

35 kV 配电网中性点经小电阻接地的改造方案分析

于立涛

(青岛供电公司调度处,山东 青岛 266002)

摘要: 针对南京路变电站 35 kV 系统电容电流过大、中性点经消弧线圈接地暴露出的问题,制定了两种经小电阻接地的改造方案,采取在变压器角形接线侧增加 Z 型接地变和中性点电阻的方式。根据南京路变电站 35 kV 侧为双母线接线且需并列运行的特点,对 Z 型接地变的设置方案及容量选择、运行操作等方面需注意的问题进行了探讨,对经小电阻接地的主变压器差动保护的几种配置方案进行了分析比较,提出了一种新的适合小电阻接地系统的主变压器差动保护方案。

关键词: 中性点; 小电阻; 配电网

中图分类号: TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)16-0057-03

0 引言

青岛电网 220 kV 南京路变电站 35 kV 系统主要供市区负荷,由于近几年城市建设步伐加快,架空线路不断下地,电缆线路的比重逐年上升。目前该站 35 kV 电缆线路约占 54%,电容电流已达 300 A,预计最大可达 600 A。该系统所带 35 kV 变电站接线组别为 Y/ 接线,部分变电站 Y 侧经消弧线圈接地,采取分散补偿的方式。但随着电缆线路的增多,电容电流不断增大,原先采用经消弧线圈补偿的方式在实际运行中暴露出以下问题:为适应不断增长的电容电流的要求,需不断增加消弧线圈数量以增加其补偿容量,很不经济。35 kV 线路在运行中操作较多,消弧线圈数量太多导致对分接头的及时调整有困难,若电容电流计算值或测量值不准确,补偿度调节不好,系统接地时易出现谐振过电压。

发生单相接地故障时,另两相电压升高,对一些因施工质量或其他原因导致的电缆绝缘薄弱点,在试拉线路或对线路分段过程中,易引起其它相绝缘击穿造成相间短路或两点接地故障,导致电缆严重损坏。鉴于以上因素,南京路站 35 kV 系统拟改为中性点经小电阻接地的方式。虽然这种方式在我国许多城市如上海、广州、北京已运行多年,取得了不少宝贵经验,但目前国内只有上海、天津等几个城市 35 kV 系统采用中性点经小电阻接地方式,且 35 kV 侧主接线简单,均为单母线分段接线,正常为两段母线分列运行,分段开关热备用。由于南京路变电站 35 kV 侧为双母线接线,正常为两段母线并列运行,针对这个特点,对南京路 Z 型接地变的设置方案及容量选择、运行操作等方面需注意的问题进行了探

讨,并比较了经小电阻接地的主变压器差动保护的几种配置方案,提出了一种新的适合小电阻接地系统的主变压器差动保护方案。

1 Z 型变设置方案及容量选择

1.1 Z 型接地变设置方案

南京路变电站现运行两台容量为 240 MVA 的三卷变压器,电压变比为 220/35/10.5 kV,接线组别为 Y/ / Y,其中 220 kV、35 kV 为双母线带旁路接线,由于主变 35 kV 侧为 形接线,没有中性点引出,因此拟采用 Z 型接地变压器中性点经小电阻接地的方式。由于南京路站是一个已有 20 多年运行历史的老站,35 kV 间隔已经全部被占用,没有空间间隔给接地变专用。因此 Z 型接地变只有以下两种设置方案可选。

方案一:Z 型接地变与所用变“二合一”,原 35 kV 所用变 35 kV 侧为熔丝,不设开关,需要此间隔进行改造,加装开关及保护。此方案的优点:节省一次设备投资;接地变故障保护动作只联跳主变 35 kV 侧开关,保证其他侧继续运行。缺点:可靠性差,Z 型接地变受所用变低压侧影响,增加了掉闸几率,降低了可靠性。如图 1 所示。

方案二:单独增设 Z 型接地变,接于变压器的出口处。优点:减少了接地变的停电几率。缺点:增加了一次设备的投资;接地变故障需跳主变各侧开关。如图 2 所示。

考虑南京路站供电负荷均为市区重要负荷,供电可靠性应放在第一位,因此 Z 型变的设置方式采用方案二,每台主变出口均安装一台 Z 型接地变并在接地变中性点加装电阻。

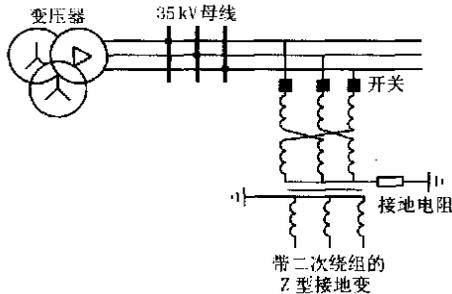


图1 接地变与所用变“二合一”

Fig. 1 Combination of grounding transformer and station service transformer

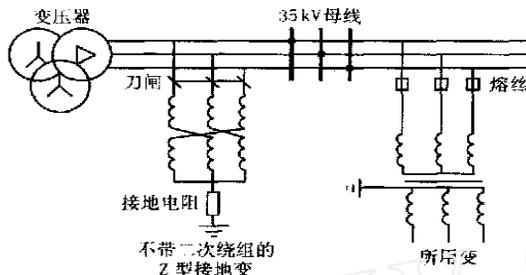


图2 接地变与所用变分开

Fig. 2 Separated grounding transformer and the station service transformer

1.2 接地变容量选择

对于 10 kV 配电网,由于其运行方式简单,因此接地变的容量主要由接地电流及热稳定条件确定,不需要考虑其它因素。但对于南京路站 35 kV 系统选择接地变容量还需考虑其主接线形式及正常运行方式。

正常方式下,南京路站 35 kV 双母线并列运行。为了避免一个系统两个接地电阻同时运行,当 35 kV 双母线并列运行时,只能投入一组接地变及接地电阻,另一组需停用,但在 35 kV 分母线运行或运行的接地变及接地电阻有故障,需将备用的接地变及接地电阻迅速投入。考虑现场条件,为了保证灵活投停,只有在 Z 型接地变 35 kV 侧装设隔离开关,根据调度规程规定,“在未装开关的回路中,使用户外三相联动隔离开关可开、合 35 kV 容量不超过 3 200 KVA 的空载变压器”,因此根据双母线并列运行的需要,为满足运行中需要切换的要求,选择的接地变的容量不能超过 3 200 KVA。

国内外许多研究机构的大量试验和计算表明,当中性点电阻上流过的单相接地电流等于电容电流时,可将间歇性弧光过电压倍数限制在 2.5 倍以内。当中性点电阻上流过的单相接地电流等于 4 倍电容电流,可将间歇性弧光过电压倍数限制在 2 倍以内。

目前南京路站 35 kV 电容电流最大已达 300 A,考虑到系统将来的发展及继电保护灵敏度,选择单相接地电流最大允许值为 2 000 A。当单相接地电流最大允许值为 2 000 A 时,如按 10 s 热稳定条件考虑,接地变绕组的额定电流应为短路时流过绕组电流的 1/10.5,当单相接地电流为 2 000 A 时,接地变容量应为 3 850 KVA,不满足运行操作的要求,考虑单相接地时继电保护一般情况下可在 5 s 内切除故障,因此接地变容量可按 6 s 的热稳定条件考虑。如按 6 s 热稳定条件考虑,绕组的额定电流应为短路时流过绕组电流的 1/15,接地变容量应为 2 695 KVA,满足运行操作的需要。

综合以上因素考虑,南京路站接地变容量可按 6 s 热稳定条件选取为 2 800 KVA(标准容量),这样选择既能满足运行操作要求又能满足接地电流允许值的要求。

1.3 中性点电阻阻值的计算

对于小电阻接地系统,中性点电阻的阻值可依据公式 $R_N = U_X / (2 \sim 3) I_C$ 求得。其中 R_N 为中性点电阻的阻值,单位 Ω ; U_X 为网络相电压,单位 V; I_C 为电网单相接地时的电容电流,单位 A。

2 运行操作中需考虑的问题

为保证供电可靠性,南京路站正常方式下,35 kV 双母线并列运行,因此 35 kV 实际上为一个系统,正常运行情况下不允许两台接地电阻同时并列运行,即只允许一台主变带接地装置运行,另一台主变运行,但接地装置备用,以免接地电流过大,引起设备损坏及保护失去选择性。由于两台接地电阻一台运行,一台备用,在运行中需要注意正确处理“失地”问题,需要考虑安全切换两台接地装置问题,需要考虑接地保护可能拒动问题。

2.1 “失地”处理

电阻接地系统在正常运行方式下不允许失去接地点运行,但对于双母线并列运行方式在一些事故情况可能造成系统“失地”,为了保证电网安全运行,系统“失地”后,运行人员需正确判断事故情况,迅速投入接地装置。

接地变的零序电流保护一般不设跳母联的回路,短时限跳主变 35 kV 开关,长时限跳主变各侧开关,以区分故障点在出线或母线还是在变压器内。以下情况可能造成 35 kV 系统“失地”: 某条 35 kV 线路发生单相故障而开关拒动; 35 kV 母线单相接地; 接地变保护范围内发生故障; #

1 变保护范围内发生故障; # 1 变所在甲母线的某条 35 kV 线路发生相间故障但开关拒动。其中

都会造成 # 1 变跳闸,但 # 2 变继续运行,35 kV 系统成为不接地系统,此时可根据保护动作行为以及 35 kV 母线有无单相接地信号发出来分析故障点的位置。成为不接地系统后,若有单相接地信号发出,则判断可能是 引起的,会有保护动作信号发出,则需要运行人员到现场查找故障点。若没有单相接地信号发出,则说明故障点已经被隔离,可合上 # 2 变接地装置继续运行。对于 则主变的后备保护会先跳开 35 kV 母联开关,再跳开 # 1 变各侧开关。# 1 变所带系统按照相间故障的处理方法进行恢复,# 2 变可合上接地装置带乙母线继续运行。

2.2 接地装置操作

两台接地装置切换操作时,如果此时 35 kV 系统发生接地故障,会发生带故障电流拉刀闸的事故,这对运行操作人员非常危险,因此操作接地装置的隔离开关前后要密切监视系统有无单相接地信号发出。为确保人身安全,可采用电动操作的隔离开关,在隔离开关的拉、合电气回路中接入 35 kV 母线零序电压、低电压闭锁接点,在有接地故障时自动闭锁操作回路。

2.3 防接地保护拒动

当线路经过渡电阻接地时,流过保护的单相接地故障电流减小,保护装置的灵敏度降低。对于电缆线路,单相接地时的过渡电阻一般比较小,可以保证保护装置有足够的灵敏度。而对于架空线路,有大多数情况下的单相接地故障都具有较大的过渡电阻,当过渡电阻很大时,保护装置的灵敏度可能满足不了要求。因此对于小电阻接地系统,为了保证安全运行,运行人员仍应加强对接地变压器零序电流、线路零序电流、尤其是母线零序电压等的监视,以避免系统长时间接地运行,对设备造成损害。

3 主变压器差动保护方案

南京路站为三卷变压器,由于 Z 型接地变安装于主变压器 35 kV 侧出口处(如前面图 2 所示),当 35 kV 配电系统发生单相接地故障时,将有零序电流通过主变 35 kV 开关流向接地变,仅在主变低压侧二次回路出现零序电流分量,从而在主变差动回路中形成零序差流,若零序差流大于差动保护电流启动值时,差动保护将会误动^[1]。因此主变差动保护需考虑 Z 型接地变的存在,避免区外单相故障造

成差动保护误动事故。对于如何在差动保护中消除零序电流有以下方案可供选择。

方案一:Z 型变配置差动 CT,接于原主变差动保护回路中,利用外部措施消除零序差流。此方案的优点为利用硬件消除零序差流,如果在保护区内发生故障时,不影响保护的灵敏度;如果在保护区外发生故障时,只要差动 CT 接线正确,能可靠制动。缺点为 因 Z 型接地变正常运行方式下电流较小无法带负荷测量差动保护向量图,如果此分支 CT 接线不正确,35 kV 出线或母线单相接地故障时可导致主变差动保护误动,影响供电可靠性。加装三相 CT,需要增加投资并增加差动保护回路接线的复杂性,也对保护装置提出更高的要求,对于三卷变压器差动保护需具备四侧差动功能。

方案二:Z 型变不配置差动 CT,主变差动保护在软件上实现滤除零序分量,不同保护生产厂家根据变压器的接线形式采取了不同的方法,在此不再重复。此方案的优点为主变差动保护接线简单,对差动保护装置的硬件没有特殊要求。缺点为由于差流中滤去了零序电流,区内故障发生接地故障时差动保护灵敏度较差。

方案三:保护装置硬件和软件上均不采取措施滤除零序分量,在变压器差动保护整定时考虑躲过配电系统接地故障时的最大零序电流。此方案的最大缺点是差动保护启动值需躲过区外故障最大零序电流,抬高了动作门坎,降低了差动保护的灵敏度。

针对以上三种方案的优缺点,笔者提出一种新的适合小电阻接地系统的主变差动保护配置方案。即 Z 型变不配置差动 CT,利用 Z 型变中性点的零序 CT,将该 CT 接入变压器差动保护装置,即在差动保护软件中计算差流时计入 Z 型变中性点零序 CT 上流过的零序电流。因为区内接地故障时零序电流只来自 Z 型变中性点零序 CT,区外接地故障 35 kV 受总开关处 CT 和接地变中性点 CT 两者感受的零序电流大小相等方向相反,可利用这一特点只对区外故障滤除零序电流,这样不会降低变压器区内故障时的灵敏度。建议微机保护厂家结合以上方案开发出专门用于小电阻接地系统的主变差动保护,保护装置在硬件上既具备输入四侧电流的功能,又具备输入中性点 CT 电流的功能,软件上既具备利用自产零序计算差流功能,又具备利用外接零序计算差流功能,各种功能可通过软控制字投退,以便于用户根据现场实际情况选用。

(下转第 84 页 continued on page 84)

收稿日期: 2003-11-28; 修回日期: 2004-01-13

作者简介:

郭相国(1980-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统

稳定控制; E-mail: Guoxiangguo @163.com

张保会(1953-),男,教授,博士研究生导师,主要研究电力系统安全稳定紧急控制、新型继电保护、电力系统自动化和电力系统通信。

Present achievements and prospects of adaptive auto-reclosure

GUO Xiang-guo, ZHANG Bao-hui

(School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The criteria proposed to distinguish transient faults from permanent ones and the sequential reclosure strategy make it possible to avoid reclosing on permanent faults or transient ones in single-phase or multi-phase faults. The theoretical analysis and offline algorithm of the optimal reclosure have been developed well. Based on the review of the adaptive auto-reclosure, the prospective trends are described.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China(No. 50277027) and XI Education Bounty of China Electricity Fund.

Key words: adaptive auto-reclosure; distinguishing transient faults from permanent faults; optimal reclosure time; sequential reclosure

(上接第 59 页 continued from page 59)

南京路变电站原主变保护为南瑞继电保护公司 RCS-978E 型微机保护,可输入四侧电流即具备四侧差动保护功能,考虑其软件已定型,因此本次改造中主变差动保护配置暂选择方案一,但方案一并不是最佳配置方案,因为在实际运行中无法带负荷测量 Z 型接地分支 CT 相量图,可能因 CT 极性错误导致区外故障差动保护误动。

4 结论

本文结合青岛电网 220 kV 南京路站 35 kV 配电网的改造工程,对南京路 Z 型变设置方案及容量选择、运行操作等方面需注意的问题进行了详细的论述。认为对于双母线接线且并列运行的变电站,选择 Z 型接地变的容量时需考虑满足运行操作的需要,最大容量不宜超过 3 200 kVA。对于中性点经小

电阻接地系统,正常运行中也必须加强对接地信号的监视。文章在对有 Z 型接地变的主变压器差动保护几种配置方案分析比较的基础上,提出了一种新的差动保护方案,以期对微机保护生产厂家有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 李延强,李锦敏,贾长朱,等(LI Yan-qiang, LI Jin-min, JIA Chang-zhu, et al). 天津配电网低电阻接地保护方式及整定计算的探讨(Discussion on Low Resistance Earth Protection Mode and Its Setting Calculation in Tianjin Distribution Network)[J]. 继电器(Relay),1998,26(2):38-42.

收稿日期: 2003-11-25; 修回日期: 2004-01-11

作者简介:

于立涛(1974-),女,工程师,主要从事继电保护计算、运行及管理工作。 E-mail: yuz520 @163.com

Analysis of improving scheme for neutral grounding via low resistance in 35 kV distribution network

YU Li-tao

(Dispatching Department, Qingdao Power Supply Company, Qingdao 266002, China)

Abstract: The capacitive current level in 35kV system of Nanjing road substation is too high, and the neutral grounding via arc suppression coil is liable to cause some problems. According to this situation, there are two improving schemes about grounded neutral system via low resistance, with which delta-connected side of the transformer may be grounded by adding Ztype grounding transformer and neutral resistor. With the characteristics of double busbars being in parallel in 35kV system of Nanjing road substation, some problems about the arrangement, capacity selecting and operation of Ztype grounding transformer are discussed. By analyzing and comparing several schemes for transformer differential protection in grounded neutral system via low resistance, a new transformer differential protection scheme suited for the grounded neutral system via low resistance is put forward.

Key words: neutral grounding; low resistance; distribution network