

不同类型电磁环网解环研究的基本原则与方法

王莉丽¹ 韩伟²

(1. 四川省电力公司调控中心, 四川 成都 610031; 2. 四川电力经济技术研究院, 四川 成都 610031)

摘要: 针对电磁环网运行弊端进行了深入分析, 提出解环研究的基本原则, 并将电磁环网分为3种不同类型, 针对不同类型电磁环网提出具体研究方法。以四川电网解环为例对解环方法进行研究探讨, 对实际工作中的电磁环网解环具有重要的借鉴意义。

关键词: 电磁环网; 分层分区; 短路电流

Abstract: The drawbacks of electromagnetic loop network operation are analyzed, and the basic principles of open-loop research are proposed. Three different types of electromagnetic loop networks and their corresponding specific research methods are put forward. Taking open-loop of Sichuan power grid for example, the open-loop methods are discussed and studied, which can be a reference for the open-loop research of electromagnetic loop network.

Key words: electromagnetic loop network; hierarchical and partitioned; short-circuit current

中图分类号: TM733 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)06-0020-03

0 引言

近年来四川电网已经从全国互联电网的末端发展成为沟通华东、华中、西北电网的枢纽, 成为承担汇集西南水电、保证水电送出、同时满足省内需求的电力交换互济的大平台。从某种意义上讲, 电网的发展也就是不断提升电压等级、对低电压等级进行合理分区的过程。随着高一等级网架逐步加强, 打开电磁环网势在必行。《电力系统安全稳定导则》明确规定: 随着高一等级电压电网的建设, 下级电压电网应逐步实现分区运行, 相邻分区之间互为备用。从2007年开始四川电网逐步打开了川渝电网、川西南、成都及成德电磁环网, 电网结构逐渐清晰。由于电网发展的复杂性和多样性, 在电网发展的不同阶段, 电磁环网运行方式有不同的适应性, 应根据电磁环网不同的构成形式进行具体的分析研究, 确定最佳的解环方案与解环时机。

1 电磁环网运行弊端

1.1 电力系统稳定水平降低

当系统的送端与受端电网间通过高低压电磁环

网进行联系时, 高压线路故障断开将导致送受端的联络阻抗突增, 潮流向低电压等级的线路转移易造成功率超过稳定极限, 引起两侧系统间的振荡。有时为了避免超稳定极限的故障发生, 通常限制由高低压电磁环网构成的输电断面的稳定限额, 通过削弱电网运行的经济性以换取运行的稳定性。

1.2 电网调度运行风险增加

电磁环网的存在, 网架结构不清晰, 开机方式、负荷水平及本网通过联络线交换的电力对系统潮流走向影响较大, 增加了运行中的不可控因素。正常停电操作前需做潮流计算, 评估风险点, 以免停电造成潮流大范围转移。同时在事故处理过程中, 当电网发生 $N-2$ 及以上事故情况下, 网架结构及潮流转移的复杂性增加了调度员处理的难度, 若发生振荡, 不容易判断振荡中心, 也无法迅速进行解列操作, 有扩大事故的风险。电磁环网运行方式是导致系统发生连锁反应从而扩大事故的重要诱因, 给系统安全稳定运行带来威胁。

1.3 系统短路电流水平增高

电力系统的短路电流水平主要取决于装机规模和电网的密集程度。电磁环网运行使得电网规模的密集度增加, 当短路电流水平上升超过了系统中开关的遮断容量时则必须想办法解决, 若不解开电磁

环网则必须更换更高遮断容量的开关,使得电网的投资成本大大增加。

1.4 继电保护及安稳装置设置的困难增大

由于电磁环网的存在,继电保护必须配置双重的纵联保护,以满足可靠性和选择性的要求,通讯信道建设必须及时跟上,才能保证保护动作可靠性。同时有时为了满足电力送出及断面受电的要求等还需配置控制策略复杂的安控装置,满足远距离切负荷、切机的要求,而装置的勿动及拒动将给系统带来巨大的运行风险。

2 电磁环网解环研究的基本原则

随着电网建设的发展,电网内的500 kV站陆续投入运行,当每个区域都已形成一至两个500 kV站点的时候,解环也将逐步推行,解环研究一般应遵循以下基本原则。

2.1 满足分区后功率的基本平衡

分区后的220 kV电网应能满足有功和无功功率的基本平衡,以最大可能性满足供电的要求,对于重要的受端系统还应注意分区后动态无功功率的平衡,分区时需对接入分区电网的电源进行合理布局,以满足500 kV/220 kV电网分层分区要求。

2.2 满足电网安全稳定运行的要求

电磁环网打开后,220 kV网架结构有所削弱,因此分层分区后500 kV电网和220 kV电网应至少能满足 $N-1$ 的要求,即任一线路、主变压器或发电机故障或无故障断开,应能满足电力系统安全稳定运行的要求,这是500 kV/220 kV电网分层分区必须满足的基本条件。

2.3 解环时机的考虑

电磁环网的运行虽然存在多种弊端,但在高一级电网网架不够坚强,维持电磁环网运行只要不影响电网安全、稳定运行及不受短路容量限制,可以维持电磁环网运行。电网发展的不同阶段,选择是否保持电磁环网运行应根据当前电网发展的程度,综合考虑输电断面的稳定限额、供电可靠性等多方面的因素,以确定最佳的解环时机。

3 电磁环网分类及解环方法研究

电磁环网细分为重要输电断面的电磁环网、输

电通道上的电磁环网、受端电网内部的电磁环网等3种不同形式,解环研究应充分进行潮流、稳定性、短路电流及网损等多方面的具体分析计算,针对不同解环方案进行比较分析,找出最佳的解环点及解环时机,同时对于解环后电网产生的新问题需做好充分的预防措施,以保证系统的稳定运行与用户的可靠供电。

3.1 重要输电断面的电磁环网

对于系统中重要输电断面上的电磁环网,如省间联络线、网间联络线、本省内重要的送受电断面,在满足电力系统安全稳定导则中规定的有关各项安全稳定标准的情况下应首先考虑解环运行,此类电磁环网运行不仅降低了电网运行的经济性,而且是威胁电网稳定运行的重大隐患,此类电磁环网解环条件一旦成熟,应及时安排解环。

对于解环后会带来供电可靠性降低或由环网上的变电站变为终端站后电压水平降低等问题,可采用增加自备投装置、增加电容补偿、重要负荷倒置至其他变电站等措施予以解决,积极创造条件及时解环,消除电网安全运行的隐患。

四川与重庆间的川渝断面与川内的川西川南断面即属于重要输电断面的电磁环网。在川渝间500 kV联络线增至3回,220 kV网架薄弱的问题已基本解决后,随着电网规模扩大以及川电外送容量的增加,电磁环网运行的弊端凸显。2007年年底川渝间电磁环网打开,500 kV洪板一线、洪板二线、黄万一线3回线路运行;220 kV林苏线、金苏南、北线、长代东线、长铜线5回线路单侧断开备用。解环后广安铜堡成为单线单变压器终端站,金鹅站为双线单变压器终端站,供电可靠性有所降低。这些问题通过在铜堡站装设备自投装置,金鹅站下重要负荷倒走及做好保电方案加以解决。

四川网内的川西—川南断面是网内重要的输受电断面,冬季川西水电出力减少,该断面成为受电断面,夏季川西水电大发则成为水电外送的通道。2008年川西—川南500~220 kV电磁环网解环运行,500 kV坡山线、洪山线、洪龙二线、南谭双回线运行,形成川西—川南断面,断开220 kV龙棉东线、棉柏线、锋渡线、尖平线。由于解环而成为终端站的220 kV先锋、棉丰、柏合装设的自备投装置以解决供电可靠性问题。解环后的资阳电网分别由川西及川南电网供电,倒供负荷时必须采取停电换电方

式。同时解环后内江 220 kV 网架削弱,受 220 kV 站末端电压稳定性的限制,白凉双回(同塔双回)、寿凉线的供电能力依赖于白马、云潭电厂开机方式。解环后产生的新问题要配合制定详细的方案,提高供电能力及供电可靠性。

3.2 受端电网上的电磁环网

此类电磁环网在系统中众多,且随着电网的发展已经到了不得不解决的地步。其主要问题是处于负荷中心的受端电网密集度高,220 kV 系统联系紧密,随着 500 kV 网络的不断加强,220 kV 电网由原来担任输电电网的角色逐步退化为配电网的角色,但其短路容量增长较快,甚至已超过开关的额定开断电流,严重影响电网安全运行。

对此类电磁环网应主要从限制短路电流、分区电网的供电能力综合进行计算分析。解环方案首先考核解环后的短路电流,一般应满足 500 kV 母线短路水平在 63 kA 以下、220 kV 母线短路水平在 50 kA 以下的要求^[1]。在方案进行比较中,变电站短路容量下降是否明显是衡量的主要标准之一。其次考核电磁环网打开后,电网结构是否适应负荷要求,适应各种方式下的潮流,无功及有功是否平衡,满足供电能力的要求,在几种解环方案的比较中,选择能够满足较大供电能力的方案。

解环后对于负荷中心的 220 kV 变电站供电可靠性降低,在 110 kV 系统间进行负荷倒供的灵活性降低,必要时可通过 220 kV 系统短时合环来配合 110 kV 系统间倒供负荷。解环后产生的备用线路与相邻区域电网之间应具有 20%~30% 重要负荷的支援能力^[2],解环前应做好潮流计算,编制防止大面积停电事故发生的预案。

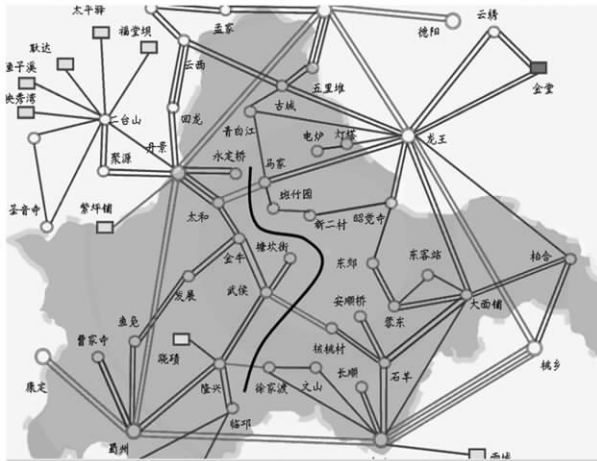


图 1 成都电网按方案 1 解环

四川成德 500 kV 环网是在负荷中心的第一个环网,环网形成后,成都 220 kV 环网逐渐退化为配电网角色,在金堂电厂两机投产后,系统短路容量超过了龙王 220 kV 开关遮断容量,由于当时网架条件的限制,解环将不满足成都电网的供电能力,从而采取了龙王 220 kV 母线分列运行的措施降低短路容量。在 500 kV 蜀州变电站第二台变压器和 220 kV 柏合一 大面铺双回线路投运后,成都电网具备分区运行的条件,图 1 为实际运行中采用的成都 220 kV 电网的解环点即方案 1,其解环点选在 220 kV 兴渡线、侯核一线、侯核二线、马太南线、马太北线,即尖山、桃乡、龙王作为一个供电区域,蜀州、丹景作为一个供电区域解环。同时在确定方案时和方案 2 进行了比较,方案 2 的解环点选在 220 kV 尖大线、大石南线、大石北线、马太南线、马太北线,即尖山、蜀州、丹景作为一个供电区域,桃乡、龙王作为一个供电区域。从降低短路电流来看,方案 1 对丹景、蜀州近区短路电流降低更为明显,方案 2 对尖山近区短路电流降低更为明显。从对成都电网的供电能力看,按现阶段负荷分布情况校核,方案 1 的供电能力可达到 6 500 MW,明显高于方案 2,约高 50~700 MW。主要原因是方案 2 断开尖大线后,尖石双回线潮流更重,任一线故障后向另一回线潮流转移的比例更高,尖石双回线的热稳定水平严重制约尖山近区及与蜀州之间的各 220 kV 变电站供电能力。同时,由于桃乡变电站仅两回出线,同塔双回故障将导致东片区仅龙王 500 kV 变电站支撑,难以充分发挥桃乡变电站的作用,综合考虑选择方案 1 为最终解环方案。

2012 年上半年 500 kV 什邡变电站的建成投运,成德地区的谭家湾、什邡龙王、桃乡、尖山、蜀州、丹景 7 座 500 kV 变电站构成了 500 kV 双环网结构,成为保障成德地区供电能力的重要支撑,断开 220 kV 回云一、二、三线、青古线、同古一、二线、云丰西线、云华线以降低什邡、龙王、古城、云西变电站 220 kV 母线短路电流,实现成都—德阳电网开环运行。实施开环运行后,电网短路电流水平可控制在合理范围内,龙王 220 kV 母线也可恢复合母运行方式。500 kV 彭祖变电站 220 kV 配套工程全部投运后,东坡变电站 220 kV 母线短路电流将超过其开关的最大遮断能力,将要实施乐山—眉山电磁环网解环。

(下转第 39 页)

调密切配合;同时,对特定的负荷性质,电网建设部门应有针对性地进行保护装置的选型,确保保护装置适应于特定的负荷性质,使保护能够起到保电网、保设备的重要作用。

参考文献

- [1] DL/T 584-2007 3kV~110kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [2] 刘高会,刘敏,王朝霞,等. 110kV 变压器的热稳定分析与事故防范措施[J]. 陕西电力 2011(1): 69-73.

(上接第22页)

3.3 输电通道上的电磁环网

对于输电通道电磁环网,正常方式下500kV线路传输的功率一般较大,当高电压等级线路跳闸将引起潮流向低电压等级线路转移,有引发连锁故障的风险。若维持此类高低压电磁环网运行,为了避免此类N-1故障后的连锁反应,其所构成的输电断面稳定限额将大幅度下降。

针对此类输电通道上的电磁环网应进行充分的潮流计算,若解环后可以增大输电能力,减少窝电应及时解环;若经过潮流计算,500kV系统向220kV的转移比不高,且在电磁环网运行下该断面的输送要求可以满足电源的送出,并且解环后可能带来更大的问题,需要有相应的配套工程措施才能解环,对此可以考虑暂缓解环,待配套工程建成后再实施解环。

四川电网的西通道(500kV天嘉、嘉沐、沐叙双回)投运后,复奉直流具备4000MW外送能力。但由于向家坝电站建设滞后,2012年仍需从四川主网组织电力转供复奉直流。而由西通道与500kV洪泸双回与220kV龚山线与孜平线构成的电磁环网丰水期将限制复奉直流的送出,复奉直流潮流超过3000MW时,西通道中断将导致220kV龚山线及孜平线超热稳定,因此为满足外送要求减少弃水应将220kV龚山线及孜平线解环运行,由此带来的龚嘴电厂送出受限问题可通过调整龚嘴电厂运行方式加以解决。

四川500kV资洪双回是川西水电外送的重要通道,夏季潮流可达到2000MW,其与220kV资凉双回构成了电磁环网,若解开220kV资凉双回线,

[3] Q/GDW 175-2008 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[S].

[4] 赵海鸣,刘佩芬. 基于新标准化设计规范的330kV变压器后备保护整定计算方法探讨[J]. 陕西电力 2009(11): 52-54.

作者简介:

刘高会(1973),男,大学本科,高级工程师,从事继电保护及自动装置的定值整定计算工作。

(收稿日期:2012-05-25)

将导致220kV桥乐线过载。经潮流计算500kV资洪双回跳闸后,仅有16%的潮流转移至资凉双回,在220kV资凉双回不超300MW情况下,资洪双回可按2200MW控制,当资洪双回跳闸后,资凉双回不会超热稳定限额。因此在满足川西水电外送要求的情况下可保持此电磁环网运行。

4 结 语

随着500kV电网的建设投运,适时打开高低压电磁环网,下一级电压电网逐步实现分区运行是电网发展的必然选择。解环方案的制定应针对不同类型的电磁环网进行具体分析,从解环后电网潮流分布是否合理、主要变电站短路容量下降是否明显及供电能力与供电可靠性等多方面来进行综合评价。同时应能最大限度地避免电磁环网解环后带来的新问题,针对电网发展的不同阶段,适时适机地解开电磁环网。解环研究以能构建解环分区运行的坚强电网为最终目标。

参考文献

- [1] 袁志强,黄薇,江峰青. 220kV 电网短路电流控制措施研究[J]. 现代电力, 2009 26(4): 41-46.
- [2] 李旭霞. 山西中部电磁环网解环研究[J]. 山西电力, 2009(21): 40-43, 97.

作者简介:

王莉丽(1977),女,汉族,硕士,工程师,2004年毕业于重庆大学电气工程学院,长期从事电网调度工作。

(收稿日期:2012-10-22)