

基于功率负荷自适应的备自投实现方法

赵家庆¹, 霍雪松², 钱科军¹, 李澄³, 陈颢³

(1.苏州供电公司,江苏苏州 215004;2.江苏省电力公司,江苏南京 210024;

3.江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211102)

摘要:针对电力系统中变电站2台主变容量不一或单台主变容量小于全站负荷功率时,低压备用电源自投(简称备自投)动作易造成小容量主变过负荷运行,而和电流闭锁备自投时易导致半站甚至全站失电的问题,分析了常规备自投过负荷处理方式的不足,提出了可用于传统/智能变电站的基于功率负荷自适应的备自投实现方法。

关键词:功率负荷自适应;智能变电站;备自投保护;通用数字接口

中图分类号:TM77

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2013)03-0050-04

随着电网规模的快速发展、继电保护相关技术的进步及供电可靠性要求的提高,备用电源自投(简称备自投)设备的应用越来越普及。对其在变电站现场中作为备用电源自动投入的功能要求也越来越完善^[1-3]。工业、经济的发展带动了用电负荷的快速增长,变电站正常运行时,经常出现全站负荷常超出单台主变容量的现象^[4,5]。当进线线路或对侧源端发生故障时,导致变电站一路进线失电,此时会出现2种情形:一是完成充电的备自投保护装置将会启动,其动作后可能出现单条线路或单台主变压器承担全站所有工作负荷的情况,此时易导致主变过负荷运行,严重过负荷情况下甚至可引起主变过热运行会导致绝缘降低、绕组击穿、或发生内部故障而损坏主变设备,进而造成全站失电,严重影响变电站设备安全以及供电的可靠性。二是可能由于和电流闭锁备自投而导致备自投无法完成充电,此时若失电则备自投不会启动。如失电前为双进线供电,可能会导致单母线分段的变电站一段母线上的负荷线路失电;如失电前为单线供电且负荷向小容量主变转移时则可能会发生严重的全站负荷线路失电情况。针对传统备自投的不足进行了分析,提出了基于功率负荷自适应的备自投实现方法,在提升变电站的运行稳定性方面具有一定的实用性。

1 常规低压备自投过负荷分析

1.1 分段备自投过负荷

分段备自投一次接线如图1所示。若失电前出线总负荷超过任1台主变额定容量,当1条进线失电时,会出现以下2种情形:

(1) 不投入和电流闭锁功能时,备自投可完成充电,1号/2号进线失电时,备自投动作会出现2号/1号主变承担站内所有出线负荷而发生主变过负荷运行的情况。

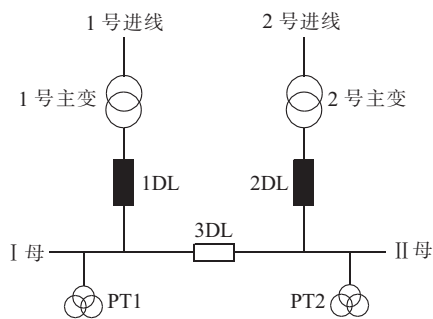


图1 分段备自投一次接线

(2) 投入和电流闭锁功能时,则无法完成充电,1号/2号进线失电时,备自投拒动,此时主变均不过负荷,但会出现一段母线失电而导致的失电母线上出线全失电的情形。

1.2 进线备自投过负荷

进线备自投一次接线如图2所示。

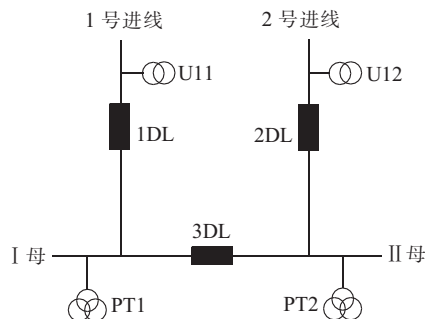


图2 进线备自投一次接线

若失电前1台大容量主变带全站负荷工作时(设1号/2号变为大容量主变),当大容量主变进线失电时,会出现以下2种情形:

(1) 不投入和电流闭锁功能时,备自投可完成充电,1号/2号进线失电时,备自投动作后小容量主变承担站内所有出线负荷时,小容量主变过负荷运行。

(2) 投入和电流闭锁功能时,则无法完成充电,1号/2号进线失电时,备自投拒动,此时会出现2段母线全

失电而导致的母线上全部出线全失电。

1.3 常规备自投过负荷时动作及影响

在上述2种工作方式下,如备自投动作可能出现单台主变压器承担站内所有工作负荷,而导致主变过负荷工作。如过负荷倍数超出变压器额定电流1.2倍以上则不能长期过负荷运行,否则由于内部绕组的过热,会加速绝缘老化、油气分解,缩短主变设备的正常寿命,加速主变设备的更新换代;长时间严重过负荷导致的主变故障,将造成更大的经济损失,并严重影响供电可靠性^[6,7]。

如备自投闭锁可保障主变的安全运行,但导致的失电会引起负荷电量的损失,重要企业负荷的失电同时也对用户的生产造成损失,为供电部门造成不良影响。为挽回损失,常规的操作方法即通过监控人员人工操作拉去部分次要线路负荷,及时恢复重要负荷的供电,必要时还需要到变电站现场进行操作,既费时效率又低下。

针对上述问题,提出了一种基于功率负荷自适应的备自投实现方法,智能识别并灵活处理变电站中单台主变容量无法满足负荷功率时,备自投动作易造成备投主变长期过负荷运行或简单和电流闭锁易导致重要负荷失电的问题,并可满足变电站接口复杂多样的工程应用需要。

2 基于功率负荷自适应的备自投方案

基于功率负荷自适应的备自投实现方案流程如图3所示。该实现方案主要由负荷功率及遥信信息采集计算、按功率分布自适应减载、自适应备用电源自投三大功能部分和自适应减载矩阵出口、备自投保护出口两个控制部分组成。

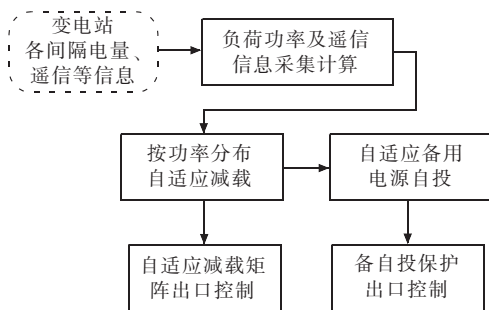


图3 基于功率负荷自适应的备自投实现方案流程

2.1 负荷功率及遥信信息采集计算

负荷功率采集和计算,即通过采样接口采集站内负荷的二次电压电流或功率,并折算到一次侧,获取负荷的实时功率,主要包括主变出线负荷功率和低压出线负荷功率。

2.1.1 主变出线负荷功率计算

根据主变出线的电压电流量,计算出主变出线部

分的二次实时负荷功率,再折算出2台主变出线的有功功率 P_1, P_2 和无功功率 Q_1, Q_2 。由此可以得出2台主变此时的总负荷视在功率为:

$$S = \sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2} \quad (1)$$

2.1.2 低压出线负荷功率计算

根据采集到需减载部分的低压出线二次有功功率和无功功率,将其折算为一次功率。假设减载的轮次设置为 n 轮,可分别计算出第 n 轮需减载的负荷功率为:

$$\begin{cases} P_{jn} = \sum_{x=1}^m P_{lx} \\ Q_{jn} = \sum_{x=1}^m Q_{lx} \end{cases} \quad (2)$$

式中: lx 为减载线路间隔编号; m 为各轮次选中将减载的出线间隔数量。

2.1.3 遥信信息采集

主变出线及分段断路器位置、低压出线间隔开关位置等遥信信息,可以采用传统开关量、GOOSE遥信等多种方式进行采集。

2.2 按功率分布自适应减载

为了使备自投保护动作后主变压器能非过负荷运行,需在备投动作前,根据站内负荷功率分布情况,有选择的减载部分低压出线负荷。

假设减载轮次为2轮,依次将各轮次低压出线总负荷功率按2轮减载的顺序减去。

(1) 减去1轮减载总负荷后系统负荷剩余为:

$$P_{t1} = P_1 + P_2 - P_{j1} \quad (3)$$

$$Q_{t1} = Q_1 + Q_2 - Q_{j1} \quad (4)$$

此时1轮减载后的视在功率为:

$$S_{t1} = \sqrt{(P_{t1} + Q_{t1})^2} \quad (5)$$

(2) 减去1轮减载总负荷和2轮减载总负荷后系统负荷为:

$$P_{t2} = P_1 + P_2 - P_{j1} - P_{j2} \quad (6)$$

$$Q_{t2} = Q_1 + Q_2 - Q_{j1} - Q_{j2} \quad (7)$$

此时1轮、2轮减载后的视在功率为:

$$S_{t2} = \sqrt{(P_{t2} + Q_{t2})^2} \quad (8)$$

假设2台主变容量分别为 S_1, S_2 ,将1轮减载后、2轮减载后的视在功率分别与主变容量进行比较,可得出以下结果:(1)如果功率 $S < S_1$,说明不需减载,即满足功率选择条件,可进入备投到主变一的备自投流程。(2)如果功率 $S > S_1$ 且 $S_{t1} < S_1$,说明需1轮减载,站内负荷功率才小于备投到主变一的主变容量,功率选择条件才会满足;则需先减载1轮出线负荷,才能进入备投到主变一的备自投流程。(3)如果功率 $S > S_1, S_{t1} > S_1$ 且 $S_{t2} < S_1$,说明需要进行1轮、2轮减载,站

内负荷功率才小于备投到主变一时的主变容量,功率选择条件才会满足;则需先减载1轮和2轮出线负荷,才能进入备投到主变一的备自投流程。(4)如果功率 $S > S_1, S_{11} > S_1$ 且 $S_{12} > S_1$,说明2轮负荷均减载后,站内负荷仍然大于备投到主变一时的主变容量,则闭锁备自投功能。备投到主变二上时的减载判断流程同上。

2.3 自适应备用电源自动投入

系统可根据主变出线电压电流量、断路器位置等各种运行条件,自适应选择判断备自投运行在进线备投方式或分段备投方式下。

2.4 减载矩阵及备自投出口控制

负荷减载及备自投保护的出口控制,可采用传统的信号电缆回路或GOOSE网络跳闸实现。为保证自适应负荷减载的选择性和灵活性,系统内设有多个轮次的线路出口选择跳闸控制矩阵。即为全站每条线路的负荷切除提供了多轮次的控制选择,在每个轮次中配有多个出口选择开关,根据其负荷特性,每条线路的跳闸选择可在不同轮次中选定或不选,也可自由选在不同的轮次切除,或不切除。

实现方法如下:系统中设置了不少于2个负荷线路切除轮次,每轮次有多达32条线路的出口跳闸选择矩阵,某一线路跳闸与自适应负荷减载的外部接口(出口矩阵)对应相关,切除负荷线路通过投运相应跳闸矩阵的控制字实现,控制字投退即可视为保护出口压板的投退。

按轮次减载的线路间隔可根据低压出线负荷的供电重要性进行人工分级和设定,如最次要负荷在首轮中设置切除,次要负荷可在后一轮次中设置切除。一旦出线间隔的负荷性质和重要性发生改变,则可通过修改减载矩阵实现其减载轮次的变化或减载控制退出,负荷线路减载的灵活性和选择性得到充分保证。

3 工程应用及可靠性优化

3.1 保护电量采集方案比较

备自投系统需采集的保护电量信息有:(1)主变出线及分段间隔的电压电流信息,作主变出线实时负荷功率和作备自投保护功能计算用。(2)低压出线间隔的功率,以确定减载的负荷大小。

现对目前传统/智能变电站电量采集方式^[1]进行对比分析。(1)用传统CT(电流互感器)/PT(电压互感器)接口方式采集。采用传统的CT/PT接口形式采集主变出线及分段间隔的电压电流方式较为常见。但出线数较多时,接入的间隔数量有限,工程施工量大。(2)采用IEC 61850-9规约采集。主变出线及分段间隔的电压电流采样数据参与备自投功能实时计算,宜采用实时性高的IEC 61850-9规约形式以点对点的方

式进行采集。当出线间隔的电压电流数据采用点对点方式接入时,备自投保护需要提供至少10~12路采样值光纤接口,软硬件实现难度很大;另外,每路出线间隔也需提供一路采样值光纤输出,网络复杂,工程实施难度大。(3)采用GOOSE规约方式采集。对于实时性要求很高的主变出线及分段间隔的电压电流,不能采用GOOSE规约方式进行采集。

考虑到负荷功率为慢变化量,实时性要求相对较低,可以采用GOOSE报文的形式将出线间隔的有功、无功功率等模拟量传至备自投装置中。另外,GOOSE规约扩展配置容易,工程实施简单,易于实现多路出线间隔负荷功率的信息传输。

3种保护电量采集方案对比如表1所示。现场可根据工程应用需求选择合理的保护电量采集方案。

表1 保护电量采集方案优缺点对比

序号	采集方案	优点	缺点
1	传统CT/PT接口方式	传统实现方法,工程实现简单	接口数量受装置硬件配置限制
2	IEC61850-9规约形式	采用光纤传输,信号实时性和可靠性均很高	点对点传输时接口数量受装置硬件配置限制
3	GOOSE规约形式	配置简单,信号传输可靠	传输模拟量信号实时性相对较低

3.2 保护跳闸控制方案

现场的备自投保护动作及减载跳闸方式应根据工程应用需求选择,可采用传统的信号电缆接入出线间隔跳闸回路中来实现,或采用基于GOOSE网络的跳闸控制实现方案。减载控制的各轮次应具有独立的至少16路出口的减载跳闸控制矩阵,以灵活地满足不同数量出线间隔、不同减载控制方案的应用需求。

3.3 方案可靠性优化

对方案的细节部分进行了相应的补充和优化,提高了其动作可靠性。

3.3.1 增加功率缓存记忆模块

为了防止电源失电后主变出线和部分低压出线的瞬时功率全为0,采集不到正常工作时负荷功率的情况,在备投逻辑中增加功率缓存记忆模块,自动记忆并锁存失电前主变出线和低压出线的负荷功率,防止因失电造成的功率计算错误。

3.3.2 增加出线开关位置判别条件

为了防止GOOSE信号误传或通信异常等造成的出线功率计算错误,增加出线开关位置判别条件。只有当和功率同时传送过来的断路器位置为合位时,才能计算此路出线间隔的负荷功率,否则将负荷功率数据置0。

3.3.3 增加出线减载轮次校验功能

为了防止将同一出线间隔同时设置到减载1轮和

2 轮中,负荷功率被重复计算的问题,在系统中增加了出线减载轮次校验功能。如果一出线间隔同时设置在减载 1 轮和 2 轮中时,则只在 1 轮减载负荷中进行计算,在 2 轮中则不计算此功率。

3.3.4 增加出线跳闸校验功能

为了防止减载跳闸出口后,低压出线间隔跳闸失败,开关未分开而造成备自投动作后主变仍然过负荷的异常情况,在系统中增加了出线跳闸校验功能。可在自适应矩阵减载跳闸出口 1~3 s 后,校验低压出线间隔返回的开关位置;如异常,则发出减载失败告警,并根据现场需要决定是否闭锁备自投。

4 结束语

通过对传统备自投方法不足之处的分析研究,提出了基于功率负荷自适应的备自投实现方法。根据工程应用的特点,对部分实现方法作了比较分析,并对该方案工程实施细节作了优化处理,提高了备自投保护的可靠性,降低了低压备自投简单动作易造成小容量主变长期过负荷运行或简单和电流闭锁备自投易导致的全站失电的问题,具有较强的实用性。

参考文献:

[1] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.

- [2] 潘书燕,吕良君,周洪涛,等.一种适用于安全稳定控制系统的备用电源自投装置[J].电力自动化设备,2007,27(2):114-117.
- [3] 杜振华,王建勇,罗奕飞,等.基于MMS与GOOSE网合一的数字化网络保护设计[J].电力系统保护与控制,2010,38(24):178-181,221.
- [4] 范寿忠.备自投过负荷联切功能的实现[J].电力系统保护与控制,2010,38(5):139-140.
- [5] 冯玲.防止备自投装置动作过负荷方案的实践[J].华北电力技术,2006(8):19-20.
- [6] 王德全.110 kV 备自投与保护装置配合问题的分析和探讨[J].江苏电机工程,2010,29(4):41-44.
- [7] 许琦,曹建权.防止因备自投动作引起变压器过载跳闸的分析及对策[J].江苏电机工程,2012,31(4):30-33.

作者简介:

赵家庆(1963),男,江苏苏州人,高级工程师,从事电力系统自动化的研究开发、建设运行和技术管理工作;

霍雪松(1976),男,河南周口人,高级工程师,从事调度自动化系统运行管理工作;

钱科军(1981),男,江苏苏州人,博士,从事电力系统自动化系统研发和管理、可再生能源发电并网等工作;

李澄(1970),男,江苏无锡人,高级工程师,从事变电站综合自动化系统与时钟同步领域技术与开发工作;

陈颢(1987),男,湖北钟祥人,工程师,从事变电站综合自动化系统的开发及工程应用工作。

A Method of Automatic Switchover Device Based on Self-Adaptive Electrical Load

ZHAO Jia-qing¹, HUO Xue-song², QIAN Ke-jun¹, LI Cheng³, CHEN Hao³

(1.Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China;2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

3. Jiangsu Frontier Electric Technology Co. Ltd., Nanjing 211102,China)

Abstract: For two main transformers in one power substation, if the capacity of one transformer is not equal to another transformer's or less than the total power load of the substation, the action of automatic switchover device will cause the transformer with smaller capacity overload. However, the action of automatic switchover device with current blocking will cause extensive load loss. Based on the detailed analysis in the shortage of the overload management in traditional automatic switchover device, a novel method of automatic switchover device for traditional and smart substation is proposed based on self-adaptive electrical load.

Key words: self-adaptive electrical load; smart substation; automatic switchover device; universal digital interface

(上接第 49 页)

Harmonic Effect and Strategy Analysis of Metallurgical Enterprises Centralized Connected to Distribution Grid

SUN Wen-hua¹, CHEN Long², YUAN Xiao-dong³

(1. Changzhou Power Supply Company, Changzhou 213004,China;

2. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

3.Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Large numbers of nonlinear loads of metallurgy enterprises connected to distribution grid have significant effect on system power quality. After introducing the electrical characteristics and harmonic emission levels of typical nonlinear load, this paper presents the harmonic superposition method of different types of harmonic sources. Combined with power quality test results in Changzhou area, the specific harmonic effect of metallurgical enterprises on power grid is then analyzed, and corresponding measures are also proposed.

Key words: metallurgical enterprise; power quality; harmonic; treatment measures