|  |
| --- |
| 地絡回路の再現と　　　　 　　実践的絶縁抵抗測定支援ツール |
| チラクールとメガープラグ |

|  |
| --- |
| 関東職業能力開発促進センター　ビル管理技術科 |
| 神﨑 啓太郎　来仙 昭久 |

目次

[目次 1](#_Toc455481087)

[１．目的 2](#_Toc455481088)

[２．漏電と地絡 3](#_Toc455481089)

[３．漏電ブレーカ 4](#_Toc455481090)

[４．地絡電流確認実習 5](#_Toc455481091)

[４．１　チラクール（地絡再現・地絡電流確認教材）の基本的な使い方【実習１】 5](#_Toc455481092)

[４．２　絶縁不良回路切り離し【実習２】 7](#_Toc455481093)

[４．３　シーケンス回路を使った、地絡経路確認【実習３】 9](#_Toc455481094)

[４．４　シーケンス回路を使った、絶縁抵抗測定【実習４】 10](#_Toc455481095)

[４．５　シーケンス回路を使った、地絡経路確認【実習５】 11](#_Toc455481096)

[４．６　シーケンス回路を使った、動作電流確認【実習６】 12](#_Toc455481097)

[【コラム】　中性線（Ｎ）が地絡した場合、漏電ブレーカはトリップするのか？ 13](#_Toc455481098)

[５．メガーによる電灯回路の絶縁抵抗測定実習 14](#_Toc455481099)

[５．１　電圧動作型パイロットランプの抵抗値測定（予備実習）【実習７】 14](#_Toc455481100)

[５．２　メガープラグを使った電灯回路（電路－大地間）の絶縁抵抗測定 15](#_Toc455481101)

[５．２．１　メガーの使用前チェック 15](#_Toc455481102)

[５．２．２　実際の設備を使用した絶縁抵抗測定 16](#_Toc455481103)

[５．２．３　メガープラグによるコンセント回路の絶縁抵抗測定【実習８】 17](#_Toc455481104)

[６．保護協調の確認 22](#_Toc455481105)

[７．参考文献 22](#_Toc455481106)

１．目的

ビル設備管理の現場で漏電ブレーカが動作することは珍しくない。ケーブルの劣化が原因であったり、機器の絶縁不良であったり、テナントの飲食店のコンセントが濡れていたりと、その理由はさまざまである。ビル設備員は以下のことを迅速に行うことでビルオーナーからの信頼を得ることができる。

①地絡した分岐回路（絶縁不良回路）を特定する。

②不良回路のみを切り離し、健全な回路には送電する。

③具体的な地絡箇所を特定し、報告および改修を行う。

これらの能力を身に付けるには漏電および地絡のメカニズムを知ると共に、不良箇所の早期検出できる知識と技能を習得することが重要となる。

本教材は地絡を再現、または絶縁不良を設定することができ、実際の設備で回路不良を擬似的に再現することで、設備不良に関する理解を深めることができる。今までの訓練用教材では不良箇所がパターン化（特定）されており、訓練効果も低く、受講生の興味も半減してしまう状況であった。本教材は任意の回路に擬似的な不良箇所を作り出すことができるため、受講生も不良箇所を特定できない状況での絶縁抵抗測定となり、実践的な絶縁抵抗測定の手法を興味深く身に付けることができる。

【注】上の図は 『地絡再現・地絡電流確認教材』 と 『絶縁抵抗測定用絶縁不良設定教材』 であるが、名称が長く分かりづらくなるため、本テキストの中では愛称 『チラクール』 と 『メガープラグ』 と表現する。

２．漏電と地絡

漏電とは本来電気が流れるべきルートから外れている状態を指す。また、地絡とは電路が大地と０Ωまたは非常に小さな抵抗でつながる状態をいう。

図３は健全な回路であり、絶縁されている電路をルートから外れることなく電流が流れている。図４は機器の絶縁不良により漏電している回路であるが、接地がされておらず大地と絶縁されているため地絡には至っていない。そのため、人が機器に触れてしまうと感電する恐れがある。また、変圧器→負荷（行き）、負荷→変圧器（帰り）の電流の大きさが等しいため、漏電ブレーカは動作しない。図５は漏電した電流がＤ種接地を経由して地絡している回路である。地絡電流はＤ種接地→大地→Ｂ種接地→変圧器へと流れる。行き・帰りの電流の大きさが異なるため、その差をZCTで検出し漏電ブレーカがトリップする。（次項参照）

３．漏電ブレーカ

◇　動作原理

漏電ブレーカにはＺＣＴと呼ばれる地絡電流検出のためのセンサーが内蔵されている。ＺＣＴは行き帰りの電流の差によって生まれる磁力により起電力を生じ、電子回路部で増幅し引き外しコイルによりトリップさせる。

◇　漏電表示

漏電でのトリップの際には漏電表示装置が突
出する。これにより、ブレーカがトリップした
理由が漏電か、過電流かが分かる。

◇　テストボタン

図６に示すように意図的に地絡と同じ状況を
作り、ブレーカをトリップさせる。漏電ブレー
カが作動するかどうかを電気的に確認できる仕
組みである。したがって、通電していないと作
動しない。

◇　定格感度電流と定格不動作電流

定格感度電流とは通常の使用状態において、その漏電ブレーカが必ずトリップする地絡電流の大きさを表す。定格不動作電流とは地絡電流があっても漏電トリップしない電流の上限値を表す。つまり、漏電ブレーカは定格不動作電流を超えて定格感度電流以下の範囲でトリップする。

４．地絡電流確認実習

４．１　チラクール（地絡再現・地絡電流確認教材）の基本的な使い方【実習１】

チラクール１００は内部抵抗、電流計、検電ランプ、ヒューズ等で構成されている。プローブを非接地側端子とＤ種接地に接続し、スイッチを〔Direct〕側に操作すると、内蔵の固定抵抗を通じて地絡回路が形成される。プローブに電圧が印加されているときは本体にある検電ランプが点灯し、安全確認ができるようになっている。また、チラクール１００の先端プローブはプラグタイプとワニ口タイプに交換が可能なので、壁付コンセントでも分電盤でも使用できる。

対応する漏電ブレーカは標準的な定格感度電流30mAのものであるが、内部切り替えスイッチにより15mAの漏電ブレーカにも対応可能となっている。

◇　接地極付プラグタイプ

①スイッチが〔OFF：中間位置〕になっていることを確認し、プラグをコンセントに差し込む。

②検電ランプが点灯していることを確認する。

③スイッチを〔Direct〕側に操作すると、分電盤の漏電ブレーカがトリップする。

※地絡電流値を確認したい場合は、上記③の代わりに次の操作を行う。

③ボリュームが左いっぱいに回してあることを確認する。

④スイッチを〔Meter〕側に操作する。

⑤ボリュームを徐々に右に回し、漏電ブレーカがトリップしたときの電流値を読む。

※実際には電流測定回路と並列に検電ランプの回路があるため、動作電流は電流計の指示値よりわずかに大きな値となる。

◇　ワニ口タイプ

①分電盤の漏電ブレーカを開放（OFF）する。

②プローブの黒線を漏電ブレーカの二次側Ｌ端子（非接地側）に、緑線をＤ種接地の端子に接続する。

　※Ｄ種接地が近くに無い場合は、ボックスのネジ部等のＤ種接地と電気的に接続している箇所でも代用が可能である。

③スイッチが〔OFF：中間位置〕になっていることを確認し、漏電ブレーカを投入する。

④検電ランプが点灯していることを確認する。

⑤スイッチを〔Direct〕側に操作すると、分電盤の漏電ブレーカがトリップする。

※地絡電流値を確認したい場合は、前項下段を参照。

４．２　絶縁不良回路切り離し【実習２】

現場で漏電ブレーカがトリップした場合、絶縁不良となっている分岐回路を特定し、切り離しを行う。その他の健全な回路には再送電することで影響を最小限にすることができる。

※主幹に漏電ブレーカ、分岐用に過電流ブレーカ(漏電遮断機能無し)を設置している分電盤を実習の対象とする。

①　絶縁不良回路を準備する

a. チラクール１００（プラグタイプ）を任意のコンセントに設置する。

b. チラクール１００のスイッチを〔Direct〕側に倒すと、主幹の漏電ブレーカがトリップする。このとき、漏電ブレーカの漏電表示が突出していることも確認する。

②　不良回路の特定

a. 分岐回路のブレーカを全て開放(OFF)する。

b. 主幹ブレーカをリセット後、投入する。

c. 分岐回路のブレーカを順に投入していく。絶縁不良のブレーカを投入したときに主幹ブレーカがトリップする。

d. 絶縁不良の分岐回路のみ開放(OFF)し、主幹およびその他の分岐回路用ブレーカを投入する。

以上の手順により、絶縁不良の回路のみ切り離しが完了となる。

③　絶縁抵抗測定

切り離した分岐回路の絶縁抵抗測定を行う。（【実習８】を参照）

４．３　シーケンス回路を使った、地絡経路確認【実習３】

→　漏電遮断器が動作する場合（アースが接続されている）

①図16の三相誘導電動機の直入れ始動回路を準備する。（下図は操作回路を省略している）

②図15の実体配線図のように端子台のE端子に緑線、T1端子に赤線を接続する。

③チラクール２００のスイッチを〔Direct〕側に倒したら準備完了。

④漏電ブレーカを投入する。

⑤始動用押しボタンスイッチ〔ON-PBS〕を操作するとMCが動作し、同時に漏電ブレーカがトリップすることを確認する。

※電圧印加と同時に漏電ブレーカがトリップするため、検電ランプは一瞬だけ点灯します。

これはチラクール２００の内部抵抗を介してT1→Eへと地絡電流が流れるためである。

３ページ・図５を参照のこと。

４．４　シーケンス回路を使った、絶縁抵抗測定【実習４】

①【実習１】において、トリップした回路をそのまま活用する（ブレーカ：ＯＦＦ）。
（チラクール２００のスイッチは〔Direct〕のままとしておく。）

②メガーを準備し、接地側クリップ〔EARTH〕を電源側端子台Eに接続する。電圧側プローブ〔LINE〕は開閉器および遮断器で区分される箇所へ順に当てていき絶縁抵抗を測定する。（図18）

③サーマルリレーの二次側T1を測定すると抵抗値が下がる。

④さらに詳細に不良箇所を追求したい場合は、端子ネジを緩め配線を外してから測定を行う。

※本実習では不良箇所が明白であるため、測定の考え方・方法を学ぶ。実践的な測定については【実習８】で学べるようになっている。

４．５　シーケンス回路を使った、地絡経路確認【実習５】

→　漏電遮断器が動作しない場合（アースが接続されていない）

①図20の三相誘導電動機の直入れ始動回路を準備する。（下図は操作回路を省略している）

　**※このとき電源側のアースを外しておく**。

②図19の実体配線図のように端子台のE端子に緑線、T1端子に赤線を接続する。

③チラクール２００のスイッチを〔Direct〕側に倒したら準備完了。

④漏電ブレーカを投入する。

⑤始動用押しボタンスイッチ〔ON-PBS〕を操作すると電動機は直入れ始動するが、【実習３】とは異なり漏電ブレーカはトリップしないことを確認する。また、電圧印加中を表す検電ランプが点灯していることも確認する。

これは漏電状態であるがアースが接続されておらず、地絡電流がほとんど流れないためである。

３ページ・図４を参照のこと。

４．６　シーケンス回路を使った、動作電流確認【実習６】

①図22の三相誘導電動機の直入れ始動回路を準備する。（下図は操作回路を省略している）

②チラクール２００のボリュームは左いっぱいに回しておく。

③図21の実体配線図のように端子台のE端子に緑線、T1端子に赤線を接続する。

④チラクール２００のスイッチを〔Meter〕側に倒したら準備完了。

⑤漏電ブレーカを投入する。

⑥始動用押しボタンスイッチ〔ON-PBS〕を操作すると電動機は直入れ始動で運転する。

⑦電圧印加中を表す検電ランプが点灯していることを確認する。

⑧ボリュームを徐々に右に回し、漏電ブレーカがトリップしたときの値を読む。

※実際には電流測定回路と並列に検電ランプの回路があるため、動作電流は電流計の指示値よりわずかに大きな値となる。

漏電ブレーカの定格不動作電流を超えて定格感度電流以下でトリップしていることを確認する。

４ページを参照のこと。

【コラム】　中性線（Ｎ）が地絡した場合、漏電ブレーカはトリップするのか？

理論上は中性線と大地は同電位であり、漏電ブレーカは動作しない。しかし、実際は回路に流れる負荷電流により電線路に電圧降下が生じる。つまり下図のＡ点は電圧降下分の対地電圧が生じる。また、非接地側電路の対地静電容量により対地電圧が上昇する場合もある。

したがって、下図のＡ点で地絡が生じると、地絡電流が流れ漏電ブレーカがトリップする可能性がある（条件によって、トリップする場合としない場合とがある）。

５．メガーによる電灯回路の絶縁抵抗測定実習

５．１　電圧動作型パイロットランプの抵抗値測定（予備実習）【実習７】

パイロットランプにリード線を接続したもの、または壊れたパイロットランプからネオン管を取り出したものを準備する。

①テスタによる抵抗測定

通常のテスタでパイロットランプを測定しても∞Ωとなる。

レンジを最大にしても測定できない（∞Ω）ことを確認する。

②メガーによる抵抗測定

メガーの125Vレンジでパイロットランプを測定すると、0.1～0.2MΩ程度の値を示す。

同時にパイロットランプが点灯することを確認する。また、ネオン管をよく観察してみると片側だけ（LINE側）が光っており、直流で測定していることも確認できる。



①、②の結果から通常のテスタでは測定できないが、メガーで測定できる抵抗があることが分かる。例えば施工不良により電線の絶縁被覆にキズがついている場合、接触していなくとも接近していれば電流が流れる可能性があるといえる。また、②の結果から、純粋な抵抗分（静電容量を除く）を測定するために直流を用いていることも確認できる。

５．２　メガープラグを使った電灯回路（電路－大地間）の絶縁抵抗測定

５．２．１　メガーの使用前チェック

①メガーのバッテリーチェック

メガーのバッテリーに異常があると正確な測定ができないため、測定前には必ずバッテリーチェックを行う。メーカや機種により操作が異なるため、使用するメガーの取扱説明書を確認すること。

バッテリーチェック部にメガーの電圧側プローブ〔LINE〕を接触させるものや、測定用押しボタンを操作するだけのものもある。いずれの場合もバッテリー容量が規定の範囲内にあることを確認する。

②プローブのチェック

接地側クリップ〔EARTH〕と電圧側プローブ〔LINE〕を接続した状態で測定用の押しボタンを操作する。測定結果が０ＭΩであることを確認する。

５．２．２　実際の設備を使用した絶縁抵抗測定

①検電（無電圧確認）

測定する電路のブレーカが開放されていることを確認すると共に、検電器を用いて無電圧を確認する。メガーに付属している電圧計で確認しても良い。

②配線・測定

接地側クリップ〔EARTH〕を接地線の端子にはさみ込む。通常、分電盤自体に接地が取ってあるため、ネジ部のような塗装が施されていない部分でも代用できる。

測定用の押しボタンを引上げ固定（PULL　LOCK）し、電圧側プローブ〔LINE〕を測定する電路に当てる。（電圧側プローブに押しボタンスイッチがついているものは電路にプローブを当てたあとボタンを押すと良い。）

電路が充電されると絶縁抵抗値が安定してくる。このときの値が電路の絶縁抵抗である。

③結果の検証

電気設備技術基準によると絶縁抵抗の値は電圧の区分により表１のとおりとなる。この値は電技で定める最低値であり、通常はこれらの数値より十分大きな値となるはずである。

表 １　低圧電路の絶縁抵抗測定時の判定値

|  |  |
| --- | --- |
| 電路の使用電圧の区分 | 絶縁抵抗値 |
| 対地電圧（非接地式電路は線間の電圧） | 150V以下 | 0.1MΩ以上 |
| 150Vを超え300V以下 | 0.2MΩ以上 |
| 300Vを超えるもの | 0.4MΩ以上 |

５．２．３　メガープラグによるコンセント回路の絶縁抵抗測定【実習８】

ここでは主幹の漏電ブレーカが地絡電流によりトリップした際に、不良である分岐回路を特定するとともに絶縁抵抗を測定する手順を示す。主幹開閉器を開放するため、懐中電灯等のバッテリー式照明器具を準備しておく。

以下にポリテクセンター関東117実習室において、コンセント【ヘ】－分岐回路【Ｆ】にメガープラグを設定し実習をした例を挙げる。

メガープラグ設定者は、図31 コンセント配置図のうち、任意のコンセントにメガープラグを設置する。測定者はどの分岐回路に不良が設定されているかを絶縁抵抗測定によって判別する。

メガープラグ使用例

①不良箇所を設定する

実習場または教室の任意のコンセントにメガープラグを差し込み、設定した旨を測定者に知らせる。

『メガープラグを設置しました。』

②絶縁抵抗測定

５．２．２項の手順に従って絶縁抵抗測定を行う。

・主幹ブレーカを開放し、検電器で無電圧を確認する。

・分岐回路のブレーカも全て開放する。

・接地側クリップ〔EARTH〕をアース端子または分電盤のネジ部等にはさみ込み、押しボタンを引上げ固定。分岐回路用ブレーカの二次側に電圧側プローブ〔LINE〕を順に当てていく。

・メガーの指針が振れたら安定するのを待って値を読み取る。

・メガープラグの設定者に発見した旨を連絡する。

　『絶縁不良の分岐回路【Ｆ】を発見しました。抵抗値0.2MΩです。確認をお願いします。』

③測定状況を確認する。

メガープラグ内部のネオン管が点灯していれば当該分岐回路が測定中であることが分かるので、測定者の呼びかけに応じる。

『コンセント【ヘ】でネオン管の点灯を確認しました。』

④不良箇所判別

・絶縁不良箇所が負荷側か配線側かを確認するため、設定者にプラグを抜くように呼びかける。

 『負荷を外してください。』

⑤不良箇所を取り除く

測定者の呼びかけに対し、メガープラグを取り除く。（または、取り除くフリをする。）

『設定完了しました。』

⑦不良箇所判別について回答

⑤で設定した内容に合った判別結果かどうかを確認する。

『配線側（負荷側）の絶縁不良で正解です。』

⑧不良箇所の切り離し

・負荷側の絶縁不良であれば、負荷を取り除いた後に分岐回路および主幹ブレーカを投入する。

・配線側の絶縁不良であれば、当該分岐回路を除く分岐回路および主幹ブレーカを投入する。

⑥不良個所判別

・抵抗値に変化がなければ、配線側の絶縁不良である。

『絶縁抵抗○○MΩで変化ありません。配線側に問題があるようです。』

・抵抗値が大きくなれば、負荷側の絶縁不良である。

『絶縁抵抗○○MΩに上昇しました。負荷側に問題があるようです。』

測定結果を表にまとめる。〔表２〕

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 表 ２　絶縁抵抗測定結果（例） |  |
| 分岐回路 | 絶縁抵抗値 | 不良個所 | 分岐回路 | 絶縁抵抗値 | 不良個所 |
| 【Ａ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 | 【Ｂ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 |
| 【Ｃ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 | 【Ｄ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 |
| 【Ｅ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 | 【Ｆ】 | ０．２〔ＭΩ〕 | 配線／機器 |
| 【Ｇ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 | 【Ｈ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 |
| 【Ｉ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 | 【Ｊ】 | ∞〔ＭΩ〕 | 配線／機器 |

６．保護協調の確認

下の図は保護協調を確認するための試験回路である。上位にある漏電ブレーカは定格感度電流30mAである。図34は下位に定格感度電流15mAの漏電ブレーカ、図35は下位に定格感度電流100mAの漏電ブレーカを設置している回路である。

それぞれの回路でチラクール１００を接続し、スイッチを〔Meter〕側に倒した後ボリュームを徐々に右に回し、漏電ブレーカをトリップさせる。

図34は保護協調が取れているので、下位の漏電ブレーカがトリップし事故点のみを切り離すことができる。図35は保護協調が取れていないため上位の漏電ブレーカがトリップし、事故点以外の回路に影響を及ぼすことになる（波及）。

７．参考文献

１）2406Eシリーズ 電池式絶縁抵抗計 マニュアル 横河メータ＆インスツルメンツ株式会社

２）写真でトライ　自家用電気設備の測定・試験実務 株式会社オーム社