

# 光伏并网逆变器的研究

许建平<sup>1</sup> 金钧<sup>2</sup>

(1、黑龙江省火电第一工程公司,黑龙江 哈尔滨 150090 2、大连交通大学,辽宁 大连 116028)

**摘要:**光伏并网逆变器是将太阳能电池所输出的电能逆变成正弦电流并入电网的设备,设计基于TMS320LF2407芯片作为控制器的电压源输入、电流输出控制方式的并网逆变器及采用电导增量法对最大功率点进行跟踪,经过仿真实验验证了该方案的稳定性和可靠性。

**关键词:**光伏并网;TMS320LF2407;并网逆变器;电导增量法

随着社会生产对能源需求量的不断增长,光伏发电具有无污染、无噪音、取之不尽、用之不竭等优点而越来越受到关注。并入公共电网给太阳能光伏发电带来不必考虑负载供电的稳定性和供电质量、始终运行在最大功率点、提高了发电的效率、免除蓄电池的储能环节,同时消除了处理废旧蓄电池带来的间接污染等诸多好处。

## 1 光伏并网逆变器系统设计

### 1.1 系统工作原理

光伏并网系统由光伏阵列、变换器和控制器组成,变换器将光伏电池所发出的电能逆变成正弦电流并入电网;控制器控制光伏电池最大功率点跟踪、控制逆变器并网电流的波形和功率,使向电网转送的功率与光伏阵列所发的最大功率电能相平衡。控制器一般是由单片机或数字信号处理芯片作为核心器件构成;常见光伏并网系统结构图如图1所示。通过直流-直流升压斩波变换器,可以在变换器和逆变器之间建立直流环。升压斩波器根据电网电压的大小用来提升光伏阵列的电压以达到一个合适的水平,同时直流-直流变换器也作为最大功率点跟踪,增大光伏系统的经济性能。逆变器用来向交流系统提供功率,继电保护系统可以保护光伏系统和电力网络的安全。

### 1.2 光伏并网逆变器

光伏并网逆变器具有将太阳能电池发出的直流电转化为和电网电压同频、同相交流电的功能光伏并网系统常常被设计成电压源输入、电流源输出的控制方式,并网系统实际上就是一个交流电流源和电压源的并联。通过控制并网电流与电网电压的相位同步,同时也可通过调整并网系统输出电流的大小及相位来控制系统的有功输出和无功输出,电路结构图2所示。要想将此电压源输出电压直接接入电网母线的电压端是不行的,中间需要加缓冲电抗器。

逆变器的理想状态为网侧功率因数为1,设网侧电压为  $u = U_N \sin(\omega t)$ , 则网侧电流应该有  $i = I_N \sin(\omega t)$ , 即网侧电流  $i$  无畸变且与  $u$  相位一致,馈至电网的只为有功功率。

### 2 并网控制方法与策略

光伏并网控制主要涉及两个闭环控制环节,一是输出波形控制;二是功率点控制。波形控制要求快速,需要在一个开关周期内实现对目标电流的跟踪。

#### 2.1 最大功率点控制

最大功率点跟踪是当前较广泛采用的一种光伏阵列功率点控制方式。这种控制方法实时改变系统的工作状态,以跟踪光伏阵列最大功率点,实现系统的最大功率输出。采用电导增量法可达到控制精确,响应速度快。控制流程图如图3所示。

图中,  $U_a$ 、 $I_a$  为检测到光伏阵列当前电压、电流值,  $U_b$ 、 $I_b$  为上一控制周期的采样值。这种

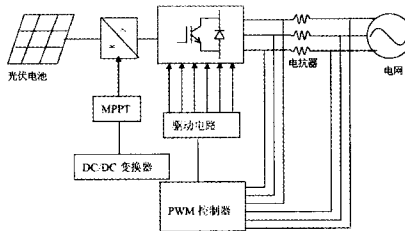


图1 光伏并网系统结构示意图

MPPT控制算法最大的优点是在光照强度发生变化时,光伏阵列输出电压能以平稳的方式跟踪其变化,而且稳态的振荡也比较小。当  $\frac{dI_a}{dU_a} = -\frac{I_a}{U_a}$  时,说明系统工作在最大功率点,无需调节  $U_{ref}$ 。

### 2.2 波形跟踪和控制方法

并网时要求逆变器输出采用电流型方式。因通过电感的电流不能突变,可以采用电压电流双闭环控制,电压外环采用瞬时值反馈方式,其中参考电压与光伏电池实际输出电压相比较后,误差经PI调节得到电流指令  $I^*$ ,再与正弦波形相乘得到正弦指令  $I_{ref}$ ,  $I_{ref}$  与实际输出的电流相比较后,误差经P调节后得到的值与电网电压相加得到的波形与三角波比较,便得到4路PWM波形控制逆变器开关管的通断,这样就实现了光伏电池输出电压基本工作在  $U_{ref}$  附近,系统输出正弦波形幅值为  $I^*$ 。双闭环控制方案中的电流内环加大了逆变器控制系统的带宽,使得逆变器动态响应加快,输出电压的谐波含量减少,非线性负载适应能力增强。电压外环能实现对不同负载实现给定电流幅值的自动控制,电压瞬时值外环能及时、快速的校正输出电压波形,使系统在各种负载情况下均具有良好的电压输出波形。

### 3 仿真结果

设计了输出功率为3kW的三相并网逆变器实验样机,逆变输入电压为400V,输出电压为300V,变压器为  $\sqrt{3}/2$  型联结线性三相变压器,输出交流电压有效值为220V/50Hz,逆变器的开关频率为5kHz,逆变输出电流为正弦波形,逆变器输出效率因数接近1,采用数字化PWM控制方式,能够实现自动同步并网,减小了谐波含量对电网干扰,系统具有较好的工作稳定性,工作效率高的特点。

#### 结束语

采用TMS320LF2407作为控制芯片的光伏并网系统具有很好的动态效应及强大的控制功能,可快速地通过软件编程实现对外围设备进行控制。不仅保证系统最大限度地输出功率,还能使其安全可靠地并网运行。

#### 参考文献

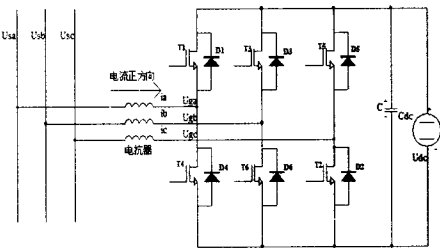


图2 电压源逆变电路结构图

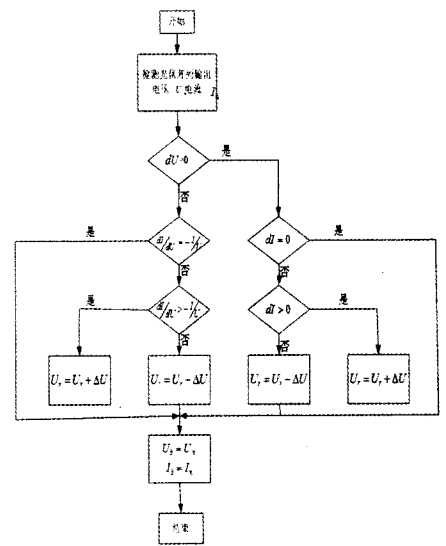


图3 电导增量法的控制流程图

[1] 赵争鸣,刘建政.太阳能光伏发电及其应用[M].北京:科学出版社,2005

[2] Chihchiang Hua, Jongrong Lin, Chihming Shen. Implementation of a DSP-Controlled photovoltaic system with peak power tracking. IEEE Trans. On Industrial Electronics, 1998,45(1)

作者简介:许建平(1958-),男,1986年毕业于哈尔滨电力职业技术学院发电厂与电力系统专业,工程师。