

# 光伏智能微电网的电压频率分层控制策略研究

马尚行 沈英达 戴永军

浙江嘉科新能源科技有限公司, 浙江 嘉兴 314300

**[摘要]** 随着科学技术的发展, 人们对于电力的需求不断增大, 光伏发电作为新能源的一种, 能够为人们生产生活提供一定的能源支持。文章主要介绍了微电网的系统级控制, 并且简要分析了微电网微源控制方案, 提出了两点有效策略, 为提升光伏智能微电网的电压频率分层控制工作做出相应的研究, 供相关工作人员借鉴分析。

**[关键词]** 微电网; 电压频率; 二次电压频率; 预同步控制

DOI: 10.33142/sca.v3i5.2290

中图分类号: TM727

文献标识码: A

## Research on Voltage and Frequency Stratification Control Strategy of Photovoltaic Smart Microgrid

MA Shangxing, SHEN Yingda, DAI Yongjun

CETC SOLAR, Jiaxing, Zhejiang, 314300, China

**Abstract:** With the development of science and technology, people's demand for electricity is increasing. Photovoltaic power generation, as a kind of new energy, can provide certain energy support for people's production and life. This paper mainly introduces the system level control of microgrid, and briefly analyzes the micro source control scheme of microgrid, and puts forward two effective strategies to improve the hierarchical control of voltage and frequency of photovoltaic smart microgrid, so as to provide reference for relevant staff.

**Keywords:** microgrid; voltage frequency; secondary voltage frequency; pre-synchronization control

### 引言

光伏发电是现阶段新能源研究中一种可行方案, 借助光伏电池, 能够将太阳能转化为电能, 改善我国现有电力资源短缺的现状。研究人员在光伏微电网的研究中, 综合分析电路设施, 对不同种类的设计方案进行取舍, 选择最优的控制线路, 提升光伏发电工作质量。

### 1 微电网基本控制方式

#### 1.1 主从控制

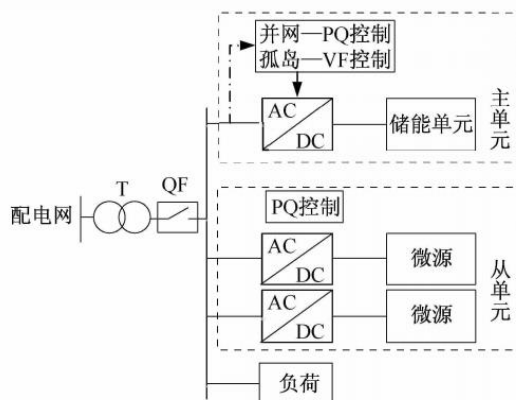


图1 主从控制框图

在现阶段电网研究中, 主从控制是一种较为常见的控制方式。当整体微电网独立运行时, 由一台能够采用 VF 控制方式的电源作为主供电单元, 对微电网中的电压与频率进行有效控制, 其他的电源则是采用 PQ 控制模式, 作为微电网的从单元。主从控制模式的应用, 其他从单元需要根据主单元的指令, 控制自身的运行状态。当整体设备并入电网时,

所有的电源均为 PQ 控制。这种主从控制模式，能够对微电网组成单元进行调整，总体系统可靠性不足，在光伏智能微电网的电源频率控制中应用较少。

### 1.2 对等控制

对等控制的应用，主要是在通信连接受到较大限制的时候，在本地的分布式电源通过对等控制，来实现对微电网的管理。在对等模式下，不同 DG 单元通常是即插即用，不同单元之间并没有主从差别，在微电网不同设备中，这些分布式电源的地位并不存在较大差别。在对等模式下，供电单元主要采用下垂控制策略，能够即插即用，不需要专门的登入与退出保护策略，能够提高整体系统的便捷性。对等控制的使用存在一定的局限性，在整体电网出现较大扰动时，供电质量无法得到保证<sup>[1]</sup>。

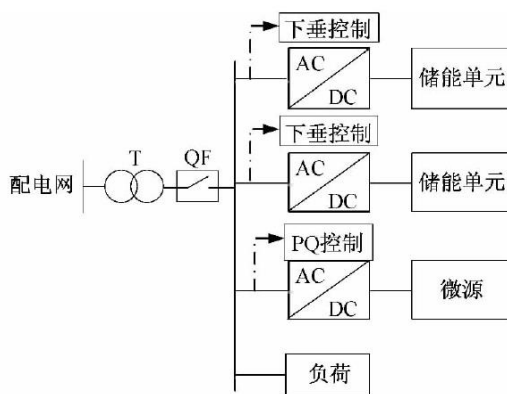


图 2 对等控制框图

### 1.3 分层控制

分层控制是一种在微电网控制中应用较多的控制方式，能够提升当前工作质量。分层控制主要是中央控制器作为中控单元，对不同的电源进行管理，在复杂的微电网环境中，能够对不同电力设备进行有效控制，能够管理底层的微源，并且能够对微电网负荷进行管理。在分层管理中，第一层为微源控制层，能够对整体系统进行控制，实现高速响应。在设计中，微源控制层能够按照相应的指令，快速响应。第二层是微电网控制层，处于该控制层的不同设备，主要保证该设备能够平稳运行，在微电网系统控制中，主要具备同步控制等功能。第三层是能量管理层，能够对整体电网进行高效管理，提升当前管理工作质量。位于该层的控制单元，主要实现对电网运行情况的预测，并将相应的数据及时传输给微电网控制层。

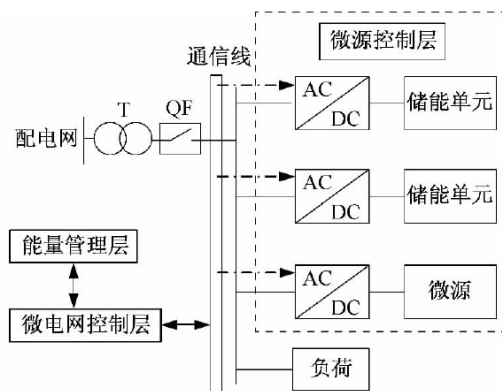


图 3 分层控制框图

## 2 当前较为适用的微电网的微源控制方案

在光伏智能微电网控制中，微源控制是一项十分重要的控制单元，能够对系统中不同的储能单元进行管理，主要包括电压控制环与功率控制环。

## 2.1 下垂控制

下垂控制能够在孤岛运行阶段,通过 Pf/QE 之间的下垂关系,实现内部系统有功功率与无功功率的分配,提高整体电网运行的稳定性。在微源控制方案中,为了实现微电网孤岛运行与并网运行之间的切换,使用下垂控制,能够提升总体工作质量。技术人员在传统下垂控制中,加入了低通滤波器,能够提升整体工作的稳定性,能够快速响应微电网运行模式的变化。

## 2.2 虚拟同步发电机控制

虚拟同步发电机控制是现阶段智能电网控制的研究方向之一,研究人员使用该控制方法,能够提高整体控制质量。通过在电路中引入逆变器控制环路,能够提升微源控制对于电网的调度能力。与下垂控制方案相比,整体控制难度加大,在现阶段光伏智能微电网电压频率控制中,使用下垂控制,能够提升当前工作效率,实现对微电网不同设备之间的有效控制<sup>[2]</sup>。

# 3 光伏智能微电网的电压频率分层控制策略

## 3.1 二次电压频率控制策略

在光伏智能微电网控制中,使用二次电压频率控制策略,能够提升总体工作质量。技术人员使用该策略,能够在缺乏通信连接的情况下,实现对内部电网的功率均分。与传统下垂控制技术相比,整体电路缺乏有效通信,使用下垂控制,将会造成整体用电质量难以保证,因此,使用二次电压频率控制策略,能够有效提升电能分配工作质量,维护微电网应有的稳定性。

这种控制方法的使用,主要是基于 PI 控制,能够实现二次电压控制。在光伏智能电压频率分层控制中,使用二次电压频率能够有效调整微电网不同电压频率水平,对整体电网质量有着一定改善作用。在整体电网设计中,技术人员使用微电网内部逆变器,对微电网内部的电压频率信号进行读取,通过相应的科学计算,能够得到电网电压频率与差值。技术人员通过该逆变器的参数分配,及时将相关信息传递给微电网中的不同逆变器,便于电网内部电压频率与幅值的管理,确保整体电网电压频率符合相应的设置<sup>[3]</sup>。

二次电压频率控制策略主要有两种运行模式,在微电网正常运转时,能够将微电网与主电网之间有效连接,将微电网作为主电网能源的有效补充,这种运行模式简称为并网运行模式。另一种运行模式是主电网设备发生异常,微电网脱离主电网运行,对本地负载进行持续供电,确保本地负载能够继续运行,具有切换运行模式而不会出现断电的功能,这种运行模式称之为孤岛运行模式。在光伏智能电网研究中,需要技术人员重视对二次电压频率控制策略的应用,能够对微电网中的电能进行有效控制,满足电网供电的要求。

例如:2019年1月17日,在江苏省开山岛光储互补智能微电网项目实施中,技术人员使用二次电压频率控制策略,有效提高了光伏发电的稳定性,能够在孤立运行模式下,实现对电压频率的调整,为当地居民提供高质量的电能服务。该项目制定之初,主要由两部分组成,分别是光伏发电模块与电能存储模块。其中光伏发电模块的功率为10千瓦,储能模块的容量为57千瓦时,能够为开山岛居民提供取暖、照明等正常用电需求,改变了当地居民生活质量。

## 3.2 预同步控制策略

预同步控制策略的应用,是电网从孤岛模式切换到并网模式的过渡环节,控制单元的微电网内部电压与功率进行调整,确保整体电网的频率与相位与主电网相同,避免整体电压频率出现较大的差异,造成微电网供电能力下降,甚至会对电网供电产生不良影响。技术人员使用预同步控制策略,能够对微电网内部电能质量进行有效调整,确保整体电压频率与相位与主电网相同,从而有效降低了微电网系统并入主电网的瞬间 PCC 点冲击电流对于微电网的影响。在电力线路运行中,需要做好相应的预同步控制策略,实现微电网在两种模式之间平滑切换。技术人员在设计相应的预同步控制模块电路时,需要对不同供电模块之间进行有效调整,将二次电压频率控制的参考值进行叠加,来调整内部电压,确保微电网内部相位差处于可控范围,与设定的阈值相比,两者之间的差值需要明显小于阈值,才能确保微电网在孤岛模式与并网模式之间有效切换。

在微电网配置中,将微电网中2台逆变器设置为孤岛运行模式,在设置相应的预同步控制策略之后,启动 MGCC 算法,从而实现对微电网电压频率的调整。在该设备运行中,在经过7s之后,处于孤岛运行模式的逆变器的电压频率恢复到给定值。在预同步控制策略运行中,需要重视对内部电压的控制,在经历短暂的调节后,能够不断调整电压的数值与相位,避免微电网从孤岛运行模式变换到并网运行模式时,会出现较大的冲击电流,对微电网本身产生较大的危

害。现阶段重视预同步控制策略的研究工作，是保证光伏智能微电网能够并网运行的保障。只有重视预同步控制策略的应用，才能提升光伏产业的经济效益，实现清洁能源的高效利用。

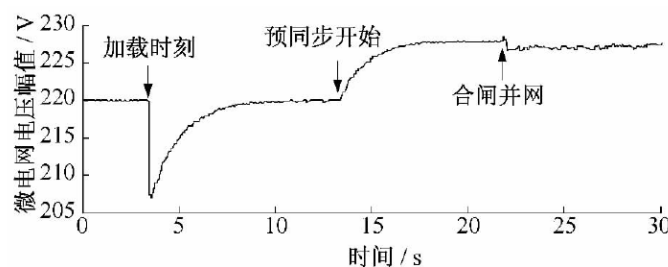


图4 模拟结果

技术人员在测试设备上对预同步控制策略下的不同设备进行了模拟，通过对模拟数据的分析结果显示，使用 MGCC 算法后的 22s，能够完成微电网内部电压与相位的调整，技术人员将微电网从孤岛运行模式切换到并网模式，期间微电网内部并没有出现较大的冲击电流，实现了两种运行模式平滑切换。

### 结论

总而言之，在现阶段光伏智能微电网建设中，重视二次电压频率控制策略与预同步控制策略的有效应用，提升当前微电网总体技术含量，提升光伏产业自身价值，为更好地使用新能源做出相应的贡献。随着光伏产业不断壮大，相应研究工作不断落实，智能微电网控制系统将会在实际应用中取得更大突破，不断扩大新能源的比重。

### [参考文献]

- [1] 安丽芳. 智能微电网能源管理系统优化调度系统设计[J]. 水利规划与设计, 2020(06):95-99.
- [2] 钱胜杰, 杨太华. 基于模糊集理论的智能微电网安全风险评估研究[J]. 节能, 2020, 39(02):6-9.
- [3] 曹莹, 高云峰. 智能微电网控制技术研究[J]. 科技风, 2020(03):11-12.

作者简介：马尚行（1979.8-），所从事专业：电子信息及智能控制，高级工程师。沈英达（1984.8-），所从事专业：智能控制，高级工程师。戴永军（1968.2-），所从事专业：应用电子技术，高级工程师（研究员级）。