

超絶縁計 SM7110/SM7120/SM7420

鳴澤 知弘^{*1}

要 旨

超絶縁計 SM7110/SM7120/SM7420は、内部に高精度電流計と低ノイズ電圧源を持った絶縁抵抗測定器である(SM7420は高精度電流計のみ)。ノイズに強い高安定測定を実現し、抵抗値が比較的高い絶縁物などの抵抗を測定できる。ここに、製品の機能、特長、構成などについて解説する。

1. はじめに

情報化が進む現在、スマートフォンやタブレットなどの情報機器、車載用機器、および電子機器には積層セラミックコンデンサ(Multi Layer Ceramic Capacitor, MLCC)やコモンモードフィルタなどが数多く使われており、それらの生産量は増加傾向にある。コンデンサなどの電子部品の絶縁抵抗測定は、従来は良否判定をすることが目的であったため高速測定の要求が大きかったが、最近ではすべてのデータを取得・管理し生産工程にフィードバックするように変化してきている。したがって、高速測定に加えデータの再現性が求められるようになった。

また、車載用部品はユニットの高電圧化に伴って部品自体も定格電圧が高くなる傾向にある。そのため、部品検査における絶縁抵抗試験でも従来の印加電圧 1000 V では対応できない部品が増えてきており、検査要求も増えている。これらの要求に対応すべく、超絶縁計 SM7110 シリーズを開発した。

2. 特長

超絶縁計 SM7110 シリーズの機能・特長は以下のとおりである。

2.1 微少電流測定

20 pA レンジから 2 mA レンジ(表示分解能は 6 桁)まで広範囲に測定でき、さまざまな用途に使用できる。

2.2 印加電圧 2000 V 発生(SM7120 のみ)

バリスタや車載用コンデンサなどでは高耐圧化が進み、1000 V を超える電圧での検査要求が増えている。そこで、SM7120 では最大 2000 V の電圧を印加できるようにした。



SM7120 の外観

2.3 高速測定

コンタクトチェックを含めた測定時間は、従来製品比約 1/2 の 6.7 ms とした。さらに SM7420 は 4 チャンネルを同時に測定できるため、生産性を大幅に向上した。

2.4 高安定測定

フローティング回路とトライアキシャルコネクタの組み合わせにより、電源ノイズや外来ノイズに対する安定度が大きく向上した。これにより測定値のばらつきは、通常の使用環境では従来製品の 1/60、ノイズ環境下では従来製品の 1/300 に改善された。

2.5 コンタクトチェック機能

絶縁抵抗測定では、測定端子と DUT (Device Under Test)間のコンタクトに不良が生じると測定値が高く表示されるため、不良品を良品と判定するおそれがある。そのため、コンタクトをチェックする機能は非常に重要であり、SM7110 では従来製品よりもコンタクトチェック機能を充実した。

(1) 微少容量に対応

コモンモードフィルタのような微少容量部品の絶縁抵抗測定に対応するため、コンタクトチェックの判定基準を 0.1 pF から可能とした。

^{*1} 技術2部 技術2課

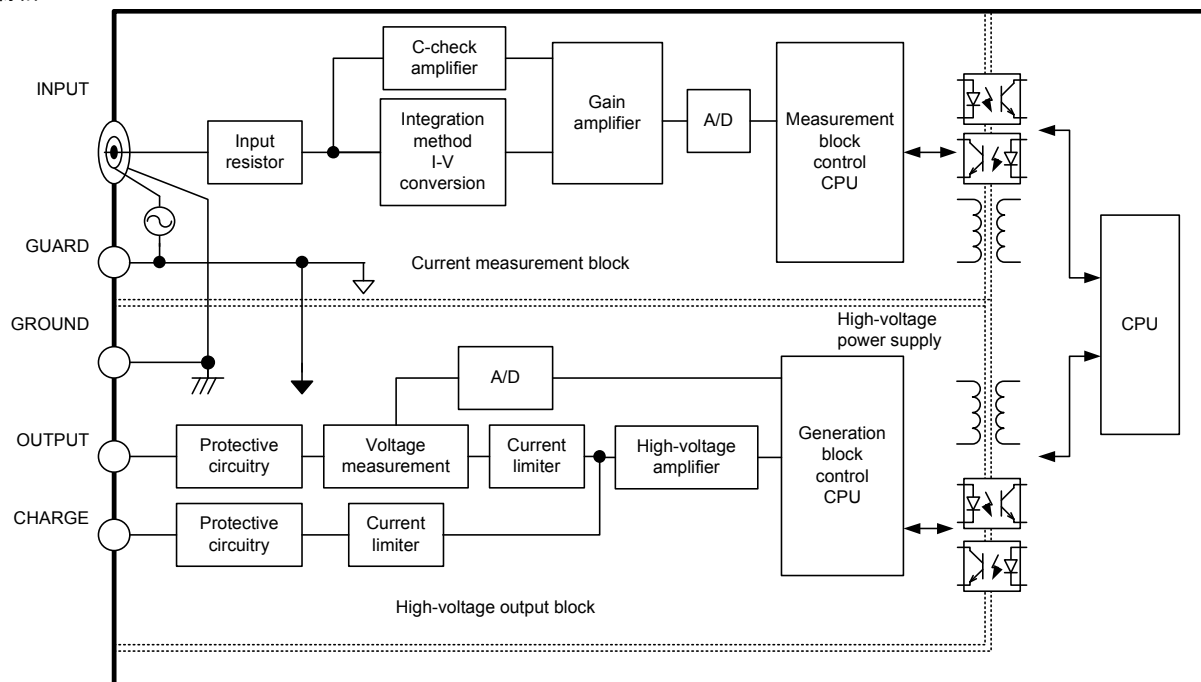


図 1 ブロック図(アナログ回路)

(2) 干渉の影響低減

多チャンネルでの測定や他の設備と混在での測定において、他の信号との干渉によって誤判定しないように、コンタクトチェック信号を 245 kHz と 300 kHz とから選択できる。

(3) ケーブル長補正機能

測定ケーブルのケーブル長を自動で測定する機能を搭載した。システムに組み込んで使用している場合、構成を変更して測定ケーブルの長さが変わると、その影響によりコンタクトチェック測定値が変化する。従来はシステム構成を変更してケーブル長が変わった場合は再調整が必要であったが、これを不要としシステム構成を自由に変更できる。

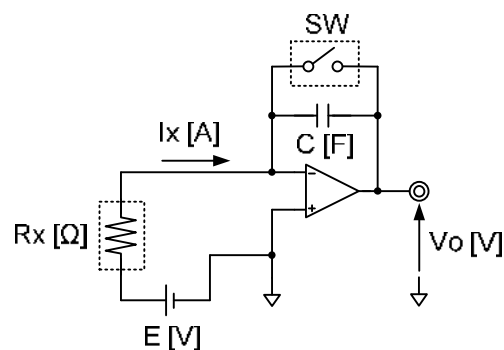


図 2 電流測定部回路

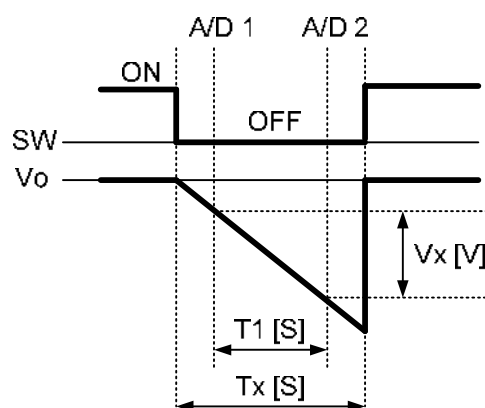


図 3 電流測定 動作例

3. 構成

3.1 電圧発生部

図 1 にアナログ回路のブロック図を示す。電圧発生部は、高電圧を発生する高圧電源、設定された電圧を定電圧化する高圧アンプ、および出力電流を制限する定電流回路から構成されている。また、発生電圧を高確度でモニタするための電圧モニタ回路を搭載している。高圧電源は、1000 V を超える電圧を発生する。それにもかかわらず、限られた筐体サイズに収めるために小型軽量である必要があり、さらに主電源回路を小型にするために高効率である必要もある。これを実現するために高圧電源にはスイッチング

方式を採用した。スイッチング電源の制御方式は従来のアナログ制御方式からデジタル制御方式とし、負荷の状態に応じた高効率なスイッチング制御を行っている。

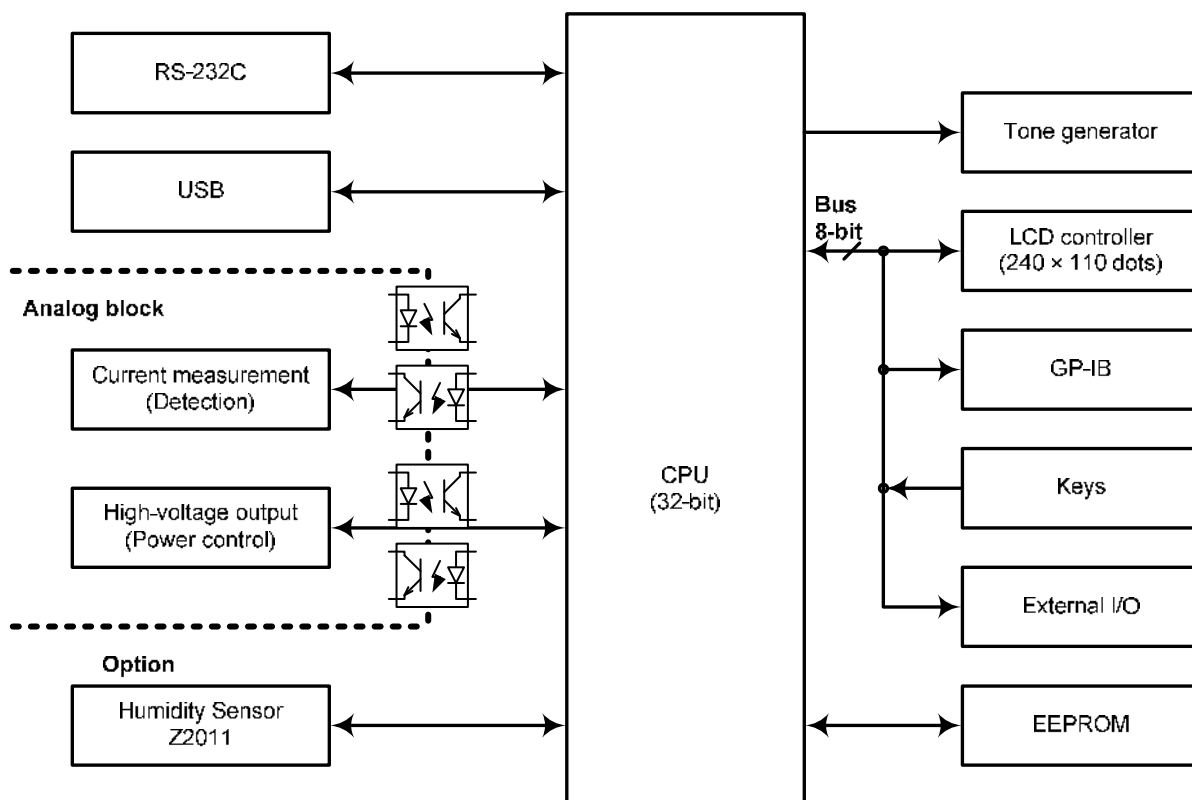


図 4 ブロック図(デジタル回路)

3.2 電流測定部

電流測定回路に積分方式を採用している。図 2 と図 3 に積分方式による測定例を示す。測定を開始すると、スイッチ SW を開き積分時間 T_x の期間フィードバックコンデンサ C に電流 I_x が流れ、C を充電する。その電圧を測定し電流に変換する。

増幅回路の出力に発生する電圧は式(1)により求められる。

$$V_x = -I_x \times T1/C \dots\dots\dots (1)$$

実際に演算で使用する積分時間は $T1$ となる。これは安定した測定を実現するためスイッチ SW を切り替えてから一定の待機時間を設けている。この電圧が後段の CPU で処理される。

3.3 コンタクトチェック部

電圧発生部にはコンタクトチェック用の交流信号源がある。コンタクトチェックを実行すると直流出力電圧に交流信号を重畳させ、DUT に印加する。DUT の交流インピーダンスの大きさに応じて交流信号が検出され、あらかじめ DUT を接続しない状態で測定したオープン値と、DUT を接続した状態で測定した

値とを比較する。その差が大きければ DUT と測定端子とが正常にコンタクトしていると判断される。

3.4 デジタル部

図 4 にデジタル回路のブロック図を示す。メイン CPU には 32 ビット RISC (Reduced Instruction Set Computer) CPU を採用した。メイン CPU でユーザインタフェースの制御、通信、および外部制御を行っている。電圧発生および計測・演算を高速に行うため、電圧発生基板と検出基板のそれぞれに CPU を搭載し各基板でその制御を行うような構成とした。SM7420 は計測 4 チャンネルモデルであるため 1 チャンネルの検出基板を 4 枚実装し、全基板の同期をとりながら計測している。

3.5 ソフトウェア

(1) 自動アベレージ機能

充電電流の過渡応答時や接触が不安定でばらつきが大きいなどの変動があった場合、その影響により測定値が安定するまでに時間がかかるという問題があった。そこで、SM7110 シリーズには測定値の変化量に応じて平均値を求める測定値の数が自動で変更される自動アベレージ機能を搭載した。自動アベ

超絶縁計 SM7110/SM7120/SM7420

レンジ機能は、平均値を演算する際にデータ数を徐々に増やして、測定値に突発的な変化があった際にはそれまでに取得したデータを破棄し、再度データを取得して平均値を演算する機能である。これにより、測定値が安定するまでに時間を要するような特性を持つ DUT もばらつきを抑えて測定できる。

(2) 電極定数自動入力機能

SM7110 シリーズは JIS などの規格に準拠した電極を使用し、測定した抵抗値から表面抵抗率と体積抵抗率を求めることができる。それらを求めるためにはあらかじめ電極の定数を設定しておく必要があるが、従来の超絶縁計では主電極の直径、対電極の内径などの各定数を数値で入力するしか手段が無かった。SM7110 シリーズでは使用する電極の定数を簡単に設定する機能として電極定数の自動入力機能を搭載した。図 5 に設定画面を示す。

この機能を使用すると、使用する電極の形名を選択するだけで、あらかじめ登録されている電極定数を自動で設定できる。これにより定数を簡単かつ正確に入力できるようになった。なお、SM7110 シリーズにはオプションとして販売している 5 種類の電極の定数があらかじめ登録されている。

3.6 トライアキシャルコネクタ

従来製品の DSM シリーズは測定端子が同軸構造となっており、中心導体は測定入力、外部導体は Guard に接続されている。この構造では、高抵抗を測定する場合、外来ノイズの影響を受け測定値が安定しない問題があった。そこで、SM7110 シリーズでは測定端子に当社独自の大口径トライアキシャルコネクタ(3 同軸構造)を採用した(図 6)。Guard の外側にもう 1 つの導体を設け Ground に接続する構造により、測定値のばらつきを大幅に低減した。また、2000 V 出力に対応するため、安全も確保した。

4. 性能

4.1 電流測定リニア特性

図 7 に電流測定リニア特性を示す。レンジの全入力レベルにおいて誤差が小さく抑えられている。

4.2 電圧発生リニア特性

図 8 に電圧発生リニア特性を示す。0.1 V から 2000 V まで確度仕様に対して十分余裕のある出力特性としている。

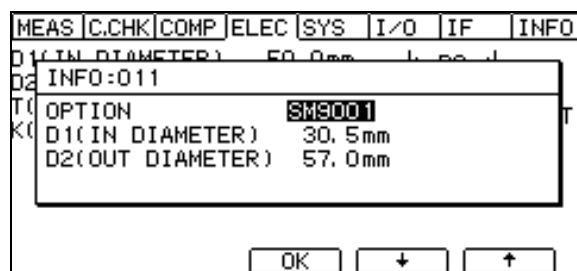


図 5 電極定数設定画面

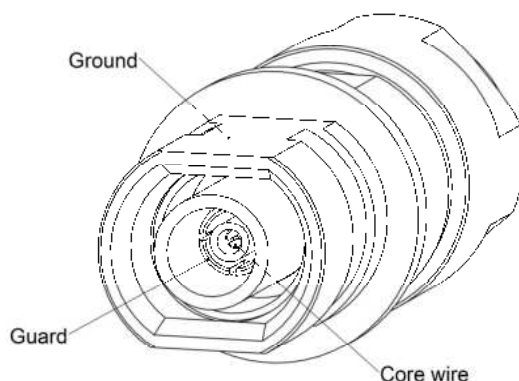


図 6 トライアキシャルコネクタの構造

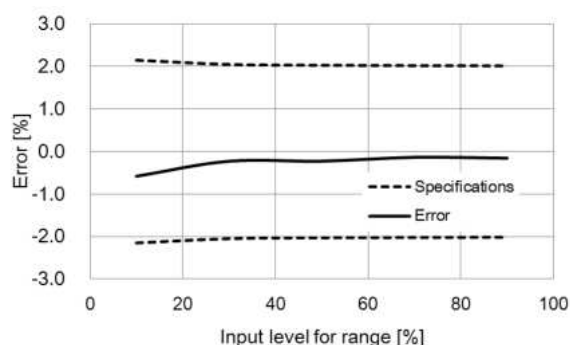


図 7 電流測定リニア特性

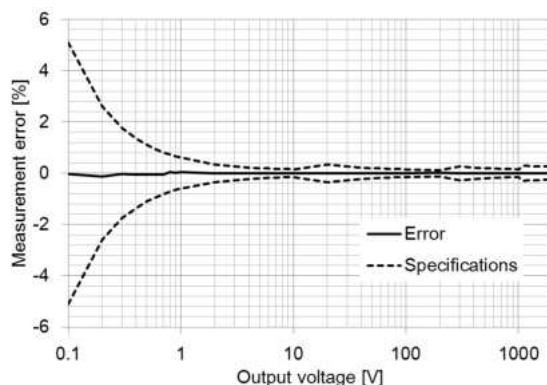


図 8 電圧発生リニア特性

4.3 コンタクトチェックリニア特性

図 9 にコンタクトチェックのリニア特性を示す。1 pF 以下の容量に対しても正確に測定できている。

4.4 耐ノイズ性

図 10 に耐ノイズ性を示す。10 pA 測定時の繰り返し精度は従来製品の DSM シリーズと比べ大幅に向上している。

4.5 測定値のばらつき

図 11 に 100 GΩ測定時の測定値のばらつきを示す。100 GΩ測定においてばらつきは±10 MΩの範囲内と非常に小さく抑えられている。

5. おわりに

SM7110 シリーズは高速かつ高安定を実現した超絶縁計である。高耐圧化が進む MLCC をはじめとする電子部品や素材材料などの研究開発から生産ラインにおける高抵抗測定シーンで、幅広く使用されることを期待する。

西村 宏太^{*2}，春原 雅志^{*2}，村上 貴浩^{*2}，
齊藤 誠^{*3}

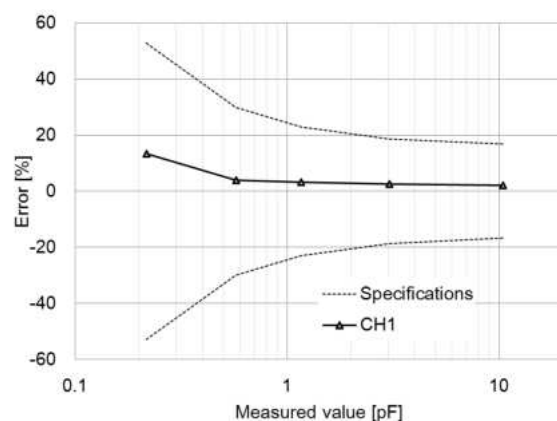


図 9 コンタクトチェックのリニア特性

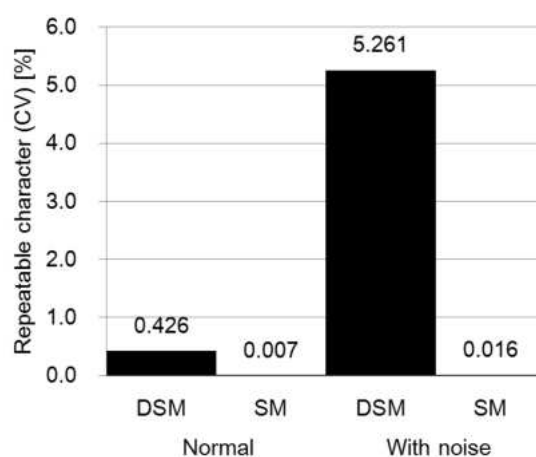


図 10 10 pA 測定時の繰り返し精度
(1 V 印加, SLOW2 設定)

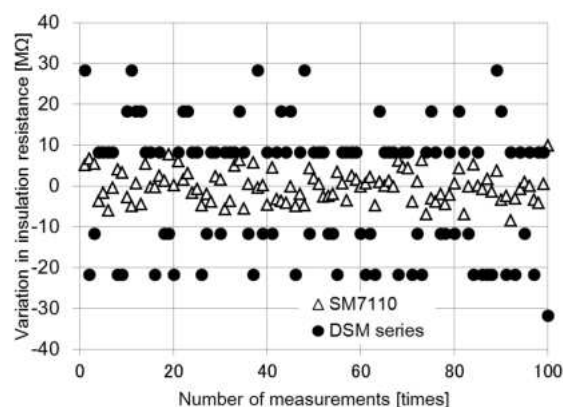


図 11 100 GΩ測定時の測定値のばらつき
(100 V 印加, SLOW2 設定)

*2 技術2部 技術2課

*3 技術4部 技術10課

超絶縁計 SM7110/SM7120/SM7420