

DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.03.024

一种抽能型高抗的抽能绕组匝间短路保护方案研究

莫品豪^{1,2}, 郑超^{1,2}, 张晓宇^{1,2}, 蔡东升³, 顾乔根^{1,2}, 龚啸^{1,2}

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102; 2. 南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院有限公司), 江苏 南京 210016; 3. 东北电力设计院有限公司, 辽宁 沈阳 130021)

摘要:抽能型高压并联电抗器,简称抽能高抗,实质是一台由网侧绕组和抽能绕组构成的空心型变压器,属于一种既能吸收系统多余无功也能提供站用电源的新型电抗器。目前,工程上通常采用抽能绕组过电流或零序过电流保护反映抽能绕组的匝间短路故障,存在着选择性差、动作时间长等不足。因此,提出一种新型的抽能绕组匝间短路保护方案以解决这一问题,即综合采用抽能高抗网侧绕组的电压和电流以及抽能绕组环内电流等电气量,由区外异常判据、铁芯饱和判据和自产零序过流判据以逻辑相与的方式共同构成。RTDS 仿真实验表明,该保护方案,既能保证在各种非区内故障工况下可靠不动作,又能灵敏反映抽能绕组4%匝以上的匝间短路故障,并将保护动作时间缩短至50 ms左右,解决了以往抽能绕组匝间短路保护方案选择性差、动作时间长等问题。

关键词:抽能型;并联电抗器;抽能绕组;匝间保护

中图分类号:TM47

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)03-0157-06

0 引言

高压远距离交流输电工程中,一般要在输电线路旁设置开关站。为解决无可靠供电网开关站的站用电源问题,工程上通常以安装高压站用型变压器的方式解决,此方案成熟可靠,缺点是费用高。另一种是,将开关站内的普通高压并联电抗器(简称高抗)换成抽能型高压并联电抗器^[1-3](简称抽能高抗)。抽能高抗主要作用与普通高抗相同,用于吸收系统多余无功,同时,还能像高压站用型变压器一样将高压电转成低压电作为开关站的站用电源。此方案在国内使用不多^[4-7],但经济性显著。

国内外在运工程中,根据工作原理的不同,抽能高抗主要分为自耦型和磁感应型;根据抽能绕组的接线方式差异,磁感应型又分为星接型和角接型。抽能高抗按照使用场合的不同,通常分为线路抽能高抗和母线抽能高抗,文中研究的是挂在高压线路上的(属于中性点接地系统)、抽能绕组角接(属于中性点不接地系统)的磁感应型抽能高抗。抽能高抗由网侧绕组和抽能绕组共同构成。从设计结构上看,网侧绕组位于抽能高抗的主铁芯柱上,抽能绕组则位于抽能高抗旁厄下端部铁芯上^[8],因此,抽能高抗实质是一台由网侧绕组和抽能绕组构成的空心型变压器^[9-14]。

1 抽能高抗的保护现状

抽能高抗的结构如图1所示,其抽能绕组匝间

短路是一种较为常见的内部故障。对于保护而言,其难点在于抽能绕组与网侧绕组不是完全耦合,两者电流不满足磁路平衡关系,不能直接采用基于磁平衡原理的差动保护反映抽能绕组匝间短路。同时,区外发生非对称故障或非全相运行,以及高抗铁芯饱和时,角接的抽能绕组内均会产生很大的环流,简单的过电流保护和自产零序过流保护难以同时满足选择性和速动性的要求。正因为如此,反映抽能绕组匝间短路故障的专用保护至今依然是个空白。

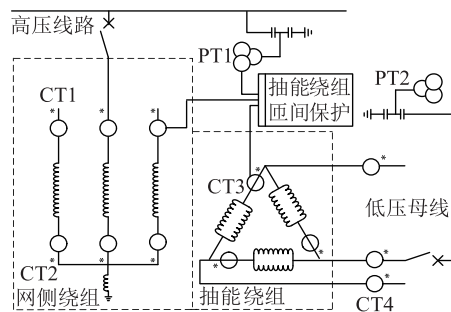


图1 抽能高抗结构及其保护配置

Fig. 1 Structure and protection configuration of the energy extraction shunt reactor

有文献较早地提出了普通高抗的完整保护配置方案^[15],但不能直接用于抽能高抗。有学者提出了带网侧绕组零序过流和零序过压闭锁的抽能绕组自产零序过流保护的方案^[16-18],但该方案没能考虑到铁芯饱和对其方案的影响。文献[19]只是指出了抽能高抗网侧绕组匝间短路保护与普通高抗匝间短路保护的差异,并没有提及抽能绕组匝间短路保护。文献[20-21]提出的电抗器匝间保护方

案不适用于抽能高抗。具体而言,已有保护存在以下不足。

(1) 非专用保护,定值整定复杂。自产零序过流保护和相过电流保护不是根据抽能绕组匝间故障特点专门开发的保护。因此,进行定值整定时必须协调好保护选择性、灵敏性、速动性与可靠性间的矛盾,这无疑是比较困难和复杂的。

(2) 选择性差。抽能绕组匝间短路故障时,区外发生非对称性接地故障或非全相运行时,抽能高抗铁芯饱和时,抽能绕组均会产生较大的自产零序电流,传统保护无法在原理上解决这个选择性的难题。

(3) 动作时间长。自产零序过流或过电流保护,动作延时通常是秒级的,以优先保证保护的选择性。速动性无从谈起。

针对以上不足,在研究分析抽能高抗的基础上,旨在提供一种专门适用于抽能高抗抽能绕组匝间短路故障的新型保护方案,以解决传统抽能绕组匝间短路保护方案选择性差、动作过长等问题。

2 抽能高抗运行工况分析

抽能高抗本质是一台非全耦合的空心变压器,在铁芯不饱和时,可用等值电路分析其运行规律。其等效电路,如图 2 所示。图中, X_s 为系统电抗; X_0 为中性点阻抗。

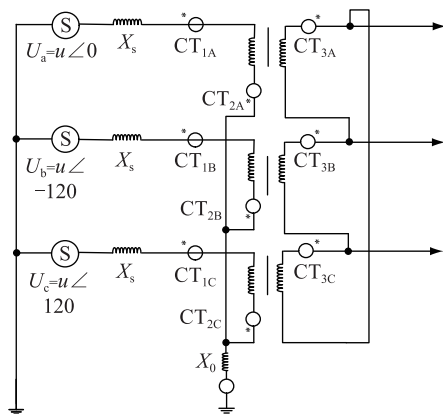


图 2 抽能高抗三相等效电路

Fig.2 Three-phase equivalent circuit diagram of the energy extraction shunt reactor

抽能高抗运行工况按照是否在抽能绕组环内产生电流来划分,通常可分为对称工况、区外非对称工况、铁芯饱和工况及抽能绕组匝间短路工况,共 4 种。

2.1 对称工况分析

当网侧绕组及其所在的高压系统、抽能绕组及其所在的低压系统的均三相对称无故障或发生三

相对称性短路故障时,若抽能绕组自身无故障,则抽能绕组环内无电流,网侧绕组不存在零序电压和零序电流。

2.2 区外非对称工况分析

对于抽能绕组而言,抽能绕组出线及其所在低压系统,网侧绕组及其所在的高压系统,统称区外。

网侧绕组及其所在高压系统发生单相接地、两相相间短路或两相接地故障以及非全相运行时,加在抽能高抗网侧绕组三相上的电压不再对称,网侧绕组电流也不再平衡,此时角接的抽能绕组环内会流过较大电流。由于低压系统不接地,抽能侧环外无零序电流通路,故不存在零序电流,其等效电路如图 3 所示。图中, X_{s0} 为系统零序阻抗; X_{l1} 为网侧绕组漏抗; X_{ll} 为抽能绕组漏抗; X_m 为励磁阻抗; X_{load} 为负载阻抗。此故障状态下,等效零序电压源位于区外高压系统,网侧绕组电压互感器(PT)能够感受到明显零序电压,网侧绕组和抽能绕组均产生较大的零序电流,抽能侧环外无零序电流。

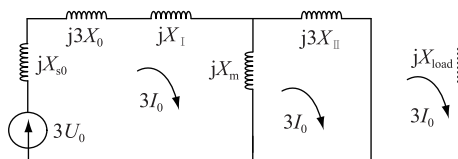


图 3 非对称工况零序等效电路

Fig.3 Zero sequence equivalent circuit of asymmetric system

抽能绕组所在低压系统发生两相相间短路或两相接地短路故障或抽能绕组所带负载不对称时,由于无零序电流通路,理论上抽能绕组环内和环外均不存在零序电流;进一步,抽能绕组环内无零序电流,则无零序电压,故网侧绕组也不存在零序电压和零序电流。

2.3 铁芯饱和分析

网侧绕组主铁芯柱带气隙,抗饱和能力强。抽能绕组旁匝铁芯不带气隙,抗饱和能力远不如主铁芯。施加在抽能高抗上的电压突变时,如抽能高抗投入、所在高压线路重合闸、相邻高抗或主变投切,旁匝铁芯容易饱和。饱和后,直接分析实际设备或等效模型的电气量则更为简单高效。

图 4 为某开关站 500 kV 抽能高抗空载投入时的电气波形图。图中的电压和电流皆为互感器传变后的二次值,网侧电压 PT 变比为 500 kV/100 V,网侧绕组电流互感器(CT)变比为 300 A/1 A,抽能绕组 CT 变比为 75 A/1 A。分析图 4 可知,空投开始后,网侧绕组 A、C 两相电压和电流含有较大的衰减性直流分量,且波形有明显畸变,但持续时间较

短,约 30 ms 后开始正常;B 相电压和电流均无此特征。空投开始后,抽能绕组出现三相大小相等、方向相同的电流,即环流,持续时间 400 ms 以上,该环流以二次谐波和三次谐波为主,工频基波分量不大,且含有明显的衰减直流分量。分析多次空投抽能高抗及相邻主变空投的电气波形图,与其类似。

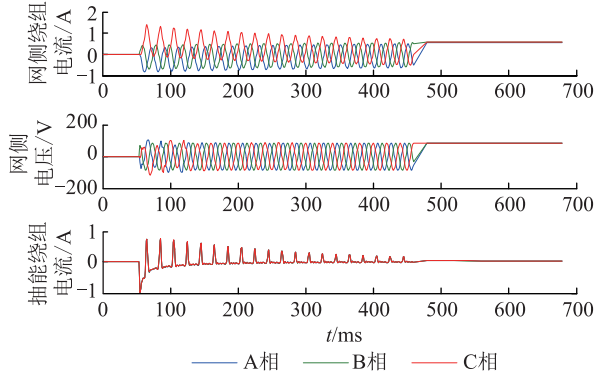


图 4 抽能高抗空投电气波形

Fig.4 Electrical waveform diagram of the energy extraction shunt reactor

由此推知,旁厄铁芯在抽能绕组电压变化时容易饱和,饱和后在角接的抽能绕组环内形成以二次和三次谐波为主的环流。

2.4 抽能绕组匝间短路分析

抽能绕组中某一相发生匝间短路故障时,故障相相当于抽能高抗的第三绕组,此时零序电压源位于故障相上,其等效电路如图 5 所示。该零序电压源位于抽能绕组上,考虑到系统电压很大,因此网侧绕组感受到自产零序电压极小,可忽略;网侧绕组相应会流过小量的自产零序电流,也可忽略;而在抽能绕组上则可产生较大的环流,且由于这个第三绕组的去磁作用,此时的抽能绕组环流中的谐波含量要远低于旁厄铁芯饱和时的。

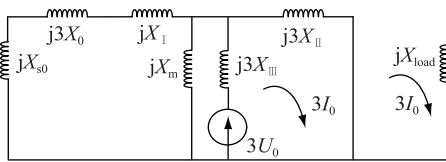


图 5 抽能绕组匝间短路故障零序等值电路

Fig.5 Zero sequence equivalent circuit of the auxiliary winding's inter-turn short circuit

3 新型的抽能高抗抽能绕组匝间保护

从上文分析的抽能高抗对称、区外非对称、铁芯饱和及抽能绕组匝间短路等运行工况的电气特征可知,只有抽能绕组区外非对称、铁芯饱和及抽能绕组匝间短路这 3 种工况下,抽能绕组环内才会产生较大电流。当判断到抽能绕组存在环流时,只

要甄别出当前抽能高抗不处于前 2 种工况,便能确定是抽能绕组发生了匝间短路故障。这就是抽能高抗抽能绕组匝间保护方案的基本原理,综合采用网侧绕组的电压(由图 1 中 PT1 采集)和电流(由图 1 中 CT1 采集)及抽能绕组环内电流(由图 1 中 CT3 采集)等电气量,由区外异常判据、铁芯饱和判据和自产零序过流判据以逻辑相与的方式共同构成。

3.1 区外异常判据

抽能高抗网侧绕组或高压系统发生非对称性故障、非全相运行时,网侧绕组三相电压及三相电流不再对称,受磁耦合影响,角接的抽能绕组环内会出现零序电流。反之,则网侧绕组三相电压对称无零序电压且无零序电流。

因此,采集抽能高抗网侧绕组的三相电压和三相电流,计算其自产零序电压和自产零序电流的工频基波有效值。当判断到网侧绕组自产零序电压大于零序有压定值,或者网侧绕组有流且自产零序电流高于零序有流定值时,区外异常判据成立,闭锁保护。具体如下:

$$\begin{cases} 3U_0 = |\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C| > U_{0set} \\ 3I_0 = |\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C| > I_{0set} \\ \min(I_A, I_B, I_C) > I_{set} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $3U_0$ 为网侧绕组三相电压的自产零序电压的工频基波有效值; U_{0set} 为零序有压判据定值; $3I_0$ 为网侧绕组三相电流的自产零序电流工频基波有效值; I_{0set} 为零序有流判据定值; I_A, I_B, I_C 为网侧绕组三相电流的工频基波有效值; I_{set} 为网侧有流判据定值。

3.2 铁芯饱和判据

抽能高抗铁芯饱和后在角接的抽能绕组环内形成以二次和三次谐波为主的环流。而当抽能绕组发生匝间短路故障时,由于去磁作用,此时环流中的谐波含量不大,因此可通过检测抽能绕组环流中谐波含量的大小的来区分此时抽能高抗的运行工况。

采集抽能绕组三相电流,任何一相电流的二次谐波或三次谐波的含量大于谐波定值时,铁芯饱和判据成立,闭锁保护。其动作判据如下:

$$\begin{cases} \max(I_{a2}/I_a, I_{b2}/I_b, I_{c2}/I_c) > K_{set} \\ \max(I_{a3}/I_a, I_{b3}/I_b, I_{c3}/I_c) > K_{set} \end{cases} \quad (2)$$

式中: I_a, I_b, I_c 分别为抽能绕组三相电流的工频基波有效值; I_{a2}, I_{b2}, I_{c2} 分别为抽能绕组三相电流的二次谐波有效值; I_{a3}, I_{b3}, I_{c3} 分别为抽能绕组三相电流的三次谐波有效值; K_{set} 为谐波定值。

3.3 自产零序过流判据

抽能高抗正常运行或刚投入系统时,若发生抽

能绕组匝间短路故障,角接的抽能绕组环内出现环流。于是,求取抽能绕组 A、B、C 三相电流自产零序电流的工频基波有效值,当判断到大于抽能绕组匝间保护定值时,自产零序过流判据开放;反之,则认为抽能绕组无故障,闭锁保护。

综上,利用自产零序过流判据灵敏反映抽能高抗所受扰动,以区分正常工况和异常工况;当发现异常时,进一步利用区外异常判据和铁芯饱和判据甄别扰动是否源于抽能绕组匝间短路故障。3 个判据采用逻辑相与的方式构成,其完整的保护逻辑如图 6 所示。该保护方案既能灵敏、快速反映抽能绕组匝间短路故障,又能保证在各种区外故障、非全相运行、非对称负载以及空投抽能高抗或相邻主变投切时可靠不动作。

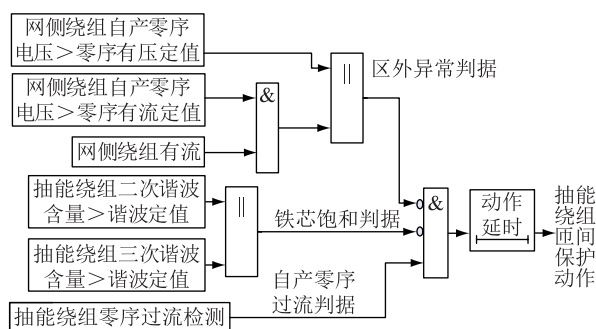


图 6 抽能绕组匝间保护动作逻辑

Fig.6 Logic diagram of inter-turn protection action of the auxiliary winding

4 RTDS 实验验证

为验证文中抽能绕组匝间保护方案的正确性,以东北某 500 kV 开关站抽能高抗为原型进行 RTDS 仿真实验。

实验基本参数有:抽能高抗的网侧绕组的额定容量 120 MV·A,额定电压 550 kV,匝数 2 422;抽能高抗的抽能绕组的额定容量 0.5 MV·A,额定电压 10.5 kV,匝数 159;高压线路额定电压 550 kV;低压母线额定电压 10.5 kV。

分别模拟抽能绕组负载情况下 C 相发生 4%匝和 10%匝的匝间短路故障,其电气波形如图 7 和图 8 所示。图 7 和图 8 中的电压和电流皆为互感器传变后的二次值,网侧电压 PT 变比为 500 kV/100 V,网侧绕组电流 CT 变比为 300 A/1 A,抽能绕组 CT 变比为 75 A/1 A。

分析图 7 可知,负载情况下,抽能绕组 C 相发生 4%匝的匝间短路故障后,网侧绕组三相电压和三相电流无变化;抽能绕组的 A 相电流维持在 0.2 A 不变,B 相电流约由 0.2 A 增大到 0.24 A,C 相电

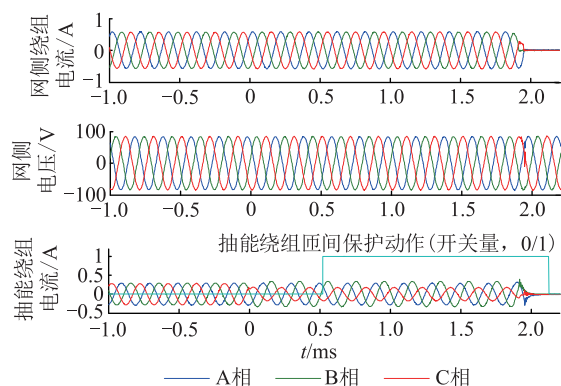


图 7 抽能绕组 4%匝匝间短路电气波形

Fig.7 4% inter-turn short circuit waveforms of the auxiliary winding

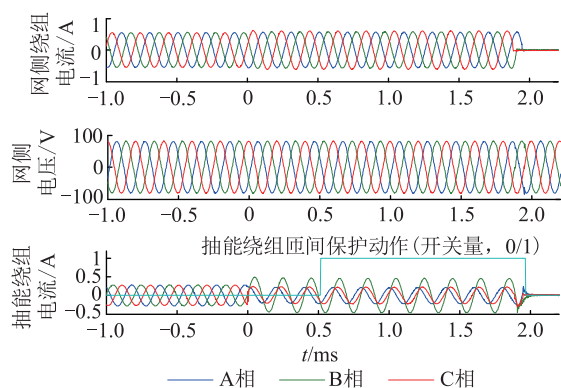


图 8 抽能绕组 10%匝匝间短路电气波形

Fig.8 10% inter-turn short circuit waveforms of the auxiliary winding

流约由 0.2 A 减小到 0.12 A,三相自产零序电流约 0.14 A,超过了 0.12 A 的动作门槛,抽能绕组匝间保护在达到设定的保护延时 0.5 s 后动作。图 8 的情况与图 7 类似。

利用 RTDS 仿真实验系统,进行了抽能高抗所在 500 kV 线路的投入和退出运行、线路非全相运行、线路单相及两相金属性接地、相邻 500 kV 变压器投切及 10 kV 母线两相短路等实验。在这些实验中,采用了文中方案的抽能绕组匝间保护均能可靠不动作。

5 结语

在分析了抽能高抗各工况电气特征的基础上,综合利用网侧绕组电压、网侧绕组电流和抽能绕组电流等电气量,将区外异常判据、铁芯饱和判据和自产零序过流判据有机组合,提出了抽能高抗抽能绕组匝间保护新方案,并以仿真实验验证了该方案的正确性。在保证可靠性的前提下,能灵敏反映抽能绕组 4%匝以上的匝间短路故障,并将保护动作时间缩短至 0.5 s 左右,有效地解决了工程上抽能高

抗抽能绕组匝间短路故障保护选择性差、动作慢、定值整定复杂等问题。

参考文献:

- [1] 范荣全. 带有抽能绕组的 500 kV 并联电抗器在开关站的应用[J]. 电网技术, 2001, 25(11): 77-79.
FAN Rongquan. Application of 500 kV shunt reactors with auxiliary winding system in switching station [J]. Power System Technology, 2001, 25(11): 77-79.
- [2] 李世雄. 500 kV 抽能并联电抗器在湖北鱼峡开关站的应用[J]. 湖北电力, 2009, 33(S1): 87-90.
LI Shixiong. Application of 500 kV shunt reactors with auxiliary winding system in switching station of Hubei Yuxia [J]. Hubei Electric Power, 2009, 33(S1): 87-90.
- [3] 白元强. 500 kV 抽能电抗器结构[J]. 江苏电机工程, 2000, 19(3): 15-18.
BAI Yuanqiang. The construction of 500 kV energy extraction shunt reactor [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2010, 19(3): 15-18.
- [4] 张进德, 曾鹏, 邓皓元, 等. 500 kV 抽能并联电抗器-6 kV 所用变系统运行分析[J]. 湖北电力, 2010, 34(5): 36-38.
ZHANG Jinde, ZENG Peng, DENG Haoyuan, et al. Operation analysis of 500 kV energy extraction shunt reactor 6 kV auxiliary transformer system [J]. Hubei Electric Power, 2010, 34(5): 36-38.
- [5] 郑一鸣, 孙翔, 张建平, 等. 振动监测方法在特高压电抗器缺陷分析中的应用[J]. 浙江电力, 2018, 37(1): 27-31.
ZHENG Yiming, SUN Xiang, ZHANG Jianping, et al. Application of vibration monitoring method in defect analysis of ultra-high voltage reactor [J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(1): 27-31.
- [6] 童力, 赵建文, 戴哲仁, 等. 基于 MATLAB 的磁阀式可控电抗器仿真技术研究[J]. 浙江电力, 2018, 37(7): 49-55.
TONG Li, ZHAO Jianwen, DAI Zheren, et al. Study of magnetic-valve controllable reactor simulation technology based on MATLAB [J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(7): 49-55.
- [7] 恩斯特·克诺尔. 带有抽能线圈系统的电抗器[J]. 国际电力, 1998, 1(1): 56-57.
KNOLL E. The shunt reactor with auxiliary winding [J]. International Power, 1998, 1(1): 56-57.
- [8] 谭黎军, 龚筱琦, 苏钟焕, 等. 500 kV 抽能并联电抗器空_负载特性研究[J]. 变压器, 2015, 52(10): 33-37.
TAN Lijun, GONG Xiaoqi, SU Zhonghuan, et al. No-load and load characteristics research of 500 kV shunt reactor with transformer function [J]. Transformer, 2015, 52(10): 33-37.
- [9] 李惠琪, 崔翔, 李琳, 等. 带抽能线圈并联铁心电抗器的分析[J]. 电工技术学报, 2004, 19(12): 15-19.
LI Huiqi, CUI Xiang, LI Lin, et al. Analysis of high-voltage shunt reactor with auxiliary winding system [J]. Transactions of China Electro technical Society, 2004, 19(12): 15-19.
- [10] 程范卿. 磁阀式可控电抗器保护研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2009.
CHENG Fanqing. Protection study of magnetic value controllable reactors [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2009.
- [11] ALEKSANDROV G N. Controllable shunting reactor of Transformer type [J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 1991, 38(6): 439-445.
- [12] 田铭兴, 励庆孚. 变压器式可控电抗器的磁场和参数计算[J]. 西安交通大学学报, 2005, 39(6): 656-658.
TIAN Mingxing, LI Qingfu. Calculation of magnetic flux and parameters of reactor of transformer type [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2005, 39(6): 656-658.
- [13] 田翠华, 陈柏超. 可控电抗器在西北 750 kV 系统中的应用[J]. 高电压技术, 2005, 31(3): 18-21.
TIAN Cuihua, CHEN Baichao. Application of controlled reactor in Northwest 750 kV power system [J]. High Voltage Engineering, 2005, 31(3): 18-21.
- [14] 田铭兴, 励庆孚. 变压器式可控电抗器的谐波分析和功率级数计算[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(8): 168-171.
TIAN Mingxing, LI Qingfu. Harmonic current and power-step-number of controllable shunting reactors of transformer type [J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(8): 168-171.
- [15] 陈松林, 王志鸿, 郑玉平, 等. 新型微机电抗器保护的研制与开发[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(24): 70-73.
CHEN Songlin, WANG Zhihong, ZHENG Yuping, et al. Research & development of a new digital shunt reactor Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(24): 70-73.
- [16] 陈聪, 陶悦玥, 罗潇, 等. 高抗抽能绕组保护配置改进方法[J]. 湖北电力, 2017, 41(5): 7-9.
CHEN Cong, TAO Yueyue, LUO Xiao, et al. Improved protection for high-voltage shunt reactor with auxiliary winding system [J]. Hubei Electric Power, 2017, 41(5): 7-9.
- [17] 童力, 何立群, 赵建文, 等. 基于 SOGI-PLL 锁相技术的磁阀式可控电抗器运行特性研究[J]. 浙江电力, 2018, 37(4): 14-18.
TONG Li, HE Liqun, ZHAO Jianwen, et al. Investigation on operation characteristics of magnetic-valve controllable reactor based on SOGI-PLL [J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(4): 14-18.
- [18] 朱铭炼, 姜田贵, 欧阳有鹏, 等. 模块化多电平换流器直流双极短路故障耐受能力研究[J]. 电力工程技术, 2018, 37(2): 44-48, 60.
ZHU Minglian, JIANG Tianguai, OUYANG Youpeng, et al. Current distribution and junction temperature calculation of protective thyristor for MMC valve [J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(2): 44-48, 60.
- [19] 尹刚, 彭勇. 500 kV 抽能并联电抗器的匝间短路保护[J]. 电网技术, 2012, 11(2): 227-231.
YING Gang, PENG Yong. Turn-to-turn faults protection of 500 kV energy extraction shunt reactor [J]. Power System Technology, 2012, 11(2): 227-231.
- [20] 莫品豪, 文继锋, 鲍斌, 等. 分级可控型高抗控制绕组的匝间保护研究[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(14): 105-107.

MO Pinhao, WEN Jifeng, BAO Bin, et al. Inter-turn protection for control winding of high-voltage step controlled shunt reactor[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(14):105-107.

- [21] 陈卫, 陈德树, 尹项根, 等. 基于零序幅值比较的电抗器匝间保护[J]. 电力系统及其自动化学报, 2006, 18(4):41-44.

CHEN Wei, CHEN Deshu, YIN Xianggen, et al. Investigation of shunt reactor inter-turn protection based on zero sequence magnitude comparison[J]. Proceedings of the CSU-EPSCA, 2006, 18(4):41-44.

作者简介:



莫品豪

莫品豪(1985),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护工作(E-mail:moph@nrec.com);

郑超(1987),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护工作(E-mail:zheng@nrec.com);

张晓宇(1981),男,硕士,高级工程师,从事电力系统继电保护工作。

A new scheme of inter-turn winding short circuit protection for energy extraction shunt reactor

MO Pinhao^{1,2}, ZHENG Chao^{1,2}, ZHANG Xiaoyu^{1,2}, CAI Dongsheng³, GU Qiaogen^{1,2}, GONG Xiao^{1,2}

(1. NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China; 2. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power

Research Institute, Nanjing 210016, China; 3. Northeast Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shenyang 130021, China)

Abstract: The power extraction high voltage parallel reactor, referred to as energy extraction reactor, is essentially a hollow transformer consisting of grid-side windings and auxiliary windings. It belongs to a new type of reactor which can absorb the redundant reactive power of the system and provide the power supply for the station. At present, over-current or zero-sequence over-current protection is usually used in engineering to reflect the inter-turn short-circuit fault of the auxiliary windings. This protection scheme has some shortcomings, such as poor selectivity and long operation time. Therefore, in this paper, a new scheme of inter-turn winding short circuit protection for energy extraction reactor was proposed. The scheme integrates the voltage and current of the high reactance winding on the grid side and the current in the winding ring. It consists of the criterion of out-of-zone anomaly, the criterion of core saturation and the criterion of self-produced zero-sequence overcurrent in a logical phase. RTDS simulation results show that the protection scheme can not only ensure reliable operation under various non-regional fault conditions, but also reflect inter-turn short circuit fault of auxiliary winding more than 4%, and shorten the protection operation time to about 50 ms, thus solving the problems of poor selectivity and long operation time of previous inter-turn short circuit protection schemes for auxiliary winding.

Keywords: energy extraction; parallel reactor; auxiliary winding; inter-turn protection

(编辑 钱悦)