

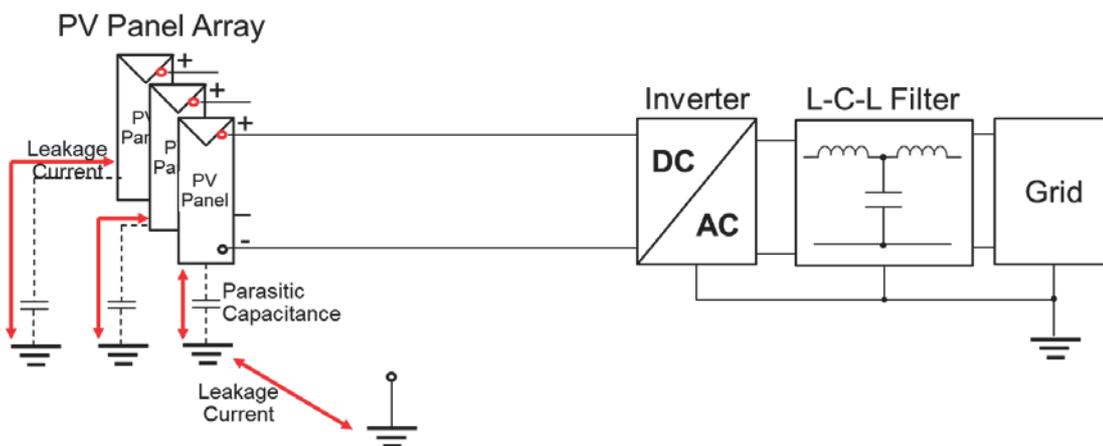
ASSR-601J

太陽光発電（PV）用トランスレス・インバータ・システムにおける太陽電池パネル・アレイの絶縁抵抗測定

はじめに

太陽光発電（PV）用トランスレス・インバータ・システムは、システム・コストの低減、効率の向上、設置および保守の容易さにより、近年普及が進んでいます。一方で通常 PV パネル・アレイは接地されていないため、寄生容量により個々の PV パネルとグラウンドとの間に DC リーク電流が発生することがあり、PV パネルに触れると感電するおそれがあります。図 1 は、この DC リーク電流を示しています。

図 1： PV 用トランスレス・インバータ・システムの非接地 PV パネル・アレイと、寄生容量により個々の PV パネルとグラウンドの間に発生する可能性があるリーク電流



太陽光発電システムに関するもう一つのトレンドは、システムの高電圧化です。過去 10 年間で、従来の 600 Vdc システムに代わり、1000 Vdc インバータを採用するケースがより一般的になりつつあります。理由は単純で、システムの電圧が高いほど、銅線の使用量が少なくなり、システムのコストが下がります。

1000 Vdc 超の PV 用トランスレス・システムの絶縁抵抗測定

太陽光発電 (PV) インバータの経済的側面を強く促すこの 2 つのトレンドを踏まえ、各国安全規格では、1000 Vdc を超える PV 用トランスレス・システムの設置に自動地絡検出システムを装備することが要件として盛り込まれています。

方法の 1 つとして、グランドに対する各パネルの絶縁抵抗測定が挙げられます。この方法では、間接的にリーク電流も測定されます。測定は通常、PV インバータの電源投入前、少なくとも 1 日に 1 ~ 2 回の頻度で行います。1000 Vdc システムの場合、通常の方式では 1 MΩ を超える絶縁抵抗が必要です。測定された絶縁抵抗が、所定のレベルよりも低い場合は、PV システムを安全にシャットダウンするのに十分な早さで、コントローラへフォルト・フィードバック信号を返す必要があります。

ASSR-601J 高電圧ソリッドステート・リレー

絶縁抵抗の測定は 1 日に 1 ~ 2 回しか行われられないため、測定回路には、リレー開 (オフ) 時に PV パネルの定格電圧に耐え続けることができ、かつオフ状態でのリーク電流が非常に少ないリレー・スイッチが必要です。測定中のリレーはオン (閉) 状態です。

オン抵抗は、mA レベルの電流を流すことができる範囲で、十分に小さい必要があります。このリレーはまた、上記の他にも、PV パネル側の出力高電圧と低電圧コントローラ回路に接続する入力側との間に、十分な高電圧絶縁を実現する必要があります。

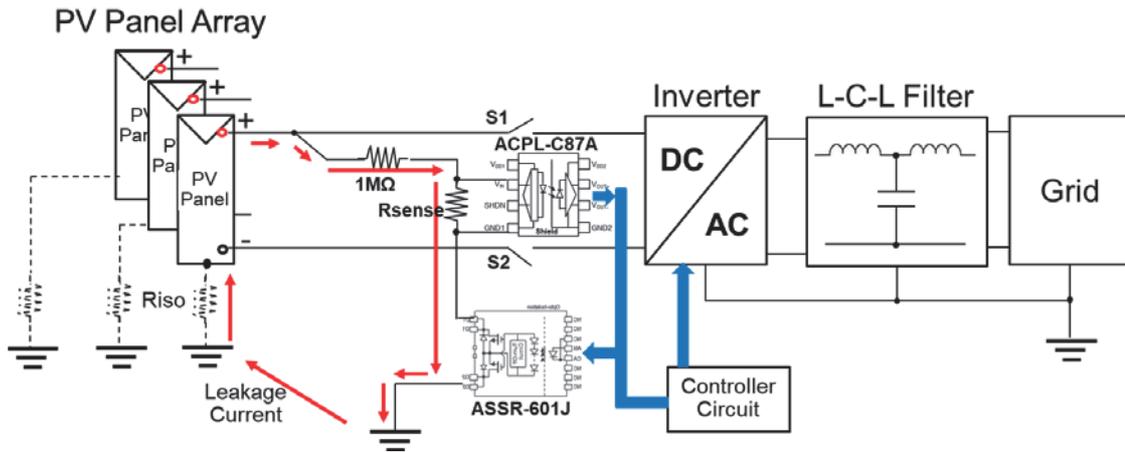
Broadcom® ASSR-601J は、このような要件に適した光学絶縁型高電圧ソリッドステート・リレーであり、以下の特長を備えています。

- オフ状態 (開)
 - 連続出力耐電圧：最大 1200 Vdc¹
 - 最小ブレイクダウン電圧：1500 Vdc
 - 最大リーク電流 1 μA (1000 Vdc)、 $T_A = -40\text{ °C} \sim +105\text{ °C}$
- オン状態 (閉)
 - 負荷電流：最大 10 mA を推奨
 - オン抵抗：最大 250Ω ($I_0 = 10\text{ mA}$)

また、ASSR-601J は、IEC 60747-5-5 規格準拠の最大動作絶縁電圧 (V_{iorm}) 1414 V_{peak}、UL1577 規格準拠 5000 V_{rms} 1 分間の瞬時絶縁耐電圧 (V_{iso}) により、入出力間絶縁部品の安全規格認証を取得しています。

1. 「ASSR-601J Data Sheet」に記載の推奨連続出力耐電圧は 1000 Vdc ですが、認定試験では 1200 Vdc が適用されます (故障なし)。

図 2： ASSR-601J 高電圧ソリッドステート・リレーおよび ACPL-C87A を使用した絶縁抵抗測定回路によるリーク電流の検出

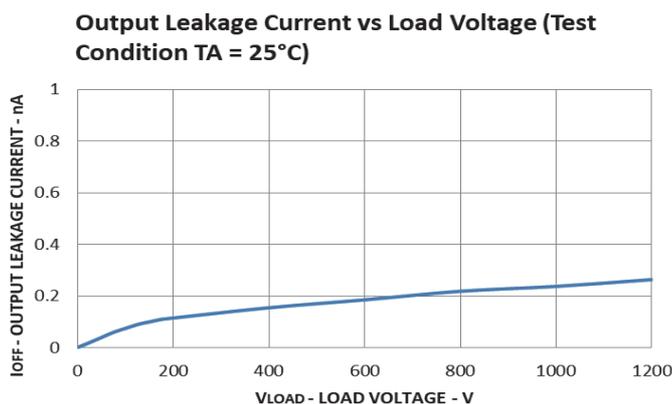


PV パネルの絶縁抵抗測定回路の例を 図 2 に示します。晴天時の個々の PV パネルの定格電圧を 1000 Vdc と想定すると、記録される良好な絶縁抵抗は 2 MΩ、不良な絶縁抵抗は 100 kΩ です。リーク電流は、Rsense により、ACPL-C87A 光絶縁型電圧センサへの入力電圧として変換されます。ACPL-C87A のリニア入力電圧範囲は 0V ~ 2V であり、mA レベルの電流を検出するために、この応用例では Rsense が 2 kΩ に設定されていると想定しています。Rsense << Riso のため、以下の計算では Rsense を無視することができます。

- 良好な絶縁抵抗の例 Riso = 2 MΩ
リーク電流 = $1000 \text{ Vdc} / (1 \text{ M}\Omega + 2 \text{ M}\Omega) = 0.3 \text{ mA}$ 。ACPL-C87A の入力電圧は $V_{in} = 0.3 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = 0.6 \text{ V}$ と記録されます。
- 不良な絶縁抵抗の例 Riso = 100 kΩ
リーク電流 = $1000 \text{ Vdc} / (1 \text{ M}\Omega + 100 \text{ k}\Omega) = 0.9 \text{ mA}$ 。ACPL-C87A の入力電圧は $V_{in} = 0.9 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = 1.8 \text{ V}$ と記録されます。

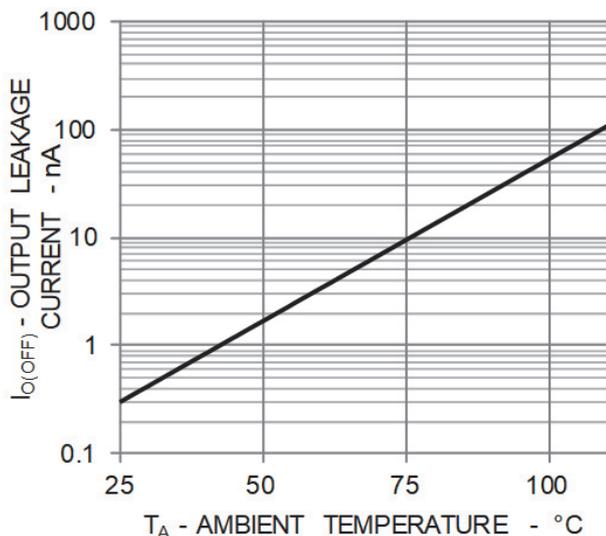
場合によっては、定格 1000V の PV パネルが最大日照下にあると、出力電圧に 1100 Vdc もの高いサージが生じることもあります。この状態で ASSR-601J がオフ状態の場合、リーク電流は 1 μA 未満になります。図 3 は室温における、負荷電圧最大 1200 Vdc までの標準的なリーク電流特性で、「ASSR-601J Data Sheet」の図 5 (7 ページ) を基にしています。

図 3： 室温下での出力リーク電流と負荷電圧 (最大 1200 Vdc) 特性



1200 Vdc で測定されたリーク電流は 1000 Vdc で測定されたリーク電流をわずかに上回るだけなので、 $T_A = 110\text{ }^\circ\text{C}$ 、負荷電圧 1200 Vdc でのリーク電流を予測するリファレンスとして「ASSR-601J Data Sheet」の図 4（7 ページ）を使用することができます。図 4 を見ると、リーク電流は明らかに $1\text{ }\mu\text{A}$ 未満になると見られます。

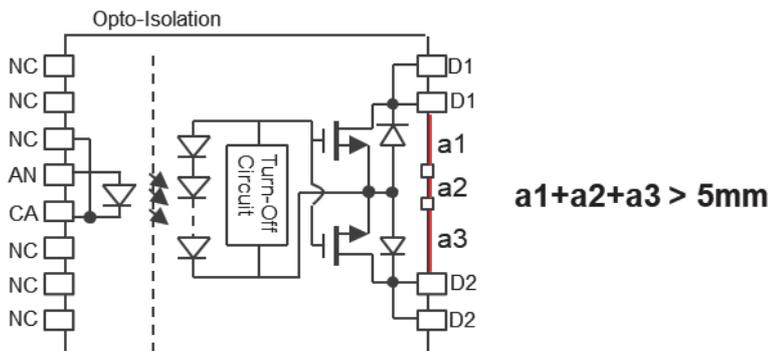
図 4：「ASSR-601J Data Sheet」の図 4（7 ページ）が示す、負荷電圧 1000 Vdc での出力リーク電流の周囲温度特性



機能絶縁

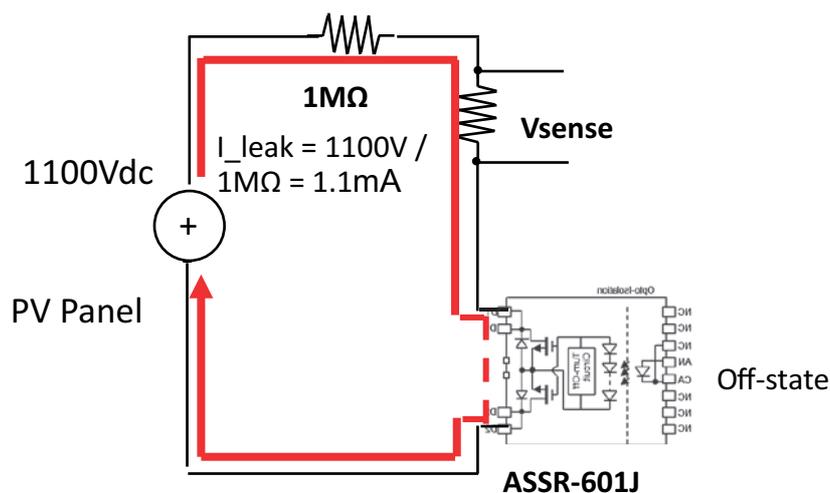
ASSR-601J の出力ピンは、最小沿面距離が 5 mm になるように設計されています。この距離により、ASSR-601J はオプションで最大 1000 Vdc の出力機能絶縁を提供します。これは、システム標準によりリーク電流を特定の仕様値（オフ状態で $< 2\text{ mA}$ など）に制限する機能絶縁が必要な場合に有用です。

図 5：出力ピンの総沿面距離 ($a1+a2+a3$) は最小 5 mm



出力ピンの電圧が 1000 Vdc を超える場合は、最小で 5 mm の沿面距離でも不十分なことがあります。電圧が高いと、出力ピン間のパッケージ側面に沿ってクリープが生じる可能性があります。その場合は、ASSR-601J と直列に $1\text{ M}\Omega$ の抵抗を配置すると、ASSR-601J の出力ピン間の沿面距離 5 mm に代わる機能絶縁を実現できます。これについては、図 6 で図解しています。

図 6 : ASSR-601J と 1 MΩ の直列抵抗による機能絶縁



まとめ

PV インバータを使用する場合の高電圧系には PV パネル - グランド間に安全な絶縁抵抗が必要です。1 MΩ に満たない不十分な絶縁は大きなリーク電流（およそ 1 mA）を生じさせ、システムの破損のみならず人的傷害にもつながります。

Broadcom の新たな 1500V 高電圧 1 Form A ソリッドステート・リレー (SSR) スイッチは、高い信頼性と高速応答時間 (0.5 ms 未満) を提供します。この産業機器向け SSR は、1 μA 未満の極めて低いリーク電流を実現しています。

参考資料

ASSR-601J High Voltage, 1Form A, Solid State Relay (MOSFET), ASSR-601J-DS101 Data Sheet, Dec 5, 2017

ACPL-C87B, ACPL-C87A, ACPL-C870 Precision Optically Isolated Voltage Sensor, AV02-3563EN Data Sheet, Dec 18, 2017

Broadcom、パルス・ロゴ、Connecting everything、Avago Technologies、Avago、および A ロゴは、アメリカ合衆国、他の国々および / または EU における Broadcom および / または関連会社の商標です。

Copyright © 2019 Broadcom. All Rights Reserved.

用語「Broadcom」は、Broadcom Inc. および / またはその子会社を指します。詳細は、www.broadcom.com をご覧ください。

Broadcom は、信頼性、機能または設計を改善するために、本書の製品またはデータを通知なしに変更する権利を留保します。Broadcom によって提供される情報の正確さと信頼性には細心の注意を払っています。しかしながら、Broadcom は、この情報の適用または使用、あるいは本書に記載された製品または回路の適用または使用から生じるいかなる責任も負わず、特許権や他の権利によるいかなるライセンスも譲渡しません。