

分布式发电对配电网继电保护的影响

庞建业¹, 夏晓宾¹, 房牧²

(1. 青岛供电公司, 山东 青岛 266002; 2. 济南供电公司, 山东 济南 250012)

摘要: 传统的放射状链式配电网接入分布式发电系统后, 配电网继电保护及安全自动装置的配置和整定变得非常复杂和困难。详细分析了分布式电源的接入对原有的配电网继电保护和安全自动装置运行的影响, 提出了一种在分布式电源并网时的保护及自动装置配置方案, 该方案将配电网原有的距离保护改造为允许式方向纵联保护, 提高了并网变电站的供电可靠性, 具有实际可行性。

关键词: 分布式发电; 配电网; 继电保护

Impact of distributed generation to relay protection of distribution system

PANG Jian-ye¹, XIA Xiao-bin¹, FANG Mu²

(1. Qingdao Power Supply Company, Qingdao 266002, China; 2. Jinan Power Supply Company, Jinan 250012, China)

Abstract: After the distributed generation connected to the traditional radial distribution system, the configuration and setting of relay protection and safety automatic devices become very complicated and difficult. The impact of distributed generation to the running of primal relay protection and automatic devices of distribution system is discussed in detail in this paper, a configuration of relay protection and safety automatic devices for the distributed generation connected to the electrical system is proposed, it has high reliability and practical feasibility by turning the primal distance protection into permissive pilot direction protection.

Key words: distributed generation; electrical distribution system; relay protection

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)11-0005-04

0 引言

传统的配电网一般为单电源的放射状链式结构, 分布式发电DG (Distributed Generation) 引入配电网后, 放射式的无源网络变为一个分布有中小型电源的有源网络, 潮流也不再单向地从变电站母线流向各负荷。配电网的这种变化使得电网各种保护定值与机理发生了深刻变化^[1]。

传统的继电保护都是在假定配电系统都是放射状链式结构的基础上设计的, 而随着DG设备在配电网的大量接入, 致使该区域供电系统的结构发生较大变化, 改变了配电网短路电流的分布, 将会对该区域的电力系统继电保护及安全自动装置的配置和动作整定带来一定的难度, 极有可能造成继电保护及安全自动装置不能正确动作。随着DG在配电系统的应用愈来愈广泛, 有必要相应地调整配电网的保护系统, 讨论其对配电网保护配合的影响。

1 分布式发电和分布式电源的概念

20世纪中后期, 随着发电和输配电技术的全面进步, 建造大型电站成为新的选择, 集中发电、远距离输电和大电网互联的电力系统成为电能生产、输送和分配的主要方式。到20世纪90年代, 全球性的电力改革浪潮宣告了一个新的电气时代的诞生, 即采用大电网和分布式发电 (Distributed Generation) 相结合以节省投资, 降低能耗, 提高电力系统的可靠性和灵活性。

分布式发电DG (Distributed Generation) 是指直接配置在配电网或负荷附近的发电设施经济、高效、可靠的发电。DG可以包含任何安装在用户附近的发电设施而不论这种发电形式的规模大小和一次能源的类型^[2]。

分布式电源DR (Distributed Resource) 是指包含了位于用户计量仪表侧的需求侧管理、各种提高能源效率和降低能耗的手段的更广泛意义上的DG, 根据所使用一次能源的不同, 分布式电源可分为: ①基于化石能源的DR, 如往复式发动机、微型燃气轮机、燃料电池等; ②基于可再生能源的DR, 如太

阳能发电的光伏电池、风力发电、水力发电和生物质能发电等；③基于电能存储的混合式DR,如热电冷三联产的多目标分布式供能系统等。

DG与电力系统并网运行技术分为直接与系统相连(机电式)和通过逆变器与系统相连两大类,本文中对配电网继电保护的影响分析中提到的分布式发电概念指的是配电网内安装于用户附近的小型发电机组,属于第一类。

2 分布式电源接入配电网对继电保护及安全自动装置带来的问题

2.1 分布式电源接入配电网的方式

目前国内配电网中连接的分布式电源主要为小型发电机组,通过110 kV终端变电站并网,一般是在110 kV变电站的10 kV或35 kV母线上接入,本文以分布式电源在110 kV变电站的35 kV母线通过专线并网为例进行讨论。图1为分布式电源在110 kV变电站并网的典型接线图,图中三绕组变压器接线方式为Y0/Y/ Δ ,分布式电源DR刚好在变压器的三角形绕组侧并网,消除了变压器中三次谐波磁通的影响,并且当110 kV线路发生接地故障时,分布式电源侧没有零序分量。

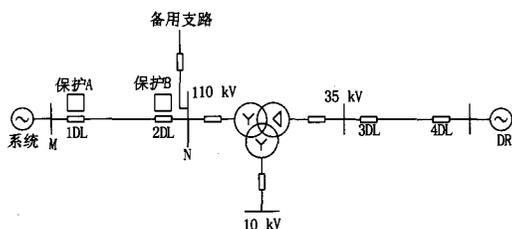


图1 分布式电源并网典型接线图

Fig.1 Typical hook-up of DR connected to the electrical system

2.2 分布式电源并网对继电保护和安全自动装置带来的问题

2.2.1 对变压器零序保护的影响

在分布式电源接入之前,配电网为单电源辐射状结构,图1中110 kV并网变电站中三绕组变压器的中性点一般直接接地或通过电阻接地运行,但为了提高线路首端零序电流保护的灵敏度,其中性点的零序电流保护一般不投入运行。当分布式电源从35 kV母线上接入后,在最大运行方式下,为防止110 kV线路接地时产生的过电压影响110 kV线路和变压器及相关设备的安全,该变压器110 kV侧中性点需投入零序过流保护。这样,配电网的零序网络发生变化,零序电流保护的保护区也发生相应变化,为保证零序保护的选择性,系统侧(断路器1DL)

保护A的灵敏度将大幅度降低。

2.2.2 对自动重合闸(ZCH)和备用电源自投装置的影响

分布式电源并网运行后(见图1),系统与并网变之间的直配线MN变为分布式电源的并网联络线,原跳1DL的保护A的普通重合闸已不能满足可靠性的要求。目前最普遍的配置为将保护A的普通重合闸更换为检线路无压自动重合闸,为2DL加装检同期重合闸。当MN上发生瞬时性故障时,保护A和保护B动作跳开1DL和2DL,联络线失去电压,1DL处检线路无压ZCH重合成功,而由于分布式电源稳定性较差,按检同期的检定条件2DL处ZCH重合成功的机率很小,使得包含DR的电网与主电网分离,而DR仍然向所在的独立电网供电,形成孤岛运行。由于孤岛内功率不平衡,分布式电源很快被压垮,系统失去所有负荷,需按调度命令重新逐级手动同期并网运行。

常规的备用电源自投装置一般是以母线电压降低同时进线无电流为启动判据的。当分布式电源并网后,在MN发生各种短路时,DR都能提供一定量的短路电流(DR侧解列装置因灵敏度不够而不能迅速可靠动作),各自投装置将因电流闭锁而拒动。

2.2.3 对并网联络线保护的影响

如图1所示,分布式电源并网后,并网联络线M侧保护A原有的距离、零序定值仍按直配线计算,定值可维持不变;并网联络线N侧需要加装保护B,配置距离和零序保护。当并网联络线MN发生故障时,保护A一般能够可靠动作跳开1DL,而保护B往往会拒动,拒动的原因是分布式电源归算至并网变110 kV母线侧的阻抗过大,在最小运行方式下,其提供的短路电流很小,可能使距离保护和零序保护的启动元件达不到规程要求的灵敏度。保护B拒动带来以下两个主要问题:

1) 如果并网变三绕组变压器110 kV侧为星型中性点不接地方式运行,保护B拒动使得分布式电源系统变为小电流接地系统,发生单相接地故障后变压器中性点电压升高,威胁到变压器的绝缘安全。

2) 保护B的拒动使得1DL处的检线路无压重合闸无法启动。如果联络线MN发生的是瞬时性故障,在故障消失后仍然不能恢复系统供电并导致备用电源自动投入无法启动。为了保护变压器,一些变电站为变压器配备了中性点过电压保护,保护B拒动时相关保护会跳开变压器各侧开关,此时1DL的自动重合闸虽然能够启动,但变压器已经退出运行,重合闸将重合到空线路上。

3 分布式电源并网运行保护及自动装置配置与整定方案

针对上述存在的问题, 为了有效消除分布式电源并网带来的影响, 本文提出了一套简单、实用的分布式电源并网运行时并网点保护及自动装置配置方案。本方案设计如下。

3.1 并网联络线自动装置与保护的配置与整定

2.2.3中的分析可知, 如果并网联络线分布式电源侧保护B采用普通距离、零序和电流保护, 在MN线路故障时(见图2)保护B往往会拒绝动作。

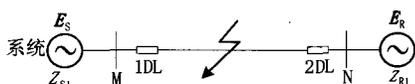


图2 并网联络线MN故障等效电路图

Fig.2 Equivalent hook-up for connect line MN faults

可见, 分布式电源接入配电网后, 使配电网继电保护的运行条件变得更加严酷, 传统的线路保护配置模式已不能满足电网的要求, 针对以上问题, 我们提出了一套新的线路保护配置方案如下: 在并网联络线MN两侧配置必要的逻辑将原有的距离保护改造为允许式方向纵联保护作为线路主保护, 原有的三段式相间和接地距离、四段式零序保护作为后备保护, 同时在N侧加装弱馈逻辑构成弱馈保护, 该保护出口跳闸2DL的同时联跳3DL将分布式电源解列, 待1DL和2DL重合后恢复对并网变电站供电。

3.1.1 保护配置

正常情况下, 在2DL处加装距离和零序保护构成保护B, 在3DL处配置方向电流电压保护以及低频、低压解列装置。本方案另外需要增加的保护配置如下:

1) 在MN两侧加装必要的逻辑构成允许式方向纵联保护作为主保护, 由原有的距离和零序保护构成后备保护。N侧加装弱馈逻辑构成弱馈保护, 该保护动作后, 以一短延时跳开2DL同时联跳 3DL将分布式电源解列;

- 2) 断路器1DL采取检线路无压重合闸;
- 3) 断路器2DL采取检本侧母线无压重合闸;
- 4) 断路器3DL采取检同期重合闸, 配置低频、低压解列装置。

本方案要求第1)、2)、3) 必须配置。

3.1.2 主保护工作方式及弱馈逻辑分析

由于原有线路保护为距离保护, 本着经济、适用的原则, 在距离保护基础上加装必要逻辑构成移频键控式超范围允许式方向纵联保护, 由距离保护II段键控发讯, 其原理图如图3所示。

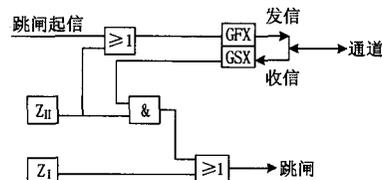


图3 超范围允许式方向纵联保护原理图

Fig.3 Block diagram of the out of range permissive pilot direction protection

采用移频键控(FSK)式传输方式以提高信号抗干扰能力, 正常时传送监频信号 f_c , 在发送允许信号时切换为命令频率 f_r 。发信机由保护第II段 Z_{II} 启动, 收信机收到对侧允许信号, 同时本侧 Z_{II} 动作就发出跳闸命令; 若保护第I段 Z_I 动作, 说明为线路内部故障, 直接发跳闸命令。

按以上逻辑配置允许式方向纵联保护, 仅当区内三相接地短路伴随通道破坏时, 允许信号不能通过, 保护拒动。因此要在载波机内部增设判别回路: 在监频信号消失的150 ms内, 若移频信号也消失, 则组成与门, 经适当延时后代替对方允许信号。按照该逻辑构成的保护原理图如图4所示。

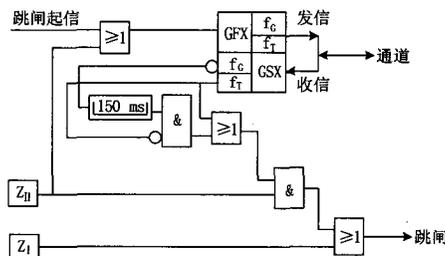


图4 本方案中线路保护原理图

Fig.4 Block diagram of the line protection in this scheme

按照图4所示逻辑构成保护, 可保证对区内所有故障迅速反应。但对接有分布式电源的N侧, 因分布式电源提供的短路电流较小, 可能不足以使保护启动元件动作, 即使收到对侧允许信号也不能跳闸, 因此需要在N侧加装弱馈逻辑构成弱馈保护, 该弱馈逻辑满足以下三个条件:

- 1) 本侧故障检测元件(电流综合突变量、零序电流、低电压元件等)动作, 说明系统有故障;
- 2) 反方向元件不动作, 说明不是区外故障;
- 3) 收到对侧(M侧)允许信号, 说明不是M侧背侧故障。

同时满足上述三个条件后, 本侧通过低电压选相延时50 ms跳闸, 同时转发信30 ms给对侧允许其跳闸。该弱馈逻辑如图5所示。

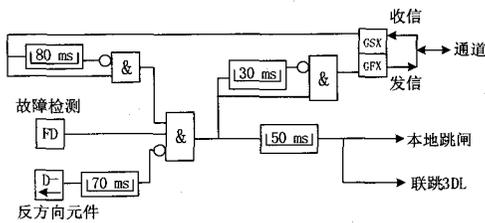


图5 弱馈保护逻辑原理图

Fig.5 Block diagram of the weak-infeed protection

弱馈保护在收信后80 ms内有效,以提高抗干扰能力;反方向元件动作后延时70 ms返回,以减轻对极化电压记忆时间的要求。

3.2 保护动作分析

当在并联网络线MN上发生瞬时性故障时,两侧保护都感受为正方向动作,互发允许信号,两侧断路器跳闸切除故障;若分布式电源提供的短路电流不足以使N侧方向纵联保护动作,则由N侧弱馈保护动作使本侧断路器跳闸,同时转发允许信号给M侧使对方跳闸。若主保护拒动,则由后备保护经延时跳开2DL并联跳3DL。图6所示为本方案中继电器保护动作逻辑框图。

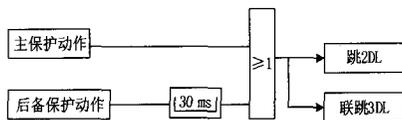


图6 保护动作逻辑框图

Fig.6 Logic diagram of the relay protection movement

保护动作跳闸后,1DL处检线路无压自动重合闸检测到线路无压,重合成功。若备自投装置启动,则2DL处检本侧母线无压重合闸重合不成功,由备用电源带变电站负荷运行;若备自投未启动,则2DL处检本侧母线无压重合闸重合成功,系统恢复对并网变供电。1DL和2DL成功重合后,若分布式电源与系统符合同期条件,则3DL处检同期重合闸重合成功,分布式电源恢复并网运行;若分布式电源与系统不符合同期条件,则按调度命令手动同期并网。

4 结论

本文分析了分布式电源并入配电网运行对继电保护与安全自动装置带来的问题,针对这些问题提出了一套保护与自动装置配置方案。此方案提高了并网变电站的供电可靠性,加速了对永久故障的隔离,具有投资少,简单且实用性强的特点,特别适用于容量相对较大的小型发电机组的并网运行。

参考文献

- [1] Ackerman T, Anderson G, Seder L. Distributed Generation: a Definition[J]. Electric Power System Research, 2001, 57(6): 195-204.
- [2] 丁明, 王敏. 分布式发电技术[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(7): 31-36.
DING Ming, WANG Min. Distributed Generation technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(7): 31-36.
- [3] 潘贞存, 桑在中, 张尔桦. 配电线路全线速切保护的可行性研究[J]. 继电器, 1997, 25(4): 9-11.
PAN Zhen-cun, SANG Zai-zhong. Feasibility Study on Whole Line Fault High Speed Clearing Protection for Distribution System[J]. Relay, 1997, 25(4): 9-11.
- [4] 黄新华. 小发电机组对系统安全的影响及解决措施的探讨[J]. 电网技术, 2002, 26(6): 68-70.
HUANG Xin-hua. Discussion on Effect of Small Generation Sets on Power System Security and Its Countermeasures[J]. Power System Technology, 2002, 26(6): 68-70.

收稿日期: 2005-10-21; 修回日期: 2006-11-20

作者简介:

庞建业(1981-), 男, 工程师, 主要研究方向为配电网继电保护及分布式发电; E-mail: pjy@mail.sdu.edu.cn

夏晓宾(1960-), 男, 高级技师, 主要研究方向为电力系统继电保护与自动监控技术的应用工作;

房牧(1979-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为配电网自动化技术及管理工作。

关于征集“继电保护应用技术”研讨会论文的通知

《继电器》杂志社与清华大学电机工程与应用电子技术系、华中科技大学电气与电子工程学院、华北电力大学电气与电子工程学院定于2007年四季度召开“继电保护应用技术”研讨会, 征文内容如下: (1) 继电保护新技术及其应用; (2) 电力系统安全稳定控制; (3) 保护及自动装置运行经验与事故分析; (4) 继电保护设备的电磁兼容; (5) 继电保护标准的制定与应用; (6) 继电保护制造技术与工艺; (7) 继电保护检测与试验技术。详情请访问继电器杂志社网站 <http://www.dlwg.net/repress/>。