

河北南网变压器保护运行中存在问题分析与对策

常凤然, 赵自刚, 李海生, 曹树江, 张洪, 周纪录

(河北电力调度通信中心, 河北 石家庄 050021)

摘要: 电网运行的实际情况表明, 变压器保护的安全性及可靠性至关重要。文中以近期的两次事故为例, 分析了河北南网变压器保护运行中存在的若干问题, 并针对这些问题提出了整改措施。文章认为, 现存问题的彻底解决, 不仅应从保护的配置、选型、运行方式、定值计算等几方面着手进行, 还需从直流系统的配置与改造、TA 的布置、系统运行方式等方面共同采取措施。

关键词: 变压器; 继电保护; 差动; 过流; 失灵

中图分类号: TM772; TM732 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2000)07-0050-05

1 引言

变压器保护, 从其现状来看, 由于人们对其重视程度远不如线路保护, 尤其是基础理论研究深度不够, 其发展水平相对落后于线路保护, 而且长期以来对变压器保护的研究多集中在差动保护躲励磁涌流方法的研究上, 对变压器的后备保护更是有所忽视^[1]。从运行方面来讲, 多年来国内继电保护运行管理部门的精力较多集中在如何使电网保护完成保证电网安全稳定运行的使命, 以及协同制造部门从原理和制造技术上提高国产保护的质量, 使之适应电网的需求上, 如 20 世纪 80 年代进行的高压线路继电保护“四统一”设计。从 20 世纪 80 年代中、后期直至 90 年代末, 我们又将工作重点放在了微型线路保护的稳定运行、推广应用及落实部颁“反措要点”等方面, 因为它毕竟较之变压器保护更直接关系到电网的安全。从管理体制上, 变压器保护大多已下放至地调, 除有配合关系的变压器零序保护外, 网省调的继电保护部门已不再进行变压器保护的整定计算。因而, 随着理论基础较好、直接关系到电网安全稳定运行的线路保护日趋稳定, 以及防污闪的治理大见成效, 线路的绝缘水平不断提高, 站内故障开始增多, 变压器保护在运行中存在多年的问题开始显露出来。事实上, 变压器保护确有很多问题需要引起我们的重视, 在电网保护中应占据它应有的地位。这是因为 无论是联络变压器还是降压变压器, 作为联接高、低压系统的“接口”设备, 在系统中“承上启下”, 其作用已不再是单纯的设备保护, 而是在一定程度上具有电网保护的意义; 历史的经验和教训不断告诉我们, 变压器保护一直在扮演防止事故扩大或直接扩大事故两种截然不同的角色;

在大力开展电力市场工作的今天, 变压器保护对用户和电力部门自身形象所造成的影响在一定程度上已经超过了线路保护。

例如, 1999 年某变电站发生的一起与变压器保护有关的事故。事故起因于该站 2 # 变 10kV 开关母线侧刀闸的故障, 2 # 变 10kV 侧过流保护动作跳 10kV 侧开关, 但该开关未能切除故障, 爆炸起火, 继而引发了 110kV 侧 A 相接地、AB 两相接地、ABC 三相短路, 又进一步发展为 220kV 侧 A 相接地、AB 两相接地、ABC 三相短路。事故造成站内设备严重损坏, 波及电网, 损失出力约 2100MW。事故扩大的主要原因是 2 # 变 10kV 开关未能灭弧, 而波及主网的原因却在于变压器 220kV 侧的相间后备保护—复合电压闭锁过流的复合电压未选用 10kV 侧电压, 220kV 和 110kV 侧的复合电压闭锁元件在 10kV 短路时灵敏度又不够, 造成该保护未能动作, 使 10kV 故障失去后备保护和后备开关, 导致事故扩大。

又如, 2000 年 2 月 25 日, 河北南网 220kV 南宫变电站也发生了一起主变低压侧故障烧毁低压母线、限流电抗器等设备的事故。事故起因于 10kV 一支母线短路, 虽然该分支开关由 0.5s 过流保护动作跳开, 但由于一次设备的布置问题, 故障不但未被切除, 反而迅速发展至变压器低压侧。而此时因故障引起的大火, 使得直流电缆短路, 造成变压器差动保护和后备过流保护的直流逆变电源在全站直流瞬时下降时停运, 致使变压器失去所有保护, 幸运的是值班员当机立断手动拉开主变, 才隔离了故障, 避免了事故的进一步扩大。

据了解, 近年来全国曾发生过多起 220kV 供电变压器低压侧故障, 由于开关爆炸、保护有死区、直流系统波动或消失等, 造成低压配电室起火, 烧毁限

流电抗器、低压引线桥,乃至烧毁主变,甚至导致故障从低压扩大到高压,发展为电网事故。从我们近期对河北南网进行的变压器保护调查结果可以看出,目前的变压器保护确实存在影响系统安全运行的问题。问题的产生,从根本上说是部分变压器保护不符合规程^[2]中关于“所有运行设备都必须由两套交、直流输入和输出回路相互独立,并分别控制不同断路器的继电保护装置进行保护”的基本要求。需要尽快研究并采取解决措施,以保证电网的安全稳定运行。

2 变压器保护存在问题分析

下述分析源于我们近期在河北南网进行的变压器保护调查,以 220kV 变压器为主,未包括发电厂的升压变压器。

2.1 差动保护

差动保护涉及到的主要问题是:

- 1) 差动保护用 TA 的布置;
- 2) 旁路保护转带主变开关时,差动保护用 TA 的切换。

正常运行时,高、中压侧差动保护用的 TA 通常为外附 TA,一般不用变压器的套管 TA。这样可以使差动保护范围尽可能地靠近开关,减小保护死区。对低压侧,目前的 TA 布置方式主要有两种:TA 位于开关与主变或电抗器之间,与高、中压侧的情况类似;TA 位于开关与母线之间,差动保护的较大。此外,还有个别站的 TA 在电抗器和主变之间,差动保护的较小。差动保护范围过小,相当于低压母线过长,应当考虑它对系统稳定的影响。一般而言,只要配以合适的后备保护,对系统稳定的影响当不会太大。

当用旁路开关转带主变运行时,目前一般的做法是将差动保护切至变压器套管 TA。此举缩小了差动保护范围,对旁路开关至变压器套管间的故障需要依靠旁路保护来切除,而且还要求旁路保护能跳主变各侧开关。随之带来的问题是:有些旁路保护不具备跳主变各侧开关的能力,需要改进二次回路。在中压侧无电源时,中压侧开关转带时旁路保护不能动作,需靠变压器后备保护动作,而后备保护的動作时间又可能不能满足系统稳定的要求。

当然,如果旁路开关转带时能将差动保护切至旁路开关 TA(主要取决于 TA 圈数),则差动保护范围与正常运行类似,目前仅有个别站采用这种切换方式,在今后的新建和改、扩建项目中,应首选该方

式。

2.2 后备保护

500kV 变压器一般采用带偏移的圆特性阻抗保护作为相间故障的后备保护,很难做到对低压母线故障有足够灵敏度,“既不合情又不合理^[3]”,低压侧后备保护主要依靠双重化的保护配置来解决。

目前,河北南网 220kV 系统的变压器后备保护仍以过流保护为主,问题主要出在配置和定值上。

2.2.1 保护相间故障的相过流保护

A) 电压闭锁元件的灵敏度不足

高压侧过流保护的电压闭锁元件未采用三侧电压并联的方式,仅采用本侧电压,而此电压元件对低压侧故障的灵敏度不足(前述第一例事故即属此类)。

部分站低压侧过流虽有低电压闭锁,但电压闭锁元件的灵敏度不足。主要是在 10kV 长线路末端故障时,母线电压有可能下降不到定值。

B) 电流元件的灵敏度不足

高压侧过流保护的电流元件对低压侧电抗器后(电抗器至低压母线)的短路故障无灵敏度。由于低压侧加装了限流电抗器,低压母线的短路电流大幅度下降,使得按额定电流整定的变压器过流元件灵敏度不足(约在 0.4~0.7 之间),220kV 主变普遍存在这种情况。

部分变电站由于主变的低压侧并列运行,使得主变高压侧过流保护对低压侧故障无灵敏度。虽然采取了诸如低压侧过流先跳分段开关等措施,但相当于未考虑低压侧过流保护或分段开关拒动的问题。

C) 保护配置不健全

部分 110kV 站主变中(低)压侧未装设过流保护,需靠主变高压侧过流作为中(低)压侧母线、线路故障的第一重后备保护,而电源侧线路保护对主变中(低)压侧母线故障又无足够的灵敏度,使得中(低)压侧母线故障时无第二重保护。

2.2.2 保护接地故障的零序过流保护

零序电流保护在配置上比较完善,定值灵敏度也都能满足规程要求。但如果考虑开关失灵,在有些情况下,可能出现接地故障失去保护的情况。例如,220kV 站,两主变并列运行,中低压侧无其它电源,220kV 母线故障,中性点接地主变开关失灵,若该主变高压侧未配置无方向的跳主变各侧开关的零序过流,则对该接地故障无保护。

2.3 失灵保护

目前后备保护存在的另一主要问题是主变开关失灵问题。

当主变电源侧开关失灵时,对110kV主变,这一问题应依靠线路的远后备来解决。而实际上,由于受负荷电流的影响,重负荷线路的线路保护对相邻主变很难有足够的后备作用,这一点实际上与上节所述的情况类似。对220kV主变,这一问题应依靠失灵保护来解决,而目前河北南网大部分主变保护(双母线接线)未启动失灵保护,需要说明的是,这样的使用方式并不违反技术规程^[4]和有关文件的规定。

500kV主变保护均启动失灵保护,但其220kV侧开关在220kV母差保护动作而开关失灵时,无启动失灵保护的回路,该故障要依靠500kV对侧线路的后备保护切除,时间很长(某些故障情况下可能超过10s),对500kV系统的稳定运行无疑是严重的考验。但如果采取220kV母差保护直接跳主变三侧的方式,又扩大了停电范围。对一般采用3/2接线的500kV变电站来说,当主变串另一母线断路器检修时,还将造成相邻元件的停运。

2.4 保护装置

目前河北南网的220kV和110kV变压器保护装置以晶体管型为主,新上主变保护全部为微机型(占20%)。在役装置中,电磁型装置和大部分晶体管保护装置,由于运行年限长(7套电磁型保护超过20年,27套晶体管保护运行10年以上),元器件老化严重,装置故障率已呈攀升趋势,且厂家已停产多年,备品备件提供困难,隐患较多,严重危及电网安全。

另外,河北南网运行的晶体管变压器保护,各侧后备保护采用同一出口,直流电源也未分开,且直流逆变电源存在不能自起动的缺陷(南宫事故扩大的原因之一)。因此,虽然高、中、低压侧后备保护在配置上健全,但实际上并不能实现真正意义上的后备。新上的微机型变压器保护装置大部分已将各侧后备分开配置,应该说,在保护装置这一层面上,符合“所有运行设备都必须由两套交、直流输入和输出回路相互独立,并分别控制不同断路器的继电保护装置进行保护”的基本要求。

2.5 直流系统和接地网

目前河北南网大部分220kV站的直流系统尚未实现双套蓄电池配置(已制定改造计划,正在实施),保护用的直流回路,主要是老站,也未完全按原电力

部颁“反措要点”的要求进行整改。如此,将会导致因某一直流熔断器的问题,而失去全部后备保护的严重后果。

在前述事故中,还暴露出接地方面的一些严重问题:事故后检查发现10kV一段配电室接地网与主地网没有连接,开关柜接地不良,致使发生异点异相接地短路时,开关柜电位升高至2000~4000V,经电缆窜入直流系统,直流回路绝缘击穿、短路,直流电源消失。在河北电网的抽查发现,接地网存在的问题也较为严重。

虽然说,接地网和直流蓄电池、充电机等不属于继电保护专业的管辖维护范围,但其与保护的密切关系,值得我们注意。接地铜排、100mm²铜导线等只能解决等电位的问题^[3],而不能解决电压升高的问题。按“反措要点”构造的继电保护专用接地网(通过变电站的地网接地)只有在良好接地的情况下才能充分发挥作用。接地是否良好,不仅影响一次设备的安全运行,还直接影响二次回路和保护运行的可靠性。直流电源更是继电保护装置安全可靠运行的关键环节之一,在220kV及以上电压等级,接近后备原则配置保护时,对直流系统要求应当是非常高的。

3 整改对策

要妥善解决目前变压器保护存在的诸多问题,首先需要各级领导和专业技术人员对其重要性有一个明确的认识;其次,变压器保护的安全稳定运行,不是仅靠继电保护专业能够解决的,如直流系统的配置与改造、TA的布置等需要多个专业的共同努力,方能得到较为彻底的解决。就继电保护专业而言,应从保护的配置、选型、运行方式、定值计算等几方面着手进行。

3.1 一次设备选型及布置

一次设备选型,主要是限流电抗器的选型,应在考虑短路容量、开关开断能力的同时,兼顾后备保护的灵敏度。

对于一次设备布置,低压侧应尽量采用主变后备保护CT限流电抗器开关差动保护CT母线的接线形式,避免出现T接等非标准接线而造成的保护死区。差动保护用低压侧CT应尽量靠近变压器低压开关安装,宜安装在开关和母线侧刀闸之间,即差动保护范围包括限流电抗器和变压器低压侧开关。各侧后备保护,尤其是低压侧后备保护CT的布置和选用,应充分考虑保护范围互

相交叉、互为备用的问题。

3.2 保护配置选型和二次回路设计

保护配置和选型,应根据保护整定计算部门的意见进行。

220kV 变压器电压闭锁过流保护,高、中压侧的电压闭锁必须三侧构成“或”门使用;低压侧的电压闭锁可只采用本侧电压。低压侧电压元件对线路末端故障灵敏度不足的,一方面可从定值角度考虑,另一方面,也可考虑采用其它闭锁措施。

110kV 重负荷线路对相邻主变的后备,一方面可考虑主变低压侧增设一套过流保护,另一方面亦可考虑采用具有多边形特性的微机型线路保护,以获得更好的躲负荷阻抗能力,提高灵敏度。

变压器低压后备保护应具备跳主变各侧开关的保护段,以弥补目前高压后备保护电流灵敏度不足的问题。同时,积极研究使用高中压侧构成的差动保护(实质上相当于低压侧过流保护)对保护低压故障,提高低压故障灵敏度的可能性。

差动保护应双重化配置,各侧后备保护应分开配置。较为理想的是采用完全双重化配置的综合式装置(指差动、后备在同一装置内,据了解价格较之后备保护分开配置的方式只低不高)。非电量保护(瓦斯保护、温度保护等)应能独立出口跳闸,不依赖电气保护。

新建站旁路开关转带变压器开关时,差动保护用 TA 应能切至旁路 TA。

研究 500kV 主变是否可在 220kV 侧增设一简单的失灵回路跳主变三侧(不能与现失灵保护混用),以解决 220kV 母差保护动作而主变开关失灵的问题。

3.3 直流系统、接地网和保护装置

按照有关部门和文件的要求,加快河北南网直流系统双配置和接地网整改的工作进程。在此基础上,按“反措要点”的原则,改造变压器保护的直流回路。

若各侧后备保护分开配置,差动保护 1 与高压侧后备上一组直流母线,差动保护 2(如配置)与中低压侧后备上另一组直流母线。在两组母线上,各差动、各后备均应使用不同的分直流熔断器供电。

尽速改造目前不能自启动的直流逆变电源,使之符合“反措要点”的要求。

鉴于微机型变压器保护经过 10 余年的努力,在充分吸取微机型线路保护成功经验的基础上,已具备了在电网中推广应用的基础,我们将逐步用微机

型变压器保护替代 220kV 系统的所有电磁型和晶体管型变压器保护装置。

3.4 定值计算和运行方式

定值计算,应充分考虑一次系统的要求和二次设备的现状,不能一味为满足一次的需求而大幅度降低二次系统的可靠性、选择性和灵敏性。应与系统运行部门紧密协商,制定合理方式。例如,为提高供电可靠性,不一定低压并列运行,可采用自投等措施。但如果低压并列运行,保护方面不存在问题时,也不一定强求分裂运行。

在选用微机型保护装置后,电流元件、电压元件的整定,可考虑取较高的返回系数(实测更好),从而在一定程度上,解决诸如低压侧后备保护电压元件灵敏度、高压侧后备保护电流元件灵敏度问题。

变压器的电气量保护应起启动失灵保护,采用微机型失灵保护装置,按灵敏度整定判别元件的定值,不再考虑躲负荷电流。

3.5 改造方式

考虑到资金、施工周期等因素,采取完善与更换并举的方法,对位置重要、运行年限长、运行中出现问题多的变压器保护优先考虑更换;对一时不能安排更换的,先完善其后备保护、更换逆变电源,以尽可能减少前述变压器保护存在问题的影响。

4 结束语

事物总是发展变化的,人们对某一问题的认识也是逐步深化的。上面我们就河北南网变压器保护在运行中普遍存在的问题进行了讨论,对那些限于当时的设备水平和认识水平而产生的问题,根据河北南网的实际情况给出了对策。改造方案采取完善与更换并举的方法,对一时不能更换的保护,先完善其后备保护、改造其逆变电源。总的来说,上述改造方案是从满足电网或设备运行对继电保护的可靠性要求出发,本着各侧的问题各侧解决,本侧解决不了的也应千方百计在变压器这一层次解决的原则而制定的,对现行规程适度超前。

目前,河北南网的各级领导和专业技术人员对变压器保护的重要性已经有了一个明确认识,对如何尽快解决上述问题已经达成共识,为妥善解决当前变压器保护存在的诸多问题奠定了基础。可以相信,在多个专业的共同努力下,这些问题将会得到较为彻底的解决,河北南网的继电保护运行将会达到一个新的水平。

参考文献:

- [1] 王维俭. 主设备保护的几个理论和运行问题. 电力系统自动化, 1999, (11).
- [2] DL/T 559 - 94, 220 ~ 500kV 电网继电保护装置运行整定规程.
- [3] 王梅义. 电网继电保护应用(第一版). 中国电力出版社, 1999:5.

- [4] DL 400 - 91, 继电保护和安全自动装置技术规程.
- [5] 王梅义. 电网继电保护应用(第一版). 中国电力出版社, 1999:154.

收稿日期: 2000-03-01

作者简介: 常凤然(1967 -), 男, 工程师, 1989年起从事继电保护的计算、运行、管理工作; 赵自刚(1962 -), 男, 教授级高工, 河北电力调度通信中心继电保护科科长; 李海生(1955 -), 男, 高工, 河北电力调度通信中心副主任。

Analysis and solving to the problems of the transformer protection operating in South Power Network in Hebei province

CHANG Feng-ran, ZHAO Zi-gang, LI Hai-sheng, CAO Shu-jiang, ZHANG Hong, ZHOU Ji-lu
(Hebei Electric Power Dispatch & Communication Center, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: It shows by practical operation of electric power network that the security and reliability of transformer protection is very important. In this paper, it takes the two events happened recently as examples to analyze the problems in the operation of the transformer protection in South Power Network in Hebei province and a countermeasure is proposed to solve these problems. The authors suggest that to solve these problems thoroughly, not only the protection's arrangement, pattern selection, operation mode and setting value, but also the DC system's arrangement and innovation, TA arrangement and system operation mode should be considered together.

Keywords: transformer; relay protection; differential; overcurrent; failure

(上接第 40 页)

收稿日期: 2000-03-08

作者简介: 毕大强(1973 -)男, 博士生, 主要从事电气主设备继电保护研究; 徐振宇(1963 -)男, 博士, 主要从事电气主设备继电保护研究。

A study into a new ground fault protection criterion for field winding of generator

BI Da-qiang, XU Zhen-yu

(Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084 China)

Abstract: This paper presents a new relaying scheme for the single and double ground faults in the field winding of synchronous generator. It completes the double ground fault protection by using the variation of voltage difference after the single ground fault has been detected by monitoring the difference of voltages of detecting resistance between dual bridge circuits. The new criterion of the single protection eliminates the blind spot with high sensitive and the sensitive is nearly same at different fault positions. The setting of double ground fault is adaptive according to the ground fault resistance of the single one and has nothing to do with the number of windings between two fault positions, so the sensitive is improved.

Keywords: field winding; ground fault; dual bridge circuit; adaptive

《继电器》全体同仁向广大读者朋友问好!