

单电源线路保护问题分析及对策

常风然, 张洪, 周纪录, 孙利强

(河北电力调度中心, 河北 石家庄 050021)

摘要: 单电源线路在 220 kV 系统中广泛存在, 这些线路保护在运行中有些明显不同于双电源线路的特点。为发现、解决存在的问题, 河北省调从电网运行的实际需求出发, 组织进行了针对国内主流保护装置的动模试验, 分析了运行对策。从试验结果看, 纵联保护的動作、保护选相等存在一定问题, 线路运行方式、变压器中性点接地方式、保护弱馈控制字的整定、线路重合闸方式等对不同保护的运行性能有不同的影响; 从保护运行的角度看, 应立足于现状, 采取简洁、可靠的处理措施。正常单电源单回线运行, 可不依赖纵联保护; 临时单电源线路, 末端变压器中性点均接地, 末端保护装置弱馈。河北电网采取的运行对策已付诸实践, 效果良好。

关键词: 单电源线路; 纵联保护; 弱馈; 运行; 对策

Problems and countermeasure of radial supply line protection

CHANG Feng-ran, ZHANG Hong, ZHOU Ji-lu, SUN Li-qiang

(Hebei Electric Power Dispatching Centre, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The single source radial supply lines are general arranged in 220kV power system. There are some special problems in operation other than the double source supply lines. With a view of actual demand in grid, the dynamic examination to internal main protection equipment is organized by Hebei Electric Power Dispatching Centre, for discovering and solving of problems. At the same time, the countermeasure is took into account. Think of examination result, there are some problems in operation of pilot protection and select polarity, which have a different effect on the different protection, running mode of the lines, grounded mode of the terminal transformer, setting of feedback control code, reclosing mode of the lines, etc. The dispositional measure must be succinct and reliable from the point of view of operation. The pilot protection may be unused for the natural single source radial supply lines. For the interim lines, the terminal transformer should be grounded, and the terminal feedback should be used. The countermeasure in Hebei province is succinct and effective.

Key words: radial supply line; pilot protection; feedback; operation; countermeasure

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)10-0009-04

0 引言

目前国内 220 kV 电网基本为环网双电源运行方式, 但随着电网发展, 单电源线路越来越多。各运行单位虽已采取了一些针对措施, 但问题暴露并不充分, 为考证当前保护装置对单电源运行线路的适应性、可靠性, 以发现、解决存在的问题, 促进制造商改进产品性能, 并在运行中采取合理的措施, 河北省调组织了动模试验, 对保护装置进行了详细考察, 取得了预期效果。

试验考察的保护涵盖了国内主流装置, 包括 2 种纵联方向 RCS-901 和 LFP-901, 4 种纵联距离 PSL602、CSL101、CSC101、WXH-802, 4 种纵差

RCS-931、PSL603、CSC103、WXH-803。

试验中对单回线或双回线、末端变压器是否接地、线路有无负荷、保护是否置弱馈等可变条件进行“方式组合”, 选择区内电源侧出口、线路中间、线路末端故障以及区外转区内等故障形式。发展性故障的发展时间, 一般取 20 ms、50 ms、100 ms 3 种。区外转区内故障包括单相接地转同名相接地故障、单相接地转异名相单相接地故障、单相接地转三相接地故障、三相接地转单相接地故障、三相接地转三相接地故障等。区外向区内转换时间一般取 20 ms, 区外故障切除时间一般取 70 ms, 区内故障一般由保护切除。

1 保护问题分析

1.1 试验发现的主要问题

a. 对末端区外转区内三相接地故障,大部分纵联方向(距离)保护不会动作,这主要是因为此时末端保护感受不到故障量。

b. 双回线首端及单回线三相接地故障,纵联距离(零序)保护在不置弱馈时不能动作。双回线时,纵联保护在首端距离保护动作后相继动作。

c. 单回线区内发展性故障,末端保护大部分仅跳开始的故障相,部分保护有时可跳三相。一般在保护出口前发展的,可跳三相;在保护出口后,不再判故障发展;如果转入非全相运行程序,可跳三相。在三重方式下,由于上述原因,纵联方向(距离)保护对区内发展性故障,多三跳重合;部分差动保护亦三跳重合。

d. 末端区外转区内故障,在区内外故障同时存在期间,纵联方向(距离)保护一般不能动作,需待区外故障切除后才停信,而且,保护判区内故障时间加上功率倒向和收信确认时间较长,还可能造成动作慢。首端纵联因末端其它保护停信出口时,可能三跳。此时由于末端后备保护已出口跳闸,故障切除,末端纵联可能不再动作。区内转区外时类似。首端转换性故障也类似。区外故障切除再转区内时,一般可选相跳闸。在单回线、变压器不接地方式下,区外故障切除后仅区内故障时,末端无故障电流,又没有其它保护跳闸,纵联保护不能停信,造成两侧纵联拒动。

e. 单回线、变压器不接地、有负荷方式,不置弱馈,纵联距离保护区内故障拒动。

f. 部分纵联距离保护末端不置弱馈时,纵联动作行为多变,部分故障纵联拒动。

1.2 3/2 接线特殊问题

对采用 3/2 接线的变电站来说,区外故障穿越性电流对线路保护有一定影响。在辐射线所上母线发生故障时,本串将流过穿越性电流,由于两开关 CT 误差特性不可能完全吻合,线路保护中将产生不平衡电流。

对于线路纵差保护,如果此不平衡电流大于差动定值,则造成差动保护误动。对于距离保护,如果中开关 CT 测量值大于边开关 CT,对保护而言与正方向出口短路类似,距离保护将误动。同理,对于纵联方向、纵联距离(零序)来说,反方向故障可能被误判为正方向故障,保护停信(对闭锁式而言),如果末端保护弱馈功能投入,可能使首端保护误动。双端电源线路如果元件停运而开关成串运行,线路保护运行时与此类似。

2 影响保护性能的几个因素

2.1 运行方式

①单回线和双回线

单回线方式下,由于末端无正序源,各保护不同程度受到了影响,纵联距离(方向)保护动作行为均存在问题。而双回线方式下,在故障靠近首端时,开始的动作行为与单回线差别不大,但如首端故障先切除,末端保护一般能正确动作,明显与单回线不同;在故障靠近末端时,保护感受到的故障与正常双电源系统类似,基本正确。

②变压器接地与否

变压器是否接地直接影响保护的启动和选相。在单回线方式下,变压器接地时保护的动作为明显优与不接地方式,变压器不接地再不置弱馈,纵联距离(方向)保护多数拒动;在双回线方式下,变压器是否接地的影响与故障点位置相关,首端影响较大,末端影响小。

③有无负荷

线路有无负荷直接影响保护的启动,尤其在变压器不接地或三相故障方式下,在置弱馈时,与纵联动作行为直接相关。无负荷时故障,末端保护不启动,弱馈能起作用;有负荷时故障,末端保护启动,弱馈可能不起作用。

有无负荷影响保护的选相,部分保护在感受纯粹的零序电流时,可能直接选为三相故障。

有无负荷还影响保护的重合。对于单相重合方式、LFP-900 系列保护,若保护启动前为轻负荷,重合时不再判断线路是否有电流;若启动前有负荷,重合时判断三相无电流,则不重合。负荷的大小可能影响 LFP-901 保护的启动。弱电侧保护启动后,此时如果选相元件灵敏度不满足要求,则保护不停信,纵联拒动。选相元件与启动元件差别主要在于 $m\Delta I_{\phi\max}$ 一项。

2.2 弱馈控制字

弱馈控制字对不同的保护装置有明显不同的作用。

LFP-901,仅在保护装置不启动时起保证首端纵联跳闸的作用。在末端变压器接地及有负荷等运行方式下,在末端区外转区内等故障形式下,保护必然启动,弱馈控制字无作用。跳闸时,要判断跳闸相是否有电流,如果置弱馈时则不判断。

RCS-901,在保护装置不启动时起保证首端纵联跳闸的作用。在末端变压器接地及有负荷等运行方式下,在末端区外转区内等故障形式下,保护必然

启动,此时弱馈控制字投入后,可自动引入超范围突变量阻抗元件,当其它正反方向元件均不动作时,超范围突变量阻抗元件可作为补充。

PSL602,在保护不启动或启动后正反方向元件都不动时起作用。在一些故障形式下,由于反向元件动作非常灵敏,而一旦动作后即使再返回,弱馈也不再起作用,因此可能使弱馈的可依赖性降低,但安全性较高。弱馈控制字不影响选相。

CSL101,在保护不启动或启动后正反方向元件都不动作时起作用,反方向元件动作后即使再返回,弱馈也不再起作用。投弱馈后,影响纵联的动作及选相。

CSC101,投弱馈后,末端保护有低电压启动逻辑,保证末端保护启动。启动后200ms内,正反方向元件都不动作才起作用,影响纵联的动作。弱馈控制字不影响选相。

WXH-802,投弱馈后,末端保护有低电压启动逻辑,保证末端保护启动。启动后,正反方向元件都不动作时才起作用,影响纵联的动作。弱馈控制字也影响选相,决定是否投入低电压选相。

2.3 重合闸方式

三重方式对保护跳闸性能基本无影响,只是掩盖了选相方面的一些问题。单重方式下、单回线区内发展性故障,末端保护大部分仅跳开始的故障相,部分保护有时可跳三相。在三重方式下,纵联方向(距离)保护对区内发展性故障,多三跳重合;部分差动保护亦三跳重合。

3 保护运行的对策

从保护运行的角度看,应立足于现状,处理措施应尽量简洁、可靠,易于操作。

3.1 正常单电源单回线运行

按照保护配置的具体情况,一般结合保护的整定,使首端阶段式的距离、零序保护作为实现全线速动的主保护,不依赖纵联保护。在保护运行中,一般不需要改变其运行方式。

3.2 临时单电源单回线运行

这类情况最多,处理也较复杂。依河北南网实际情况,按末端变压器均接地运行考虑,在目前的系统接线方式和合适的纵联整定值下,接地变压器能提供足够的零序电流。

11、15系列保护,纵联保护中无弱馈逻辑,末端选相也不能保证正确。因此认定,无论对单相接地故障还是相间故障,11/15保护不具备在单电源线路上实现全线选相速动的能力,而且末端保护存

在选相失败永跳的可能。因此,末端保护出口压板应退出,但要保留各功能投入压板,以获取纵联保护在有些故障时可能的正确动作;首端保护需要改投三重方式,以解决跳闸切除故障的问题。若系统稳定或保护定值配合对本线动作时间有要求时,首端距离、零序保护还要修改定值,以保证相间、接地故障的及时可靠切除。

CSL101保护,这类保护不置弱馈时,与11/15保护类似。置弱馈后,可保证接地故障的动作正确性。在相间故障时,由于末端无电源,难以保证纵联保护的正确动作。因此,若系统稳定或保护配合对相间故障无要求时,末端101保护置弱馈,其它保护方式不变;若系统稳定或保护配合对相间故障有要求时,首端保护还要相应改定值。

LFP-901保护,保护启动后,弱馈不再起作用。考虑单相接地故障时,保护必然启动,因此,对单相接地故障无需置弱馈;对相间故障,置弱馈确实可保证在末端保护不启动时首端纵联的正确动作,但当负荷较大时,保护也会启动,启动后,保护能否停信需要看选相元件的灵敏度,也就是说,保护对相间故障不具备可靠的速动能力。因此,仅系统稳定或保护配合对本线相间故障切除时间有要求时,首端距离保护要相应改定值。

RCS-901保护,与LFP-901保护类似,对单相接地故障,可保证正确选相速动。对相间故障,负荷较小时,保护不启动,需要置弱馈;负荷较大时,保护启动,在其它方向元件不动时,超范围突变量阻抗元件可起作用,但也需要置弱馈,以保证首端纵联保护的正确动作(与启动元件、突变量阻抗元件的灵敏度配合有关)。因此,只在系统稳定或保护配合对本线相间故障切除时间有要求时,首端距离保护要相应改定值或者末端保护置弱馈,优先推荐首端保护改定值方式。

PSL602等保护,对单相接地故障,可保证正确选相速动,不需要置弱馈。对相间故障,如果保护不启动,置弱馈可保证首端纵联动作;保护启动,还需要正、反方向元件均不动作,由于反向元件较灵敏,有时不平衡交流量可能导致保护拒动。因此,保护运行调整与RCS-901保护相同。

PSL603、RCS-931等差动保护,可自动适应各种运行方式,对各种故障,可保证正确选相速动,不需要改变保护运行方式。

需要指出的是,如果正常运行时就在可能的弱馈端投入弱馈控制字,可解决临时改定值的问题,对不是多级串联的网络,也是比较好的处理措施,但这需要保护装置提供安全保证。对多级串联的网

络,仍需要临时措施。

3.3 单电源双回线运行

无论正常或检修方式下出现的双回线(包括小环网)运行,均与单回线有一定的差别。仍按末端变压器均接地运行考虑。如果靠改首端后备保护定值的方法来满足系统稳定和保护配合的要求,在区外故障情况下,可能同时失去双回线,这显然不合理。

对单相接地故障,11、15保护不能保证区内全线速动,只能依赖首端接地距离I段动作后,末端纵联零序延时相继动作(一般保护动作时间会在100ms后)。但如果保护启动后,直接选为相间故障,投入纵联相间距离,相间距离又不能停信,保护将转入振荡闭锁子程序,靠振荡闭锁程序中的纵联零序延时三跳。

对相间故障,11、15保护不能保证区内全线速动,只能依赖首端距离I段动作后,末端纵联距离相继动作。但纵联距离只投入100ms,而且保护启动后,相间距离不能停信,保护将转入振荡闭锁子程序,纵联拒动,只能依赖后备保护动作。若开始时,末端保护不启动(如负荷较小),在首端故障切除时保护启动,末端保护能正确动作。101、901、602等保护也不保证区内全线速动,但首端距离I段动作后,末端纵联距离能相继动作。

因此,凡配有11、15保护的线路,应计算相间和接地距离I段的保护范围,对保护范围末端的短路进行详细分析,力争使距离I段与纵联保护的停信及选相元件的灵敏度之间获得良好的配合关系,否则保护应投三重方式,以解决保护三跳的问题。

11、15保护在发生相间故障时,可能拒动,属于安全隐患,尚无可靠合理的处理措施,应尽快在单电源线路上更换此类保护。

4 结束语

运行单位除了在保护运行上采取必要的对策外,在保护配置、保护整定等方面也要注意,如各停信、差动元件整定时除考虑正常运行的灵敏度外,还要考虑作为单电源线路运行时的灵敏度。在系统接线及运行方式方面要注意不宜出现单电源串供的网络结构,不宜在单电源局部网络中使用3/2主接线,末端变压器一般要接地运行等。制造单位应着力改进纵联方向、距离保护,增强弱馈功能的自适应能力,增强末端选相能力。由于单电源辐射线路日益增多,要保证其保护的可靠运行,就需要研究、制造、运行等单位广大专业技术人员不懈的努力,从而实现保护配置更加可靠、技术更为先进、运行更为灵活的目标,适应不断发展的电网,满足电网对继电保护的要求。

收稿日期:2006-11-06

作者简介:

常凤然(1967-),男,高级工程师,主要从事继电保护工作;E-mail:cfr@hbpc.com.cn

张洪(1964-),女,高级工程师,主要从事继电保护工作;

周纪录(1964-),男,高级工程师,主要从事继电保护工作。

(上接第4页 continued from page 4)

[3] Bo Z Q. Accurate Fault Location Technique for Distribution System Using Fault-generated High-frequency Transient Voltage Signals[J]. IEE Proc on Gener, Transm and Distrib,1999, 146(1): 73-79.

[4] 何振亚.自适应信号处理[M].北京:科学出版社,2002.

[5] Diniz P S R.自适应滤波算法与实现[M].北京:电子工业出版社,2004.

[6] 陈平,葛耀中,徐丙垠,等.现代行波故障测距原理及其在实测故障分析中的应用-A型原理[J].继电器,2004,32(2):13-18.

CHEN Ping, GE Yao-zhong, XU Bing-yin, et al. Modern Traveling Wave Based Fault Location Principle and Its Application to an Actual Fault Analysis—Type A Principle [J]. Relay,2004,32(2):13-18.

[7] 陈平,葛耀中,徐丙垠,等.现代行波故障测距原理及其在实测故障分析中的应用-D型原理[J].继电器,2004,32(3):13-18.

CHEN Ping, GE Yao-zhong, XU Bing-yin, et al. Modern Traveling Wave Based Fault Location Principle and Its Application to an Actual Fault Analysis—Type D

Principle [J]. Relay,2004,32(3):13-18.

[8] 严凤,杨奇逊,齐郑,等.基于行波理论的配电网故障定位方法的研究[J].中国电机工程学报,2004,24(9):37-42.

YAN Feng, YANG Qi-xun, QI Zheng, et al. Study on Fault Location Scheme for Distribution Network Based on Travelling Wave Theory [J]. Proceedings of the CSEE,2004,24(9):37-42.

收稿日期:2006-12-16

收稿日期:2007-02-06

作者简介:

于盛楠(1983-),女,硕士研究生,主要研究方向为电力系统运行分析与控制;E-mail:sonia-fish@163.com

杨以涵(1926-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统运行分析与控制、人工智能在电力系统中应用等;

鲍海(1968-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统运行分析与控制、虚拟仪器等。