



PLECS *DEMO MODEL*

Microgrid in Island Operation

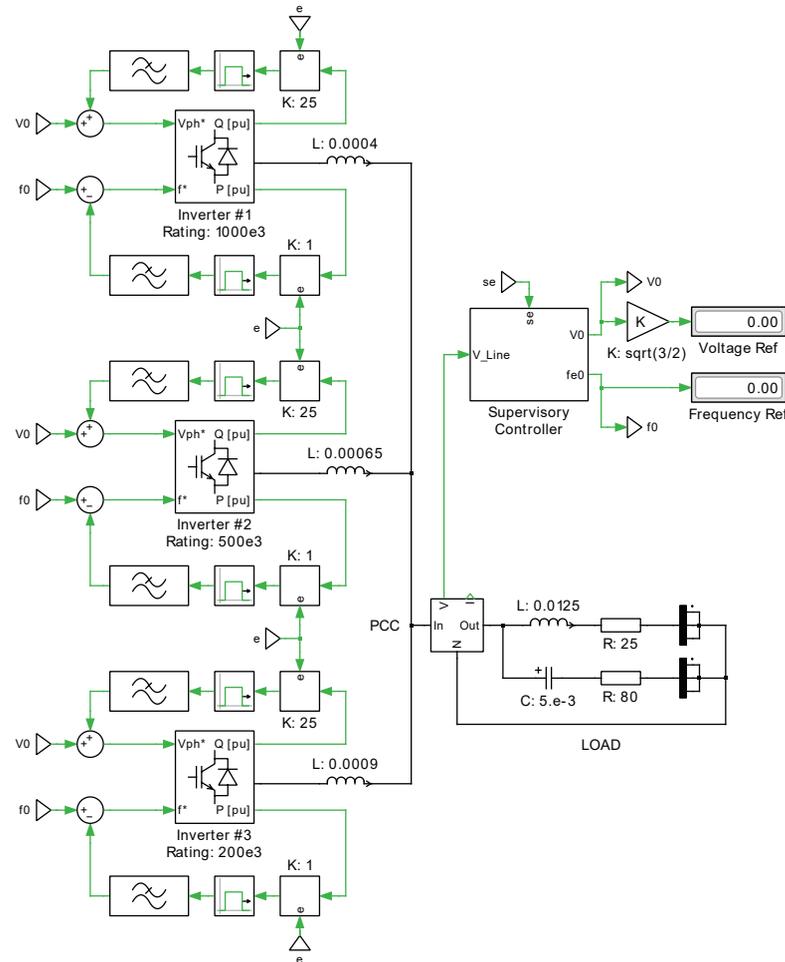
マイクログリッドのアイランド運用

Last updated in PLECS 4.3.1

1 概要

このデモは、異なるVA定格(1MVA、500kVA、200kVA)の3つのアクティブな発電機(太陽光、風力など)を備えたマイクログリッドを紹介しています。共通結合点(Point of Common Coupling: PCC)の監視コントローラにより、周波数と電圧が定格値に保たれます。複数の発電機ユニット間の負荷分散は、ローカルのドループ制御によって行われます。このデモモデルは、Luis Garces博士によって開発されました。モデルのシステムレベルの概要を図1に示します。

図1: マイクログリッドのシステムレベルの概要



Note このモデルには、次からアクセスできるモデル初期化コマンドが含まれています。

PLECS Standalone: シミュレーションメニュー + シミュレーション・パラメータ... → 初期化

PLECS Blockset: Simulinkモデルウィンドウで右クリック → モデル プロパティ → コールバック → InitFcn*

2. モデル

"マイクログリッド"は、発電と関連する負荷をサブシステムとして捉えるシステムの手法です。この手法により、分散型発電をローカルで制御することが可能になり、中央指令所の必要性が軽減または除外することができます。災害時に、発電とそれに関連する負荷を配電システムから分離して、送電網の完全性を損なうことなく、マイクログリッドの負荷を災害から分離することができます。

ピアツーピアのコンセプトにより高いシステム信頼性と発電配置の柔軟性を実現でき、マイクログリッドの運用に特定のコンポーネントが重要でないことを保証し、プラグアンドプレイモデルは、マイクログリッドコンポーネントごとに制御を再設計する必要なく、電気システムの任意の場所にユニットを配置できます。発電と負荷を"アイランド"にするこの機能は、電力システム全体によって提供されるものよりも高いローカルでの信頼性を提供する可能性を秘めています[1]。

2.1 制御

このデモの制御方法は[2]で説明しています。

マイクログリッドは、ローカルおよび集中型の監視制御によって管理されます。システムの周波数と電圧のリファレンスは監視コントローラによって動的に決定し、複数の発電ユニット間の有効電力と無効電力の分配はローカルのドループ制御によって行われます。

インバータ自身が有効電力/周波数(P/f)および無効電力/電圧(Q/V)ドループを使用して、瞬時有効電力および無効電力を独自に設定します。アイランドモードでは、マイクログリッドが電圧と電力の両方の制御を担当します。

ドループ制御

送電システムでは、同期発電機は速度を調整する P/f ドループ制御を備えています。出力する有効電力が入力の機械的動力よりも大きい場合、ロータ慣性からエネルギーが抽出されるため、発電機は減速します。これにより、周波数が低下し、端子電圧、位相角、およびAC電力が低下します。ただし、周波数はグローバルパラメータであり、システム全体で等しく、発電機の速度と直接関係しています。したがって、各発電機ユニットはその速度を測定して"ドループ"し、入力の機械的動力を低減します。これにより、複数の発電機間で正確な電力が配分されます。

独立したマイクログリッドの P/f ドループ制御方法は、同期発電機の動作を模倣することに基づいています。コンバータベースのマイクログリッドは一般的に慣性を持たないため、マイクログリッドの P/f ドループ制御は送電線の特性に基づいています。誘導ネットワークでは、有効電力(P)と位相角(σ)、および無効電力(Q)と電圧振幅(E)は、以下の電力潮流の計算式によって関連付けられます。制御には、位相角の代わりに周波数を使用します。

$$P \approx \frac{E_1 E_2 \delta}{X}$$

および

$$Q \approx \frac{E_1}{X}(E_1 - E_2)$$

上の式は、誘導性ラインインピーダンス jX を介して低位相角 σ の電源 E_1 から、位相角0の電源 E_2 に至ることを近似的に表しています。

従来の P/f ドループ制御方法では、発電機の有効電力 P は測定周波数 f に比例してドループします。ただし、コンバータベースのマイクログリッドでの周波数測定は単純ではなく、有効電力測定の方が容易であるため、 f は P の関数としてドループします。同時に、電圧の振幅 V は、測定した無効電力 Q に応じてドループします。

既知の発電機ユニット*i*の*P*/*f*および*Q*/*V*ドループは次のとおりです:

$$\omega_i = \omega_{\text{ref}} + K_f (P_i - P_{i,\text{ref}})$$

および

$$V_i = V_{\text{ref}} + K_{Q,V} (Q_i - Q_{i,\text{ref}})$$

ここで、 ω は角周波数($\omega = 2\pi f$)、 K_f と $K_{Q,V}$ はドループ定数です。

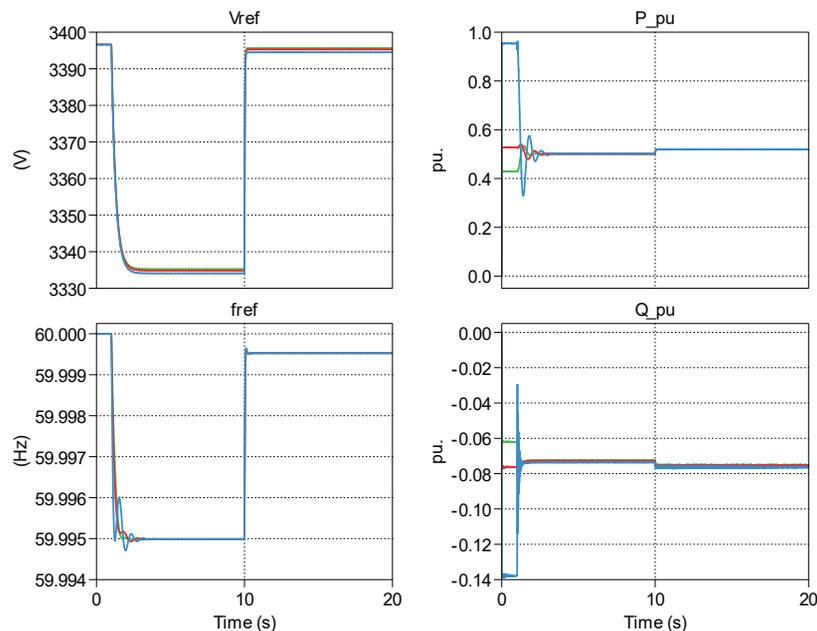
ドループは、各並列接続のインバータユニットが負荷を分散しながら定格に比例した有効電力と無効電力を供給するように調整します。ドループ方式の利点は、インバータ間で追加の相互接続が不要なため、単純であることです。したがって高いモジュール性、柔軟性(つまり、プラグアンドプレイによる統合)、および優れた信頼性を実現できます[3]。

現在のデモでは、個々のインバータユニットは、開ループのドループおよび監視制御を用いて管理しています。したがって、ユニットの個々の周波数と電圧は動的に調整されません。監視制御は、PCCの周波数と電圧がそれぞれ60Hzと4160Vに維持されるように、開ループリファレンスを(非常にゆっくりと)変更します。

3. シミュレーション

このモデルは、監視コントローラとドループコントローラの両方が無効状態で開始します。有効電力*P*と無効電力*Q*の単位あたりの値は完全に一致しません。定格200kVAのユニットは過負荷に近づきます。1秒後、ドループ制御が有効になります。次に、*P*と*Q*の単位あたりの値が3つのインバータすべてで同じ値に達することがわかります。ドループにより出力電圧と周波数を変更し、10秒後に監視コントローラを有効になることで正しい値に戻ります。インバータ間では通信していないことに注意してください。監視制御は、設定値を非常に遅い速度で変更します(シミュレーションでは大幅にフィルタリングしています)。これは、現実世界では単純なCANバスで実現できます。

図2: シミュレーション結果



参考文献

- [1] R. H. Lasseter and P. Paigi, "Microgrid: a conceptual solution," 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No.04CH37551), 2004, pp. 4285-4290 Vol.6. doi:10.1109/PESC.2004.1354758

- [2] L. Garces, Y. Liu, S. Bose, "System and method for integrating wind and hydroelectric generation and pumped hydro energy storage systems."
Click to access online: [Google Patents webpage for US20070114796A1](#).

- [3] Vandoorn, Tine. 2013. "Voltage-based Droop Control of Converter-Interfaced Distributed Generation Units in Microgrids". Ghent, Belgium: Ghent University. Faculty of Engineering and Architecture.

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版



Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00	Phone
+41 44 533 51 01	Fax
✉ Plexim GmbH	Mail
Technoparkstrasse 1	
8005 Zurich	
Switzerland	
@ info@plexim.com	Email
http://www.plexim.com	Web



計測エンジニアリングシステム株式会社

<https://kesco.co.jp>

PLECS Demo Model

© 2002-2023 by Plexim GmbH

このマニュアルに記載されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできます。Plexim GmbHの事前の書面による同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。