

超縮小模擬配電システムを用いた PV インバータ試験装置の開発

学生員 中村 祐介 (東京農工大学) 非会員 小泉 裕孝 (東京農工大学)
 正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

Development of test equipment for PV inverters
 with ultra scaled-down distribution grid

Yusuke Nakamura, Student Member, (TUAT), Hirotaka Koizumi, Non-member, (TUAT),
 Kosuke Kurokawa, Member, (TUAT)

1. まえがき

近年、一般家庭を中心に系統連系される太陽光発電(以下、PV)システムが急速に普及しており、将来的には一本の配電線に PV システムが多数台連系される可能性がある。PV システムを電力系統に接続する場合、設置前に単独運転防止機能や電力系統保護機能などの安全機能を試験する必要がある。直接的な試験としては実規模の独立した模擬配電システムを用いればよいが、これは大規模な設備になるため大学や研究機関の実験室に設置することは現実的でない。このため当研究室では配電システムをインピーダンス変換によって縮小した等価回路を、受動素子で置き換えたシミュレータを開発した⁽¹⁾。しかしこのシミュレータも設置面積が大きく、コストも高額である。また、多数台連系試験に適用するために試験装置を拡張させると設置面積が数十 m² 程度にもなり、拡張することは容易でない。そこで当研究室では、シミュレータを電子回路で構成することにより、大きさやコスト、拡張性にメリットがある新しい配電システムシミュレータの開発を行ってきた⁽²⁾。

本稿では超縮小模擬配電システムシミュレータのモデルを提案し、試作を行ったので報告する。

2. 超縮小模擬配電システムシミュレータ

<2.1> 構成 シミュレータの構成を図 1 に示す。

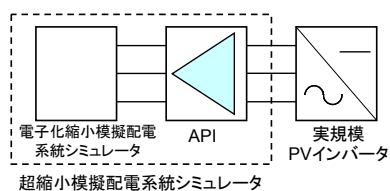


図 1 超縮小模擬配電システムシミュレータの基本構成

Fig 1. Composition of ultra scaled-down distribution grid simulator.

提案したシミュレータは電子回路で作成された電子化縮小模擬配電システムシミュレータと API から構成され、API の片端に実規模の PV インバータが接続される構成とする。電子化縮小模擬配電システムシミュレータは配電システムをインピーダンス変換によって縮小し、抵抗成分と容量成分は受動素子によって置き換える。誘導成分は特性が複雑であるため、オペアンプなどの電子回路によって模擬する⁽³⁾。

<2.2> モデル 図 2 に超縮小模擬配電システムのモデルを示す。日本の平均的な配電線の線路定数等のデータ⁽⁴⁾を使用し、柱上変圧器から低圧需要家までをモデル化する。

モデルは 30kVA の柱上変圧器を 10VA に縮小し、電圧を単相 3 線式 100/200V から 5/10V に縮小した。このスケールリングファクターに基づいて、変圧器容量、線路や負荷のインピーダンス、PV システム容量を決定する。

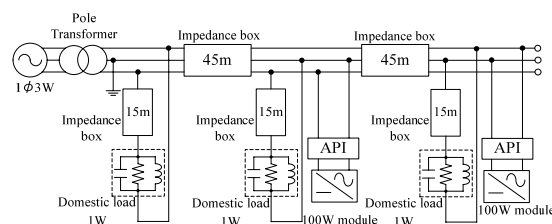


図 2 超縮小模擬配電システムシミュレータのモデル図

Fig 2. The model of ultra scaled-down distribution grid simulator.

<2.3> API API のブロック図を図 3 に示し、仕様を表 1 に示す。API (Active Power interface)⁽⁵⁾は、電力レベルの異なる機器の等価的な接続を可能にするインターフェースである。API はインバータ側(端子 2 側)の電流、電圧を忠実に 1/M, 1/N 倍させた電流、電圧を系統側(端子 1 側)の電流、電圧とし、これと同時にインバータ側の電流、電圧を忠実に M, N 倍した電流、電圧を系統側の電流、電圧とする。

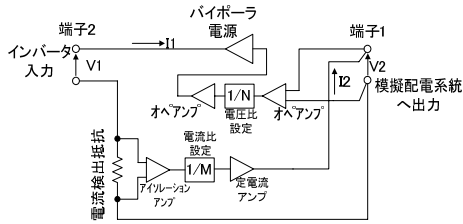


図3 APIのブロック図

Fig. 3 Composition of API.

表 1.API の仕様

Table.1 Specifications of API

電圧比	電流比	電力比	最大インバータ電圧	最大容量
1/60~1	1/40~1	1/2400~1	230V	約120W

3. 試作

<3・1> 超縮小模擬配電系統シミュレータ 超縮小模擬配電系統シミュレータの試作を行った。シミュレータの仕様を表 2 に示し、設置状況を図 4 に示す。シミュレータ内の各模擬装置はそれぞれユニットとして構成されているため、自由に結線することができ、任意の試験回路を構成できる。API は 2 ユニット試作し、最大 2 台の PV インバータの並列試験が可能である。ただし API の容量は 120W 程度であるため、供試インバータは AC モジュール用 PV インバータとする。模擬負荷は抵抗負荷、誘導性負荷、容量性負荷の組み合わせにより、有効電力と無効電力を様々に変化させることができる。

表 2.シミュレータの仕様

Table.2 Specifications of simulator.

	シミュレータ	実スケール	備考
最大電圧	10V	200V	
低圧配電線	抵抗成分	0.1~1 [Ω]	0.1[Ω]ステップで可変
	誘導成分	0.01~1 [Ω]	0.01[Ω]ステップで可変
引込み線	0.3~0.01 [Ω]	2.3~0.10 [Ω]	15m相当
負荷レンジ	抵抗負荷	10~1.1k [Ω]	1.3~147 [Ω]
	誘導性負荷	0.05~20 [H]	6.67~2667 [mH]
	容量性負荷	1~150 [μF]	7.5~1125 [μF]
最大消費有効電力	2.5 [W]	7500 [W]	
最大消費無効電力	6.5 [Var]	19500 [Var]	
力率	遅れ0.53~進み0.42		

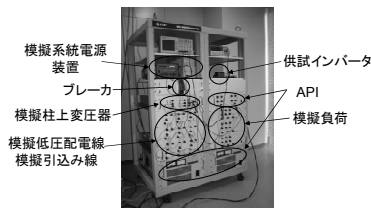


図 4. 超縮小模擬配電系統シミュレータの設置状況

Fig. 4 Installation situation of experiment equipment.

<3・2> PV インバータの単独運転実験 試作したシミュレータにより、PV インバータの単独運転を発生させる実験を行った。実験回路を図 5 に示す。

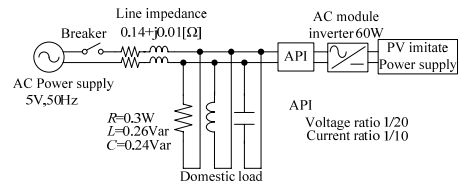


図 5. 単独運転試験回路図

Fig.5 The circuit of islanding test.

実験はブレーカを開放することでシステムの停電を模擬し、インバータの挙動を観測した。単独運転時の波形を図 6 に示す。ブレーカを開放した直後に系統から負荷に流れる電流が停止し、停電が模擬されていることがわかる。しかしインバータは停止することなく動作し続け、単独運転状態となっている。

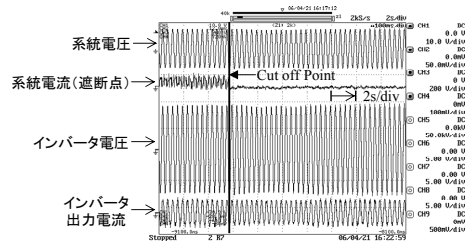


図 6 単独運転波形

Fig.6 Behavior of inverter in islanding.

4. まとめ

PV システムの多数台連系試験を目的とした、超縮小模擬配電系統シミュレータを電子回路によって構成し、試作を行った。設計したシミュレータの利点を以下に挙げる。

- ・ 従来の試験装置より安価で省スペースである
- ・ 試験装置の拡張が容易である
- ・ 一定条件下における繰り返し実験が可能である
- ・ 任意の試験回路を構成できる

今後は API の高周波特性等を慎重に検証した後、多数台システムへの拡張を計る。

なお、本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の革新次世代太陽光発電システム研究開発、自律度向上型太陽光発電システム先導研究開発の一環として実施された。

文 献

- (1) Y.Noda et al. "The deployment of a scaled-down simulator for distribution grid and its application for verifying interference behavior among a number of module integrated converters(MIC)", 29th IEEE PVSC, May 2002, pp.1545-1548
- (2) K.Takeuchi et al. "Development of ultra scaled down network simulator for testing PV inverters", 14th PVSEC, Jan. 2004, pp.799-800
- (3) Y. Nakamura et al. "Performance Assessment with Different Inductance Model in the ultra scaled-down distribution grid simulator", 20th EU PVSEC, June 2005, pp.2798-2801
- (4) 平成 9 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書「太陽光発電システム実用化技術開発(高密度連系技術の研究)」(1998)
- (5) K.Takeuchi, et al. "A new type of scaled-down network simulator composed of power electronics", in Proc. WCPEC-3, May 2003, pp.2039-2042 vol.2