

PID 制御法を用いた電力系統連系の高効率インバータの設計法

Design Method for High-Efficient Inverter of Power System Interconnection Using PID Control

○ 桑原祥太* , 天野耀鴻*

○ Shota Kuwabara* , Yoko Amano*

* 日本大学

*Nihon University

キーワード : 系統連系インバータ (Inverter of Power System Interconnection) , PID 制御 (PID control) , PI 制御 (PI control)

連絡先 : 〒 963-8642 日本大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 制御工学研究室 , 桑原祥太
Tel:(024)956-8796 , Fax:(024)956-8796 , E-mail: control_lab_303@yahoo.co.jp

1. 序論

近年 , 環境問題の深刻化や東日本大震災における原子力発電の問題からクリーンエネルギーの研究が注目されている。太陽光発電や風力発電はその最たる例である。このような新エネルギーの効率的な電力供給は , 安定供給の確保 , 環境の適応及びこれらを十分に考慮した上での長期的にはエネルギー源の一翼を担うことを目指すものである。しかし , 自然環境に大きく左右されるクリーンエネルギーの発電出力は不安定であり , 電力系統にはさらに高効率が求められている。

現在研究されている電力系統連系の多くは , ハードウェアを改良することによって高効率化を目指す物が多いが , それらの研究方法では大きなコストが掛ってしまう。そこで , 本研究ではハードウェアではなく独自の制御システムを新しく提案する , さらに , 実機実験を実行することで , 本提案の有効性 , 実用化を検証する。

2. 電力系統連系の構成

Fig.1 に示したものが高効率系統連系インバータシステムの構成図である。DC/DC コンバータ , インバータ , 系統連系リレースイッチからそれぞれ MATLAB/Simulink , 及び dSPACE という RTI(RealTime Interface) を使用して電圧値 , 電流値を計測しパソコン上に出力し , 最適な指令信号を各デバイスへ出力する。この構成により高効率系統連系インバータシステムを構築する。Fig.1 の説明を下記に記す。

- 1) 発電電力を整流し直流にする。
- 2) DC/DC コンバータで DC440 [V] まで昇圧。
- 3) インバータでは , 電力系統の電圧と周波数に同調させる制御を行い出力。
- 4) インバータ出力電圧 V_{uv1} と系統電圧 V_{uv2} を比較。

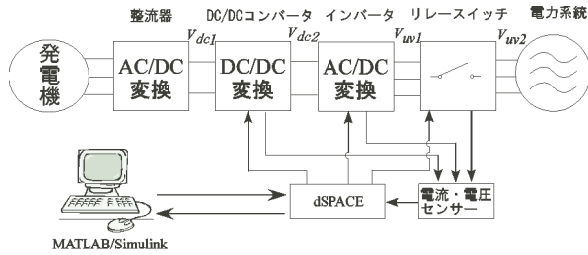


Fig. 1 インバータシステム (Inverter system)

- 5) 電圧値と周波数が一致し，電力供給が可能となった場合にリレースイッチがON。
- 6) 電力系統に電力を供給開始。

3. 高効率インバータの設計法

3.1 PID 制御パラメータの選定法

現在行われている研究では，系統連系システムに用いられている制御は主にPI制御だが，その制御手法では整定時間が長くなってしまふ欠点がある。外乱等に対しても素早く反応できないため，安定性の向上のためには，それに対応させる必要がある。そんなPI制御の問題点を改善したのがPID制御であり，微分動作を組み込むことで整定時間の短縮，外乱に対する応答性が高くなり，結果として追従性を向上させることが出来る。

パラメータの決定には限界感度法を用いる。この方法では，調節器をP動作だけとし，比例ゲイン K_P を次第に大きくしていき，出力が一定振幅で振動を持続する（安定限界）ところで K_P の増加を止める。このときの比例ゲインを K_C ，振動周期を T_C とすれば，調節器の各パラメータを Table.1 のように決めればよい。

できあがった制御系は目標値のステップ変化に対する応答に 25 % 程度のオーバーシュートが生じてしまう。この問題を解消するためには，試行錯誤で制御パラメータを微調整することになる。

Table 1 限界感度法によるパラメータ (Parameters by limit sensitivity method)

	比例ゲイン K_P	積分時間 T_I	微分時間 T_D
P 制御	$0.5K_C$		
PI 制御	$0.45K_C$	$0.83T_C$	
PID 制御	$0.6K_C$	$0.5T_C$	$0.125T_C$

3.2 インバータシステムの構築

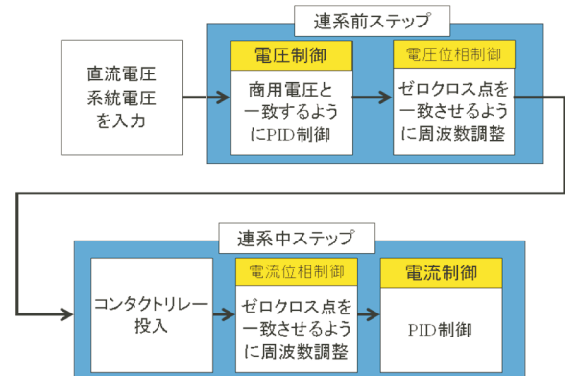


Fig. 2 フローチャート (Flow Chart)

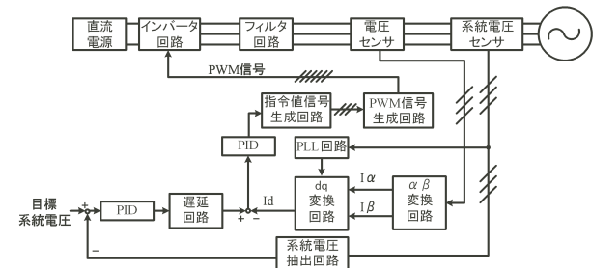


Fig. 3 インバータシステムの構成 (Configuration of the inverter system)

インバータシステムのフローチャートを Fig.2 に示す。直流電圧、系統電圧を取得した後，電圧・位相制御を行い，電流・位相制御を行う。これを元に Fig.3 のインバータシステムの構成を設計した。

3.3 インバータの制御システム

Fig.3 の構成を信号として表したものが Fig.4 であり，高効率インバータシステムの制御シス

6. むすび

今回の研究において、我々はMATLAB/Simulinkを用いた電力系統連系プログラムを開発し、電圧制御におけるPI制御とPID制御のシミュレーションによる比較を行った。その結果、整定時間を改善することができた。

今後の研究では、電流制御を行うことで有効電力、無効電力の制御を行うことで高効率化、更なる安定化を目指し、実機実験を実行していくことで、本提案の有効性、実用化を検証する予定である。

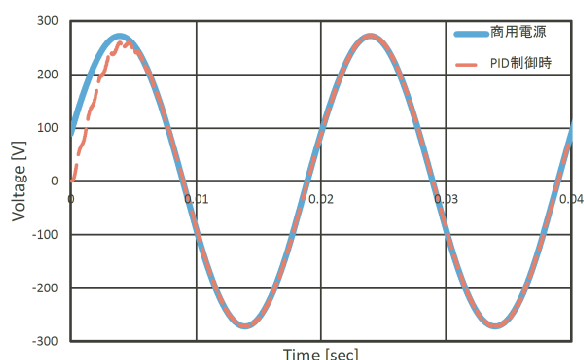


Fig. 7 商用電源電圧とInv電圧の比較 (Comparison of commercial power supply voltage and the voltage Inv)

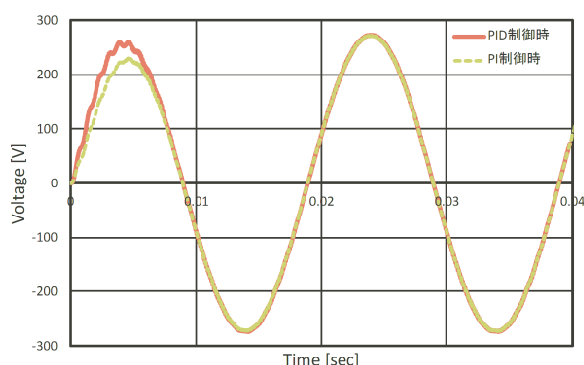


Fig. 8 PI制御とPID制御の比較 (Comparison of PI control and PID control)

参考文献

- 1) 柴田浩平, 吉田國由, 林辰雄: インバータ電源に於けるデジタル制御の効果, 電子情報通信学会, pp127-132, 2007
- 2) 曾禰大介: AC出力型スイッチング電源のDSPデジタル制御に関する研究, 高知工科大学 博士論文, 2010
- 3) 資源エネルギー庁: 電力品質河北に係る系統連系技術要件ガイドライン, 2004
- 4) 澤田 理, 引原隆士, 舟木 剛: 分散電源系統連系システムのPLLを用いた制御方法に関する考察, 信学技報, Vol. 104, No. 575, pp. 47-52, 2005
- 5) 尾形克彦, 石川潤: 制御のためのMATLAB, 1-6, 194/203(1988)
- 6) 天野耀鴻: MATLAB/Simulinkによるやさしいシステム制御工学, 森北出版, 145/160(2008)
- 7) 小林一行: MATLABハンドブック, 株式会社秀和システム, 2008
- 8) 大久保仁: 新インターユニバーシティ 電力システム工学, 株式会社オーム社, 2008
- 9) 赤崎正則, 阿井國昭: 基礎高電圧工学, 株式会社昭晃堂, 1980
- 10) 江間 敏, 甲斐隆章: 電力工学, 株式会社コロナ社, 2003
- 11) 道上 勉: 送配電工学, 株式会社オーム社, 1980
- 12) Giovanni G. Pozzebon, Amilcar F.Q. Goncalves, Guido G. Pena, Nilton E.M. Mocambique, and Ricardo Q. Machado, "Operation of a Three-phase Power Converter Connected to a Distribution System", IEEE, 2011.
- 13) Yong Xue, Jiamei Deng and Shuangbao Ma, "Power Flow Control of a Distributed Generation Unit in Micro-grid", IEEE, pp.2122-2125, 2009
- 14) Rupesh G. Wandhare and Vivek Agarwal, "ADVANCE CONTROL SCHEME AND OPERATING MODES FOR LARGE CAPACITY CENTRALISED PV-GRID SYSTEMS TO OVERCOME PENETRATION ISSUES", IEEE, pp.2466-2471, 2011.
- 15) Yun wei Li, "An Accurate Power Control Strategy for Power-Electronics- Interfaced distributed generation units operating in a low-voltage multibus microgrid", IEEE, pp.2977-2988.