

WDK-600 微机电抗器保护装置匝间保护原理分析

汪希伟

(山东电力超高压公司, 山东 济南 250021)

摘要: 匝间保护是并联电抗器保护的主保护之一, 可有效反应并联电抗器内部的匝间短路故障。WDK-600 微机电抗器保护装置采用由电抗器高压零序电流、零序电压组成的零序阻抗继电器, 弥补了以前阻抗补偿原理存在过补偿和欠补偿, 补偿度难整定的不足。通过零序功率方向保护与零序阻抗保护的对比, 介绍了 WDK-600 装置匝间保护的特点、基本原理、动作判据, 不仅定性地分析了故障类型, 而且从定量的角度分析了故障特征, 为日后现场调试匝间保护提供借鉴作用。

关键词: 并联电抗器; 匝间保护; 零序功率方向; 零序阻抗; 保护原理; 分析

Analysis of WDK-600 shunt reactor interturn protection

WANG Xi-wei

(Shandong EHV Power Transmission Company, Jinan 250021, China)

Abstract: Interturn protection is one of the main protective function of shunt reactor protection, which can react on interturn fault effectively. WDK-600 adopts zero-sequence impedance protection and has repaired the deficiencies of zero-sequence dirctional protection. By comparing zero-sequence impedance protection with zero-sequence directional protection, this paper aims at the characteristic and the principle of interturn protection. It analyses not only the types of faults but also the character of faults. And problems that call for caution are also introduced.

Key words: shunt reactor; interturn protection; zero-sequence directional protection; zero-sequence impedance protection; analysis of protecton principle; analysis

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)09-0014-03

0 引言

随着远距离超高压输电线路的发展, 为了吸收输电线路电容产生的无功功率, 限制系统的操作过电压, 同时限制线路的潜供电流、提高线路单相重合闸的成功率, 往往在输电线路的两端或一端变电所内装设三相对地的并联电抗器。反应电抗器匝间短路故障的匝间保护在并联电抗器保护中已得到广泛应用, 但各个厂家装置都有自己的特点。在山东 500 kV 电网中, 国电南自的 WDK-600 微机电抗器保护装置得到了广泛应用, 本文就对 WDK-600 装置的匝间保护原理及其构成进行详细的分析, 以供大家使用该类产品时借鉴。

1 WDK-600 微机电抗器保护装置及匝间保护的特点

1.1 WDK-600 保护装置的特点

WDK-600 型微机电抗器保护装置是在 WBZ-500 变压器保护装置硬件平台上发展起来的新一代微机

电抗器保护。装置采用背插式机箱结构和多 CPU 技术, 大大提高了保护的响应速度和抗干扰能力。整套保护装置只需四组电流量和两组电压量, 就能实现完全双重化的电抗器保护配置。

装置的整定简单, 整定时只需输入电抗器阻抗值、CT 变比、PT 变比等一次参数, 而各保护的具体定值由装置软件完成, 大大提高了装置整定的正确性。

1.2 匝间保护的特点

匝间短路是电抗器较常见的一种内部故障形式, 当短路匝数很少时, 一相匝间短路引起的三相电流不平衡有可能很小, 很难被继电保护装置检出, 而且发生匝间短路后, 电抗器中的故障电流是穿越性的, 所以不管短路匝数多大, 纵差保护总不能反应匝间短路故障^[1]。

我国目前广泛采用零序功率方向保护作为电抗器匝间短路保护。但当电抗器连接的超高压线路单相跳闸时, 电抗器呈现非全相运行状态。此时根据零序功率方向继电器电压取自母线侧或线路侧, 其

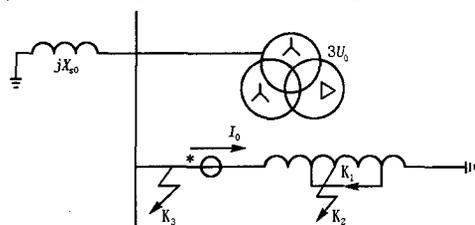
电流取自首端或中性点，实际运行中零序功率方向继电器的动作行为有所不同。若零序功率方向继电器的电压取自母线侧、电流取自电抗器首端，则线路单相跳闸、电抗器非全相运行时，零序功率方向保护不会误动作；若零序功率方向继电器的电压仍取自母线侧，但电流取自电抗器中性点侧，则零序功率方向保护将误动；若零序功率方向继电器的电压取自线路侧，电流取自电抗器首端，零序功率方向保护在电抗器非全相运行时将误动；若继电器的电压仍取自线路侧，电流取自电抗器中性点侧，零序功率方向保护不会误动。

可知，电抗器非全相运行时零序功率方向保护会不会误动，与电压和电流取自何处有关系，使用时要倍加小心^[2]。

2 WDK-600 匝间保护原理及其动作特性

2.1 匝间短路保护原理

WDK-600 匝间保护采用了新原理，它采用由电抗器高压零序电流、零序电压组成的零序阻抗继电器。它弥补了以前阻抗补偿原理存在过补偿和欠补偿，补偿度难整定的不足。新原理不仅定性地分析了故障类型，而且从定量的角度分析故障特性。如图 1 所示。 jX_{s0} 为系统等效阻抗， $3U_0$ 为系统零序电压， I_0 为流过并联电抗器的零序电流。



图中： K_1 为匝间短路故障； K_2 为电抗器内部接地故障； K_3 为区外接地故障。

图 1 并联电抗器的零序回路

Fig.1 Zero-sequence circuit of shunt reactor

2.1.1 匝间短路 K_1

当电抗器匝间短路时，零序源在电抗器内部，即由电抗器向系统送出零序功率。如图 2 所示。此时零序电压与零序电流的关系为 $U_0 = -I_0 j X_{s0}$ ，端口测量到的是系统的零序阻抗。

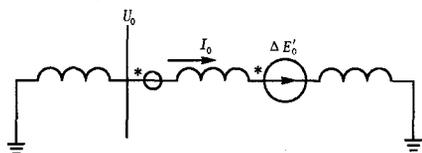


图 2 匝间短路时 U_0 和 I_0

Fig.2 U_0 and I_0 in interturn fault

2.1.2 内部单相接地故障 K_2

电抗器内部接地故障时，零序源在电抗器内部，零序电压及零序电流关系如图 3 所示。此时系统 $U_0 = -I_0 j X_{s0}$ ，零序电流超前零序电压。端口测量到的是系统的零序阻抗。

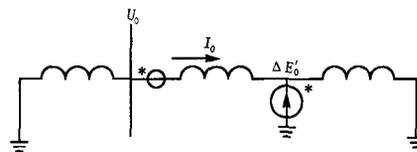


图 3 内部接地短路时 U_0 和 I_0

Fig.3 U_0 and I_0 in inside grounding fault

2.1.3 外部单相接地故障 K_3

电抗器外部单相接地故障时，零序源在电抗器外部，零序电压及零序电流的关系如图 4 所示。这时系统 $U_0 = I_0 j X_{s0}$ ，零序电流滞后零序电压。端口测量到的是电抗器的零序阻抗。

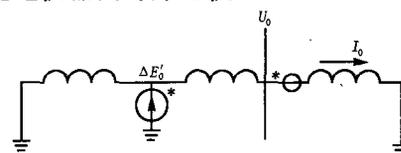


图 4 外部接地短路时 U_0 和 I_0

Fig.4 U_0 and I_0 in outside grounding fault

由以上分析知：故障时，可以由系统零序回路零序源的所在位置来决定故障位置所在（在电抗器内部还是在系统中）。从而可大大提高匝间保护动作灵敏度，同时克服了传统保护在系统无穷大时电抗器内部故障的死区问题，而在外部任何非正常运行工况下不会误动。

匝间保护的整定，要躲过正常工况下由于三相电压不平衡引起的零序电压及三相 CT 不一致引起的零序电流。为确保匝间保护的灵敏度，零序监控电流整定值应较小。另外，在电抗器空投时，为防止励磁涌流使匝间保护误动，在电抗器空投时匝间保护零序监控电流采用反时限特性的定值。

当电抗器发生 CT 断线及 PT 断线时，都闭锁匝间保护。

电抗器匝间保护动作后，瞬时跳开断路器，并通过远方跳闸将线路对侧断路器跳开。

2.2 匝间保护动作特性

匝间保护动作特性如图 5 所示。

零序阻抗 $Z_{01} = (Z_s + 3Z_n) \times N_{as} / N_v$

图 5 中， Z_s 为主电抗器一次阻抗值； Z_n 为小电抗器一次阻抗值； N_v 为 PT 变比； N_{as} 为主电抗器 CT 变比；阻抗圆心 $Z_0 = -29/120 \times Z_{01}$ ；阻抗圆半径 $Z_r = 1/4$

$\times Z_{01}$; 测量阻抗 $Z=U_0/I_0$ 。

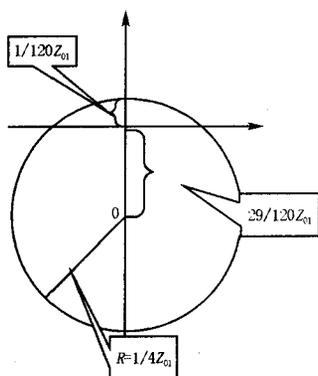


图 5 零序阻抗保护特性圆

Fig.5 Zero-sequence impedance protection feature circle

3 结束语

由上述分析可知, WDK-600 微机电抗器保护装置采用新的匝间保护原理, 动作可靠性高; 在电抗器匝间故障时能可靠动作, 而在各种非正常工况下运行都不会误动。

(上接第 13 页 continued from page 13)
保护算法并不适用电铁并联电容补偿装置, 根据对比分析建议取单支电容器开路退出运行造成的不平衡电压作为差压保护的整定值来快速排除故障, 以防故障扩大, 提高牵引供电系统运行质量和经济效益。

参考文献

- [1] 曹建猷. 电气化铁道供电系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1983.
CAO Jian-you. Power System of Electrification Railway[M]. Beijing: China Railway Press, 1983.
- [2] GB 50227-95, 并联电容器装置设计规范[S]. 1995.
GB 50027-95, Design Code for Parallel Capacitor Equipment[S]. 1995.
- [3] GB 50062-92, 电力装置的继电保护和自动装置设计规范[S]. 1992.
GB 50062-92, Design Code for Relay Protection and Automatic Device of Power System[S]. 1992.

本文着重介绍了 WDK-600 微机电抗器保护装置匝间保护的基本原理, 为保护装置的定检提供了参考依据。

参考文献

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理及应用, (第 2 版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
WANG Wei-jian. Relay Protection of Electrical Main Equipment Their Principle and Application, Second Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [2] 王维俭, 黄润铿. 500 kV 并联电抗器零序功率方向保护的运行分析[J]. 继电器, 1995, 23(4): 3-5.
WANG Wei-jian, HUANG Run-keng. Operational Analysis of 500 kV Shunt Reactor Zero-sequence Power Directional Protection [J]. Relay, 1995, 23(4):3-5.

收稿日期: 2006-12-08; 修回日期: 2006-12-19

作者简介:

汪希伟 (1981-), 男, 助理工程师, 从事电力系统继电保护工作。E-mail: tod21cn@sina.com

- [4] DL/T 584-95 3~110 kV, 电网继电保护装置运行整定规程[S].
DL/T 584-953~110kV, Operational and Setting Code for Relay Protection of Electrical Power Networks[S].
- [5] WHA-2 微机综合自动化装置[R]. 成都: 交大许继电气公司, 2002.
WHA-2 Integrated Sutomatic Device Based Microprocessor[Z]. Chengdu: Jiaoda-Xuji Electric Corp, 2002.

收稿日期: 2007-02-06; 修回日期: 2007-04-04

作者简介:

周晓东 (1967-), 男, 高级工程师, 研究方向为牵引供电系统; E-mail: east.eastdawn@gmail.com

张长梅 (1972-), 女, 工程师, 研究方向为牵引供电系统;

楚振宇 (1971-), 男, 高级工程师, 研究方向为牵引供电系统。

欢迎投稿 欢迎行阅 欢迎刊登广告