

太陽光発電 (パワーコンディショナ) の 直流漏電対策に零相変流器 (DC-ZCT) のご使用提案

2021年3月
マグネケミカルテクノ

漏電とは

漏電とは、電気が本来通るべきルートはずれて流れる(漏れる)現象をいいます。

電気は電線・ケーブルなどの電気を通しやすい物質の中を通り流れています。そして、これら電線やケーブルは、外に電気が漏れないようにするために、絶縁という電気を通しにくい物質で覆われています。しかしこの絶縁に傷がついたり、劣化を起こしていたりすると、正常な電気の通り道(電線やケーブルの内)以外にも電気が流れ出てしまいます。これが漏電です。

また、防水性のない電気機器が浸水したり水を浴びたりしても、絶縁機能が衰えて漏電が起こります。さらにトラッキング現象と言って、コンセントとプラグのすき間に大量のホコリが蓄積されて、それが湿気を帯びた場合に漏電し、発火することもあります。コンセントの部分にすすが付着していた場合は要注意です。

そのほかにも電気工事が適切に行われていない場合や、ネズミなどが電気コードをかじったりして漏電する場合があります。また送電機器への塩分付着により絶縁低下あるいは腐食が起こり漏電するケースもあります。

漏電は、電力の損失になるだけでなく、感電や火災といった深刻な事故につながる非常に危険な現象です。

感電とは

感電とは、電線に直接体が触れたり、漏電した電気器具に触れることにより、電気が体内を流れて大地まで流れることをいいます。

電気は電圧の高いところから低いところに流れます。大地の電圧はほぼゼロのため、電圧の高い電気器具から電気が体内を通して大地まで流れてしまうのです。鳥が電線に止まっても、感電しないのは、同じ一本の電線に両足で止まっているためです。電圧の差がないため、電圧が体の中を通ることはありません。

感電の被害の程度は、「電流の大きさ」、「電気が流れた時間」と「人体のどの分に流れたか・経路」によって異なります。

日本の電圧は100Vです。皮膚の抵抗値は約4,000オームですので、この条件で通電電流を計算してみると、 $100 \div 4000 = 0.025\text{A} = 50\text{mA}$ となります。

実際は、足と大地の間の抵抗や衣類による抵抗もあります。一方、水に濡れていると体の電気抵抗は下がります。

電流が流れると、痛みやしびれといった障害を受けたり、電流の大きさによっては死に至ります。特に、10-20mA以上の電流が体内に流れると筋肉が麻痺してしまい、感電箇所から離れられなくなり、長時間電気が流れさらに危険です。

感電による身体の反応(電流値)

1mA: ビリッと感じる。

5mA: かなり痛みを感じる。

10mA: 耐えられないほどビリビリする。

20mA: 筋肉の硬直が激しく、呼吸も困難になる。麻痺して動けなくなる。引き続き流れると死に至ることもある。

50mA: 非常に危険。短時間でも命に危険を及ぼす。

100mA: 致命的。

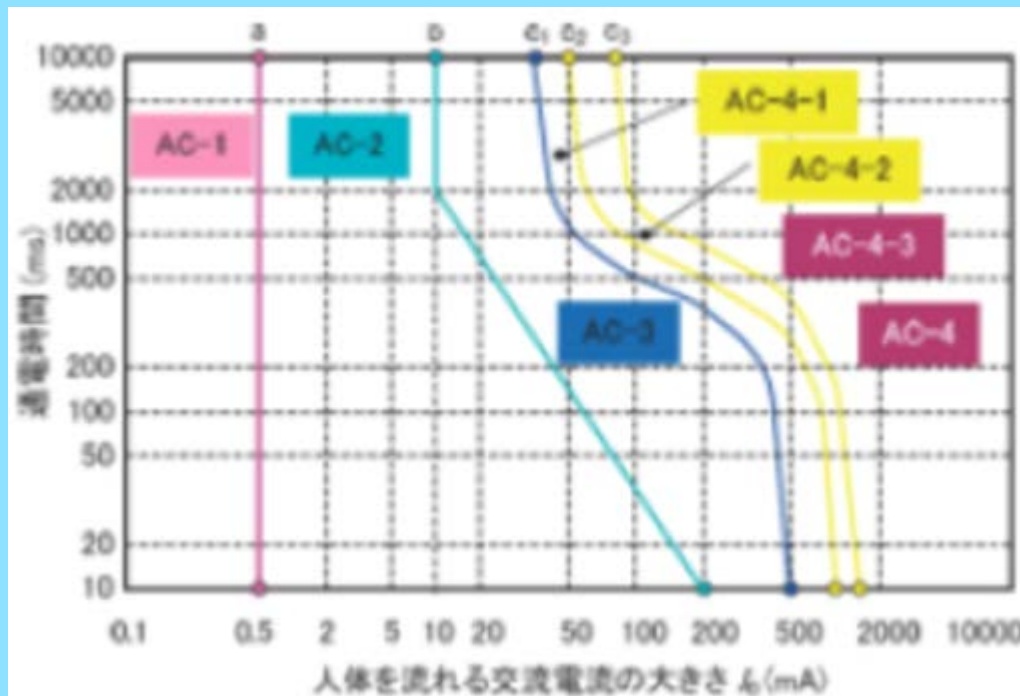
また、直流か交流かでも危険度に差があり、交流による感電は直流に比べると危険度が高くなっています。

漏電遮断器は、配線や電気機器に絶縁の低下(または破壊)が起こって漏電した場合に、早急に電気を遮断し、災害の発生を防いでくれる安全装置です。

一般家庭の電灯盤に設置されている漏電ブレーカーは0.03アンペアの漏電で作動します。これ以上の電流が人体を流れると、生命に危険が及ぶからです。

漏電遮断器の選択は、電気回路の電圧や電流容量(電線の太さ、過電流遮断器の容量など)、電気使用設備の規模に応じて行いましょう。

感電による領域別身体の反応(交流の場合)



領域 生理学的影響

AC-1: 通常無反応

AC-2: 通常有害な生理学的影響なし

AC-3: 電流が2秒以上継続して流れると衝撃性の筋収縮や呼吸困難の可能性がある

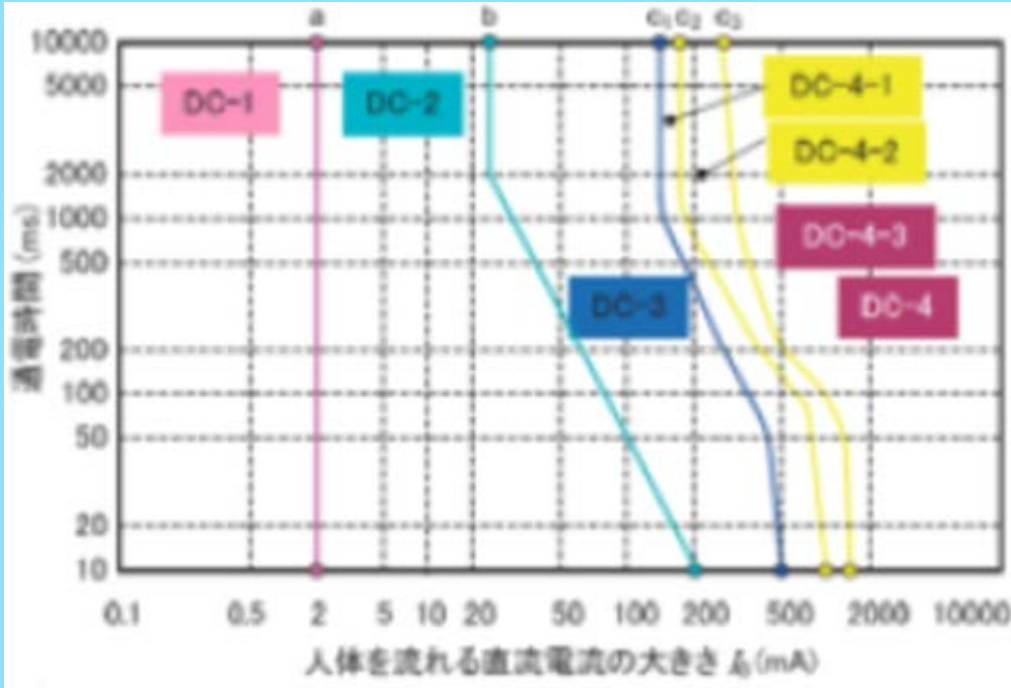
AC-4: 心停止、呼吸停止または重度のやけどといった病理生理学上の危険な症状が引き起こされることがある。

AC-4-1: 心室細胞確率約5%以下

AC-4-2: 約50%以下

AC-4-3: 約50%以上

感電による領域別身体の反応(直流の場合)



領域 生理学的影響

DC-1: 通常無反応、わずかに刺すような傷み

DC-2: 通常有害な生理学的影響なし

DC-3: 心臓に回復可能な障害と伝達障害が起こされることがある

DC-4: 危険な病理生理学上の症状が引き起こされることがある

DC-4-1: 心室細胞確率約5%以下

DC-4-2: 約50%以下

DC-4-3: 約50%以上

太陽光発電の直流電気安全のための設計指針

【設計指針】

電気設備は、感電、火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えるおそれがないように施設しなければならない。

【設計指針 解説】

1. 電気事業者の電力系統に接続される太陽光発電設備は、電気事業法において「電気工作物」とされ、出力50kW未満で電圧600V以下のものは「一般用電気工作物」、出力50kW以下のものは「自家用電気工作物」と区別される(電気事業法第38条)。

太陽光発電設備は、どちらの場合も「電気設備に関する技術基準を定める省令」(電気設備技術基準)に適合するよう維持する必要がある(電気事業法第39条、第56条)。そして、電気設備基準の第4条には「**人体に危害を及ぼし又は物件に損傷を与えないようにすること**」が掲げられている。

※太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報(産業技術総合研究所)より抜粋

絶縁・地絡保護・過電流保護の基本原則

【目的】

太陽光発電システムの地絡要因の火災を未然に防止する。
事故時に他のストリングからの逆電流の流入による事故の拡大を防ぐ。

【設計指針】

1. 地絡故障検出を行うこと。
2. 地絡故障検出を頻繁に行うこと。
3. 地絡を検出した場合、警報を出せること。
4. 地絡電流を検出した場合、当該地絡電流を遮断すること。
5. 地絡位置を特定できる機能をもつことが望ましい。
6. 直流回路は、JIS C8954(太陽電池アレイ用電気回路設計標準)およびJIS C0364-7-712(建築電気設備一第7-712部:特殊設備又は特殊場所に関する要求事項一太陽光発電システム)を参考に設計すること。

国際規格であるIEC62109-2は、絶縁抵抗の測定と零相電流監視の両方を求めている。具体的には、パワーコンディショナ起動前に絶縁抵抗を測定し、その値で太陽電池アレイ電圧を除いた結果が30mA以下であることが求められている。ドイツ規格のDIN V VDE 0126-1-1)は更に厳しく、パワーコンディショナ起動のためには絶縁抵抗500k Ω 以上が必要とされる。

※太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報(産業技術総合研究所)より抜粋

パワーコンディショナの選定

【目的】

パワーコンディショナの最低限の安全性の確保と絶縁性を保持および接続部分の施工性、安全性を高めるため。

【選定指針】

1. 電気安全環境研究所(JET)の認証試験を受けたパワーコンディショナの性能以上を持つ機器を選定すること。
2. 電気配線の施工性に優れたパワーコンディショナを選定すること。
3. 筐体内部の過熱防止機能を有しているパワーコンディショナを選定することが望ましい。
4. 接続箱と一体型のマルチistring方式のパワーコンディショナの場合、回路ごとに直流を遮断できる機能が備えられているパワーコンディショナを選定することが望ましい。
5. 外部からの電気配線を接続する端子台の温度が上昇した場合、直流から交流への変換運転を停止やアラーム表示を行う等の保護機能を持つパワーコンディショナを選定することが望ましい。
6. 主回路入力・出力端子部に圧着端子部を被う感電防止カバーがあることが望ましい。
7. 主回路入力・出力端子部に接続すべき外線の直流・交流・極性指示が見やすく表示してあることが望ましい。

零相変流器(DC-ZCT)の必要性

地絡電流は、パワーコンディショナを通過する零相電流や、接地点から大地への漏洩電流として検出されます。

地絡電流が検出された場合は、これを停止させるため当該検知箇所を遮断しなければなりません。

たとえば、非絶縁型のパワーコンディショナが零相電流を検知した時にパワーコンディショナを停止させることや、接地点から大地に流れる電流が検知された時に接地を切り離すことがこれに該当します。

これは、**事故電流を検知したらそれを遮断する**、という意味ですので、その必要性は明らかです。また、電技解釈第36条にはそれを義務づけた記載があります。

これらをまとめると、地絡火災を防ぐためには、以下①～③を満たすことが望めます。

- ①検出不感帯がないこと。
- ②頻繁に監視ができること。
- ③地絡を検出と同時に地絡箇所を特定できること。

低圧の金属製外箱を有する機械器具に接続する電路に、漏電遮断器等の地絡遮断装置を施設することとしています。

漏電遮断器等の感度については、特に示していませんが、分岐回路に取り付けるものでは不必要な動作を避けるため、電流動作型のものにあっては**定格感度電流が15～50mA程度**のものが一般的に用いられています。

零相変流器(DC-ZCT)のご紹介

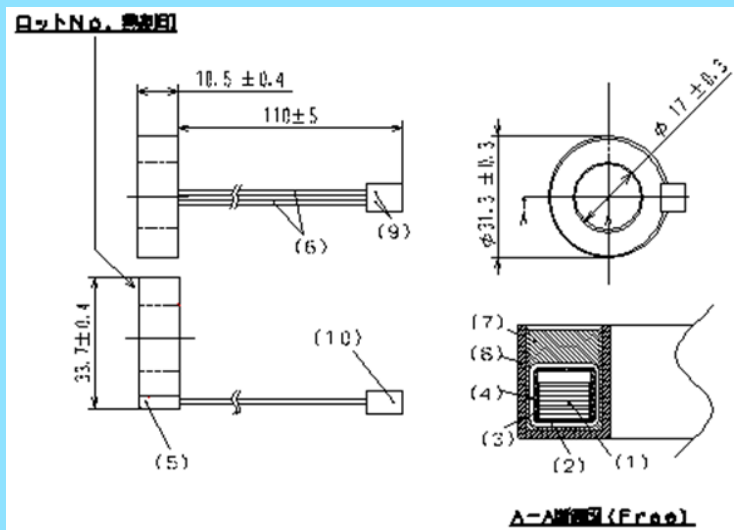
1. 製品名: 零相変流器(弊社品番MR4B)

2. 電気的特性

項目	規格	条件
出力電圧特性	$E_o=280\text{mV} \pm 25\%$	$I_o=100\text{mA}$ T(50Hz/正弦波), R_L =無負荷, at $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
絶縁耐圧	AC2500V*1 min またはAC3000V*3sec	巻線-外装間に印加。
使用温度範囲	$-20 \sim +80[^\circ\text{C}]$	
保存温度範囲	$-20 \sim +45[^\circ\text{C}]$	部品単位での保管・貯蔵は使用上の注意(2)⑤参照の事。

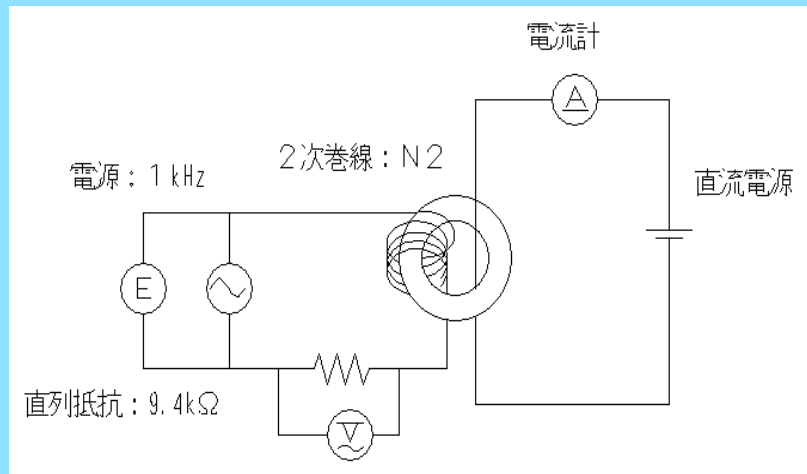
3. 形状・外観

・実用上有害な傷, 汚れ, 異物付着の無いこと。外ケース内のワークが見えるものは良品とする。



番号	部材名	材料名・品名
1	コア	PCパーマロイコア
2	コアケース	PP(GF20%)
3	防振材	シリコンコンパウンド
4	巻線材	1UEW
5	半田	Sn-3Cu-0.25Ni
6	リード線	絶縁電線
7	モールド樹脂	ポリブタジエン樹脂
8	外ケース	PBT(GF30%)
9	コンタクト	りん青銅・金メッキ
10	ハウジング	ナイロン66

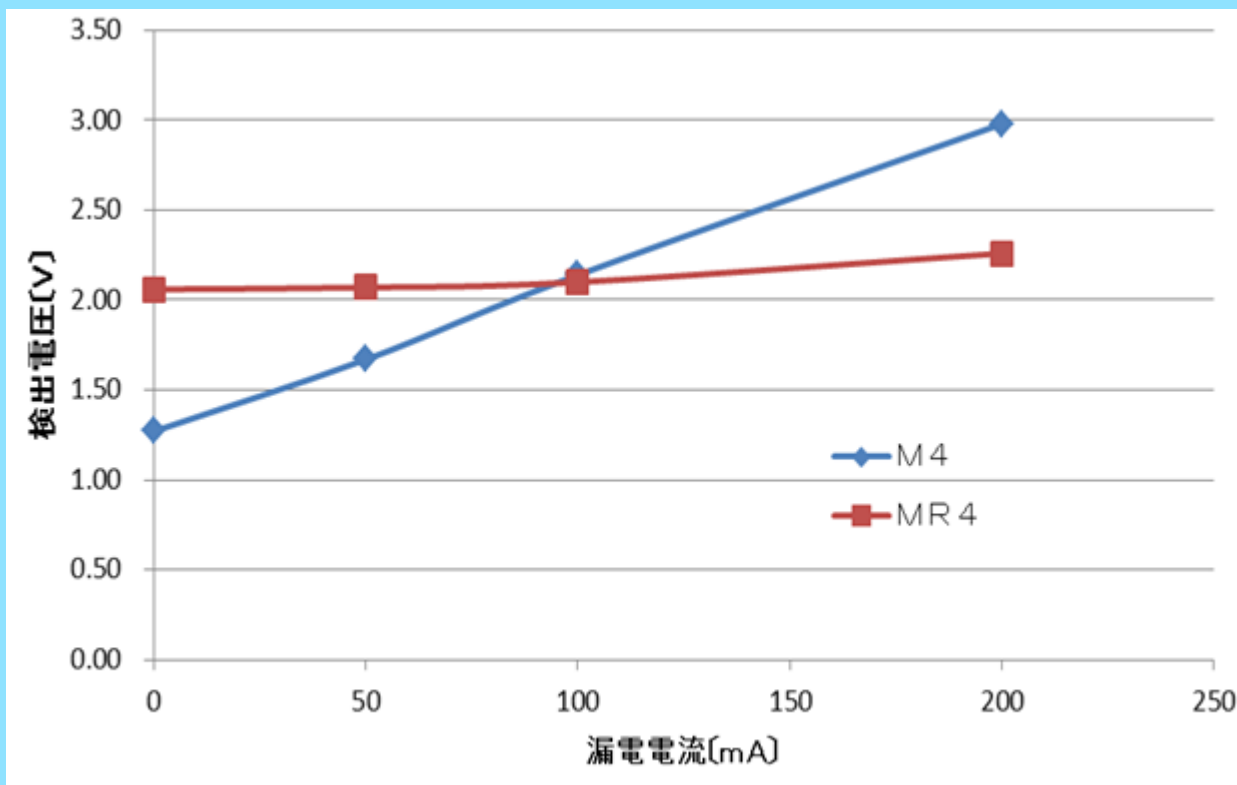
零相変流器を用いた直流の漏電検出



※漏電を検出するセンサは零相変流器(ZCT: Zero phase current transformer)と呼ばれています。

- ・ 変流器は交流でないと動作しません。つまり磁束の変化がないと2次側巻線に誘起電圧はでないのです。磁束変化のある交流用ZCTでは問題ないのですが、磁束変化のない直流電流では検出できません。そこで、回路側に工夫を凝らします。
 - ・ この場合には、**2次側巻線に交流電圧を印加しておきます**。周波数は400Hzとか1kHzが用いられます。
 - ・ **二次巻線にはシリーズに抵抗を挿入しておきます。この抵抗の両端の電圧を測定します**。
- 漏電が無い状態では、コイルのインピーダンスと抵抗のインピーダンスを合成したインピーダンスに反比例する形で電流が流れます。この抵抗には電圧が発生します。ここで**直流の例えば100mAの漏電が起こりますと、ZCTは直流の100mA分偏磁され、インピーダンスが変化します**。偏磁されると透磁率が下がりますのでインピーダンスは小さくなります。抵抗との合成インピーダンスは初期値よりも小さくなりますので、流れる電流は大きくなります。そうすると抵抗部分の電圧は上がります。
- ・ **初期の電圧よりも、漏電した時の電圧は上がりますのでこの差を検出して遮断器を動作させます**。

零相変流器(DC-ZCT)の漏電電流と検出電圧の関係



- 上図に、DC-ZCT用として使われている物の出力電圧の一例を示します。従来製品のMR4と、この感度を大幅に改善したM4のデータを示します。漏電電流に対し、その検出電圧の傾斜が大きくなっているため感度が大幅に改善されたことが分かります。
高感度のM4(DC-ZCT)製品もご提案できます。

<零相変流器(DC-ZCT)のお問合せ先>

マグネケミカルテクノ

〒252-0135

神奈川県相模原市緑区大島3389-4

TEL/FAX 042-762-4920

携帯 090-7288-1222

メール y-ookubo@msi.biglobe.ne.jp

Web Page <https://magutech.jimdofree.com/>