

# SOG 智能型线路保护开关在配电网中的应用

陆文彪, 鲍 威

(1. 龙泉供电局, 浙江 丽水 323700 2 浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 负荷开关和断路器的配合使用已广泛应用于配电网中, 而精确检测和处理非接地系统中的接地故障是配电系统的一个重要课题。介绍了高性能的 SOG (storage over current ground) 智能型线路保护开关的原理、特点和功能, 进一步阐述其与上级变电所断路器的配合应用, 实践证明 SOG 在配网中发挥重要作用, 具有良好的应用前景。

**关键词:** SOG 智能配电系统; 负荷开关; 方向性; 非接地系统

中图分类号: TM 762

文献标识码: B

文章编号: 1004- 3950(2009) 05- 0013- 05

## Application of SOG smart line protection switches in distribution system

LU Wen Biao, BAO Wei

(1. Longquan Electric Supply Bureau, Lishui 323700, China 2. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract** Load switches and circuit breakers have been widely used in the distribution network. And accurate detection and treatment of earth fault of non-grounding system has been an important topic in power distribution system. The principles, characteristics and functions of the high-performance SOG (storage over current ground) smart line protection switches were introduced, and then its performance with the circuit breakers in higher level substation was elaborated. Practice has proved that the SOG plays an important role in the distribution network, at the same time has good application prospects.

**Key words** SOG smart distribution system; load switch; directivity; non-grounding system

### 0 引 言

在中性点不接地系统中, 当某相发生接地故障时不形成短路, 只是经过线路对地电容形成容性电流通道, 故障电流很小, 不要求保护装置动作, 允许系统继续运行  $1\sim 2\text{ h}^{[1]}$ 。但是这种情况可能引起故障性质的变化。如当用户电气设备事故波及到配电线路, 造成全线路停电时, 同一线路的其他用户也可能发生连带停电, 从而引发大面积停电事故。

据某供电局统计, 该局过去几年的事故中用户事故占全部事故的  $30\%\sim 50\%$ 。如果用户在其进户线(分界点处)设置具有 SOG 功能的智能型线路保护开关, 就可以防止用户事故波及到电力公司的配网主线路, 从而提高供电可靠性。针

对中国电网的实际情况, 在分支线和城网与农网的分界点也可以考虑安装这种保护开关。

具有防止上述波及事故发生的开关可称为 SOG 功能的智能型线路保护开关。考虑到实际线路运行协调性, 以及制造成本、运行成本和用户厂区事故的种类, 该型开关一般为负荷开关, 它是介于断路器和隔离开关之间的一种开关电器, 发生短路事故时没有断开短路电流的能力。**负荷开关的结构比断路器简单, 具有简单的灭弧装置, 与断路器的主要区别在于其不能开断短路电流。**目前负荷开关通常与高压熔断器串联组合使用, 应用于功率不大或不太重要的场所, 从而代替价格昂贵的断路器与保护组合使用, 降低配电装置的成本, 而且其操作和维护也较简单。负荷开关以其较低的成本、优越的性能、简单的维护与操作等

收稿日期: 2009- 07- 08

作者简介: 陆文彪(1969- ), 男, 浙江丽水人, 工程师, 主要从事配电网供电研究。

优势,在城市配网高压柜中的应用比重越来越大<sup>[2]</sup>。

1 SOG 主要功能

1.1 SOG 保护开关 相关概念

SOG 智能型线路保护开关是指具有记忆过电流等待分闸,接地自动分闸功能,可有效防止停电区域扩大的负荷开关装置。即当负荷开关装置检测到过电流后做好分闸准备,一旦线路失压后开关装置才进行分闸动作。

该开关是在发生事故时,为了将事故的影响限制到最小范围而使用的,因此应具有迅速、准确判断事故地点并进行选择开断的能力。

发生接地事故时立即断开,发生超过闭锁电流(短路事故电流)的事故时,先将开关闭锁,等电源侧(变电所)的断路器动作线路停电后自动断开开关,保证变电站断路器的一次重合成功,这种功能称为 SOG 动作。根据事故内容进行跳闸动作为:

(1)发生接地事故, SOG 负荷开关通常在 1 s 以内分闸。

(2)发生短路事故时,先由变电站断路器跳闸,高压线路失电, SOG 负荷开关的控制电源消失后开关分闸(不能开断短路电)。

(3)当同时发生接地事故和短路事故时,优先进行短路事故的处理。

1.2 SOG 的作用

(1) SOG 智能型线路保护开关能自动隔离事故区域,缩小停电范围,有效保护干线不受事故影响。当用户发生接地事故时,通过 SOG 负荷开关自动分闸及时将事故区域与支干线隔离。当用户发生短路事故时,通过 SOG 负荷开关与上级断路器(重合器)的动作整定时间的配合,在重合器重合恢复送电之前 SOG 负荷开关分闸。

(2)明确配电网络的责任分界点。通过安装在用户进线侧或城乡结合部,有效区分责任区域。

(3)构成一个投资小、结构简单且可靠性高的简易智能配电系统。

2 检出原理

配电线路发生单相接地时,会产生接地电流(零序电流),在不接地系统里其回返路径如图 1 所示,其大小由配电线路的对地电容决定<sup>[3]</sup>。

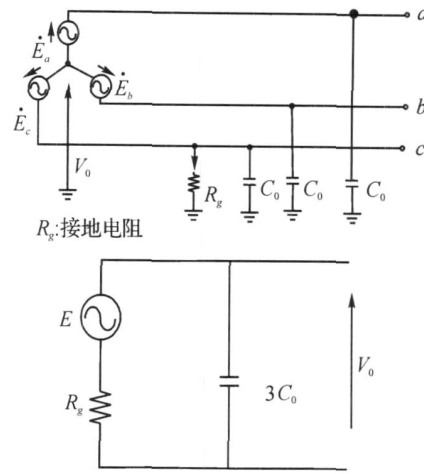


图 1 非接地系统接地故障示意图及等效图

2.1 无方向性开关

在配网线路上设置 SOG 智能型线路保护开关,通过内部装有的 ZCT 来测量零序电流的大小,即可检出接地事故。这种方式,因为仅仅测量零序电流的大小,而不测量起流向的方式称为无方向性方式,其检出原理如图 2 所示。

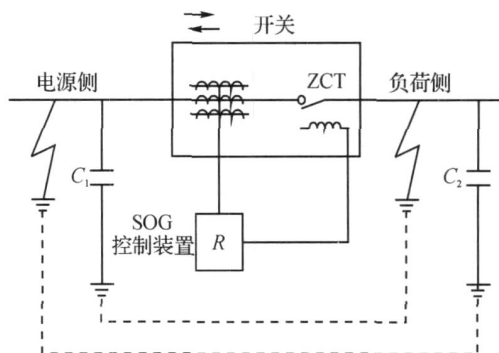


图 2 无方向性的检出原理

负荷侧电缆较短的情况下,只检测零序电流也可一定程度上检出配电线路的接地故障,尽管在判断事故区间时会遇到问题,无方向性还是可以满足要求的<sup>[4]</sup>。但是当电缆较长(尤其安装在支线上)时,在电源侧发生接地事故所流过开关的零序电流也有可能大于 SOG 控制装置的动作电流整定值,无方向性就有误动作的可能。

无方向性开关时电缆的最长使用长度如表 1 所示。此表是根据 7.2 kV 进行计算的,在 12 kV 系统中由于电压升高,也因为绝缘厚度的增加而使得电容量增加,最大可使用电缆长度会远远小于这个长度。此时就有必要同时测量零序电流和零序电压的方向性方式。

表 1 无方向性时使用电缆的最大可能长度 m

导线截面积 /mm <sup>2</sup>	无方向性设定为 0.2 A 时的使用电缆 最大可能长度 CV 以及 CVT 电缆	
	60 Hz	50 Hz
22	50	60
38	42	51
60	36	43
100	29	35

注：①表中所列长度是根据频率计算（7.2 kV，中性点不接地系统），乘以安全系数所得；②表中的长度是整定值为 0.2 A 的情况，提高额定值时，新整定值与 0.2 A 之比乘以上述长度即为新最大长度。

2.2 有方向性开关

有方向性 SOG 智能型线路保护开关是将零序电流与零序电压相结合，来检出事事故区间，其检出原理如图 3 所示。通过高精度 ZCT 和 ZPD 来测量计算零序电流和零序电压之间的相位即可判断事故是在用户侧还是在电源侧。一般情况下的相位特性如图 4 所示。

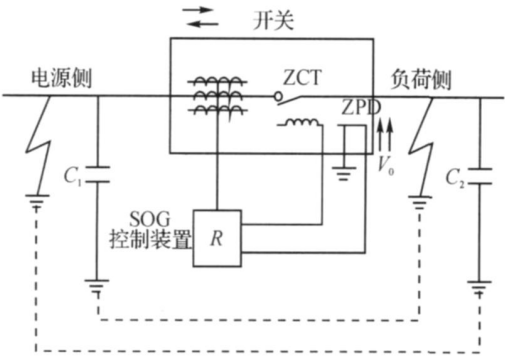


图 3 方向性的检出原理

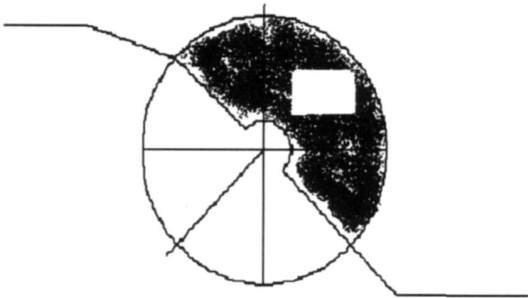


图 4 方向性的相位特征

对于中性点采用消弧线圈接地的配电系统，通过调整相位特性同样能检出接地事故的区

域<sup>[5]</sup>（见图 5）。

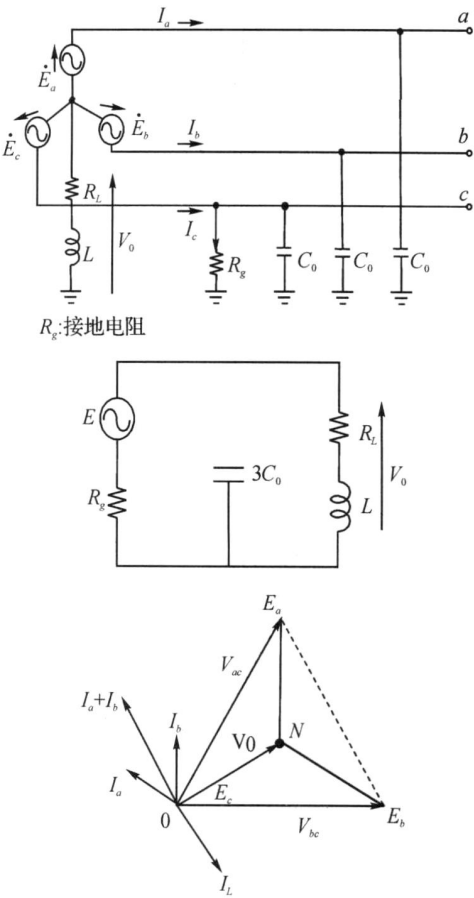


图 5 消弧线圈接地系统等效图及相位图

图 5 中  $I_0$  是  $I_a + I_b$  与  $I_L$  合成而成。故障点在开关前和开关后的  $I_0$  的方向是相反的。

考虑到在计算负荷侧接地事故的零相电压  $V_0$  和零相电流  $I_0$  的相位差时的误差以及安全裕量，在假设补偿电抗是以 5% 的过补偿运用的情况下，相位差区域也仅在超前 120°至滞后 60°（零相电压  $V_0$  为基准）范围内。

在超过 5% 过补偿系统运行的场合，只要适当调整相位差判定区域即可解决问题。

3 SOG 智能型线路保护开关的特点

3.1 SOG 负荷开关优点

3.1.1 异相同时接地时的对应功能

在负荷开关中采用 3CT 内置的方式，分别检测三相的过电电流，避免了 2CT 方式的危险性。

例如当 B 相接地和 C 相接地同时发生时，虽然 B 相和 C 相分别接地，但通过大地形成了一个短路回路，线路中产生过电流（短路电流）。在这

种情况下,用 2CT 的方式,不能检测出无 CT 相的短路电流,只能通过 ZCT 检测出接地电流。系统判断为接地故障(实为短路故障),开关开放,发生开断短路电流的危险事故。

所以使用 SOG 智能型线路保护开关能避免 2CT 产生的误判断事故,确保判断故障性质的正确性。即使在干线分支较多,发生异相同时接地的可能性高的区域也能安全使用,提高开关使用的可靠性。

3 1 2 判断接地电流方向性的功能

通常情况下 SOG 能检测出开关负荷侧的接地故障。而当开关负荷侧的电缆线较长,有较大的对地电容的时候,如果在开关的电源侧发生接地事故,开关有可能会进行不必要的跳闸动作(需要切断开关用户侧的接地故障,可是在电源侧发生接地故障时却跳了闸)。

为此,对接地电流的方向进行判定,防止开关进行这种误动作,如图 6 所示。

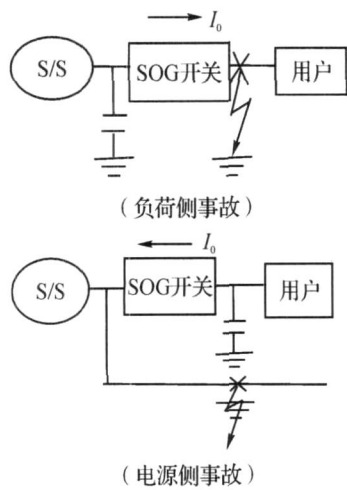


图 6 电流检测方向示意

过去的产品是根据检测出的电流值的大小来判断电流的方向性。但由于线路受到的干扰情况以及接地点的情况不同,经常有误动作的发生。

通过对 ZPD 的  $V_0$  和 ZCT 的  $I_0$  的相位差进行检测,无论在什么情况下都能判断出接地电流的方向。

3 1 3 ZCT 传感器的电流检测特性

由于非接地系统的接地故障事故在初期阶段故障电流比较微小,难以准确检测。长期带故障运行会造成重大短路事故,给供电生产带来极大的影响<sup>[6]</sup>。所以为了尽早发现事故预兆,就必须

提高检测的灵敏度和精度。这里采用一种高精度高性能的 ZCT 内置在 SOG 开关内,此 ZCT 具有极大的动态范围,拥有几微安至 700 A 的动态变化范围特性,即使流过 700 A 以上大电流时,残留特性的输出只有 150 mA 以下的微弱电流,这为准确判断故障现象提供了可靠的保证。

3 1 4 零序电流和零序电压同时测量

同时测量零序电流和零序电压,将零序电流和零序电压的大小与其相角相结合来判断接地事故发生的位置,采用零序电流方向检测方式提高检测可靠性,避免单一使用零序电流大小判断方式所带来误动作的可能性。

采用 SF6 气体绝缘的负荷开关,具有体积小、重量轻(约 85 kg)、开断性能优异等优点。同时为了提高开关的耐腐蚀性和内部气体泄漏,采用高级海军不锈钢,保证焊接部高密封性和长期可靠性。

3 2 方向性 SOG 控制装置特点

3 2 1 自我诊断功能

SOG 控制装置能进行过电流、零相电流、零相电压检出电路有无异常的判断,具有出现异常时异常显示灯(红色 LED)灯亮的自我诊断功能。若没有异常可连续间隔 12 h 进行自我诊断。当显示灯在显示异常时,由于自我诊断为异常 8 s 后会进行再次诊断,如果再次诊断为正常结果时,自我诊断显示灯就会熄灭返回通常监视。

这样定期诊断开关的跳闸回路和 SOG 控制装置本身的检出回路,一旦发生异常时报警显示灯点亮以及报警节点动作输出,便于维修人员及时处理。

3 2 2 动作状态显示

通过磁性显示器显示接地或短路故障发生跳闸的情况。即使在停电状态时,磁性显示器能维持原先动作状态,便于维护人员判断事故原因。

3 2 3 测试按钮

备有接地事故、短路事故动作检测按钮。通过按钮可以检测开关在接地或短路时跳闸动作情况。

3 2 4 报警输出

备有自我诊断异常,过电流(短路)OC 或接地电流(GR)动作的报警接点输出。还可以通过通讯单元配合将动作情况和开关状态信息发送出去,通知维修人员及时维修。

### 3.3 与变电所断路器的配合

在配电系统中,合、分负荷电流是经常的操作,而开断短路电流却极少发生。断路器参数的确定和结构的设计制造均按条件最苛刻却又极少发生的短路保护的要求进行,因而造价昂贵。用负荷开关来完成大量发生的负荷电流的分、合操作,而用高压限流熔断器来对极少发生的短路起保护作用,很好地解决了矛盾,既可省去对复杂、昂贵的断路器的要求,又可满足实际的需要<sup>[7]</sup>。

SOG 智能型线路保护开关设置在责任分界点,当用户侧发生接地事故时,将事故点及时从配电线路上隔离,从而使配电线路不停电。因此,当负荷侧发生接地事故时,必须优先于变电所断路器动作之前进行跳闸;而当负荷侧发生短路事故时,通过变电所的断路器跳闸线路失压期间(重合之前),SOG 智能型线路保护开关进行分闸,保证重合成功。通过与断路器的配合达到隔离故障区域减少停电面积的目的。

通过使用 SOG 智能型线路保护开关可以用较小的投资构成一个结构简单而且可靠性高的简易配电自动化系统。

## 4 结 语

SOG 智能型线路保护开关能迅速判断接地

故障地点(负荷侧和电源侧)以及短路故障,并能准确地进行相应的分闸操作和开关操作,从而有效缩小和控制事故范围,因此广泛应用于配电系统中。同时 SOG 智能型保护开关能与上级变电所断路器配合,构成一个简易配电自动化系统。

在配网主线和用户的分界点、分支线、城网和农网的分界点等处安装具有 SOG 智能型线路保护功能的开关,对于减少事故时的影响范围,提高供电可靠性具有重要的意义。

### 参考文献:

- [1] 王宇光. 电力系统配电网中单相接地故障分析[J]. 科技情报开发与经济, 2008(4): 224-225
- [2] 吴霄平, 刘双喜. 浅谈 10 kV 负荷开关在配电高压柜中的应用[J]. 科技信息(学术版), 2006
- [3] 胡雪松, 黄爱仙. 断路器单相接地保护功能[J]. 电气时代, 2006(5): 112-113
- [4] 张慧芬. 配电网单相接地故障检测技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2006
- [5] 田景林, 张立华, 田 勇. 消弧线圈负荷开关的研制[J]. 东北电力技术, 1995(2): 39-42
- [6] 刘道兵. 基于配电自动化系统单相接地故障定位的研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2005
- [7] 杨连武. 负荷开关-熔断器组合方式在 12 kV 环网柜中的应用[J]. 高压电器, 2003(3): 66-67

## 报 道

## 11年内中国将建成 13座核电站

国家统计局发表新中国建国 60 周年能源发展报告, 展望中国未来能源发展前景。报告指出, 根据中国核电产业发展规划, 从沿海的广东、浙江、福建到内陆的湖北、湖南、江西将建设数十座核电站。到 2020 年, 中国将建成 13 座核电站, 拥有 58 台百万千瓦级核电机组, 核电总装机容量达 4000 万 kW, 核电年发电量将超过 2600 亿 kWh, 核电占中国全部发电装机容量的比重 4% 左右, 发电量比重占全国发电量的 6% 以上。

根据 2006 年《大型煤炭基地建设规划》, 中国将重点建设神东、晋北、晋东、蒙东(东北)、云贵、河南、鲁西、晋中、两淮、黄陇(华亭)、冀中、宁东、陕北 13 个大型亿吨级煤炭基地。到 2010 年规划建设完成, 煤炭产量将达到 17 亿 t。

报告指出, 受能源资源、气候环境、技术装备以及国际环境等多重因素的影响, 中国能源未来发展将面临诸多挑战, 真正市场条件下价格调控能源供需的机制还没有形成, 法律法规建设还有待进一步完善, 能源储备和应急机制还不健全。今后必须不断深化改革, 解放生产力, 继续扩大开放, 拓展中国能源对外合作的空间; 要加快能源领域立法, 不断完善能源市场体系; 采取各种行之有效的措施, 保障中国能源供应安全和国民经济平稳较快发展。

■ 本刊