

小型发电机组矢量保护的研究

吴伟炯

(上海交通大学, 上海 200030)

摘要: 热电联供系统正在我国兴起, 关键设备和并网标准依旧参照国外标准, 所以这些机组在国内使用中常常遇到一些问题, 如发电机组经常性的发生矢量保护。针对在使用国外机组时遇到的某些问题, 对小型发电机组矢量保护的原理和误动作原因进行了阐述。矢量保护主要用于对机组并网进行保护, 避免机组孤岛运行。由于发电机继电器整定值偏小, 对电网波形要求过严导致误动作, 在增大设定值后解决该问题。希望我国尽快出台小型发电机组并网标准, 以便更好地推广热电联供项目。

关键词: 热电联供; 矢量保护; 并网; 发电机组

Research of the vector shift of the CHP

WU Wei-jiong

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The CHP is developing in China. Because the key facility and the criterion of connecting grid of the CHP are from the oversea and not fitting the domestic condition, the CHP usually faults. This paper researches the principle of the vector shift and the reason of the relay misoperation. Vector shift is the way of protecting the connection grid and avoiding the co-generators islanding. The setting value of the relay is small. It makes the demand for the waveform of the grid rigorous, so the relay misoperated. The criterion of connecting grid of the CHP is expected to be done and then makes the development of the CHP easy.

Key words: CHP; vector shift; connecting grid; co-generation

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)09-0079-03

0 引言

热电联供作为高效节能的技术在我国才刚刚起步, 作者有幸参与了上海某宾馆的 240 kW 燃气热电联供发电机组项目的建造与试运行。由于此类项目在本市还没有成功的先例, 而且相关的规范标准也不全, 因此在建设过程中也是参照国外的经验, 一步一步摸索设计、施工。该项目属于在上海少数的几个并网项目之一, 因此对该小型机组的并网实际效果进行了研究。

1 故障现象

在机组的并网试运行过程中发现该发电机组多次于凌晨 7 点左右发生 vector shift (矢量变化) 报警, 并紧急停机。在确认报警信号后可以重新启动发电机, 发电机又能正常运行至晚上手动停机。该故障现象发生多次, 且时间多集中于凌晨 7 点左右。对于该故障现象专门咨询了该发电机组在国内的代理商, 但对方也不能给出很好的解释, 只是告诉国外一般都取消该保护, 这不会对电网或机组造成损

害。本着实事求是的态度, 对国内外相关的继电保护资料进行了查找以了解该报警的含义, 并了解如何解决该问题。

2 故障分析

由于该机组是进口机组, 其并网设备的并网标准是按照欧美的小型热电联供机组的并网标准实施, 而我国国内的小型热电联供的发电机组的并网标准还未建立, 已有的只是大型发电机组的并网规范, 对小型机组并网情况并不十分适用。通过对资料的查找, 发现目前对于国外的小型分布式能源机组的控制和保护通常采用嵌入式微机系统。由于小型发电机组的工作电压大多为低压, 因此可以充分利用电力电子技术及可靠的嵌入式微机系统实现强大的运算能力。比起传统的机电式保护, 它实现的功能更加丰富多样, 而且更加可靠安全。此类保护系统都遵循欧美的分布能源系统并网标准。

发生故障的发电机组内采用丹麦 DIF 公司的 GCM(generator control module) 发电机控制模块(对发电机进行基本的保护和控制), 根据国外的并网规

范该模块内设定有 vector shift 继电器保护装置, 该保护的作用是对机组的并网同步进行保护, 避免发电机并网后发生不同步运行, 同时也能在市网突然断电时对机组进行保护。但该保护更偏重于机组与电网的同步保护。该发电机组配置该保护的主要目的还是为保护机组与电网的可靠连接, 避免孤岛运行的发生。由于国外电网供电比较可靠, 很少发生断电事故, 因此国外机组在使用时用户经常取消该保护。

该继电器保护作用原理可以用图 1 所模拟的电路进行分析。

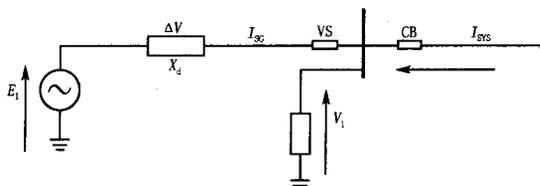


图 1 矢量继电器保护原理图

Fig. 1 VS relay principle

图 1 中: E_1 为发电机定子电动势; V_1 为负载端子电压; X_d 为发电机电阻; VS 为矢量保护继电器; CB 为回路断路器; I_{SG} 为发电机电流; I_{SYS} 为系统电流。

发电机在向负载供电时由于发电机存在着发电机电阻, 因此在负载端电压和发电机电动势之间存在着电压降 ΔV 。负载端电压和发电机电动势之间存在着相位角 θ , 如图 2(a)。如果断路器 CB 由于故障而断开, 这将造成发电机和负载呈孤岛运行状态。由于电网提供或消耗的 I_{SYS} 电流突然地中断, 这将造成同步电机要增加或减少功率。发电机要减速或加速, 发电机电动势 E_1 与负载端电压 V_1 之间的相位差突然的增加或减少。负载端子电压向量改变方向。如下图 2(b) 所示。

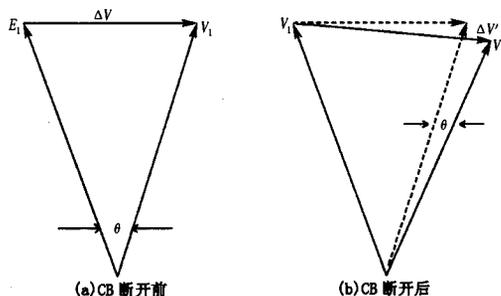


图 2 电压矢量图

Fig.2 Voltage phasors

也可以在时域范围内对此现象进行分析。在负载端电压瞬时值发生变化并且相位发生变化。端电压的瞬时值突然跳变, 相位变化如图 3 A 点所示的孤岛瞬时值。此外端电压的频率也发生变化。这种变化又叫矢量浪涌。矢量变化继电器就是基于这种

现象起作用。

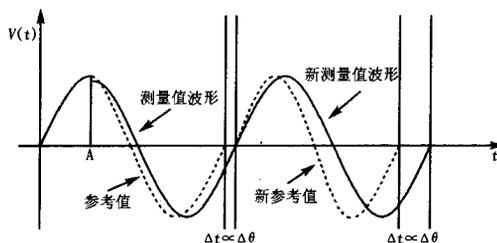


图 3 矢量保护电压

Fig.3 Vector shift voltage

矢量变化继电器测量一个周波的持续时间, 在端电压为零时重新开始一个新的测量。将电流周波时间 (测量波形) 与上一次周波时间 (参考波形) 相比较。如图 3 所示, 在孤岛运行状态下, 在孤岛系统中如果有功率多余或是不足, 周波持续时间要么减少要么增加。周波持续时间的变化造成端电压相角变化 $\Delta \theta$ 成比例的变化, $\Delta \theta$ 是矢量变化继电器的输入参数。发电机电端电压相角 θ 在每个积分步时就确定, 而参考端电压的相角 θ_0 在每个周期开始时就计算并更新好。 $\Delta \theta = \theta - \theta_0$ 。每个周期都会计算 $\Delta \theta$ 并与预先设定的阈值 α 进行比较。如果端电压变化角度的变化量 $\Delta \theta$ 超过了预先设定的阈值 α 并且端电压大小超过了设定的最小值, 跳闸信号会立即送往断路器。通常矢量变换继电器在 $2^\circ \sim 20^\circ$ 内设定端电压相角变化 $\Delta \theta$ 的阈值。当端电压跌落的幅度低于设定的阈值则矢量变换继电器不起作用, 以避免误操作。

虽然矢量变换继电器测量的是整个周波的持续时间 (或频率), 但发电机设定的输入参数却是端电压相角的变化量。矢量变换继电器所使用的参考值每个周期都是更新的。因此矢量变换继电器是个较为敏感的继电器。粗略的说矢量变换继电器是检测快速事件的装置, 检测时间在一个周期内。

3 故障原因

导致矢量变化继电器经常误操作的可能原因有如下几点:

- 1) 较高的发电机负载;
- 2) 较低的短路等级;
- 3) 较低的馈电流 X/R 比例;
- 4) 较小的发电机惯性常量;
- 5) 系统高负载;
- 6) 缓慢的故障清除时间。

这些特点使发电机在同步运行时更容易受到干扰使矢量继电器误报警。

在了解矢量继电器的原理后对现场情况进行了

分析: 发电机发生矢量变化报警跳闸前发电机已正常运行一个多小时, 且停机重新启动后, 能正常运行至晚上十点停机。这样可以基本排除发电机本身故障的可能性。对发电机多次发生故障的情况进行反复比较后发现, 发电机发生报警停机多集中在早晨七点左右, 正好是宾馆内工厂开工的时间, 该宾馆工厂有几台大容量的生产用电炉, 容量在 10 kW 到 20 kW 左右。该电炉启动时启动容量较大, 按照启动电流是额定电流的七倍计算, 启动功率达到 70 kW 到 140 kW 左右, 同时它需要大量的无功功率。虽然在低压配电柜侧有电容功率补偿柜, 避免了对大电网的冲击, 但对于宾馆内部发电机系统来说冲击还是较大的。其谐波会对系统内电压的波形造成影响, 改变电压波形。同时早晨在电炉未启动前整个宾馆负荷较低, 电网的电压偏高, 可以达到 404 V 左右。而发电机的矢量变换继电器波形变化阈值 α 默认设定值为 5° , 其值较小, 对电网波形的变动较为敏感, 大容量感性负载的启动容量相对于发电机组凌晨运行时的负荷 (100 kW 左右) 来说是较大的, 电压跌落较为明显, 电压波形变化较为明显, 实际波形与参考波形之间的相位角变化幅度超过设定值 5° , 因此屡次造成矢量变化报警。

4 故障解决

在了解了报警原因后, 对发电机矢量报警参数进行了重新修正。矢量报警阈值的设定范围为 $2^\circ \sim 20^\circ$ 。根据相关资料, 了解到 VS 继电保护设定为 2° 对应 0.1 Hz/s 的频率变化误差 (该值为整定最小值), 10° 时对应 0.5 Hz/s 的频率变化误差 (该值为整定中等值), 20° 时对应 1.2 Hz/s 的频率变化误差 (该值为整定最大值)。根据我国的电网规范, 我国电网的频率误差要求不大于 0.5 Hz。因此尝试将报警阈值由原来默认的 5° 增加到 10° 。在此后

(上接第 71 页 continued from page 71)

2.3 做好机组停运时与碳刷运行有关部件的维护工作

1) 停机后对集电环、碳刷刷握、刷架进行吹扫和清抹, 保证部件的清洁度。对处于潮湿地段及停机时间较长的机组要做好集电环、刷握等金属部件的防锈、除锈工作。

2) 停机后应测量集电环的圆度、同心度, 超出允许范围应及时进行纠偏。

3) 对于出现电腐蚀的集电环, 停机后应及时进行抛光打圆处理, 必要时可根据集电环的磨损程度, 换极运行。

的几天内, 发电机自早晨六点开机后未再次发生矢量变化报警。这样可以判定宾馆系统内的电压波形的变化一般在 10° 以内。

由此可以得知在系统内有大容量感性负载启动时, 较大的启动容量造成电压的跌落, 同时也会产生大量的谐波造成电网波形的畸变。虽然这个冲击随着感性负载的正常运行而减弱, 但由于发电机的矢量继电器的设定值偏小 (接近最小值), 动作特别敏感, 没有考虑到我国的电能质量较差, 电气设备防止谐波产生和降低启动容量的措施还不够完善, 2 号机组相对容量又较小, 因此矢量继电器往往容易误动作。因此对小型并网机组而言, 矢量继电器的整定值在 10° 左右较为合适。

5 结论

发电机组的出厂保护设定有时并不适合现场的使用情况, 因此需要对某些设置进行调整。而国外的小型发电机组的并网规范在我国并不一定适用, 考虑到我国的电能质量情况, 我们亟需制定适合中国国情的小型发电机组的并网规范, 促进热电联供项目的进一步发展。

参考文献

- [1] Michael Woodworth. Electrical Control Aspects of Small Scale CHP[Z]. BSC AMIEE.
- [2] Freitas W, Xu Wilsun, Affonso C M, et al. Comparative Analysis Between ROCOF and Vector Surge Relays for Distributed Generation Applications[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2005, 20(2).

收稿日期: 2006-10-26; 修回日期: 2006-11-22

作者简介:

吴伟炯 (1977-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化。E-mail: lszzsd@81890.net

3 结束语

对 300 MW 发电机组的转子碳刷采用上述运行维护对策能有效地减少或消除碳刷各种常见的故障, 避免转子回路失磁、转子短路等严重事故的发生。若对碳刷运行中检查维护工作做的好, 将大大降低碳刷故障后的调整处理工作量, 取得事半功倍的效果。

收稿日期: 2006-09-08

作者简介:

杨凯 (1972-), 男, 硕士研究生, 电气工程师, 主要从事发电运行管理工作。E-mail: zjyangk@163.com