

A DG Inverter Model Based on PQ Control

Jiangang Du¹, Hong Zhang²

¹State Grid Chengdu Electric Power Supply Company, Chengdu Sichuan

²School of Electrical and Information Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Email: 1397017955@qq.com

Received: May 21st, 2017; accepted: Jun. 6th, 2017; published: Jun. 9th, 2017

Abstract

Grid-connected inverter as a link between the distributed power supply and power grid, plays a key role to the distributed power supply and the network performance. In this paper, a DG inverter model based on PQ control is designed. The inverter is selected by using the three-phase bridge PWM inverter, and the KCL and KVL are used to model the mathematical model. The mathematical model is analyzed by the mathematical model so as to carry out the design of the inverter controller. PQ control module (Controller) provides the dq conversion module mainly by the frequency tracking effect of the SPLL and coordinate transformation (SPLL/dq transform); it can get the reference current dq component (i_{Ldref} , i_{Lqref}), power and power factor control (P/Q control) module, and the final can be 6-way PWM control signal current control (I Control) module. The simulation results show that the DG inverter model based on PQ control is excellent in performance.

Keywords

PQ Control, DG Inverter, SPWM Modulation

一种基于PQ控制的DG逆变器模型

都健刚¹, 张 红²

¹国家电网成都供电公司, 四川 成都

²西南石油大学电气信息学院, 四川 成都

Email: 1397017955@qq.com

收稿日期: 2017年5月21日; 录用日期: 2017年6月6日; 发布日期: 2017年6月9日

摘 要

并网逆变器作为连接分布式电源与电网的纽带, 对分布式电源的并网性能有关键性的影响。本文设计了

一种基于PQ控制的DG逆变器模型, 逆变部分选用三相桥式PWM逆变器, 采用SPWM调制方法, 利用KCL和KVL, 对其进行数学建模, 通过分析其数学模型进行逆变控制器的设计。PQ控制模块(Controller)主要由具有频率跟踪作用的SPLL与提供坐标变换的dq变换模块(SPLL/dq_transform)、能够得到参考电流dq分量(i_{Ldref} , i_{Lqref})的功率及功率因数控制(P/Q Control)模块、以及最终能够得到6路PWM控制信号的电流控制(I Control)模块组成。仿真结果表明: 本文设计的基于PQ控制的DG逆变器模型性能优良。

关键词

PQ控制, DG逆变器, SPWM调制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近 20 年以来, 越来越多的国家都已积极开展对分布式发电系统(DG)的研究, 它相对于传统的发电方式具有更多的优点, 例如: 对环境造成的污染少、安装地点灵活、能源利用率高(能够实现能源的阶级利用, 具备制冷、发电、供热等服务功能)、能够提高供电可靠性、安全性等优点[1] [2] [3]。基于 PQ 控制的 DG 模型主要包括整流主电路模块(Rectifier system)、整流控制器模块(Rectifier Controller)、升压模块(Boost System)、逆变模块、PQ 控制模块(Controller)、LC 滤波器(LC Fliter)、三相变压器(Three-Phase Transformer)等[4]。逆变器由控制电路与主电路构成, 根据不同的分类方式, 又可分为不同的种类。所谓 P/Q 控制, 是指由主电网来承受微电网内的负荷变动、系统频率的变化以及电压波动, 各个微源(MS)通过将主电网的频率、电压当做支撑, 而不对系统频率、电压进行控制调节。通常 P/Q 控制策略有两种: 一种是给定 MS 原动机有功参考值 P_{ref} , 同时利用电压控制器来对 P 进行调控, 而无功 Q 则直接利用给定的 Q_{ref} 进行调控; 另一种则是通过直接控制逆变器实现, 具体做法是采用有功功率参考值 P_{ref} 、 Q_{ref} 进行调节[5]。

本文设计了一种基于 PQ 控制的 DG 逆变器模型, 逆变部分选用三相桥式 PWM 逆变器, 采用 SPWM 调制方法。PQ 控制模块(Controller)主要由具有频率跟踪作用的 SPLL 与提供坐标变换的 dq 变换模块(SPLL/dq_transform)、能够得到参考电流 dq 分量(i_{Ldref} , i_{Lqref})的功率及功率因数控制(P/Q Control)模块、以及最终能够得到 6 路 PWM 控制信号的电流控制(I Control)模块组成。

2. 逆变模块主电路搭建

逆变器由控制电路与主电路构成。根据不同的分类方式, 又可分为不同的种类。本文逆变部分选用三相桥式 PWM 逆变器, 其主电路结构简图如图 1 中所示。采用 SPWM 调制方法。其中 L、C 构成输出滤波器。

利用 KCL 和 KVL, 对其进行数学建模, 通过分析其数学模型从而进行逆变控制器的设计。

3. PQ 控制模块(Controller)搭建

PQ 控制模块(Controller)主要由具有频率跟踪作用的 SPLL 与提供坐标变换的 dq 变换模块(SPLL/dq_transform)、能够得到参考电流 dq 分量(i_{Ldref} , i_{Lqref})的功率及功率因数控制(P/Q Control)模块、以及最终能够得到 6 路 PWM 控制信号的电流控制(I Control)模块, Controller 的仿真模型如图 2 所示。

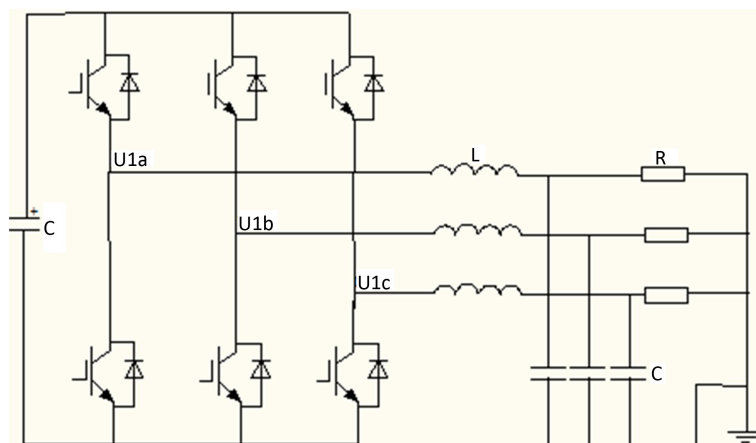


Figure 1. Three phase PWM inverter main circuit
图 1. 三相 PWM 逆变器的主电路

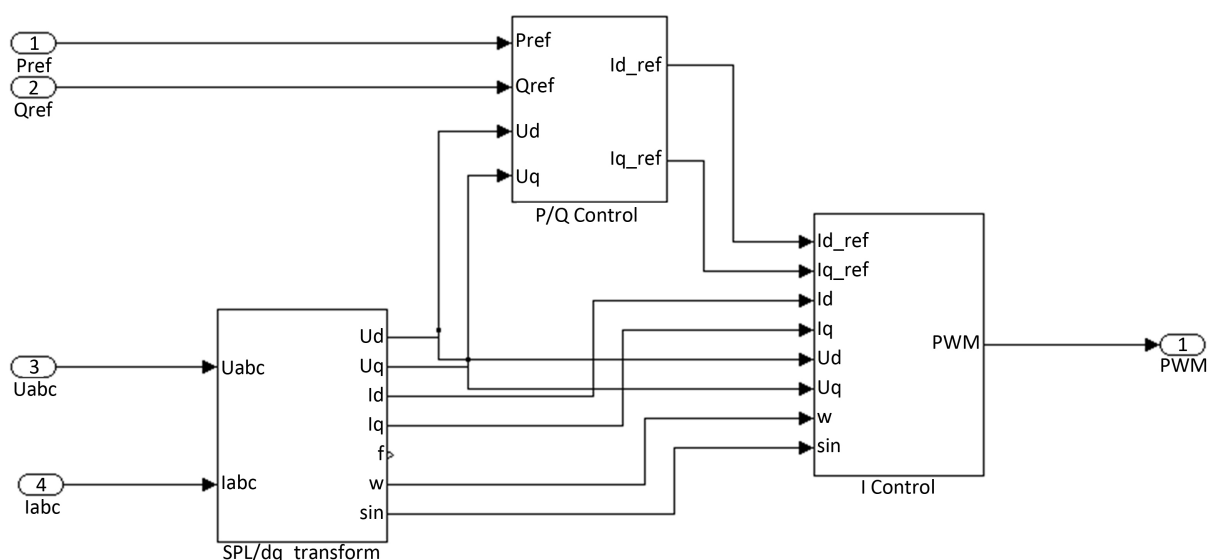


Figure 2. Controller model
图 2. Controller 模型

SPLL/dq_transform 锁相环节能够有效的跟踪输入电压 u_{abc} (不易受电压扰动的影响), 兼具良好的滤波效果, 达到实时跟踪电网频率, 同时为 dq 环节提供参考角频率 ω (使 $u_q = 0$) 的目的, dq 坐标变换由 abc_to_dq0 Transformation 模块提供[6]。其仿真模型如图 3 所示, 图 4 为 SPLL 模块频率跟踪仿真图。

以给定 MS 的功率参考值 P_{ref} 、 Q_{ref} , 以及由 SPLL/dq_transform 模块得到的 U_d 、 U_q 作为输入, 经过 Switch、Gain、Divide 等环节, 最终输出 I_{d_ref} 、 I_{q_ref} 。其仿真模型如图 5 所示。

I Control 模块内部只要包括 PI 环节(Discrete PI Controller 模块)、电压前馈补偿、dq 变换环节, 得到参考电压 u_{dref} 、 u_{qref} , 通过坐标变换(abc_to_dq0 Transformation 模块), 得到所需的 U_{ref} , 经 PWM 发生器, 生成 6 路 PWM 控制信号。其中 Discrete PI Controller 模块中 $K_{pP} = K_{pQ} = 0.5$, $K_{iP} = K_{iQ} = 20$ 。其仿真模型如图 6 所示。

电流内环控制系统的幅频特性与相频特性进行仿真分析如图 7、图 8 所示。图 7 为加入 PI 环节的开环频域响应仿真曲线, 图 8 为加入 PI 环节的闭环频域响应仿真曲线。

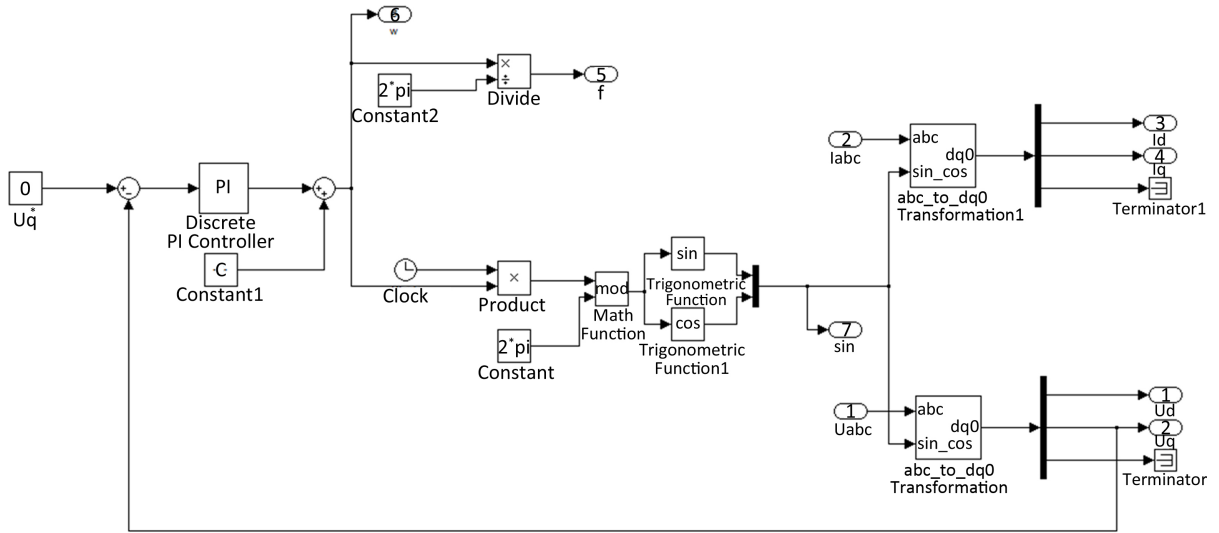


Figure 3. SPLL/dq_transform model
图 3. SPLL/dq_transform 模型

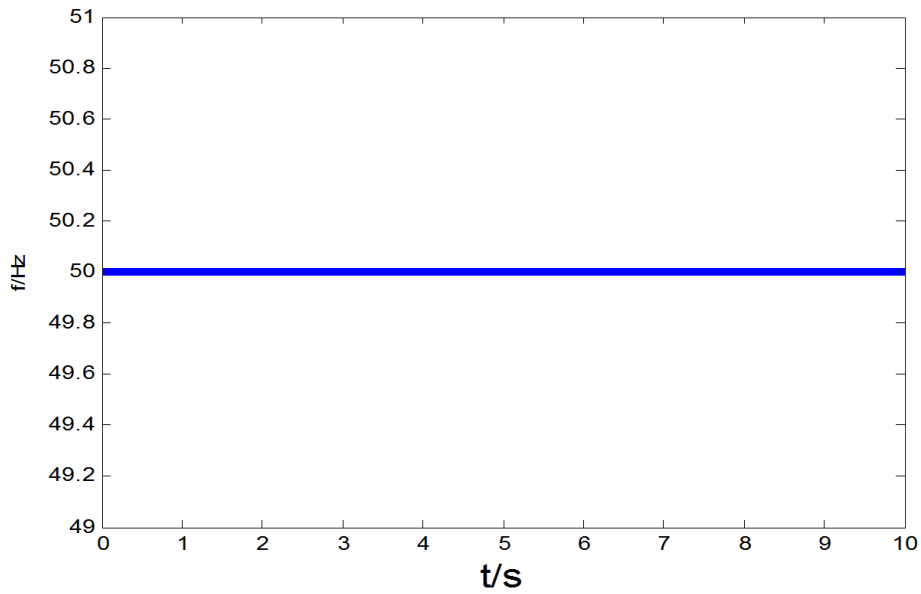


Figure 4. SPLL module frequency tracking simulation
图 4. SPLL 模块频率跟踪仿真图

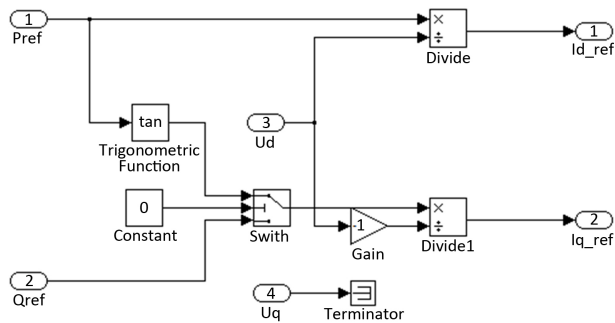


Figure 5. P/Q Control model
图 5. P/Q Control 模型

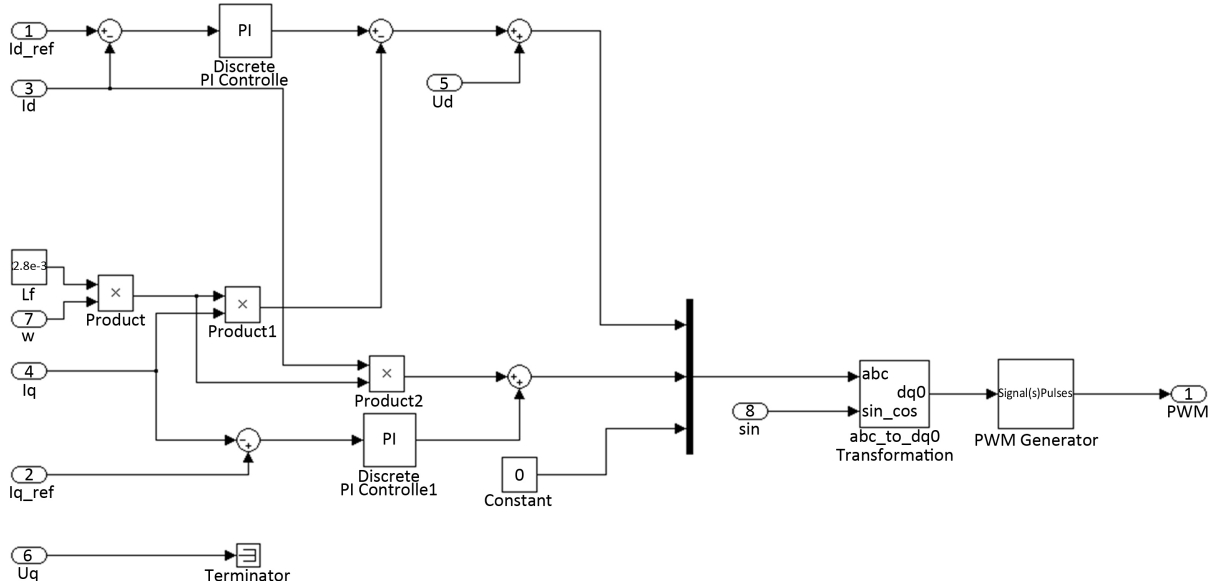


Figure 6. I Control model

图 6. I Control 模型

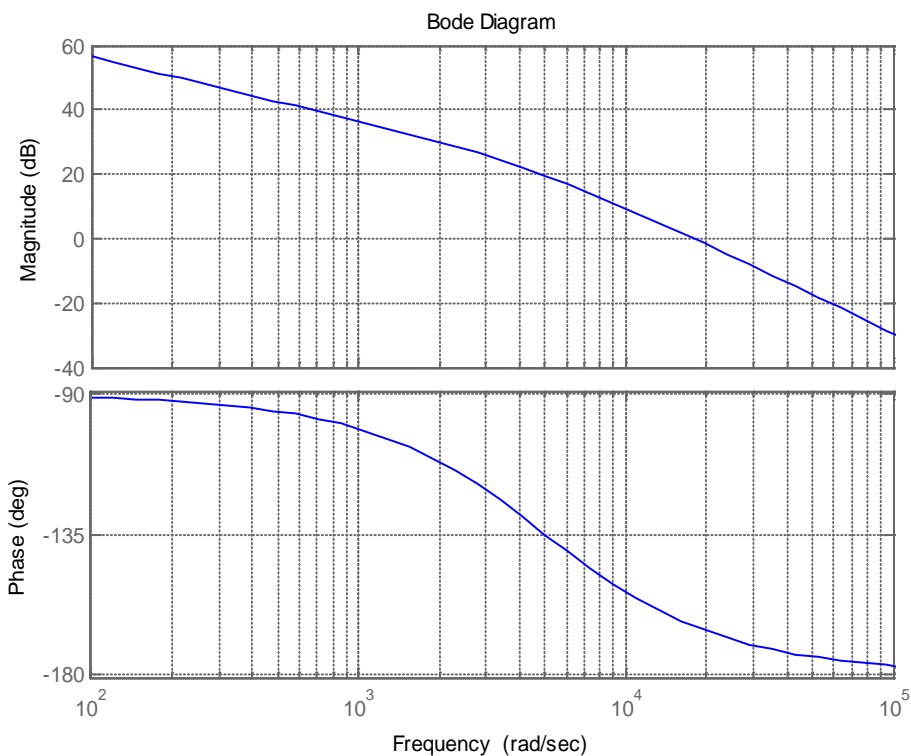


Figure 7. Open loop frequency response

图 7. 开环频域响应

4. 结论

1) 针对电流内环控制系统的开环频域响应仿真曲线可知, 在该控制系统中加入 PI 环节后, 控制系统的相角裕度相应增加, 因而使得控制系统稳定性得以提高。

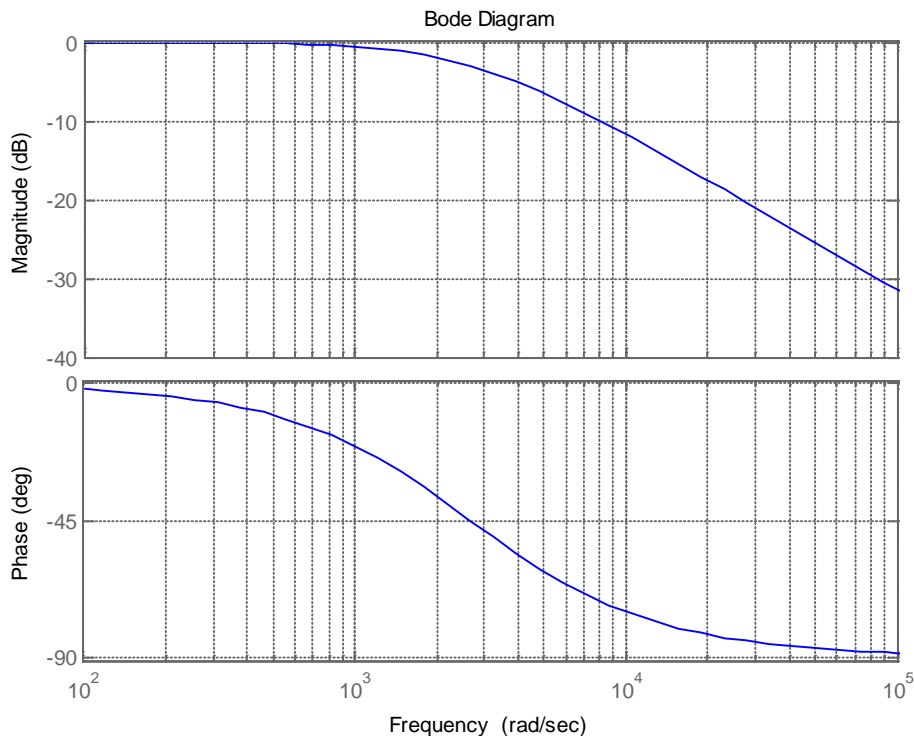


Figure 8. Closed loop frequency response
图 8. 闭环频域响应

2) 针对电流内环控制系统的闭环频域响应仿真曲线可以看出, 在该控制系统中加入 PI 环节后, 控制系统的截止频率 f_0 相应下降(从图中可以看出其数量级由 10^4 减小至 10^3), 从而使得系统在高频时性能得以提升。

参考文献 (References)

- [1] 华志强. 含分布式发电系统的配电网无功优化研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2011.
- [2] 陈明军, 连新凯, 黄飞腾, 等. 含 DG 的多电源配电系统的故障分析[J]. 机电工程, 2012, 29(10): 1205-1208.
- [3] 丁明, 王敏. 分布式发电技术[C]//中国高等学校电力系统及其自动化专业学术年会. 中国高等学校电力系统及其自动化专业第 20 届学术年会论文集(上册). 2004.
- [4] 潘国清, 曾德辉, 王钢, 等. 含 PQ 控制逆变型分布式电源的配电网故障分析方法[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(4): 555-561.
- [5] 潘国清. 含 PQ 控制逆变型分布式电源的配电网故障分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [6] 吉正华, 韦芬卿, 杨海英. 基于 dq 变换的三相软件锁相环设计[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(4): 104-107.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jee@hanspub.org