

# 基于现实的微电网保护方案研究

张 磊 王跃强 陈国恩

(国网嘉兴供电公司电力调度控制中心, 浙江 嘉兴 314000)

**摘要** 随着新能源建设的快速发展微电网应用愈发普及, 其在分布式电源的管控中发挥着巨大的作用。但鉴于微电网诸如潮流双向流动、电网容量小等特点, 使微电网的保护难度较大。因此研发和微电网特点相适应的电网保护方法是十分必要的。本文结合微电网的应用特点, 采用了基于通信的微电网集中保护方案, 并配置了本地保护方案作为补充, 最终对具体的微电网进行了配置, 获得了较为理想的保护效果。

**关键词:** 微电网; 通信; 集中保护

## Research on Microgrid Protection Scheme based on Reality

Zhang Lei Wang Yueqiang Chen Guo'en

(State Grid Electric Power Dispatching Control Center of Jiaxing Power Supply Company,  
Jiaxing, Zhejiang 314000)

**Abstract** With the rapid development of new energy construction, micro grid is becoming more and more popular, and it plays a huge role in the control of distributed power supply. But the microgrid is difficult to protect because of the micro grid, such as two-way flow of power flow and small capacity of power grid. Therefore, it is necessary to research and develop the microgrid protection methods which are compatible with the microgrid characteristics. Based on the characteristics of the micro grid, puts forward the micro grid centralized protection scheme based on communication, and the allocation of local protection scheme as a supplement, finally to the micro grid specific configuration of the protective effect of ideal.

**Keywords:** microgrid; communication; centralized protection

近年来, 随着国家对新能源产业的大力扶持, 新能源产业得到了快速的发展, 分布式发电在电网中变得愈发普遍, 这种以新能源为背景的微电网结构在电网中的比例逐渐增大。而微电网本身潮流不稳定, 系统容量小, 运行方式多样, 给微电网的保护造成了一定的困扰。对微电网保护的合理配置, 建立科学有效的微电网保护方案是确保微电网可靠运行的基本保障<sup>[1]</sup>。本文利用通信手段, 建立了集中控制的微电网保护方案, 并针对具体的微电网结构, 制定了微电网保护的具体方案。

## 1 微电网保护方案设计

### 1.1 设备的集中保护方案

集中保护可以便于对全网综合信息进行分析, 从而准确、快速地判断故障位置以及故障原因。微

电网设备集中保护方案如图 1 所示。其主要由保护装置和保护控制平台构成。微机保护设备的主要功能包括: 电能信息的采集和计算、根据保护算法模型分析对数据进行分析、将运算结果传输到上层控制中心、接收集中保护中心的控制信号并执行上级控制中心的指令、监控设备状态<sup>[2]</sup>。系统中选用的监测装置、智能保护单元均支持 IEC 61850 通信, 从而可以进行方便的组网, 与集中保护平台形成统一的网络。

集中保护中心对微机保护设备的数据信息进行故障分析, 判断设备是否处于正常运行状态, 一旦有故障发生, 就应根据故障情况采取相应的保护措施。集中保护可以对现场监测设备的信息进行分析比较, 从而判断故障位置<sup>[3]</sup>。如图 1 所示, 当 F 节点工作不正常时, 保护设备 MPD1 和 MPD4 的都会

检测到正向故障，而系统就会通过分析对比判断相应的末端保护和后备保护，此时，MPD4 作为末端保护应首先动作，MPD1 进行后备保护。

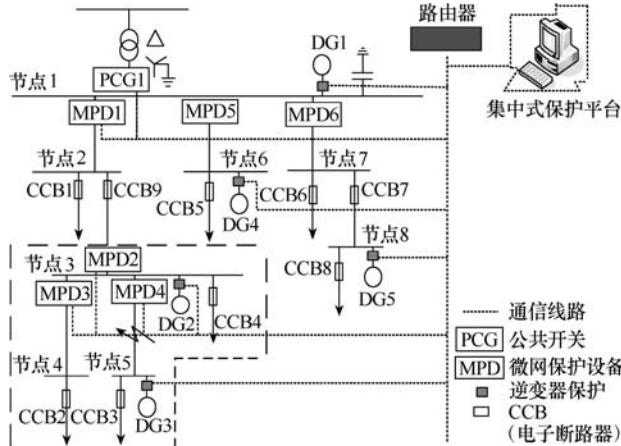


图 1 微电网设备集中保护方案

## 1.2 设备的本地保护方案

当微电网保护通信系统出现问题时，本地装置无法收到上级集中控制平台的动作指令，现场保护设备应具备根据本地设定进行保护的能力，根据本地信息对故障进行检测和判断，完成设备保护动作<sup>[4]</sup>。保护监督动作衔接可根据系统故障判断结果和延时来判定，如图 2 所示， $t_f$  是保护动作的响应时间， $t_m$  为动作响应延时时间，该值通常可以设为 20ms。另外，可以采取安装电子断路器的方式对线路进行短路保护。

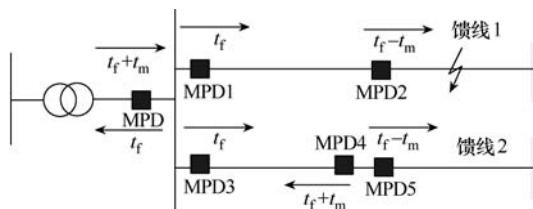


图 2 保护动作的动作时序

当线路的 F 处出现故障时，保护设备 MPD、MPD1、MPD2 会同时检测到系统故障，但 MPD2 会优先动作，而后备保护 MPD 和 MPD1 会根据需要延时动作。往往微电网的规模都比较小，没有较长的输电线路，基本不存在电源通过一条馈线接入的情况，因此通过该保护方案就可以满足保护需要<sup>[5]</sup>。保护设备 MPD 的主要保护设定如下。

### 1) 功率方向保护

微电网的潮流方向是不固定的，当有时需要对故障方向进行识别时，需要增加功率保护装置。系统故障的方向可通过下式判断。当满足以下条件时为正向故障，即

$$-\frac{\pi}{2} + \theta \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2} + \theta \quad (1)$$

式中， $\varphi$  为点压和电流的相位角； $\theta$  为继电器最大灵敏度角。为避免继电器死区的出现，可以参考正常相的相电压以及微机保护器的记忆电压对电流的相位进行判断<sup>[6]</sup>。

### 2) 系统接地故障保护

当有单相接地故障在 TN 系统出现时，系统的零序电流分量往往难以检测。这时可以通过计算系统四相电流的和是否为 0 来判断是否有单相接地故障发生。

### 3) 系统过流保护

当电网有不对称短路故障出现时，系统的负序电流的电流变动会非常大，所以，可以通过检测负序电流，对系统进行保护。故障判断依据为

$$I_{f(2)} = K I_{(2)\text{nor\_max}} \quad (2)$$

式中， $I_{(2)\text{nor\_max}}$  为系统正常状态的负序电流的最大值； $K$  为系统整定系数。该算法适用于系统的相间不对称短路故障保护。

### 4) 电压故障保护

电压故障保护往往在系统公共连接点或者集成在系统逆变器中。系统各公共连接点的欠电压保护的目的是在外部电网运行不正常时，可以确保系统单独正常运行。同时，在系统内部出现问题时，也可以有效的将系统切除，确保外部电网的运行安全。为确保分布式电源的故障穿越能力，公共连接点的保护动作时限不应大于分布电源保护单元<sup>[7]</sup>。

### 5) 电网频率保护

系统频率保护的设置位置和电压保护相同。保护动作时限随频率偏差的增大而减小。

### 6) 电子断路器保护

电子断路器保护功能较为全面，具有较强的保护能力，其通常配备过载长延时保护以及过载瞬时动作保护。过载延时动作的保护时间根据系统电流的有效值计算<sup>[8]</sup>。过载长延时和瞬时动作时间计算式分别如式 (3)、式 (4) 所示：

$$t_1 = \frac{4I_{rl}^2 T_1}{i^2} \quad (3)$$

式中， $I_{rl}$  为长延时动作电流设定值； $T_1$  为长延时过载动作时间设定值； $t_1$  为过载瞬时动作时间。

$$t_2 = \frac{2.25 I_{rl}^2 T_2}{i^2} \quad (4)$$

式中,  $I_{r2}$  为瞬时动作电流的设定值;  $T_2$  为瞬时动作设定时间;  $t_2$  为故障动作动作实际时间。

### 1.3 自动测控单元的保护逻辑

自动测控单元是微电网保护控制的核心设备, 依靠其强大的测控能力, 可以方便地实现微电网的保护功能。自动测控单元的保护逻辑如图 3 所示<sup>[9]</sup>。

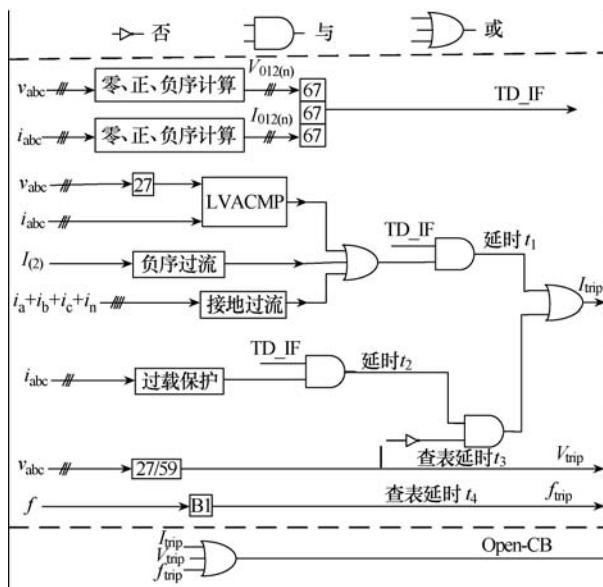


图 3 控制保护逻辑图

通过集中保护和就地保护相结合, 从而实现对系统可靠及有效保护。

## 2 微电网保护的配置分析

假设某微电网结构如图 4 所示。其中 DG1 的额定容量为 600kVA, DG2 的额定容量为 400kVA, DG3、DG4 和 DG5 的额定容量为 50kVA, 系统电流最大输出值为额定容量的 1.2 倍, 计算得出其分别为 1.03kA 以及 0.69kA。

对系统电子断路器的额定电流选择为按照系统最高负荷电流的 1.2 倍。瞬间过载动作电流选择电子断路器的 2 倍及以上电流, 1#断路器处虽然额定电流只有 25A, 但根据经验系统中的尖峰电流经常超过几十安培, 为防止扰动造成开关误动作, 瞬断电流取 100A, 见表 1。其故障动作时间选择 40ms, 长时间过载电流根据线路最大负荷适当增加即可, 8#和 9#电子断路器的动作时间设定为 5s, 剩余电子断路器的动作时间为 4s。智能保护设备的保护动作电流值和时间设定见表 2。这些保护动作时间都是针对微电网网络断线时的本地保护动作时间。而在系统通信正常时, 系统根据对保护装置的上传信息

的分析结果, 进行有针对性的切除, 主保护的动作时间缩短为 0.07s 后备保护动作时间缩短为 0.1s<sup>[10]</sup>。

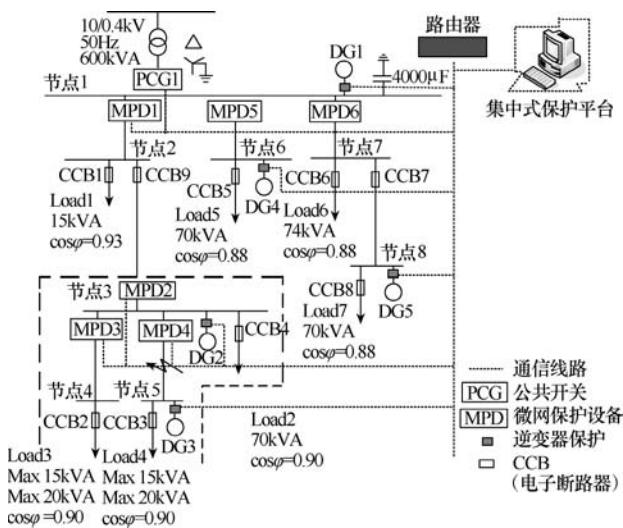


图 4 微电网系统集中式保护方案

表 1 系统电子断路器参数配置表

CCB	$I_N/A$	瞬断电流/A	过载电流/A
1#	25	100	35
2#	100	200	85
3#	125	250	95
4#	125	250	110
5#	125	250	110
6#	125	250	110
7#	125	250	110
8#	125	250	110
9#	315	600	285

表 2 保护动作时间设定

	过流/A	$3I_0/A$	$I_2/A$	$t_1/s$	$t_2/s$	$t_3/s$	$t_4/s$
PCC	650	—	—	—	—	0.13~0.20	60~120
MPD1	315	30	10	90	7.0	0.30	—
MPD2	285	30	10	90	8.0	0.15~0.25	65~180
MPD3	85	30	10	60	5.0	0.40	—
MPD4	95	30	10	60	5.0	0.40	—
MPD5	110	30	10	60	6.0	0.30	—
MPD6	110	30	10	60	6.0	0.30	—

对在 CCB9 和 MPD2 之间的线路出现两相接地故障的情况进行研究。

1) 过渡电阻设定为  $0.2\Omega$ , 系统负荷达到最大, 系统保护动作情况见表 3。

表3 保护设备动作情况

	方向	接地 保护/A	负序 电流/A	过欠压 /p.u.	速断/A	过载/A	保护 动作
MPD1	正	428	130	0.721	—	688	动作
CCB9	—	—	—	—	671	671	动作
MPD2	反	94	117	0.660	—	248	动作

2) 过度电阻设置为  $2\Omega$ , 系统负荷达到最大, 系统保护情况见表4。

表4 保护设备动作情况

	方向	接地 保护/A	负序 电流/A	过欠压 /p.u.	速断/A	过载/A	保护 动作
MPD1	正	55	25	0.95	—	177	动作
CCB9	—	—	—	—	155	155	不动作
MPD2	反	252	11	0.93	—	105	动作

同时, 我们对系统负荷处于最小时的情况也进行了实验, 保护设备均能可靠动作, 即使在 CCB9 在一些故障情况下不能动作时, MPD1 和 MPD2 也可以很好地对线路进行保护。此外, 微电网潮流不稳定运行的方式是多样的, 通过对系统电源电压和频率, 对系统的电源质量保护进行了验证; 通过调整负载情况, 对系统的过负荷情况进行了验证, 都取得了比较理想的保护效果。

### 3 结论

随着新能源和智能电网的建设, 分布式电源结构在配电网中越来越普及。本文针对微电网结构的特点, 构建了微电网集中保护控制平台, 并对微电网保护设备的配置进行了介绍; 为应对集中控制

(上接第 113 页)

- [2] 周谷亮. 高压带电显示装置在配网中的应用[J]. 电工技术, 2015, 16(3): 37, 50.
- [3] 党丽敏. 关于开关柜五防闭锁的分析及解决方案[J]. 电气技术, 2015, 16(7): 121-125.
- [4] 陈辉. 配电网防误系统技术探讨[J]. 云南电力技术, 2012, 40(6): 70-71.
- [5] 卢文成, 丘小辉, 毛行奎. 磁谐振无线电能传输系统的最大效率分析[J]. 电气技术, 2015, 16(4): 14-17, 21.
- [6] 祁文婷, 闫瑞煊, 雷飞, 等. 一种简易无线充电系统设计[J]. 电气技术, 2017, 18(2): 102-105.
- [7] 赵争鸣, 张艺明, 陈凯楠. 磁耦合谐振式无线电能传输技术新进展[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(3): 1-13, 前插 1.

功能丧失的问题, 对微电网的本地保护进行了设置; 并通过实验对微电网保护系统进行了检验, 获得了较为理想的效果。

### 参考文献

- [1] 何鑫. 电网故障分析与保护策略研究[D]. 吉林: 东北电力大学, 2012.
- [2] 徐青山. 分布式发电与微电网技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
- [3] 袁青, 汪小平. CAN 通信接口设备在微电网微机保护中的应用[J]. 电气技术, 2014, 15(3): 70-74.
- [4] 张建华, 黄伟. 微电网运行控制与保护技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [5] 王成山, 武震, 李鹏. 微电网关键技术研究[J]. 电工文摘, 2014, 29(2): 59-68.
- [6] 牟晓春, 毕大强, 任先文. 低压微网综合控制策略设计[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(19): 91-96.
- [7] 系玲玲. 分布式能源微网控制保护与能量管理解决方案[J]. 电气技术, 2014(S1): 79-81.
- [8] 李娟, 高厚磊, 朱国防. 考虑逆变类分布式电源特性的有源配电网反时限电流差动保护[J]. 电工技术学报, 2016, 31(17): 74-83.
- [9] 谭睿, 徐永海, 黄浩, 等. 不对称电压暂降情况下光伏逆变器输出电流峰值的控制策略[J]. 电网技术, 2015, 39(3): 601-608.
- [10] 吴建龙. 电子式塑壳断路器控制器的实现[D]. 苏州: 苏州大学, 2008.

### 作者简介

张 磊 (1986-), 男, 湖北襄阳人, 工程师, 自动化运维班主管, 长期从事电力调度自动化工作。

- [8] 李长生, 张合, 曹娟, 等. 磁共振耦合电能传输系统功率与效率传输特性分析与优化[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(8): 92-97.
- [9] 谢文燕, 林苏斌. 无线电能传输磁耦合结构分析与优化[J]. 电气技术, 2014, 15(9): 27-31.
- [10] 朱忠尼, 林洁, 宋庆国, 等. 磁耦合谐振式无线电能传输技术发展和应用研究[J]. 空军预警学院学报, 2014, 28(1): 37-43.
- [11] 李炜昕, 王灵, 张合, 等. 基于磁耦合谐振的无线能量传输系统[J]. 系统工程与电子技术, 2014, 36(4): 637-642.

### 作者简介

谭 义 (1981-), 男, 广东珠海人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为配网自动化。