赤）回路で、故障している掃除機が使用され、MCCB が過電流動作すると、救命設備までが停止します。キュービクル配電盤から直接引き出すべき高圧受電用 PAS の SOG 電源が現場分電盤引出しに改造され、低圧部事故での電圧変動で高圧を含む全停電となる事例もあります。設備の目的・特性による適正な電源の分岐を行うことが必要です。

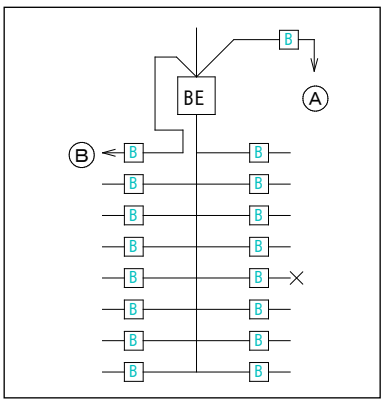
3_2_1_b ）　一次送り

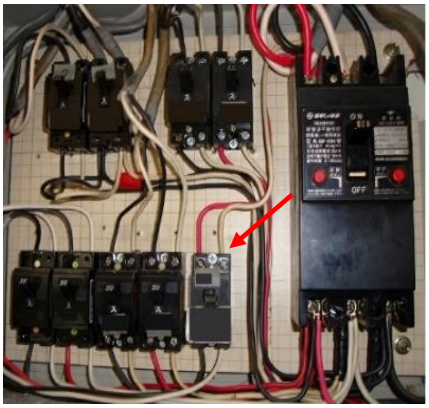
停電による支障が大きい設備を、受電 ELB の二次側ではなく、一次側に接続します。受電 ELB が他設備の漏電で動作した場合、または不要動作した場合にも、当該設備の停電を防止することができます。

一次送りの回路は配電盤 MCCB 二次に直結となります。専用回路として、予備のコンセント口をつけない等、他の目的での使用はできないような処置が必要です。短絡の恐れがある場合は、短絡事故時のブレーカの噴破の恐れ防止のため、短絡遮断容量 Icu（Icn）の検討も必要です。

「OCR 整定・・・」（http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/）の 5-3 節に Icu の説明をしています。

下図・左の結線図に示すようにブレーカを別置する方法（A）と分岐ブレーカの一次配線を変更する方法（B）があります。（A）は誘導灯等で最初から設置される場合、（B）は増設変更等の場合に多く使用されます。図・中が（A）、図・右が（B）の例で、矢印がそれぞれの一次送りブレーカ例です。図・中ではハンドルに誤操作防止用の固定カバーが付いています。接続する機器に漏電保護が必要な場合、又は使用目的が不明な場合は、ELB を使用（誤操作防止カバー無し）とすれば安全です。





（B）の場合は配線がわかりにくいので注意が必要です。図・右端では、一次送り（赤矢印）と 3-2-4 節の逆接続が混在しており、さらにわかりにくくなっています。

（A）のブレーカ二次に複数の分岐ブレーカが設置され、分電盤併設となっている場合があります。設備増設時には、一次送りの意味を考えて、それぞれの分電盤に一般負荷と重要負荷とに分離して配置します。配線工事の都合のみで一次送りでない盤に接続されると、水漏れで増設サーバが停止する等の、一次送りの意味がない不具合が生じます。

3_2_1_ｃ） 分岐ブレーカの ELB 化

受電ブレーカをMCCB（単相三線式では中性相欠相保護付き）として、屋外等の漏電保護が必要な回路の分岐ブレーカをELB、他の回路を安全（過電流）ブレーカとします。医療用等では、全ての分岐ブレーカが ELB である場合も多くなっています。右図は動力用で、受電用が MCCB、分岐ブレーカが全て ELB である分電盤です。

二次側の一括漏電保護も必要で、受電用にも ELB を使用する場合は、ELB の動作順序を適正化する（保護協調を取る）ために、次節に説明する幹線保護用を、感度電流・時延を考えて選定します。協調が困難な分岐回路は受電 ELB の一次送り（前節）とする方法もあります。

単相三線式で受電が中性相欠相保護付 MCCB、分岐が全て ELB の場合にも、誘導灯等の防災設備は一次送りとなっている場合があります。消防法等の見解があると考えられます。

3_2_1_ｄ）電動機保護等

二次側負荷が誘導電動機の場合、電動機の起動電流は通常電流の 6 倍程度であるため、ELB が過電流要素でトリップする場合があります。起動電流が考慮されている「電動機保護兼用（モータブレーカ）」を選定します。定格が電流のみでなく、モータ容量ｋW でも表示されています。二次側を 2-2-2 節のサーマルリレーと MgS の組合せとすると、更に高度の保護ができます。MCCB の場合も同様です。

ELB を追加する場合は二次接続機器が ELB 動作により急停止しても安全方向である（急停止による危険・極度の生産障害等がない）ことの確認を行います。マグネット式クレーン、恒温槽ヒータ等では、(2-1-2 b 節)のアラーム付きの採用も適しています。

送電元（キュービクル配電盤）で ELB を使用すると、送電元でトリップし、原因調査と復旧に時間が

かかる場合があります。保護範囲は設備と配電ケーブルを合わせたものになります。ケーブル地絡事故はB 種接地線の Io 測定（絶縁監視装置）でも分かります。現場設備管理のためには、送電元を MCCB（又は後述する時延型)、現場受電を ELB とする方が安全です。400V 級配電の場合は、電気設備技術基準により配電盤に ELB 設置とする必要があります。

3-2-2　保護協調・高調波対策　（不要動作の防止-2・感電保護と幹線保護）

3_2_2_a）　感度電流（最小動作電流）

感度電流は ELB が必ずトリップ動作を行う電流 Io（mA）値です。一般的には、15、30、(50)、100、200、500mA です。JIS には他の数値もありますが、通常はほとんど見かけません。定格電流（AT）値に対応して決まるものではなく、感電保護用と幹線（設備）保護用保護用の目的によります。負荷設備の静電容量・高調波などのよる Io 増加を考えて選択しないと、漏電（絶縁劣化）ではない要因での不要なトリップ動作を行い、停電（機器停止）が発生する電気使用上では不都合な状態が生じます。

最小動作電流は動作する可能性がある電流値です。一般的には感度電流の 1/2 で、感度電流固定型では ELB 本体に表示されています。試験によると、実動作電流は最小動作電流と感度電流の中央値のようです。感電保護用の感度電流 30mA の場合は、1/2 の 15mA が最小動作電流であり、15mA と 30mA の中央値 22.5mA 程度となります。

・感電保護用

人体に流れる漏電電流を停止させて、感電災害を防止することが主目的です。30mA（一般の場所）又は 15mA（浴室等の水濡れ場所）です。動作時間（次項の「時延」）は 0.1sec の高速型です。感度電流及び動作時間の根拠としては感電した場合の、人体通過電流の大きさと電流継続時間よる生理学的影響を評価した、安全限界の考えがあります（末尾参考資料 2)。二次側に漏電電流 1mA の分岐回路が複数あっても、二次側の絶縁抵抗値にはよらず、危険な感電災害は防止できるという考えです。家庭用などの低圧受電設備の受電用としては感電保護用が使用されます。

分電盤受電用として使用される場合、二次側設備の全ての Io が流れます。事業所用では対地静電容量による電流を含むため、常時 10mA 程度の Io が流れる場合があります。感度電流 30mA（最小動作 22.5mA）では、設備運用による 12.5mA の Io 変動で不要動作する恐れがあります。不要動作頻発生と考えられる場合は Io をリーククランプメータで実測し（4-2-1 節)、次項の幹線保護用の採用を含めた対策を考えます。他系統の事故により生じる「もらい動作」（3-3 節）のおそれもあります。電灯用であっても、停電による支障がある設備は、一次送り（3-2-1 b 節）による電源分割が安全です。

分岐回路一つ（動力では 1 設備）に対して 1 台の使用が安全です。不要動作解消の例として、1 台の 30mA 感度 ELB から 3 回路分岐していた、雨天時に頻繁な停電が生じていた屋外照明設備を、分岐回路別に 20A 定格の感電保護用を設置することで、各分岐の感電保護は有効な状態で、頻繁な停電の解消ができました。

・幹線保護用

事業所での、漏電電流による火災・設備損傷防止が主目的です。配電盤の引出用、分電盤の受電（主幹）用等の常時の Io が大きい特性を持つ部分に使用されます。感度電流は 100、200、500mA 等です。中感度型とも呼ばれます。感度電流選定に一定の基準はなく、二次側の全ての設備の対地電流が流れるための Io 変動による不要動作（運用上の誤動作）防止のため、分岐回路数、高調波成分等の負荷特性等を併せて

選定します。インバータ使用機器用電源として使用する場合は、本節ｃ）項のメーカ推奨による感度電流値を選択します。更新の場合は、リーククランプで現状のIo測定を行って判断します。幹線保護用を使用する場合は、必要に応じて、下流側の分岐ブレーカ等に感電保護用を使用します。同一の電路に直列にELBを設置する場合は、下流（負荷）側よりも上流側の感度電流を大きくすることが原則です。

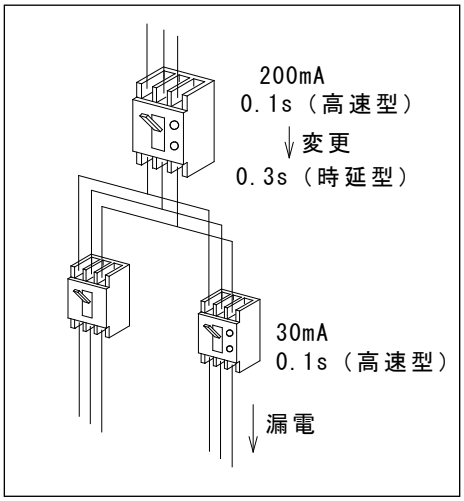
感度電流値を切替て設定できるものが多くなっています。図の黄矢印が切替部で、ドライバでの現場変更が可能です。いずれも最小値の 100mA に設定されています。4-2-2b 節の LGR と同様の考え方で、200mA、500mA 設定も多用されています。右端の図、青矢印のように、次項の時延を切替できるものもあります。

高圧-低圧変換を行う変圧器二次側の配電盤用ブレーカとしては、400V 級電路用は電気設備技術基準により ELB 設置が規定されているため、幹線保護用 ELB を設置します。200V 級以下には電路の保護規定が無いので MCCB でも適合します。運用上の都合（動作した場合の復旧手順）を考えて選択します。

3_2_2_b） 時延（動作時間・保護協調）

漏電電流検出値が動作値を超えてからトリップ動作するまでの時間です。ELBは、感度電流が小さい、設備に近い、又は定格電流が小さい順に早くではなく、感度電流による動作域に達した後に、設定されている時間（時延）後に動作します。感電保護用は 0.1s の固定、幹線保護用は、0.1、0.3、0.8、1.2sec 等の固定又は可変（前項の切替）です。感電保護用の 0.1sec を「高速型」、他の場合を「時延型」と区分されます。

受電用と分岐用に ELB が使用され、共に高速型で、電流感度が受電用（幹線保護用）200mA、分岐用（感電保護用）30mA である右図の場合で考えます。漏電発生時に分岐用ではなく受電用がトリップする場合があります。分岐（又は現場）用に感度電流が小さい ELB があるのに、分電盤全体が停電して意味がないという状態です。図の例では、受電用の最少動作感度である 100mA 程度以上の漏電が突発した場合に生じます。受電用、分岐用ともに動作域となり、共に高速型であるため動作順位が無く、受電用が先に動作する場合があるためです。漏電電流発生は 4-2-3 節での記録例にも示すように、漸増ではなく、瞬時（ステップ状）であることがよくあります。



受電用に時延型（幹線保護用・0.1sec 以上）を、分岐用に高速型（実動作は 30～40msec 程度）を使用すれば、分岐用と受電用が同時に動作域となっても、分岐用が早く動作します。漏電部（絶縁不良部）は受電用の動作（時延満了）前に分岐用で切り離され、停電範囲を限定することができます。時延型の動作時間は規格上では 0.1sec 以上 2sec 以内としかないので（整定値での動作が多い）、協調動作の確認は試験機（3-1-b 節）を使用して実測します。組合せ実働試験は、メーカ試験機取説の Fig12 の、二次側を定電流回路で地絡させる（漏電を発生させる）ことで行うことができます。

漏電電流が受電用の動作域以下、又は漸増の場合では、時延に関係なく、30mA の分岐用が先に動作し

ます。負荷設備の特性で短時間の高調波発生がある場合の不要動作防止対策としても使用できます。漏電アラーム付きでは、高速型であっても、漏電確認の目的としては妥当です。一つの盤内であれば。受電用を MCCB、分岐用全数を ELB とすれば、保護協調が取れます。

※　保護協調

ELBは保護継電器と同様の「保護装置」です。配電系統で上流と下流に使用される場合、事故（漏電）部に近い下流側を先に動作させ、極小範囲で系統から切り離す、「保護協調」が必要です。電流感度と時延の二つが協調要素です。高圧用地絡継電器の整定（SOG の 130%で 0.3sec 以下・変電で 0.4sec）と同じ意味を持ちます。ELBの時延は、動作値以上では動作時間一定である定限時特性です。感度電流との関係は、保護協調線図でわかりやすくなります（末尾参考資料 3)。分電盤などで、一般的に「ELB 使用」と指定すると感電保護用使用となります。保護協調を考える場合は、幹線保護用と感電保護用を組み合わせ、設定値を考えて使用します。

過電流要素の動作（時延）特性は、定格電流（AT）が動作電流で、倍数による反時限特性（倍数が大きければ早く動作する）です。直列の場合は、定格電流の小さな MCCB が早く動作します。下流側の定格電流を小さくすることで、下流側を早く動作させる保護協調が取れます。ただし、定格電流が近ければ、機構部の劣化などにより、受電用が分岐用より早く動作する場合もあります。

上流側が配電盤又は一次送りなどで、保護範囲が感電の恐れが少ないケーブルのみである場合は、上流側を過電流保護の MCCB とする方が安全です。設備の感電保護は受電する分電盤で行います。分電盤では、分岐用を全て ELB として受電用を MCCB としても、漏電保護協調が取れます。

3_2_2_c） 高調波対策（インバータ・雷撃）

インバータ使用設備で、絶縁は良好であるのに、ELBが動作する場合があります。インバータで発生する高周波による、ケーブル等の対地静電容量成分電流（Ioc）が大きくなり、合成値が漏電電流 Io として検出されるためです。電源 ELB は旧来のままで、生産設備を NC 機器に更新した場合、二次側に複数の設備（一斉速度調整）を並列接続した場合等によく発生します。電灯回路でも、機器内蔵のインバータ（LED 照明の点灯回路、空調機、製氷機等）で生じることがあります。「これまでは発生しなかった」の考えにとらわれずに、使用設備の更新に併せて、電源回路の分割、感度電流・時延の見直しが必要です。リーククランプ等での通常時の Io の測定、インバータメーカの推奨値を考えて選定します。

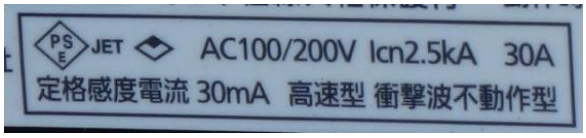
高周波カットフィルタ等の対策が取られている、「高周波対応型」の使用である程度の防止はできます。最近（1992 年 JIS 改定対応）の製品には標準となっています。

※　高調波の有無は、簡易的には、リーククランプメータ測定での高調波フィルタ ON、OFF による差（ON で 1/2 以下程度に減少）を見ることでわかります。高調波聴音器（ウルトラホン等）で、使用状態のケーブルを外皮から聴音しても高調波振動音の確認ができることがあります。

高調波発生は、インバータへのリアクトル取り付けで大幅に減少します。取り付けが簡単な DC リアクトル（標準品がある）が最適です。高調波発生を放置すれば、電源ヒューズの溶断、電源変圧器の温度上昇等の障害も生じます。非常用発電機で単独運用する場合（高調波を系統に送り込むことができない）では、高調波対策を取らないと、インバータ容量の 6 倍の容量の発電機が必要との計算例もあります。設備全体の保全から見ても、インバータでの抑制対策が有効です。

低圧用インバータは一般的に入出力トランスがなく、一次と二次間は絶縁されていません。二次側設備の対地電流は一次側から供給され、B 種接地線に戻ります。インバーター次側に ELB を設置すれば、二次側設備を含む漏電保護ができます。感度電流は二次側の負荷全体を考える、幹線保護用としての設定になります。高調波による誤動作を考えて、通常での実測漏電電流の約 10 倍を推奨しているメーカもあります。インバータ二次側での ELB 使用はできません。主回路（二次側右極と左極）から取られる検出回路の電源が高調波を含むものとなり、検出回路が焼損する恐れがあります。

同様の対策に、「衝撃波不動作型」があります。雷がなったときに動作する、スイッチを入れた時の起動電流が大きい時に動作する場合は取替の検討が必要です。本体の表記例を示します。最近のものはほとんど対応済みです。性能試験はできません。動作に疑問がある場合は、更新になります。



3-2-3. MCCB の漏電トリップと ELB の過電流トリップ

MCCB は過電流検出を 1 線毎に行うため、一相の漏電（地絡）電流による過電流要素で動作することがあります。30A 定格の MCCB に、1 線完全地絡で故障電流 50A が流れる（B 種接地抵抗が小さすぎる）場合等です。絶縁監視装置（4-2-2 節）がある場合は、動力変圧器の高漏電がしばらく続いた後、MCCB のトリップ動作（過電流の動作時延は長い）により漏電が消滅します。動力と同時に電灯変圧器での漏電警報が生じる場合が多く（3-3-2 節の B 種接地線の共用による現象）、同時に消滅する現象でも、大きな地絡（完全地絡）が発生したと判断することができます。

完全地絡の原因としては、配電ケーブルの断線接地、クレーントロリー線等の露出充電部の接触、建屋工事でのビスのケーブル貫通、照明更新時の極性相と接地相の誤結線等の各種があります。軽度の地絡では、設備運用は続行できることが多く、MCCB 動作までは気づかないことがあります。

ELB は過電流要素でも動作します。ON にすると同時に、本体内部からの「ビビビ」等の異音・振動、内部からの青白い発光等があって、漏電表示が無く、再トリップする場合は、短絡（二線地絡短絡を含む）等の大電流による過電流動作です。漏電動作は通常の負荷電流での開放なので、内部のバネによる動作音のみでトリップします。

※　過電流を生じる、ブレーカ二次側配線の短絡、コンセントの破損、電動機故障等は常に予想しておかなければならない事故です。測定器による調査と同様に、配線・端子の緩み、電流痕、変色、焦げたにおい等の点検が有効です。右図は、屋外分電盤で小動物が持ち込んだ異物が母線に絡んでいた例です。湿気を持つと漏電、小動物が乗ると母線短絡の原因となります。100mA 程度以下の漏電の連続から相間短絡に進展することもあります。事故発生後は焼損する、短絡の衝撃で原因物が外れてしまう等で、原因不明となることがあります。異物、糞等の侵入跡がないかの日常目視点検が事故防止に必要です。こまった異物としては、盤内に金属製工具等が仮保管されていることもあります。

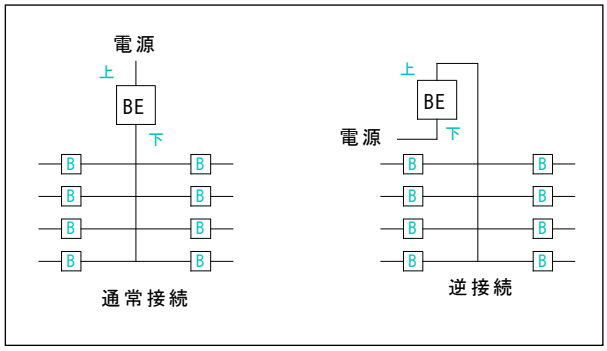
単相 3 線式分電盤の受電用では、負荷配分の不具合で片相の電流が大きくなることも考えられます。中性相欠相に備えても、日常の電流バランスを把握しておくと安全です。二次側は露出ブス直結がほとんど

で、測定は困難です。一次側でのフォーク型クランプメータ等の適切な測定器での測定を行います。

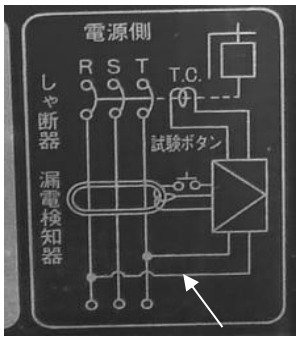
3-2-4　逆接続

3_2_4_a）　配線方法

一般的な配線である、上側が電源（一次）で下側が負荷（二次）ではなく、図・左のように、下側が電源、上側が負荷となっている配線です。図・中が実際の配線です。左端の受電 ELB 下側が電源側で、上側の分岐ブレーカ配線が負荷側です。結線図では複雑に見えますが、実際の配線では、すっきりとして配線も節約されたものになります。ELBは下側の主端子から制御電源を取るため、逆接続には「逆接続可」のが表示された型を使用します。図・右のように、本体に「逆接続可能」の表記があります。



3_2_4_b）　逆接続での注意点（漏電検出回路電源の焼損）



逆接続可でない ELB を逆接続とした場合、漏電発生等のトリップ動作時に本体が焼損するおそれがあります。逆接続不可（通常の ELB）の制御回路の例を右図に示します。本体表面に示されていることがあります。漏電検出回路の動作、又は試験ボタンでトリップコイル（TC）に電圧がかかり、機構部分（一般的には過電流と兼用）を駆動して主接点（しゃ断部）が OFF になります。

電源が上側であると、下側からとられる制御電源はOFF位置で停止します。電源が下側であると、OFF 位置でも充電のままとなります。漏電発生状態（ELB 内部・主回路開放の不良）によっては動作のままとなって、TC に連続通電して焼損する場合があります。手動試験で、ハンドルが OFF にならない故障状態で試験ボタンを押し続ける場合と同様です。逆接続可型では、図の矢印の位置にハンドル連動のスイッチが付けられ、制御電源を停止するようになっています。スイッチは「メガテスト切替」等として手動単独で操作できる場合もあります。過負荷電流の電磁機械力等で動作する MCCB は制御回路がないため、この問題は発生しませんが、他の要素もあるため、メーカによる指定に従います。

逆接続設備では、ELB切位置でも下側（一般的な二次側）は充電のままです。ブレーカを切ると下側は停電していると思いこむことが多く、作業時の危険も生じます。できるだけ避けるほうが安全です。

※　太陽光の低圧連携（売電あり）の受電（連携）点には、地絡事故保護のために ELB が設置されます。発電時と受電時で電源が入れ替わるため、逆接続型の設置が指定されています。3-3-3 節-C)に関連事項を説明しています。

3-3. 漏電と接地

top へ

3-3-1. 接地の必要性と区分

ELB は対地絶縁劣化を検出するのではなく（メガとは異なります）、対地電圧により、対地絶縁劣化で生じる漏電電流（地絡電流）を検出して動作します。漏電電流は、**機器接地**→大地→**系統接地**を経由して電源に戻ります。検出のためには、安定に流すための接地（アース）が必要です。接地は、本来は、異常電圧による災害防止・設備保全のために電気設備技術基準により定められたものです。ELBの良好な動作、接地線の漏電電流測定による絶縁劣化推定は、接地により生じる電気現象を活用する副次的な効果であることを理解しておくことも必要です。機器接地と系統接地の組合せには各種の方式があり、3-3-4 節 に説明します。アース線には主として緑色の IV 線が使用されます。

3_3_1_a ）機器接地

低圧機器の金属製外箱等に施される接地です。機器内部の対地絶縁不良により、外箱等（筐体）の人体に触れる部分の対地電圧が、人体に危険な電圧となることを防止することが目的です。感電保護としての必要条件です。機器で生じた漏電電流は、機器接地線を通って大地へ流れます。

低圧部では、使用電圧が 300V 以下は D 種-100Ω以下、300V を超える場合 C 種-10Ω以下が基準です。通常は、機器個別に接地されるのではなく、キュービクル内等の接地極に電源線と併せて配線される接地線により接続されます。高圧機器の筐体（ELB 動作には無関係）では A 種-10Ω以下です。

3_3_1_b ）電源の接地（系統接地）

高圧－低圧変換変圧器の二次側に施される接地です。変圧器内部の巻線混触時等に、高圧側電圧が低圧側に移行し、低圧電路の電圧が危険な範囲まで高くならないようにすることが本来の目的です。B 種と呼ばれています。原則として低圧側の中性点、中性点に取れない（Δ結線等）場合は電路の 1 相に施されます。接地抵抗値は変圧器での高低圧混触時に、低圧側が 150V 以上にならない値です。高圧配電線（6.6kV）の 1 線地絡（混触時に地絡抵抗ゼロで低圧側に流れる）電流は 2A～3A になるように配電変電所での系統切分けが行われているので、接地抵抗は 75Ω（150÷2）～50Ω（150÷3）以下が一般的です。安全閾値である 150V は、「東電」の前身である「東京電灯」の時代に、感電による死傷事故の無い、「公衆」（家電使用などの）安全を考えた経験値であると言われています。

B 種接地線は二次側に接続される全ての電路・機器で生じる漏電電流の帰路になります。変圧器単位での漏電電流の測定箇所としても使用されます。接地点は中性点（対地電圧 0）として、低圧電路の対地電圧の基準点となります。灯動共用変圧器のように接地点が特異であると、線間電圧が同じであっても極性相の対地電圧が異なるものとなります。

技術員が常駐監視する発変電所など、設備の漏電電流による障害よりも「運用続行」を重視すべき設備では B 種接地は行われません。3-3-4 節で説明する非接地系として運用されます。帰路が無いため漏電電流は発生しません。ELB の使用は不適です。

3_3_1_c ）接地の不良による ELB 不動作

top へ

外箱（機器）接地が不良であると、機器内部絶縁劣化で外箱の対地電圧が上昇しても、外箱→機器接地→大地の電流経路がないため、漏電電流がほとんど流れません。電源の ELB が正常であってもビリっとする、システムとしての「誤不動作」を生じます。ELBは、人体が外箱に触れて「感電」して機器接地線の代わりとなり、外箱→人体抵抗→大地→系統接地の漏電電流が流れることで動作します。ELB選定が適

正であると、重大災害となる前（感電保護用高速型では 0.1sec 以内）に電源が遮断されます。外箱接地がないクーラ（1-1 節）等で内部短絡が生じた場合、人の感電、または線（相）間短絡による火災が進展しての「地絡」発生後に、ELB が動作します。

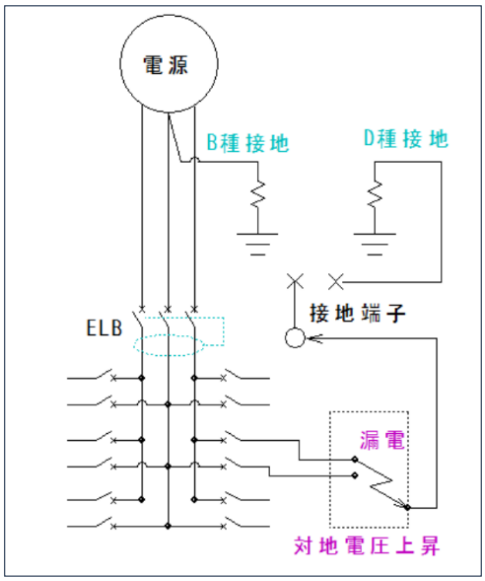
・検電器による接地状態確認

100V 家庭用電気品でも、洗濯機等には電源とアース線（緑色）が出ています。アース端子がない（あっても接続されていない）電源コンセントを使用する場合は、実用上、近くの接地が取れている金属体（水道管等）に機器のアース線を取り付けることで対応できます。図左の状態です。

アースが取れていることは、低圧検電器を被覆検出位置として機器筐体の検電で判断できます。図右はアースをとっていない家庭用冷蔵庫の側壁で検電器が動作している状態です。検電器が裸線検出としても動作する場合、200V 設備では、機器の絶縁測定値が基準以上でもビリビリを感じることがあります。家庭用では受電盤の感電保護用 ELB（30mA 動作）で家屋全体が保護されていますが、ビル・工場等の事業所では ELB 保護が不完全な場合も多く、注意が必要です。

・ 仮設（工事）分電盤等での接地不良

分電盤の接地端子が接地母線に接続されていない場合、使用機器の接地線が分電盤接地端子に接続されていても、機器接地がとれません。機器が絶縁不良となっても漏電電流は生じず、ELB は動作しません。接地極～分電盤（接地端子）、分電盤～使用設備の工事施工者が異なるために生じることの多い不具合です。この状態でも ELB のテストボタン試験は良好です。テストボタン（3-2-2 節）は ELB 本体内部の試験回路のみを動作をさせるためです。テストボタンでの接地系統としての安全確認はできません。



工事用等の仮設プレハブの分電盤で考えます。プレハブ本体がブロックなどで大地から絶縁されていると、接地線が接続された機器の絶縁不良部がプレハブ本体に接触しても、大地への電流は流れないため、ELB は動作しません。プレハブ金属部が充電され、触った人が感電する事態になります。

分電盤接地端子が接地母線に正しく接続されていることの最良の確認は接地端子の接地抵抗測定ですが、測定用補助極がとれない等で困難な場合があります。分電盤の ELB 極性相二次側と接地端子間に試験電流を流すことで実働試験ができます。ELB の正常動作と、接地端子が接地母線につながっていることが同時に確認できます。試験電流を流す方法は、3-1-2 節の試験機の使用、模擬抵抗の接続等があります。実電流を流すため、上流側に電流感度の近い ELB があれば、不要動作する恐れがあることに注意が必要です。

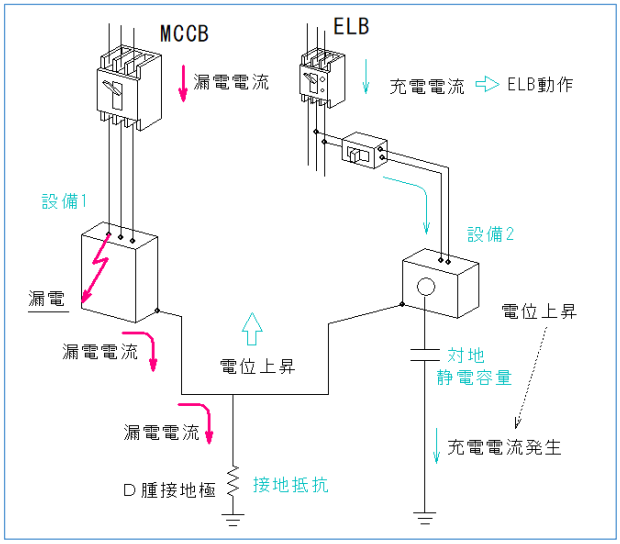
※　仮設分電盤接続の機器が運用中であれば、前項の低圧検電器を使用しての確認ができます。本設分電盤に接続されている機器でも、工事等で接地線が解線、又は事故で断線していることがあります。なにか変だと思われる場合は、外箱等を検電してみることが感電防止になります。

3-3-2. 接地の共有によるもらい動作　（不要動作防止-3）

自家用設備で、絶縁が良好であっても、他の設備での大きな漏電に伴って、ELBが偶発的に動作する現象で、「もらい動作」と呼ばれます。2-2-2 節の分岐ブレーカが全数投入されても親 ELB が動作しない場合の原因の一つです。接地極が共通であること、対地静電容量（キャパシタンス）の大きな設備が多くなっていること、負荷設備で発生する高調波が大きくなっていることが要因とされています。

3_3_2_a）D 種接地の共用（ELB 専用接地）

頻度が高いと考えられている現象が、ELB ではないブレーカ（MCCB）に接続された設備の漏電による、D 種接地極の対地電位（電圧）上昇による不要動作です。機器外箱等の接地は、現場で個別に接地工事を行うのではなく、受電設備の接地極から分岐する接地線を使用します。D 種の接地極は共通です。



MCCB の設備 1 で大きな漏電が発生した場合の現象を考えます。

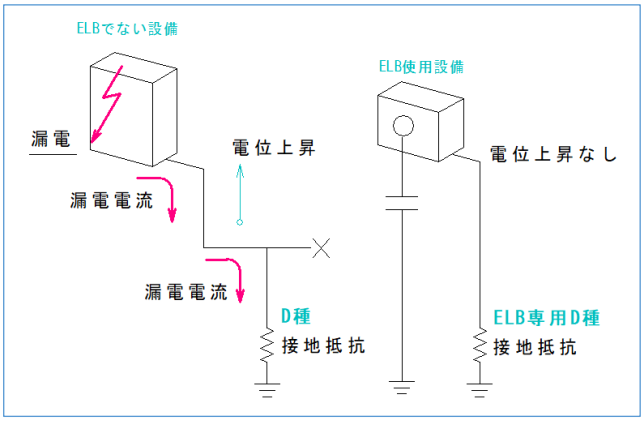
① ELB ではないため大きな漏電電流が流れる

② D 接地抵抗に流れる電流で接地母線の対地電圧が上がり、設備の対地電圧も上がる

③ 設備 2 の対地静電容量による充電電流が増加する

④ 対地絶縁成分電流と充電成分電流の分別ができないため、合成電流で ELB が動作する。

ELB は正常な動作ですが、運用上では不要動作になります。設備 1 のブレーカが ELB である場合も、感度と時延の関係により発生することがあります。他の回路（主に動力）での漏電発生状況（漏電電流等）の確認が必要です。対地静電容量と高調波成分が多い設備が増えていることも要因と考えられます。絶縁監視装置（4-4-2 節）が設置されている場合は、電源変圧器の B 種接地線電流記録を確認し、設備全体の運用状態を把握することで判断できます。



対策として、右図の接地極の分割があります。ELB 使用設備の D 種接地を専用の接地とする方法です。ELB 使用でない設備での漏電が発生しても、ELB 用接地極には漏電電流が流れないため、電圧上昇がなく、対地電流は増加しません。

ELB 専用接地極の例を示します。下図・左は、ELB 用と、他機器用が区分された一般的な例です。図・中は、より安全のために、雷撃時等の接地極間の電位差防止のための避雷器（SPD・黄色）がある例です。下図・右のように、分電盤での D 種接地母線

も、ELB用と他機器用に区分されます。増設等の場合に、間違えた母線に接続をしないことが必要です。計器の動作安定のため、計器専用の接地 Ek が設けられていることがあります。D 種接地が分離されていない場合の、もらい動作が頻発する場合の応急的対応としては、外箱等の接地を、接地抵抗が D 種の基準以内である建物鉄骨等に移動させる方法も用いられます。

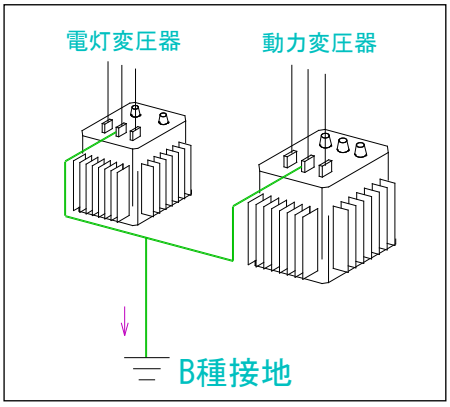
※　高圧受電 PAS 用 GR（SOG）の低圧もらい動作

高圧受電用 PAS では地絡（漏電）保護を、ELB と同様に、PAS 内の高圧 ZCT で零相電流（Io）を検出して、Io が一定（200mA）以上で PAS を開放することで行います。受電設備の高圧―低圧変換は絶縁変圧器であるため、低圧部の Io 電流がどれだけ大きくても（200V 動力 1 線地絡で 10A 以上が流れても）、高圧部に移行して、高圧部の零相電流になることはありません。

高圧部地絡信号（mV）の入力部である Z2 端子の接地が D 種の場合、ELB のもらい事故と同様の誤動作が GR に発生し、全停電したことがあるとされています。現在は対策として、Z2 端子が D 種接地ではなく、制御線ケーブルにより PAS 本体の A 種と共通になっています。図は、不要動作防止のために、地絡電流の方向も併せて検出する方向性（DGR）と呼ばれるものです。低圧部からのもらい動作はさらに少なくなると考えられます。SOG の動作電源が外部（キュービクル）である場合、P2 が B 種接地であるため、高圧部の雷撃時には A 種接地極の電位上昇で B 種接地との電圧差が生じて SOG が破損する恐れは残っています。P2-Z2 間にアレスタを設置する場合もあります。PAS を VT 付きとすれば、接地が共通となり、安全性は高くなると考えられます。

3_3_2_b）B 種接地の共用

動力設備の大きな漏電で電灯設備の ELB に生じる不要動作です。変圧器が異なる 100V 電灯と 200V 動力間には相互の関係は無いように思えますが、対地電圧の基準である、中性相の B 種接地は共通であるための現象です。



① ELB ではない動力回路での大きな漏電が発生
② B 種接地抵抗に流れる電流で B 種接地母線の電圧が上がり、電灯回路の対地電圧が上がる
③ 電灯設備の対地静電容量により対地間に電流が流れる

動力 200V の 1 線が完全地絡した場合、地絡電流は B 種接地抵抗によって制限されるので、接地抵抗を 4Ω とすれば概 200/4＝50A が B 種接地極に流れます。実際の電流はもうすこし小さいと考えられますが、10A の地絡電流でも単純計算では接地端子（中性相）の対地電圧は 40V 高くなります。電灯設備の静電容量によっては、100mA 程度の対地電流が流れることがあります。いずれかの ELB に集中した場合は動作します。200V 設備の地絡事故で、電灯用とは無関係と考えて、調査のための MCCB の入切りを繰り返すと、電灯用回路での ELB 動作が多発することがあります。

3-3-3. 接地システムと漏電（地絡）電流

top へ

これまでの ELB 動作説明は系統接地（B 種）と機器接地（D 種または C 種）が行われている、国内で一般的な接地システムを前提としています。接地システムには各種の方式があり、漏電電流発生の状態も

異なります。ELBの安全安心な使用のためには、接地システムを考える必要があります。よく見られる他の接地系をａ)項とｂ)項に、接地システム種別の概要をｃ)項、関連事項をｄ)、ｅ)項で説明します。

3_3_3_a） 非接地系　（発変電所等　スコットトランス　昇圧変圧器等）

系統接地を行わない方式で、非接地系と呼ばれています。機器接地はとられています。機器等に絶縁不良が生じても、漏電電流は帰路となる B 種接地がないためにほとんど生じません。ELB での保護には適せず、4-2-1 節のクランプメータでの漏電調査も困難です。家庭用等の低圧受電の場合は、電力会社がＢ種接地変圧器を使用しているために、非接地系は存在しません。

非接地系は、漏電電流による危険性（発熱・絶縁劣化の進行・設備障害）が、外箱の対地電圧上昇による危険性よりも大きいと考えられる、下記のような設備に採用されます（詳細は関連法規により御確認ください)。

・ 発変電所または準じる設備（教育を受けた技術員のみが立ち入る)。
・ 高圧以上の系統連系太陽光発電所で、系統連携電源に混触防止板付変圧器使用する設備。
　混触防止板があっても、B 種接地をとることは任意です（混触防止板の意味は薄れます)。ELB は幹線保護用になります。本節のｅ) 項に説明します。
・ 爆発雰囲気で使用され、電源（線間 300V 以下）に混触防止板付変圧器を使用する設備。
　油類の設備のみでなく、粉塵（石炭・小麦粉）が発生するサイロ等にも適用されます。
・ 水中照明等で人体に被害を受けない電圧を使用し、電源に混触防止板付変圧器使用する設備。

非接地（接地コンデンサを使用しない）系でも、電路は対地静電容量より（仮想的に）Ｙ結線での接地状態になるため、正常時での各相の対地電圧はほぼ等しい値になります。いずれかの相の対地電圧が極度に小さい場合は、その相が地絡して接地相状態になっていると判断できます。他の相の対地電圧は高くなります。対地絶縁不良を各相の対地電圧の測定・管理で判断することができます。絶縁不良（地絡）を放置すると、2 相地絡短絡等の大事故につながる恐れがあります。重要な設備で、地絡監視が必要な場合には電圧異常（地絡過電圧）検出装置（OVGR）が使用されます。

※　絶縁変圧器による部分的な（意識されにくい）非接地系電路

一次側二次側共に低圧である絶縁変圧器は、混触による高圧移行の危険性がないため、二次側には電気設備技術基準による B 種接地は求められていません。二次側の接地は任意です。接地をとらずに運用すると二次側は非接地系になります。爆発性（粉塵・ガス）雰囲気などで非接地系の特徴を利用している場合のほかに、非接地系として認識されないままで運用される場合があります。例を後述します。

ELB による保護、対地電圧の安定等のために二次側に接地をおこなう場合、A 種は高圧機器の外体、B 種は高圧-低圧の混触危険防止が目的なので、D（C）種でも妥当（低圧機器の外箱と同様）です。キュービクル設置等でＢ種接地極が使用できる場合はＢ種も共用されます。接地を行っても、絶縁変圧器では、二次側の漏電電流は一次側には移行しません。一次側の電源変圧器の B 種接地線での漏電電流測定、絶縁監視装置（4-2-2 節）での、二次側の漏電監視はできません。

・スコットトランス

三相を単相 2 回路（二線式または三線式）に変換します。二次側 2 回路の単相負荷が平衡していると、一次側の三相負荷が平衡します。高圧受電設備の低圧部で、商用電源と非常用発電機電源を切替え、系統停電時の保安設備電源等を確保する目的で多用されています。非接地系の特性を利用している設備で、二

次側電路に漏電監視用として接地を追加すると、漏電（対地）電流増大による絶縁劣化が急進する等の障害が生じる場合があります。接地をとれば無条件に安全になるものではありません。低圧非接地系の活線絶縁管理は、各相の対地電圧などの漏電電流以外の方法によります。

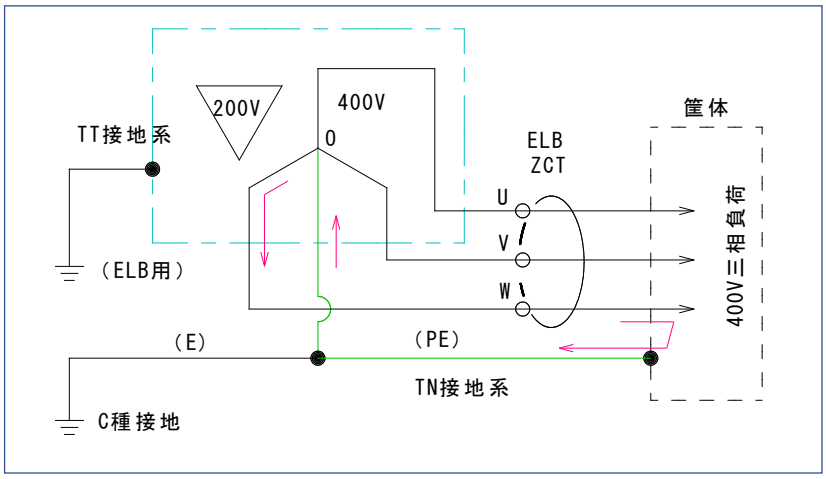
一次側が高圧の場合は、技術基準により低圧側に B 種接地が必要です。低圧側の 2 回路が独立している場合は、それぞれに B 種接地が必要です。各種の結線があるので、高圧、低圧ともに変圧器本体に表示してある結線図で確認しての接地線取り付けを行います。

・サーバ等の無停電電源等

絶縁トランスを備えた無停電電源設備の負荷側です。メンテ等のためにバイパスによる商用電源に切替えると、電源側の ELB が動作することがあります。通常は非接地系でほとんど流れなかった漏電電流が、B 種接地による漏電電流の通路ができることで急増するためです。スコットトランス二次側に接地を追加する場合と同様です。

・昇圧トランス（400V 級設備用）

200V 動力系統で 400V 級設備を使用するための 200/400V 昇圧変圧器です。一次側Δ-二次側 Y 結線の変圧器で、通常は現場設置で使用されます。一次側が低圧であるため、二次側に接地をとらず、乾燥した場所等での非接地系としての特性を活かした（無意識での？）使用も可能です。



400V 級（特に国産）設備では、中性点が接地されていることを想定している場合が多く、二次側 O 点の接地をとることが安全です（O 端子が無い変圧器も販売されています）。O 点の接地で、各相の対地電圧が相電圧となって安定します。無い場合は不安定であり、1 相地絡（漏電）で他相の対地電圧が線間電圧である 400V まで上昇することでの設備損傷の恐れがあります。水中ポンプ使用等で、ELB による保護を行うためには、O 端子の接地が必要です。

B 種接地極が無い現場では、O 端子は C 種接地になります。機器接地も C 種であるため、二次側は系統接地と機器接地が共通となる、本節の c ）項に説明する TN 接地系になります。機器筐体の絶縁不良（地絡）では、系統接地と機器接地が異なる場合に直列となる接地極抵抗と大地抵抗が入らないため、1 相短絡になります。筐体接地端子から O 端子までの接地線（図の緑色部）には、短絡電流が流れます。B 種接地線に準じたサイズでの直接接続が安全です。二次側の ELB は短絡大電流遮断を行うために、分電盤用ではなく、配電盤用の遮断電流（Icu）を持つことが必要です。筐体以外での大地への漏電の場合は C 種接地極を経由する電流での漏電動作を行います。C 種接地極の抵抗（＜10Ω）での電流制限となるので、接地線も D 種接地線よりは大きなサイズが安全です。

昇圧変圧器一次側（受電変圧器二次側）は、系統接地（B 種）と機器接地（C 種）がある TT 接地系であるため、二次側と一次側が異なる接地系となります。一次電流は二次電流の概 2 倍になり、使用機器の電流値で判断すると、受電変圧器、一次側ケーブルが過負荷になることがあります。負荷設備の容量、使

用期間によっては、接地系の統一も含めて、6600V/400V 級変圧器の採用が安全です。

逆の例として、輸入品等の 400V（380V）機器を使用するため、国内仕様の 6600V/440V 受電変圧器二次側の降圧が要求される場合があります。変圧器タップは 6600V 電圧が不足した場合の二次側電圧を補償するものがほとんどです。タップでの対応ができない場合が有ります。400V 級電圧には各種の仕様（380-400-440 他）があります。設備計画時点での確認が必要です。

・制御用トランス

200V 盤で、100V 制御電源を使用するための 200V/100V 降圧変圧器です。分電盤・制御盤等で使用されています。右図に例を示します。二次側は接地がなく、非接地系です。検電器の電圧調査では、どちらの相も動作することがあります。1 相の絶縁不良による漏電電流は少ないので、作業者への危険性が少ない制御回路では適していると考えられます。一次側の絶縁測定では二次側の不良は分かりません。停電中に二次側の直接測定が必要です。高圧用 VT では二次側の 1 相に D 種接地がとられています。

・医用設備

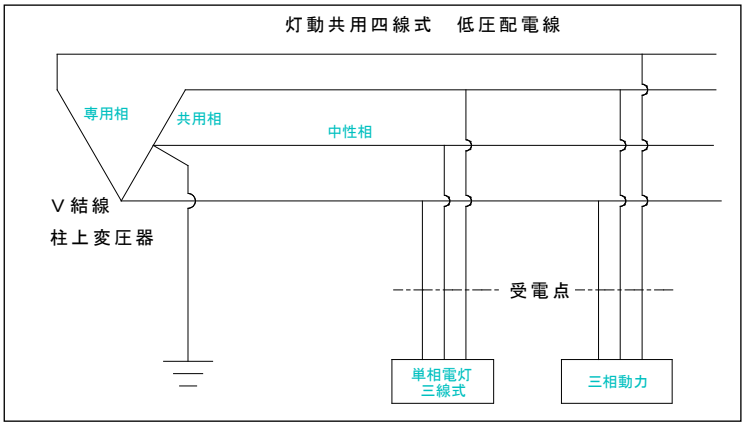
手術室などで、医療用絶縁変圧器、機器内部のバッテリー等により接地をらないフローティング電源として使用される場合です。

3_3_3_b） 灯動共用設備（三相四線式）

4 本の配線で単相（電灯）と三相三線式（動力）を併せて供給する設備です。V 結線方式と Y 結線方式を説明します。一般の高圧自家用設備で使用される単相変圧器と三相変圧器の組合せによる方式とは、B 種接地点が異なるため、漏電現象に違いがある場合があります。

・V 結線（低圧配電等）

家庭用等の低圧需要設備への配電では、単相変圧器 2 台を組合せた V 結線方式が使用されています。電柱上等に、単相と三相に使用される共用相（図では左側）と三相のみに使用される専用相（右側）の二台の単相変圧器が設置され、B 種接地（電柱上は A 種と共用）は下図に示すように共用相の中点に取られます。変圧器から需要家分岐までは、中性（接地）相を含む 4 線で 100V/200V 単相電灯と 200V 三相動力が配線され、三相四線式と呼ばれることがあります。受電点で電灯単相三線式、動力三相三線に分離されます。



V 結線は事業所用の高圧受電設備でも使用されています。B 種接地は受電設備（キュービクル）で取られます。変圧器二次の配電盤で単相三線式、三相三線式に分離されます。三相では接地相が無く、すべての相に対地電圧があることが特徴です。

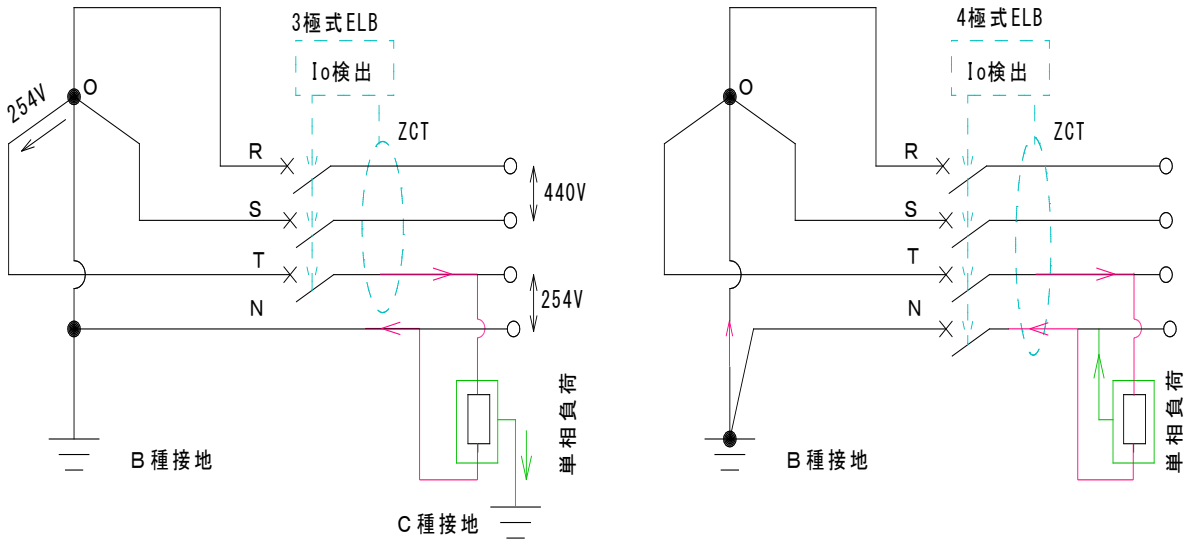
単相と三相の分離後はそれぞれに ELB が使用できます。単相は中性点接地であるため、単相三線式変圧器による場合と全く同じ

です。三相は、線間電圧は各相間ともに 200V ですが、B 種接地が 1 相ではないため、各相の対地電圧が異なります。4-2-2 節の Ior 測定方式は、Ioc と相電圧の関係により使用できません。

※　V 結線には、高圧受電設備で使用される三相動力専用 V 結線があります。B 種接地は変圧器の結合部（s 相）に取られます。Δ結線の一相欠落と同様の構造となり、Ior 方式の適用もできます。

・Y 結線四線式（事業所・単相負荷）

一次（高圧側）がΔ、二次（低圧側 400V 級）Y 結線の三相変圧器の低圧側中性点 O 端子の B 種接地から 4 本目のN相と呼ばれる配線が、負荷設備まで配線されます。機器外箱接地は C 種です。極性相（R,S,T）での三相負荷に併せて、極性相と N 相間で 200V 単相負荷が使用できます。下図・左は T－N 相で単相負荷を使用している例です。最近、大容量単相負荷が使用されるデータセンター、輸入設備（太陽光等）で使用されるようになっています。小容量の単相負荷（制御機器等）が設備の一部として説明不足（説明なし）で組み込まれ、ELB の誤動作を生じる場合があります。



N 相を一般的な接地線と思い込んで、図左のように極性相に 3 極式 ELB を使用すると、単相負荷の電流（赤矢印）は N 相を経由して電源に戻るため、単相設備使用と同時に ELB が動作する場合があります。MCCB 仕様であった設備に、ELB が（親切心で）設置されていることがあり、注意が必要です。

図右のように、ELB を、N 相を含む 4 極式（市販品あり）とすることで、単相負荷電流は打ち消され、動作は無くなります。N 相を、図右のように、外箱等の機器接地として使用する場合は、ほぼ次節で説明する TN 接地系となります。4 極式 ELB を使用しても、機器内部の漏電電流は N 相で ZCT を通って変圧器へ戻るため、ELB では検出不能です。しかしながら、絶縁劣化が進むと、相（例では T 相－O 間）短絡状態になるため大電流が生じ、ELB は過電流要素で動作します（MCCB でも保護可能です）。機器の外箱の接地が C 種であれば、機器の対地絶縁劣化での漏電電流は 3 極式でも 4 極式でも検出されます。

B 種接地線には、変圧器巻線に戻る単相負荷電流が流れます。単相負荷使用と同時に B 種接地線電流値は急増します。絶縁推定はできません。後述する 4-2-2 節の絶縁監視装置も不適です。メガで線路・機器の絶縁測定を行っても異状は認められません。

440V（60Hz 標準）では、極性相と N 相間の単相電圧は 254V です。電気設備技術基準の 202±20V の

範囲外です。国内の単相設備を使用する場合は電圧が対応できるかの検討が必要です。線間電圧 400V（50Hz 標準)、380V 等も使用されています。接地種別は線間電圧によるので C 種になります。対地電圧は三相部でも 254V で 300V 以下になると考えれば、絶縁抵抗は 0.2MΩ以上で良好となります（グレーな領域です)。

灯動共用変圧器については、私の電力技術ページ（http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/ ）で、「灯動共用 V 結線の運用と容量計算」を御参照ください。

※　動力専用 Y 結線

単相負荷が無い動力専用（国内仕様）では、技術基準により変圧器二次側中性 O 点に B 種接地を取ります。負荷設備が C 種の接地となり、3 極式 ELB（配電盤では設置義務）が適用できます。B 種接地線の電流（Io）は漏電成分電流になりますが、Δ結線一相接地の場合とは異なる特性（Ioc はベクトル的にキャンセルされ極めて小さい）があるので、絶縁管理での注意が必要です。

接地を変圧器の O 点ではなく、Δ結線同様に電路の 1 線（S 相等）に取った場合は、他相の対地電圧が相電圧の 254V ではなく線間電圧の 440V になります。国産の電動機等に頻繁に地絡故障を生じることがあります。接地を変圧器本体ではなく、キュービクル母線に取っている場合に生じやすい間違いです。

3_3_3_c） 各種接地システムの概要

系統接地と機器接地の組合せは、大きく分けて三種類の方式があります。アルファベットの 2 文字で表され、1 文字目が系統側、2 文字目が機器側の状態を示します。機器及び電路の絶縁不良での漏電（地絡）現象は接地システムにより異なり、保護方式も異なります。最近はこれまで使用されてこなかった接地システムを想定した設備（海外製等）に設置された ELB が、「このような設備になぜ使用したのか？」ともいうべき不適切な動作を行う例も増加しています。

①　TT 接地系

国内で一般的な接地システムです。系統接地（B 種）と機器接地（D 種または C 種）が個別に取られます。機器絶縁不良（地絡）の場合は、漏電電流となって、機器接地から大地を経由して B 種接地へ流れます。電流は D（C）種接地抵抗と B 種接地抵抗で制限されます。

漏電電流 Io が直ちに発生するため、ELB での保護に最も適しています。3-3-1 節の接地線不良と 3-3-2 節のもらい事故は TT 接地系での現象です。b) 項の V 結線、コンビネーション変圧器も B 種接地がある（接地箇所には特徴がある）TT 系です。

②　IT 接地系

国内で非接地系と呼ばれる接地システムです。系統接地がなく（又は高インピーダンス接地)、機器接地のみが取られます。B 種接地が無いため、対地絶縁不良が生じても漏電電流はほとんど流れません（漏電火災等の障害発生は減少します)。ELB での保護は困難です。発変電所等で使用されています。一相地絡では他相の対地電圧が高くなるため、OVGR（地絡過電圧）で保護します。ほとんど例はありませんが、電路に接地コンデンサがある場合は ELB の使用が可能になります。

TT 系電炉に低圧絶縁変圧器が使用され、変圧器二次側に接地をとらなければ、以後は IT 系になります。変圧器の一次と二次間に漏電電流は移行しません。

③　TN 接地系

系統接地と機器接地を共用接地とする、国内では最近、存在が認められるようになった接地システムです。機器での対地絶縁不良で極性相と中性（N）相の 1 相短絡となり、配線に大電流が流れます。MCCB の過電流動作で保護を行います。3 極式または 4 極式の ELB を使用することができますが、誤動作または誤不動作が生じやすくなります。中性線と保護導体の使用形態で、TN-C、TN-S、TN-C-S の 3 種類に分かれます。

B 種（系統）接地から引き出された N 相が、接地母線と間違えられて現場機器外箱に接続され、TN 接地となっている場合があります。200V 設備（TT 系）に、400V 級機器を使用するための昇圧用変圧器が使用され、二次側の電路と機器外箱に C 種接地がとられると、昇圧変圧器二次は TN 接地系相当になります。接地配線（N 相）には短絡電流が流れる場合があるので、サイズに注意が必要です。

※　ELB は世界共通に適用されているものではなく、TT 接地系で適用されるものです。安全な使用のためには、ELB 本体の設定のみでなく、接地方式が異なる場合の現象を理解しておくことが必要です。外国製の高機能かつ安価な ELB の採用という発想は存しません。私が非接地（IT 系）の事業所（ELB は使用されていない）で勤務していたころ、街（TT 系）専門の工事店は、中性線を接地すると信じ込んでいるので危険だ（感電防止に注意が必要だ）、というのが先輩から受けたアドバイスであったことを覚えています。

3_3_3_d）　ADB 共通接地、等電位ボンディング

・接地極のワタリ

小容量の受電設備では A・D 種接地極と B 種接地極に図・左の矢印のように「ワタリ」が取られ、ABD 共通となっていることがあります。実質的には TN 接地系に近い状態（TN-S？）と考えられます。接地抵抗の絶対値としては基準以下を満足しますが、TT 接地系としての ELB 使用の漏電保護には良い方法ではなく、ELB 動作にも違い出る（過敏動作？）と考えています。避雷器用 A 種接地極（雷電流保護）、ELB 専用 D 種接地極（TT 接地系での誤動作防止）は共通化できません。

図右がワタリが無い TT 接地系の場合です。受電中の A・D 極（対地電流が無い）と B 極（電路静電容等による常時の対地電流がある）間には電位差が発生します。短絡するとスパークが発生し、ELB が誤動作する場合があります。受電中のワイヤブラシ等による清掃は危険です。接地抵抗測定でのクリップ取付け等にも注意が必要です。

ワタリの電流容量は、内線規程による各変圧器の最も大きな B 種接地線の電流容量以上を持つことが必要です。図右がキュービクルに付帯するワタリ用バーです。接地抵抗を下げることだけを考えて、応急的にありあわせの IV 線でワタリをとると、事故時の電流で焼損する場合があります。

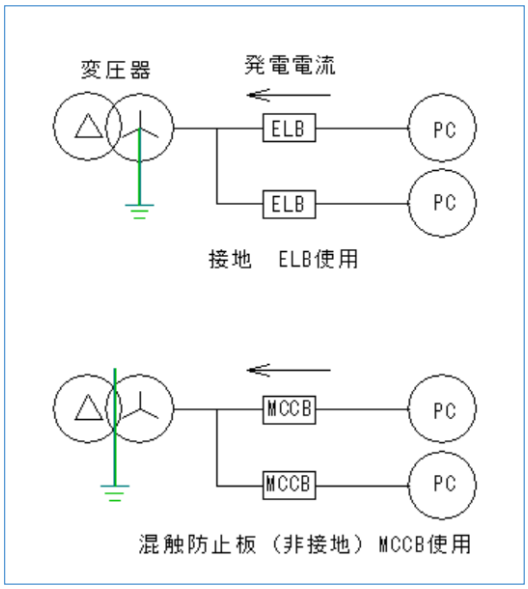
※　低圧 1 線地絡電流は、ワタリの有無により大きく変わります。

AB-D 分離：地絡部→D 種接地線→D 種接地抵抗→B 種接地抵抗→変圧器　一般的な地絡
ABD 共通：地絡部→D 種接地線→ワタリ→B 種接地線→変圧器
ABD 共通の場合の、キュービクル配電盤一次側での地絡事故は、変圧器二次直下事故同等の大電流が生じ、高圧短絡に近い大事故になります。

・等電位ボンディング
一つの設備（システム）に異なる接地がある場合、雷撃等の地絡大電流発生時には接地間に大きな電圧差が発生し、電気設備が絶縁破壊することがあります。雷撃等以外でも、接地極間の電圧差による、電子基板等の電源の B 種と機器接地としての D 種が近接しているための損傷、汗ばんで抵抗が下がった人体によるマイクロショックと呼ばれる感電現象等が生じる恐れがあるとされています。
この現象は D 種接地が複数の接地極を持つ場合にも生じます。一つのシステム内では接地を一点にすることが有効です。より安全のためには、混在する電源、通信、避雷等の複数のシステムを個別接地ではなく、全ての接地電位を同一にする等電位ボンディングと呼ばれる接地とする必要があります。電源・情報ケーブル・外部引出金属管等の、人が触れる可能性のある金属部を同一電位にすることができるので、感電防止として有効です。3-3-1 節の ELB 用 D 種接地と A・D 種接地の SPD での結合は、雷撃時の等電位を目的としていると考えられます。

3_3_3_e） 太陽光発電設備幹線用の ELB 動作

・太陽光「発電所」系統連携での B 種接地
高圧及び特別高圧連携で、昇圧（連携）変圧器がΔY 結線の場合、PC（パワーコンディショナ）行きの低圧幹線接続には二つの方法があります。



図・上は一般の需要設備用と同様の方式です。昇圧変圧器低圧側中性点に B 種接地が取られ（TT 接地系）、低圧幹線には ELB が使用されます。図・下は B 種接地の混触防止板付の変圧器を使用する方式です。変圧器低圧側には B 種接地が無く（IT 接地系）、低圧幹線には MCCB が使用されます。発電設備としての運用安定のためには、図・下の方式が多くなってきており、一部メーカでの推奨事項にもなっています（変圧器が高価です）。
図・上では ELB の、誤動作？（不要動作）が多発することがあります。発電中の電流の向きは、変圧器（系統）←PC なので、負荷側は対地絶縁されているのではなく、変圧器巻線を経由して B 種接地により地絡している状態です。中性点の対地電圧は三相平衡では発生しませんが、PC 出力不平衡による対地電圧上昇等により地絡（漏電）電流が生じると、ELB 動作につながります。設備（特に PC）に何らかの変化があったとは考えられますが、絶縁不良による動作（感電防止）ではありません。低圧幹線が 400V 級であっても、本節 3)項に記したように、発電所設備としては、ELB 設置義務は適用されません。計画仕様では MCCB であったのに、工事店等の親切心？により、習慣的に、ELB 設置になった例もあります。ELB が設置されてしまっている場合は、幹線保護用と同様の考えで、感度または時延に

余裕を持たせることでの対応となります。いくらかの効果は認められます。しかしながら、B 種接地を行い、ELBを使用することは電気技術設備基準等に反するものではありません。不要動作による発電機会の損失（経済的）防止・効率運用は発電事業者が任意に考慮すべき事項です。

図・下の非接地系（IT接地系）の場合は、設備の絶縁不良による漏電（地絡）電流は微小であるため、接続ケーブルでの Io 測定値の取り扱いへの注意が必要です。ELB を使用することは禁止されてはいませんが、使用しても設備の絶縁劣化を保護できない場合があることを理解しておくべきです。地絡検出には、スコット変圧器同様の相毎の対地電圧管理の方法があります。混触防止板付であっても、低圧側中性点を更に B 種接地して TT 接地系とすることは任意です。工事費の増加、不要動作による発電機会の損失をどう評価するかも発電事業者の任意です。

昇圧変圧器の B 種接地の影響はパワーコンディショナ（PC）の絶縁トランス有無、分散方法によっても変わります。TT 接地系でない外国の機器を使用する場合、PC 交換時等には注意が必要です。

・低圧系統連携での ELB の使用

低圧系統連携点には系統側を含む地絡保護用として ELB の設置が義務付けられています。電力側低圧配電線の変圧器に B 種接地があり、連携線が長いなどでの静電（浮遊）容量も大きくなります。不要動作（誤動作）防止のためには、メーカ HP 等に公開されている、PC 台数・容量を考慮した推奨値を参照しての（感電保護用ではない）感度選定が必要です。日中の発電時と夜間の停止時に電源が入れ替わるため、3-2-2 節の逆接続可型の使用を使用します。感度の選定不良、逆接続可能型を使用しない場合等であっても、ELBの不要動作は系統側から見れば安全側です。低圧連携であっても、対応は電力供給者である発電事業者の責となります。高圧以上で連携する場合の系統側の地絡保護用としては OVGR 等による、より高度の保護システムが要求され、整定値を含めて電力会社より指定（協議）されます。

3_3_3_f）仮設発電機

移動用（仮設）発電機を電源として ELB を使用する場合は、発電機の接地に注意が必要です。移動用発電機には系統接地同等の「漏電リレー用接地」端子があり、100Ω以下（300V 以下はＤ種相当）で、5.5sq 以上のケーブルでの接地を行います。O は配電用中性点であり、接地用端子でないことに注意が必要です。災害時の商用電源停電時の避難所等での使用時等にも留意事項になると考えられます。

４．漏電状況の調査

top へ

停電して行う対地絶縁抵抗測定（メガ）と、停電しないで（使用中のまま）活線で行う漏電電流 Io（Ior）測定があります。メガを 4-1 節に、Io 測定を 4-2 節に説明します。操業への支障が少ない、Io 測定が優先されるようになっています。漏電現象は天候・湿度・設備運用状況等の複合的な要因によることが多く、不安定になることがよくあります。各種の調査を並行して行い、総合的に判定することが必用です。例えば、絶縁抵抗測定（直流）でゼロ（不良）であっても、使用中の Io 電流はなく、ELB は動作しない等の不思議な現象が日常的に存在します。

調査には感電防止などの安全対策と、測定器取り扱いの知識が必要です。実施にあたっては、工事店・電気管理技術者等の専門家へ依頼することが安全で効果的です。

4-1. 停電しての絶縁（対地）抵抗測定

4-1-1　メガでの測定

4_1_1_a）　測定方法及び使用電圧

漏電の原因である対地絶縁抵抗を、絶縁抵抗計（メガ）を使用して直接測定します。測定単位はＭΩです。測定プローブを停電中の設備の電路等に接触させ、使用交流電圧に適合した直流電圧を印加します。

設備の健全性確認のためには JIS 基準による管理値は、100V 部は DC125V で 0.1MΩ以上、200V 部は DC250V で 0.2MΩ以上です。それぞれ商用電圧での波高値以下で、漏れ電流は 1mA 以下となります。DC500V での測定は竣工検査で負荷設備（500V 印加は危険）が接続される前、配線にのみ行います。設備の充電容量等で指示値が変動する場合は、1 分経過での値を使用するとなっていますが、基準値以上であれば、ある程度安定した時点の値で実用上の問題はありません。通常は線間の測定は、線間に接続される機器保護のため行いません。

アース側を接地が取れている金属部に確実に取り付けます。接触不良であると測定値が大きくなります。ワニロの使用では、強く（ワニロ歯で金属表面をそぎ落とす感じで）取り付けます。測定プローブをアース部分に当て、ゼロとなることを確認後に測定を行います。配電盤ではブレーカ一次側の中性相（B 種接地）を測定することでゼロ確認を行うことができます。ブレーカ切による部分停電の場合は、逆接続により測定部が充電されていないことの確認を行います。メガを ON 位置としたまま、測定対象にプローブを接触させる、又は離すと、サージによる異常電圧がかかることがあるとされています。プローブを当ててから ON として測定、OFF としてプローブを離します。部分停電・復電時の電圧ショック防止のためには、末端部を後に投入します。例えば、配電盤 MCCB 部分停電では、現場分電盤受電切→メガ測定→配電盤 MCCB 入→現場分電盤入りとします。

事業所全停点検時は電源側から測定します。最初に配電盤での幹線測定を行い、基準値を満足できない場合は、接続されている現場分電盤の受電用ブレーカを切として、幹線側とブス側に切り分けて測定します。操業停止に合わせての現場行き分岐ブレーカ切の場合があるため、切となっているブレーカの二次側は必ず測定します。ブス側不良の場合は分岐回路の個別測定を行います。二次側に並列部があれば、絶縁抵抗はオームの法則に従って低下します。0.2MΩが 2 回路あれば 0.1MΩ以下となる、「合成」とも呼ばれる現象です。

ブレーカで分岐される回路毎に JIS 基準値が満足できれば良好とします。電灯 100V 回路で 0.1MΩ（100ｋΩ）であれば、漏電電流は 100V÷100ｋΩ＝1mA になります。受電が 30mA 感度 ELB（最小動作電流 15mA）で、二次側に 15 台の分岐回路があっても動作はありません。

※　現場での測定電圧

漏電調査など、特に、現場分電盤から負荷側の絶縁（不良）調査では、JIS 規定電圧の半分以下の電圧での測定が安全です。電子部品が多くなり、JIS による AC100V 設備の DC125V 測定であっても、絶縁測定で電子基板に不具合が生じたとの苦情を受けることがあります。測定値の確度はレンジにより変動しますが、100V 部を 50V レンジで測定しても、不良部の検出は可能です（指示値はほとんど同じ）。分電盤全体では絶縁が低下し、125V 測定ではゼロ MΩ表示の回路が多数ある場合も、目盛りが小さい 25V レンジではゼロでない値となり、特に絶縁が低い分岐回路を特定することも可能です。

低圧用メガを示します。測定電圧の切替えができ、JIS 規定電圧以下の低電圧まで対応可能なものが増えています。左はアナログ表示（25-50-125-250V 切替）、中はデジタル表示（50-125-250-500V 切替）型です。プローブは低圧分電盤用の細いものを装着しています。右端は絶縁抵抗測定ができると勘違いされることがあるテスタです。内部電池の電圧（1.5V）で測定するため、絶縁抵抗の測定はできません。

DC1000V レンジがある、高圧兼用のメガもありますが、高圧のケーブル等の充電容量が大きい部分では、内蔵電源の容量が不足するため不正確です。高圧設備の取り扱いを行わない場合は、低圧機器損傷の恐れがない、低圧専用メガの使用が安全です。DC1000V が低圧である等の誤解も生じません。

4_1_1_b） 接地相（中性相）の測定

健全性の確認で、一相のみを行う場合は、接地相（一般的には中相・白相）を優先します。接地相は対地電圧がほとんどない（B 種接地点と地絡点の電圧差が無い）ため、絶縁不良となっても通常では対地（漏電）電流がほとんど発生しません。ELB は動作せず、次節の絶縁監視装置でも検出されません。Io 測定がメガ測定の完全な代用にならない理由の一つです。通常の運用が継続できますが、接地点以外が絶縁不良（地絡）となる多重接地は迷走電流の原因となり、原因追及困難な故障となります。

接地相は大地から絶縁された電路が、接地点でのみ一点接地されることが必要です。地絡点が ELB の負荷側であると、他の設備に生じた漏電電流が地絡点から流入して電源 B 種接地に流れ、ELB の誤動作（もらい動作）が生じます。ELB には地絡電流の方向性判断機能が無いためです。負荷電流等の想定外の経路となることもあります。接地相であっても保全を行うことが必要です。

※　2 線式配線では過電流要素（E）が 1 相のみの 2P1E 型が使用される場合があります。N 表示がある側に中性相ケーブルを接続することが原則です。接地相を使用しない電灯 200V 回路では 2P2E 型が使用されます。N の表示はありません。2P2E 型は 100V でも使用可能です。極性相が絶縁劣化した場合の緊急処置として、極性相と接地相を振替えると、漏電電流は減少しますが、中性相に過電流要素を使用するために、過電流保護が不完全になります。

100V 用では 2P1E 型が、オーディオの音質が良くなる等の要因で選択されることがあります。接地相側に過電流要素が無く、ブス直結となるためと考えられます。接地相の電源品質からの考えになります。

4_1_1_c） 制御回路の保護

ELB 制御電源は二次側の左右極間からとられています。定格電圧（200V が一般的）以上を加えると焼損の危険があります。本体には右図のように左右極間での絶縁測定をしないようにとの表示があります。竣工検査での 500V 測定を行う場合は、解線したブレーカ二次側の（負荷設備が接続されていない）外線を直接測定し、ELB 本体には電圧をかけないようにします。「メガテスト切替」スイッチがあれば、テスト位置にすると制御回路が切り離され、安全な測定ができます。電気

料金削減？のための電子ブレーカ等も同様と考えられます。逆接続可型又はメガ測定スイッチ等の開放が無い場合は、制御回路と他相の絶縁が並列で測定されることにも注意が必要です。

4-1-2. その他のメガ

・太陽光用メガ（直流回路）

直流回路は交流のように電圧ゼロとなることが無いため、直流漏電電流による感電の人体への電撃は大きく（同一電圧で数倍以上を感じる）、漏電火災発生時の消火は極めて困難（燃え尽きるまで待つしかない）とされています。安全運用のためには交流同様に絶縁管理が必要です。太陽光電池は日光がある場合は常に直流電圧を発生します。一般用メガを使用しての絶縁測定は、発電が停止する深夜に作業する、P-N 極を活線（発電）状態で短絡する等の危険な作業が必要になります。

太陽光用メガを使用すると発電中の絶縁測定を行うことができます。各種の市販品があります。図は P 極（赤）、N 極（黒）、E 極（緑）の 3 極の測定端子があり、太陽光電池の絶縁不良セル位置の特定機能を持つものです。直流電圧の影響を電気的にキャンセルする機能を持つものなので、交流回路の無停電測定はできません。測定作業時の感電防止には、アース端子を接地して使用する直流検電器で検電することが必要です。直流では、通常使用される交流検電器は動作しません。交流用検電器は検電器と対地間の浮遊静電容量がアースとなり、検電対象物の対地電圧による微弱電流を対地に流すことで動作します。直流電圧では、静電容量による電流は流れないため、アース端子を接地しなければ検出できません。

絶縁管理は保安のためのものです。発電能力維持のために必要な条件ですが、より効率的に発電するためには、V-I 特性等の太陽光電池の特性を考慮しての機能管理が別途必要です。

・高圧用メガ

高圧以上（6600V 等）の部分での絶縁劣化による漏電現象は「地絡」と呼ばれ、電力会社配電系統にまで波及する大事故になります。高圧部の絶縁測定は DC1000V 以上の測定電圧により、測定単位 GΩ（ギガオーム）で行います。低圧（AC600V 未満）では安全な絶縁体も、高圧をかけると絶縁破壊します。低圧部の測定に高圧用メガを使用すると、内部基盤等が即時に損傷します。1000V レンジがある低圧兼用メガでは、低圧部に高電圧を印加しない使用しない注意が必要です。測定後は、測定部の放電を行うと安全です。

右図は高圧用の可変電圧メガです。DC1kV～10kV（特別高圧）までの電圧で測定を行います。極性側プローブ（灰色）は測定時の漏れ電流を防止する構造になっています。絶縁絶対値のみでなく、高圧ケーブルの絶縁良好性の判定のための、電圧依存性、漏れ電流変動等の簡易絶縁診断も可能です。別稿「高圧ケーブルの絶縁測定」（http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/ ）をご参照ください。

高圧受電設備変圧器の一次側と二次側の巻線は絶縁されているため、一次（高圧）側は、二次（低圧）側の接続状態に関係なく測定できます。高圧配電線の中性点は直接接地ではない（電力変電所での高抵抗又はリアクトル）ので、高圧部地絡時の電気的な現象は低圧部の漏電とは若干異なる状態となります。

4-2. 停電しないで行う測定

top へ

運用中設備での漏電電流 Io（又は b 項に項に説明する Ior）の測定により、対地絶縁を推測します。開閉できる零相変流器（mA 対応 ZCT）を持つリーククランプメータで随時測定する方法と、受電変圧器 B 種接地線に固定された ZCT で連続測定する方法があります。組み合わせると、より効果的な調査ができます。Io 測定良好を持っての前節の法定メガ測定を省略することはできません。Io には設備特性による成分があります。メガ測定時の値を記録し、変動を見ることで現状を考えることができます。

4-2-1. 随時行う方法

4_2_1_a）クランプメータによる Io 測定

電源ケーブル全相を一括クランプして（はさみ込んで）、漏電電流 Io を測定します。行き戻りが同時同量である負荷電流をベクトル的にキャンセルする、1-1 b 節の ELB の ZCT と同じ原理です。間違えてアース配線を含めて測定すると、漏電電流が往復状態で検出部を通過するため、測定できません。多芯ケーブルで、1 芯を機器接地のアース配線に使用している場合は、挟み込まないように注意します。1 線をクランプすると負荷電流が測定されます。

クランプメータには各種の大きさ・形状があり、測定箇所に適した大きさ、形状を使用します。図・左は小型での分電盤二線式の測定、中は中型での三線式の測定、右は大型アダプタと小型を併用した大口径三線ケーブルの測定例です（d 項のロギングもできます）。測定レンジの切替えがある場合は、可能な範囲でのなるべく小さなレンジを使用します。クランプ部のかみ合いが甘いと、指示が大きくなります。指示が大き過ぎると考えられる場合には再度かみ合わせてみます。測定値が他の回路と比較して大きい（50mA 程度以上）回路を漏電の疑いがあると推定します。家庭用調査では屋外の電力メータ部で測定され、1mA 以下（100V では 0.1MΩ以上）が良好とされています。

ELB 誤動作の疑いがある場合の調査にも役立ちます。Io には静電容量等の設備特性による成分が含まれます。負荷設備特性・ケーブル長さ等による影響が大きいことに注意します。急激な変化があった場合は、絶縁に変化があった可能性を疑うことができますが、最終確認はメガ測定によります。中性相のみの絶縁劣化では、Io 値は変化せず、判断ができない場合があります。

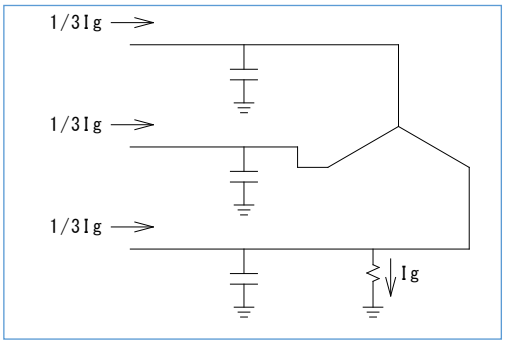
設備での漏電電流は B 種接地線により電源変圧器に戻るため、変圧器 B 種接地線の測定を行うと、変圧器単位での Io の測定を行うことができます。次 4-2-2 節の絶縁監視装置による測定と同様です。測定線をクランプ内の中央にしないと誤差が生じると言われていましたが、最近は ZCT 部の鉄心設計の改善で位置の影響はほとんど無いとされています。

※ CT 構造が異なり、負荷電流（A 単位）の測定のみを目的とするクランプメータもあるので間違えないようにします。負荷電流用であっても、分電盤受電 MCCB 切により負荷電流を 0 とできれば、配電盤 MCCB での負荷ケーブルの 1 線毎の測定で漏電相が判断できる場合があります。

4_2_1_b） Ig、Io、Ior、Ioc の考え方（地絡電流と、真の漏電電流）

・Io と Ig

Io は電気理論的には三相交流対象座標法による零相電流を意味します。三相共に同相であるため、三相一括測定を行う ZCT（零相変流器）で測定することができます。

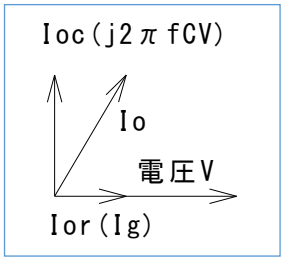


いずれかの一相の絶縁が低下すると、抵抗劣化による対地抵抗電流 Ig（正相でも逆相でもない同相）が発生し、各相には零相成分の電流 Io1＝（1/3）Ig が発生します。ZCT での三相一括の測定値 Io は、Io＝3×Io1≒Ig となり、測定箇所から負荷側の漏電（地絡）電流となります。

高圧受電設備の内部地絡保護が、受電用 PAS 内部の ZCT 出力による Io 値で規定されていることと同様です。単相二線式の場合は直感的に差分であると理解できますが、三線式と同じく Io と呼ばれます。

・Ior と Ioc

Io 測定値には、Ig の他に、使用設備ケーブル等の静電容量により発生する電流 Ioc が含まれます。Io は右図のように Ioc と対地抵抗により生じる地絡電流 Ig とのベクトル和となります。電圧 V に対して I g は同相、Ioc は 90° 進相です。Io から Ioc の影響を除去すると対地抵抗分により生じる電流を推定することができます。推定値は Ior と呼ばれ、 Ig により近い電流として、真の漏電電流と呼ばれます。Io は Ior（Ig に近似）と Ic のベクトル和であるので、絶対値は Io（ELB 動作電流）＞Ior（≒Ig）となります。



Ioc はケーブル等による対地静電容量 C と周波数 f に比例します。電圧を V とすると Ioc＝2π×ｆ×C×V です。C は負荷設備の特性とケーブル太さ・長さにより大きくなります。高次高調波成分の電圧 V は基本波に比べて小さくなりますが、 f は第 3 高調波では 3 倍、第 5 高調波では 5 倍です。Ioc が大きくなります。高調波発生が多いインバータ使用などの影響で f が大きくなると、Io が大きくなります。絶縁不良による Ig が生じていないにも関わらず、ELB が不要動作する要因となります。Ior（Ig）は、周波数 f による変化はありません。

Io 測定値から Ior を推定すると、漏電状況の判断（絶縁抵抗の推定）がより正しくなります。推定方法を記述します。

※電力計算に合わせて、Io を無効漏電電流、Ior を有効漏電電流と呼ぶ場合もありますが、Io を皮相漏電電流と定義するのには疑問があると感じています。本稿では Io、Ioc、Ior をそのまま使用します。

・高調波フィルタ（高調波 Ioc 成分の除去）

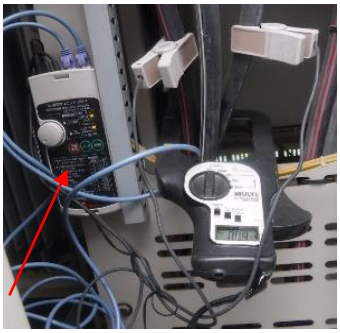
クランプメータに「WIDE⇔50・60Hz」、「フィルタ ON」等の切替がある場合、使用位置（高調波カット）で測定します。フィルタ性能により、高調波による Ioc 成分が抑制されます。設備特性（高調波成分）によって変わりますが、私の経験では、フィルタ使用と除外で、13mA と 190mA、35mA と 80mA 等の差があります。ELB の不要動作が疑われる場合等、フィルタ入切りでの指示値の差で、Ioc による要因があるかを判断することができます。切替の無い測定器では、mA レンジでは内蔵されていることが多いよ

うです。フィルタ使用でも Io 値が大きい場合は次項の Ior 測定装置での推定を行います。

高調波成分が大きい時には、ケーブルから高調波音（うなり音）がする場合があります。ウルトラホン（高調波聴音器）での聴音で判断できる場合があります。

・Ior 測定装置（基本波 Ioc 成分の除去）

高調波フィルタでは抑制できない基本波 Ioc 成分補正のために、Ior 測定装置が使用されます。物理的に Ioc を補正する方式と、Io の波形分析により Ior を演算する方式があります。指示値は例えば、Ioc が補正される場合では、フィルタ使用のみの Io 値 60mA から 10mA 程度まで小さくなり、絶縁劣化によるものではないと判断されます。



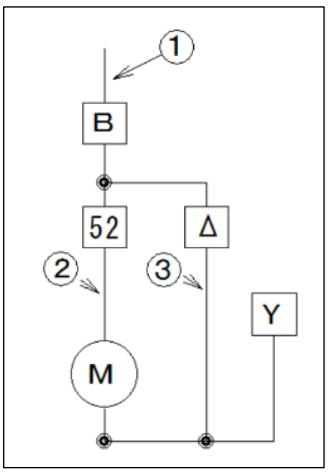
図は Ioc と 180°逆位相の電流を物理的にクランプ内に流すことで、Ioc を打ち消し補正する測定器です。クランプメータの持つ高調波分フィルタに Ioc 補正を追加した測定値になります。三相動力配線に使用している状況を示します。赤矢印が試験器（補正電流発生器・テンパール rm-1）です。ケーブル外装に取り付けるクリップ R 相-T 相間を基準とする補正電流を発生し、クランプ内に通すことで、指示値が Ior を推測する値になります。若干の習熟が必要ですが、測定原理が分かりやすく、Io 測定用の各種形状のクランプメータを活用できることが利点です。

クランプメータに演算機能を内蔵させた型も市販されています。電圧の位相を検出し、波形分析により Io との位相差を検出して Ior 値を演算して表示します。高精度の演算を行う装置が活線メガとしても販売されています。Ior の演算は回路モデルにより行います。電灯では中性点接地、動力ではΔ結線 S 相接地回路での極性相の絶縁劣化による漏電を前提とするため、モデルと異なる接地方式または漏電（地絡）が生じている場合は誤差になります。演算方法を、次節 4_2_2_a）絶縁監視装置②項に説明します。法規による絶縁測定（メガ測定）の代替えとでききません。絶縁監視装置に付帯する場合も、高機能なフィルタとしての使用です。

4_2_1_c） 設備構成による誤差

クランプメータを正しく使用しても、測定箇所によっては、漏電でもなく、電路等の絶縁劣化でもなく、静電容量でもない測定値が出る場合があります。

c-1　三相一括測定（スターデルタ起動回路）



右図のスターデルタ（YΔ）始動装置では、デルタ運用中に、ブレーカ（B）一次①を測定すれば Io を正しく測定できますが、主マグネット②、Δ用マグネット（Δ）の③の部分等を測定すると数 A 程度の指示が出ます。モータ（M）の巻線などの特性による循環電流が含まれるためです。②と③で測定する場合は、モータへ行っている 6 本（UVW と XYZ）を一括測定すれば Io が得られますが、ほとんど不可能です。Y からΔ切替え（タイマ動作）時に発生するサージは、上流側に ELB があれば、誤動作要因となります。

マグネット配置と配線は分電盤の組込み方法で異なります。設備区分用ブレーカ B の二次側に複数の動力用マグネットがあり、一つが短絡（又は一次二次間短絡）されている場合は YΔ装置があると考えて、測定個所の選定に注意が必要です。添付「スタ

ーデルタ結線電動機の漏電調査」をご参照ください。

c -2　B 種接地線と変圧器運用

変圧器中性点に結線された緑色ケーブルに流れる電流には、変圧器の結線により、二次側の Io 以外の電流が流れる場合があります。変圧器に接続されている緑色の線の電流は Io 電流であると決めてかかって測定すると、原因不明の高漏電との勘違いになります。二次側の絶縁抵抗値は良好であるのに漏電電流が発生している、と誤解することになります。

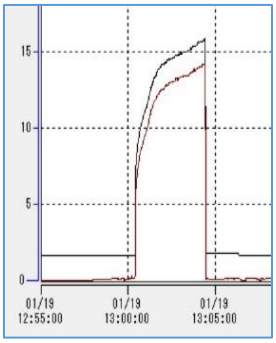
・Y 結線 4 線式での単相負荷使用：極性相と中性相の間で単相負荷が運用されると、3-3-4）節 b)項のように、単相負荷電流が B 種接地線を通って変圧器に戻ります。

・並列運転：変圧器二次側を連結して並列運転を行うと、変圧比（発生電圧）・負荷分担の微小な差で発生する変圧器間を流れる横流が二次側連結部と、それぞれの B 種接地線により循環します。負荷電流としては無視できても、漏電電流としては無視できない大きさ（50mA 以上）になります。二次側の負荷増で、単独運転であった変圧器を並列運転に変更した場合、B 種接地線電流が急増することがあります。図は 2 台の変圧器の接地線が結合されて接地極へ配線されている例です。結合点から変圧器側は循環電流を含む電流、接地極側は 2 台の変圧器を一体化したものとしての Io です。一組の変電設備に対して、外部への B 種接地は 1 か所が原則です。

・中性極の連結：ダブルパワー（コンビネーション）変圧器の並列運用で、中性点の連結線にはアンペア単位の循環電流が流れます。図の上側が連結線、下側が B 種接地線です。V 結線での共用相が並列となっている場合も同様です。緑色線の全てが B 種接地線ではないことに注意が必要です。単相変圧器と三相変圧器の中性極が B 種接地簡略化のために連結されている場合もあります。並列ではありませんが連結線には原因不明の電流が流れます。

4_2_1_d）データロガによる漏電現象の記録　top へ

漏電は不安定（又は間欠的）に発生することが多く、Io 値を記録して、変動状況を（特に設備運用状態との比較で）考える、原因追究に役立ちます。クランプメータに記録用出力があれば、連続記録を行うことができます。記録計とクランプが組合せになった市販品を使用すればより簡単です。



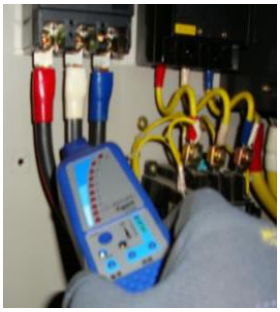
現場分電盤での共立 KEW5020 を使用した記録例です。図・左は付属の大口径クランプを分電盤電源、小口径クランプを漏電が疑われる設備への分岐配線に取り付けています。記録結果が図・右です。上側のグラフが電源、下側が分岐配線です。同じ形の変動であり、分岐回路部に間欠的な漏電があること判断できます。絶縁不良の機器が間欠的に運用されていると考えられます。受電用 ELB の感度が 30mA（不動作 15mA）であれば、不安定に動作することも考えられます。記録値に変動がなく、ELB が動作する場合には、ELB 本体に異常があるとも判断できます。

クランプを変圧器の B 種接地線に取り付けると、その変圧器単位の漏電状況が記録できます。長時間連続記録し、設備運用と比較することで漏電発生機器の推定ができます。例を 4-3 節に紹介します。

※　KEW5020 の各種設定、記録の作成は付属専用ソフトをインストールしたパソコンに接続して行っています。現場での本体操作による設定は面倒で、間違います。測定作業前に測定対象を検討し、測定間隔・レンジ等の設定をしておくと安心です。現場では、クランプと本体の安全な取付け（露出充電部に近接しない等）、起動後の各チャンネルの表示が正常であること、REC 開始操作、停止操作・取外しに集中します。

4_2_1_e）活線漏電点標定器

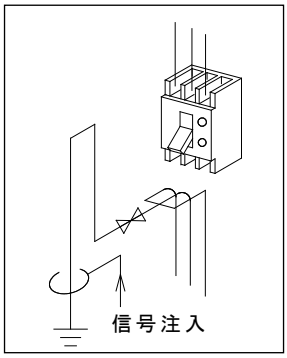
配線が複雑でクランプメータによる Io 測定ができない（危険な）場合、多数の検査を短時間に行う場合等は活線漏電点標定器の使用が有効です。運用中の変圧器の B 種接地線等に、注入トランスにより基準信号を注入し、漏電（絶縁不良）点から大地へ流れる基準信号を一相毎に専用の検出器で探査します。次節の Igr 絶縁監視装置方式と同じ原理による測定です。クランプメータ測定では検出されない、中性相の絶縁不良にも対応します。



図・左が測定器構成で、信号発生器、注入トランス、検出器です。図・中が B 種接地線への信号注入、図・右が絶縁低下相の探査状況です。前述したニュートラルスイッチの場合も、2 線を同時に測定する必要がないので対応可能です。しかしながら、測定結果の絶対値での表示は無く、発信機出力・検出器感度調整、結果判定に「感と経験」が必要とされる調査です。100mA 程度以上の漏電電流が流れる絶縁不良でなければ判定が困難です。

同様の方式が、次節の Igr 方式交流絶縁監視装置と、能動式直流絶縁監視にも使用されています。

※　漏電が大きく、ブレーカが ON にできない場合、右図のように、ブレーカ二次側に信号経路としての接地配線を仮設して注入トランスを取り付けることができます。二次側負荷設備の配線都合でメガ測定値が同じ場合でも、漏電点の場所によっては検出器の応答が異なり、不良相が推定できることがあります。

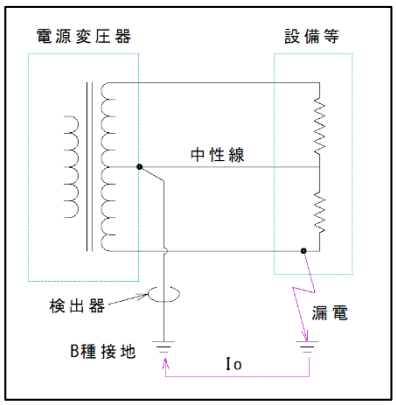


4-2-2. 常時行う方法（B 種接地線電流測定）

変圧機 B 種接地線電流を常時監視し、変圧器単位の二次側設備の絶縁（漏電）を推測します。同じ方法ですが、電気事業法による設備は絶縁監視装置、消防法による設備は漏電火災警報器（LGR）と呼ばれま

す。設定値以上になると発報します。電路及び負荷設備で生じた全ての漏電電流Ioが大地を経由して変圧器に戻る特性を利用します。

図に単相三線式での例を示します。二次側配電盤回路がある場合は、各回路の Io が集合したものになります。負荷回路毎に位相差があるため、B 種接地線の Io 値の絶対値は、配電盤の負荷回路毎の Io 値の絶対値合計よりも小さくなります。現場分電盤の受電一括測定値と分岐ブレーカ測定値の合計も、同様に差があります。

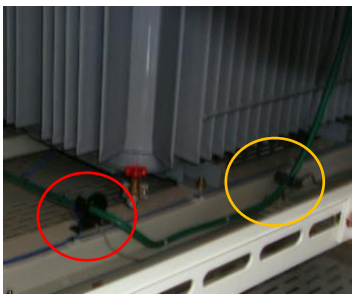


放置された低圧ケーブルの絶縁不良であっても、絶縁劣化による対地電流が生じれば、負荷電流の有無に関係なく B 種接地線電流の変動として検出されるため、漏電災害の防止ができます。逆に、B 種接地線への電流が生じなければ、火花が出ても検出できない事故もあります。事例を次項に示します。もらい発報を含めて、検出原理を理解した活用で設備保全に役立ちます。

※　TT 接地系での漏電監視として説明をしています。ABD 共用の接地系（疑似 TN 系？）でも、D 種接地された機器外箱の大地に対する漏電であれば監視可能です。

4_2_2_a)　絶縁縁監視装置（電気事業法）

図・左が絶縁監視装置の本体の例です。キュービクル配電盤等に後付けで設置されます。図・右の緑色ケーブルが変圧器 B 種接地線、黄色〇印が検出部です。mA の測定を行うために零相変流器（ZCT）が使用されます。後付けであるため分割型です。電源は予備ブレーカ、又は他の電源からの分岐となっています。電気事業法による保安管理を外部委託している場合は、装置取付けが、月次点検頻度を毎月から隔月に変更する条件となっています。接地線電流が 50mA または 44mA で漏電、200mA で高漏電の 2 段で警報が発生し、管理技術者等に伝送されます。記録を作成できる場合は、3-2-1 のもらい事故の確認等の漏電状況の調査にも役立ちます。



固定型 ZCT が赤〇印のように、同じ B 種接地線に直列に取り付けられていることがあります。次項 b) に記述する漏電火災警報器用です。

・Io・Ior・Igr 方式

B 種接地線の電流測定値 Io をそのまま使用する Io 方式、Io から真の漏電値と呼ばれる Ior を演算する Ior 方式、B 種接地線に専用の模擬信号を注入する Igr 方式があります。一般的には Io→Ior→Igr 方式の順に真の漏電の推定ができるとされています。

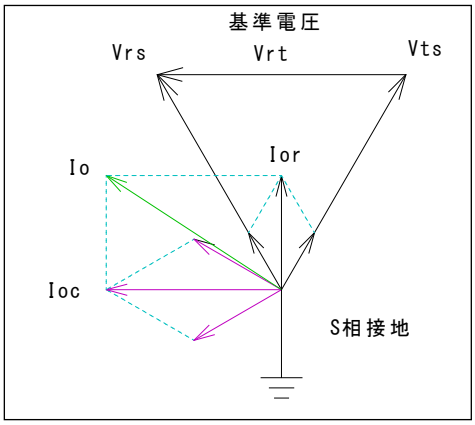
①　Io 方式

ZCT で連続測定した電流 Io 値をそのまま使用します。高調波カットフィルタが内蔵され、静電容量成分 Ioc の高調波による成分は低減されますが、基本波による成分はそのまま含まれるため、使用設備の特性によっては、Io 測定値が大きくなります。動力用ではインバータ、電灯用では LED 照明などの高調波

発生設備の増設（更新）等でも、絶縁状態に関係なく Io が大きくなる場合があります。

② Ior 方式

B 種接地線電流（Io）と基準線間電圧（Vrt）を検出して、演算により Ioc を想定することで Ior を求めます。高度のフィルタとして適用されます。Io は前項同様に ZCT により測定し、Vrt は非接地であるニ相のケーブルに電圧センサを取りつけて測定します。



三相Δ結線 S 相接地のベクトル図を右図に示します。Ioc はそれ R 相・T 相の対地電圧から 90 度進んだ電流の合成であるため、R-T 間の線間電圧である Vrt と同相になります。各相は同レベルの絶縁劣化をしていることを前提としています。Ior はそれぞれの対地電圧と同相の電流のベクトル和であるため、Vrt と 90 度の進み位相差があるとして演算を行います。Io と Vrt の波形測定により、Io と Ior の位相差θを cpu で演算すること求めて、Ior=Io×cosθとして演算されます。

単相では Ior は Vrt と 90°、Ioc は Vrt と同相として演算します。想定されていない接地方式、高調波成分、または絶縁劣化がある場合は誤差になります。

※ Ior 演算は単相三線式、三相Δ結線 S 相接地、動力専用 V 結線に適用できます。灯動共用 V 結線変圧器、コンビネーション変圧器では動力用と共用される電灯用巻線の中性点が接地され、Vrt と Ior、Ioc の位相差が異なるため、適用できません。

Y 結線変圧器は中性点が接地され、三相の相電圧による Ioc は 120°の位相差で打ち消しあいます。B 種接地線電流 Io は小さく（数 mA 程度）、Ior 演算は不要です。三相の絶縁劣化が同レベルの場合も同様です。Io が発生した場合は 1 相の絶縁不良が生じていると判断できます。

③ Igr 方式

B 種接地線の Io ではなく、専用の測定信号を注入して、絶縁劣化部より大地へ流れる測定信号の戻り成分を測定するものです。測定信号に対応する検出用 CT と B 種接地線に信号を注入するための装置（4-2-1c）の活線漏電点標定器の注入トランス相当）が必要です。Ior 方式では対応できない全ての変圧器結線と、Io、Ior 方式共に対応できない中性相の漏電にも対応できます。現在は Ior 演算が cpu で簡便に実施できるため適用例は少なくなっています。

・絶縁監視装置で検出されない事故

絶縁監視装置は B 種接地線電流（Io）が増加する場合に動作（発報）します。電気事故であっても、B 種接地線に検出できる電流が戻ってこない場合は検出できません。発報していないので安全だと、と決めてしまうことははできません。

① 短絡のみで漏電（地絡）電流がない場合。

右図はネオンサイン設備で、絶縁変圧器で高圧に昇圧された（非接地系となった）高圧ネオンケーブルが建物に触れてショート・焼損した例です。絶縁被覆が損傷して芯線が建物金属に触れても、非接地系であるため、漏電（対地）電流はほとんど発生しません。もう一方のケーブルが損傷し、線間短絡した時点でアーク放電が発生し、焼損したと考えられます。視覚的には火花が飛び散る大事故ですが、非接地系での事故であるため、検出できません。

同様の意識されにくい非接地系の電路には、プール用照明（漏電電流抑制のために非接地系）、昇圧または降圧変圧器（二次側に接地を取っていない）場合等があります。3-3-3 a)節に記述しています。

絶縁変圧器が使用されていない場合も、絶縁性の壁に取付けられたクーラ(1-1節の例)のように、外箱接地（機器接地）が不適な場合は、内部短絡しても、壁まで焼損して地絡するまでは対地電流が流れないため検出できません。クーラ電源に ELB があっても、同様に漏電トリップ動作はできません。

② 負荷設備用の ELB が正常動作した場合

ELB は絶縁監視装置の発報時間より早く動作します。漏電状態がなくなるので絶縁監視装置は発報できません。機器内部の保護ヒューズが溶断した場合も同様です。漏電（1 線地絡）による電流がヒューズの溶断電流以上である場合は、ヒューズ溶断が最も早いため、ELB の動作もありません。

③ 中性相絶縁劣化の場合

中性相は運用中の対地電圧が小さく、絶縁劣化が生じても、漏電電流がほとんど流れないため、絶縁監視装置は検出できません。絶縁監視装置がある設備での絶縁測定では中性相（接地相）が必要です。配電盤 MCCB 引出の負荷に繋がっていない放置された分岐幹線であっても、極性相の絶縁劣化は B 種接地線の Io 増加となり、絶縁監視装置で検出されます。中性相の絶縁劣化は、他の設備での大きな漏電が生じた場合、Io の回り込みが生じて漏電として現れることがあります。

Igr 方式の場合は測定信号を注入しているため、中性相の絶縁劣化にも対応します。

・絶縁監視装置のもらい動作

B 種接地線に大電流が流れた場合は、3-3-1 での B 種接地電位の上昇、及び並行する B 種接地線への電磁誘導等により、漏電していない近接の変圧器 B 種接地線に 50mA 以上（多い場合は 100mA 以上）の電流が流れる場合があります。高漏電警報と、他の変圧器（電灯変圧器が多い）の漏電の同時発生で、高漏電警報が発生した危険な地絡事故が発生していると判断できます。例えば、1 線地絡電流が 50A 程度まで流れ、MCCB 動作の場合は、高漏電と他の変圧器の数分程度（MCCB 動作時間）の漏電動作が発生し、同時に復帰します。動力変圧器の漏電時の電灯変圧器での発生が、よく認められます。

4_2_2_ｂ）漏電火災警報器（LGR・消防法）

キュービクルでは配電盤上部に取り付けられています。測定原理は前項の Io 方式絶縁監視装置と同じです。検出用 ZCT は B 種接地線に絶縁監視用と直列となります。ラスモルタル構造建築物の火災防止として消防法（施行令 22 条）により設置され、漏電発生時に外壁モルタル下地のラス（金網）を流れる漏電電流による発熱・発火を防止することが目的です。準拠法規が違うため、電気事業法による絶縁監視装置との共用はできません。RC 等のラスモルタル構造以外であっても、（慣習的に？）取り付けられている場合がほとんどです。漏電電流でのケーブルラック接続部、屋外壁トタン、壁の釘等の思いもかけない場所での過熱対策としては有効であると考えることが考えることができます。

製造時に取り付けられるため、検出 ZCT は固定で、電源は専用ブレーカです。警報は 100mA 以上の可変が一般的です。警報設定値は 100、200、400、600mA 等です。Io の監視であるため、負荷設備の状態を見て警報設定を行います。絶縁監視装置より大きな設定値になることが多く、400mA~800mA が一般的です。原則として変圧器台数分の設置です。小型のキュービクルでは、複数の変圧器（電灯と動力等）の B 種接地線 2 本を 1 台の ZCT に通して監視しているものがあります。設定値は 2 台の合成値になります。

警報用の無電圧接点が別置の端子台に引き出され、外線が結線されている場合は事務所等の警報盤に「低圧地絡」等として表示されます。結線されていない場合は、キュービクル、電気室等で LGR 表示灯が点灯し、本体の警報音（ピー音）が連続発生することになります。絶縁監視装置とは無関係に動作します。絶縁監視装置は後付けで、警報盤等の既設部に信号が送られることはありません。

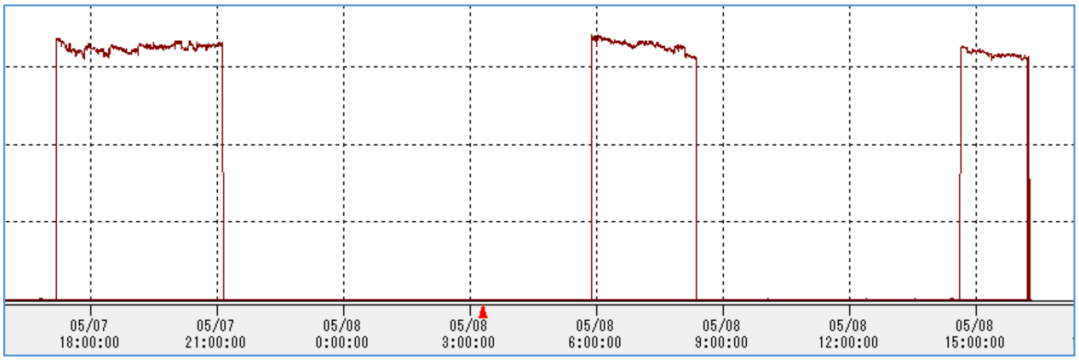
絶縁監視装置、LGR 共に検出 ZCT に試験線を通し、GR 試験機などで試験電流（Kt—Lt 同様）を流すことで、警報発生試験ができます。

4-2-3. 設備運用状態との比較検討（漏電記録の例）

top へ

漏電発生状況と負荷設備の運用状況との関係を検討することにより、漏電部を推定できることがあります。Io 記録は、いろいろなパターンを示します。4-2-1b ）の記録計により作成した、B 種接地線電流（Io）記録と推定の例を示します。漏電部の推定の後、分電盤等配線の三相一括での測定、分岐ブレーカ二次側の絶縁測定を検討することができます。

・建物ホール天井電灯回路の不良の例（照明設備）

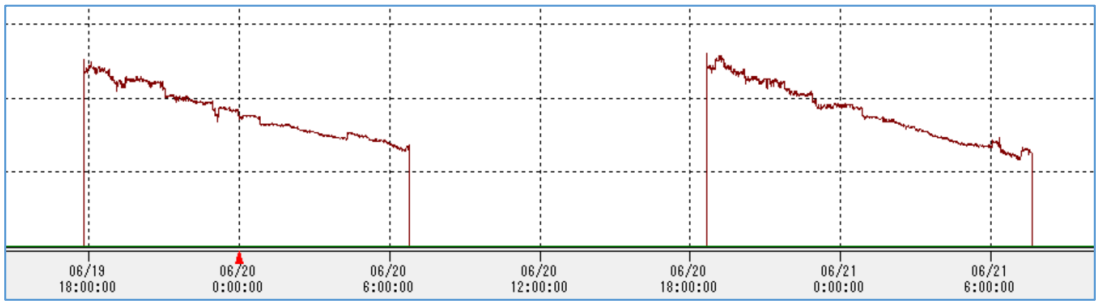


ELB が入っていない電灯 100V 回路での漏電例です。最高値は 600mA です。漏電電流発生時間が朝夕のホール（玄関）天井灯使用時間と一致しました。日中は（どこかで）スイッチが切れているため、漏電

電流は無く・絶縁抵抗測定も良好であり判定できませんでした。天井灯の不良と判断し、場所を特定しての点検で配線不良が見つかりました。天井配線が不良であったため、使用時間の間を通して変動の少ない漏電電流が流れたと考えられます。照明の工事後に、照明機器のワタリ配線で、極性相と接地相の誤結線（地絡）があった場合は、照明使用でアンペア単位の漏電が連続することがあります。ペンダント型照明器具の不良では、風邪で器具が揺れることで、秒単位での変動が生じます。

人が触れない場所であっても、電源に ELB を設置すれば安全です。Io 増加にもかかわらず ELB 不動作の場合は、ELB 不良との判断もできます。

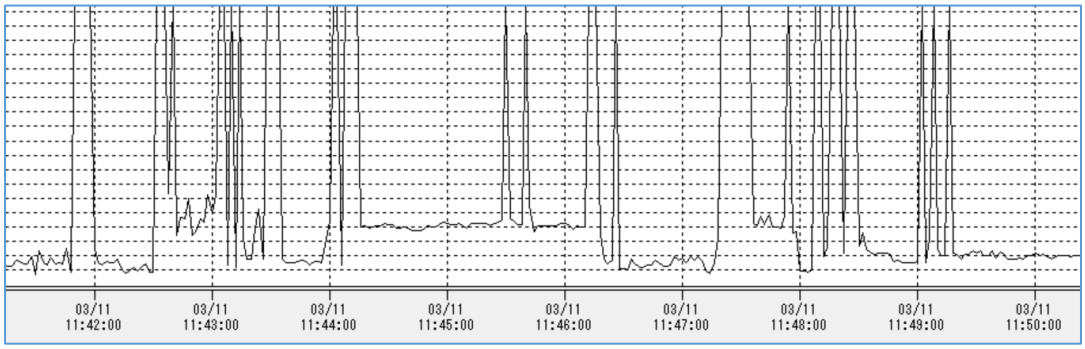
・充電コンセント不良の例



動力 200V 回路での連続漏電例です。終業後に発生し、始業時に終了しています。発生時間帯が電動フォークリフトの車載バッテリー充電時間と一致しました。開始時期の最高値は約 12A、その後時間とともに下がりました。停電しての絶縁測定時には、充電コンセントのプラグ（三相四極式プラグの接続間違い？）が外されていたためか、まったく異常はありませんでした。フォークリフト充電回路の点検後、漏電現象は消滅しました。充電（負荷）電流がそのまま地絡になって電源に戻り、充電特性により電流が変動したと考えられます。B 種接地線に戻る過程で建物鉄骨が帰路となれば、接合部の電気抵抗による過熱が発生し、火災の原因となることもあります。配線の過熱焼損、近くでのビリビリ感は生じていませんが、夜間無人時に運用される設備には安全上電源に ELB が必要です。

同様の現象は 200V 単相の電動カートで、中性相と極性相を間違えた場合にも生じます。

・クレーン不良の例（機械設備不具合での急変）



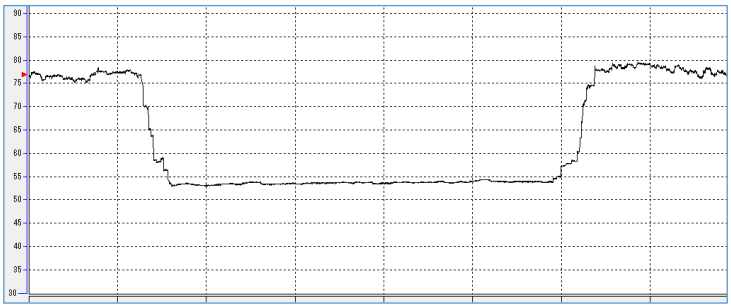
動力 200V 回路での間欠漏電例です。クレーン運転にあわせて、秒間隔での 1A 程度の漏電が頻発しました。点検で、巻き上げモータの不良が発見されました。駆動部に不良があり、インチング運転操作に合わせて、漏電電流が変動したと考えられます。パンタグラフの不良で充電部が地絡する場合は、より大きな電流（完全地絡で 10A 以上・接地抵抗）になります。漏電発生は短い時間ですが、感電墜落災害等の人的災害を引き起こすには十分な時間です。電源を ELB にすれば漏電災害は防止できますが、電源喪失に

よる急停止等で、設備運用面に危険性がないかの検討が必要です。

製造設備の組込ヒータ不良でコントローラの温調動作に合わせて自動入り切りされる場合、10 分～1 時間間隔での急変の繰り返しが生じます。温度上昇で絶縁が劣化する場合には、設備起動の後、一定の時間経過後に発生します。ヒータは高温になるため専用の耐熱コードが使用され、絶縁被覆が無い場合も多く、操業によるワークの移動等で端子部が本体に接触して、断続的な 1 線地絡になることもあります。機械設備の運用状態に合わせての漏電発生であり、停止時の絶縁測定での判断はできない場合がほとんどです。運転状態との比較での判断になります。

・通常（設備特性）での電流変動の把握

Io 電流は対地絶縁によるのみでなく、配電系統及び設備運用により生じる Ioc によって大きく変動します。通常での変動状態を把握しておくことで、漏電調査が早くなります。



NC 設備が導入されている工場の昼休み前後での、動力変圧器 Io 変動記録を示します。中央の凹部が昼休み中です。インバータ使用設備の停止・起動により、Io に大きな変動が生じていると考えられます。Ior の測定結果は 7mA だったので、昼休み中の 50mA は配電ケーブルによる Ioc であり、操業中には NC 設備等が発生する高周波により 75mA 程度に増加すると考えることができます。Ior 測定と併用すると、昼休み中の Io が 50mA 以上であっても、電路等には絶縁不良はないと判断できます。停電点検時の配電盤二次側絶縁測定の最低値は 0.5MΩ、他は 1MΩ以上です。リーククランプメータ測定での Io が大きいことは、即、設備での漏電ではないことの認識が必要です。

・設備運用状況の調査

Io が急に大きくなった場合は、最近又は季節的に使用されるようになった設備、増設又は電気部品（インバータ等）が交換された設備、動きがおかしい・冷えなくなった・温まらない等の現象が生じている設備がないかを、Io 発生状況を説明しての聞き取り調査することが役立ちます。漏電現象は設備の劣化が顕在化する前の現象として生じることが多く、Io 変動調査で、設備の不具合を見つけることができる場合があります。接地相に不具合があると、他の設備の運転に影響される、より不安定な漏電になります。

4-2-4.　目視外観点検

top へ

日常の目視点検が漏電の予防と、漏電発生時の測定器による調査を行う場合の調査個所の判断にも役立ちます。私が経験した事例を示します。

・水濡れ、湿潤

電気設備は水濡で絶縁不良となります。乾燥すると絶縁が自然回復すると、原因不明となります。2-2-2 節に分電盤水濡れにより生じた ELB 内部の検出部不良による誤動作例を記述しています。水濡れには建屋不良での雨漏れ・トビラ閉め忘れ、3-2-1 節のポットのからの水溢れ、コンセント上部に設置されたシンクのオーバーフロー、作業終了時の設備水洗時の飛沫、排水管不良による天井・床下の水濡れ（配線水没）があります。雨天後でのスレート屋根の水濡れ、分電盤背面・ブレーカ取付板からの水分の滲み出し、

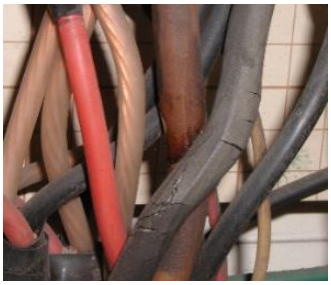
滲みの跡が残っていないかに注意が必要です。配線が床下であるフロアコンセント回路は最初に絶縁測定を行うべき個所です。

図・左は屋外盤のケーブル引き込みからの浸水で、一次側端子台に錆が発生したブレーカの例です。錆は短期間で発生し、漏電のみでなく、内部への落ち込みでのブレーカ損傷も生じます。外部からの配線引込部は、外線ケーブルを一旦下げる、電線管等の最底部に水抜き穴を開ける等の水切り対策を行います。芯線と被覆の間にしみこむ場合もあるので、端子台の芯線に水気または錆がないかの確認を行います。図・右は分電盤底（外線引出部？）より侵入した湿分が天板で冷却されて水滴となったものです。盤内部に乾燥材を張り付けることで改善されました。盤上部の空調配管結露による水滴落下等では、制御盤内部への漏れ込みだけでなく、扉を開くと、天板上に溜まったドレンが一度に落ちてくることもあります。

雨天・早朝に事業所が停電したあと、通常は電流があるための温度上昇で乾燥していた部分が、結露等で湿潤して漏電することがあります。復電したあと、しばらくは ELB 動作がないかの注意が必要です。

・ケーブル、コードの変形変色、コンセント等の劣化・緩み

無理に曲げられた個所、通路で踏みつけられる等の傷、固定のための外力がかかって変形している部分（固定用ステップルの食い込み）、コンロなどの高温物加熱部の横では絶縁劣化が通常以上に進展します。外装が変色していることもあります。



MCCB 出口でタコ足配線が行われ、無理に曲げられたケーブルの外装が割れてしまった例です。汚損・高湿度で絶縁が低下し、漏電する恐れがあります。極度に変形させられた個所は芯線抵抗が増加し、内部からの発熱（ジュール熱）でも絶縁が劣化します。停電時のテーピングで応急対応できます。

コンセント表面に焼け跡がある場合、内部にも劣化が生じ、埃・湿気による漏電が生じやすくなります。電気ポット、充電器、駐車中の車載コンプレッサ等の電気品を使用中のまま、コンセントを引き抜くと、アーク（火花）が発生し表面の焼損が生じます。無理な引き抜きを行い、内部での受刃等の変形が生じると、溶損・内部短絡の原因になります。動力コンセントでは図右のように受刃が溶損する場合もあります。接触が不安定になると、接続した機器の運用が不安定になり、漏電でちらついていると誤認されることもあります。

照明器具天井取付用の差し込み式コネクタ等では、劣化による配線緩みで、極性相の電線が本体に接触することがあります。消灯時の電磁振動で接触すると、照明停止に合わせて ELB が動作する、不思議な現象が生じます。天井内部作業のため照明器具を外して作業用通路とした場合等に、不注意な作業で緩むこともあります。近くでの作業がなかったかの確認が必要です。ウルトラホンで高調波音が検出できることもありますが、配線を引っ張ってみる、竹ヘラ等で軽く叩きながら緩みの目視点検を行う原始的方法も有効です。

・設備の更新・改修

漏電発生部周りに、新しく設置された設備、更新された設備は無いかを調査します。照明器具では、工事による極性相と接地相の接続間違い例があります。点灯に併せて数アンペアの漏電現象が生じます。工事担当者は、「ちょっとした間違い」としか考えていない場合がほとんどです。LED 化を行うと内蔵インバータの高調波による Ioc 増加で、変圧器 B 種接地線の電流 Io も増加します。100V 用空調機もインバータ使用が一般的です。

動力設備ではインバータ使用機器の確認が特に重要です。高調波を増加させることが多く Io の増加が生じます。NC 設備の増設の場合、更新でインバータのみを更新した場合にも特性変化により同様の現象が生じる場合が有ります。機器本体の接地線が外れて、Io が急減する場合も有ります。

・小動物、植物等の侵入

MCCB一次端子上にミイラ化した小動物（ヤモリ？）が見つかった例です。古い設備で端子カバーが無くなっていたため（端子カバーは操作時の安全のためにも必要です）、感電したものと考えられます。捕食しようとして、より大きな動物が侵入すると、漏電（地絡）・短絡事故を生じます。分電盤に小動物が侵入できる破孔が生じていないか？内部に糞・卵の跡、持ち込まれた土等がないか？の日常点検・保全が必要です。周辺に食物ゴミがあると、小動物は更に集まりやすくなります。絶縁被覆の食害、持ち込んだ木屑等での端子の埋没（水濡れが重なる）ことがあります。周辺の整理整頓・盤内清掃は設備安全の要素です。

屋外分電盤でツルが盤内に侵入していた例です。充電部に触れ、雨天時等の、接触した植物が湿気を持った時に漏電します。地面から伸びてきた蔦等は小動物の侵入経路にもなります。夏季には成長が早いので、特に除草と盤周辺への注意が必要です。高圧部では絶縁劣化部への接触と同時に地絡事故になります。充電部近くのツル等が変色し、垂れさがっていることで判断できます。ツルを引き抜く場合には、引き抜きの動きで、先端等が充電部に触れないことを確認します。高圧絶縁電線であっても、触れると電撃を受けます。

・ELB 使用部分の確認

時間的余裕が少ない場合、トリップしていない ELB の二次側は漏電の可能性は少ないとして、他の回路の調査に重点を置くことができます。電源の ELB が離れた場所（配電盤等）にある場合は、ELB トリップしても現場ブレーカでは復電できず、原因不明の停電（なぜか電気が来ていないとの判断）になる場合があります。ELB 使用の有無、設置場所（保護範囲）を把握しておくことが必要です。

top へ

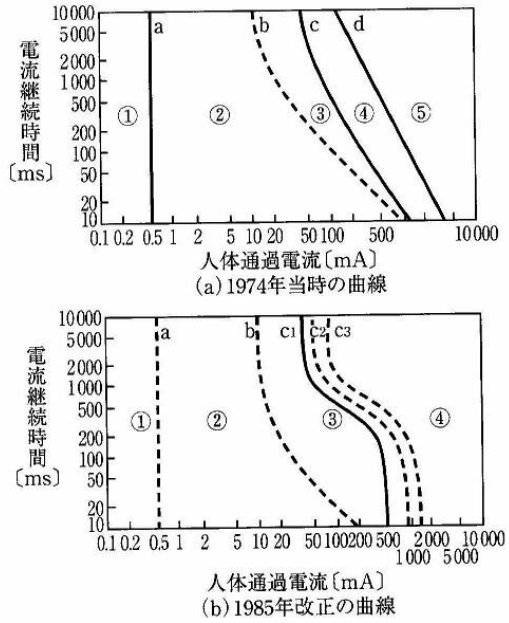
参考資料

資料 1・漏電時の復旧操作

東北電気保安協ホームページ

http://www.t-hoan.or.jp/030_service/030_20_personal/030_20_03_breaker/breaker.html

資料 2・感電電流安全限界



区　域	生理学的影響
区域①	通常，反応なし．
区域②	通常，有害な生理学的影響なし．
区域③	通常，器官組織の損傷は予想されない．筋肉収縮及び呼吸困難，心室細動を起こさない程度の瞬間的心拍停止及び心室細動を含む，心臓の刺激生成及び刺激伝導の回復可能な障害のおそれが電流値と時間につれて増加する．
区域④	区域③の影響のほか，心室細動の可能性が約5％以下（カーブ：c_2），約50％以下（カーブ：c_3），又，カーブ：c_3を超えると50％超過に増加する．電流値と時間の増加に従って，心拍停止，呼吸停止及び重火傷などの病態生理学的影響が起きる可能性がある．

図1.16　感電電流（交流）の安全限界曲線（IEC 60479）

「接地・等電位ボンディング設計の基礎知識」　P.16
高橋竜彦　オーム社　ISBN978-4-274-94330-0

資料 3・時延による協調

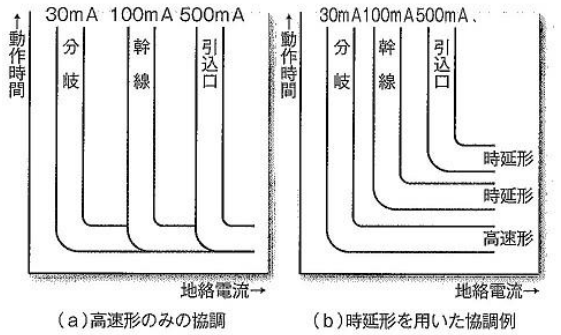


図7　動作特性例

「配線用遮断器と漏電遮断器による過電流、地絡協調の考え方と保護協調曲線」
月刊誌オーム　2015 年 12 月号　P.13　浜田桂伸

資料 4・漏電ブレーカの構造など
ホームページ　日本電気技術者協会、技術講座
http://www.jeea.or.jp/course/contents/08105/