

微机变压器保护实验方案设计

古宇军¹, 胡玉峰²

(1. 广电集团深圳供电分公司, 广东 深圳 518001; 2. 华中科技大学电力系, 湖北 武汉 430074)

摘要: 介绍一套较为全面的微机变压器保护测试方案, 应用此方案可对微机变压器保护产品进行较严格的考察, 以便为系统同行在选择同类产品时提供一个参考依据。

关键词: 微机变压器保护; 动模实验; 励磁涌流

中图分类号: TM76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)06-0036-04

1 引言

微机变压器保护在系统中投入使用已有较长历史, 各生产厂家都陆续推出了各自的代表产品, 从我公司实际运行情况看, 由于理论基础、研发水平和制造工艺的差别, 各产品的性能指标还是有着较大不同。同时, 即使是同一种产品, 由于各种因素的存在, 也可能存在性能上的差异。这就为系统同行在微机变压器保护选型和对所选产品的性能评估上提出了难题。目前, 常用的方法是在引进产品投运之前进行模拟测试, 以校核产品性能指标, 本文对此提出一套较为全面的实验方案, 以供同行参考。

2 微机变压器保护的主要性能指标

在提出全套实验方案之前, 有必要对目前微机变压器保护的主要性能指标做一小结, 因为这是确定实验方案的主要依据, 同时也是不同产品质量比较的考察项目。

需要提出的是, 作为使用单位的电力部门, 由于受实验条件的制约, 对保护产品的性能考察主要集中在保护的可靠性、灵敏性、选择性和速动性上, 即电力部门主要通过实验方法了解上述几方面的具体情况, 而对产品的电磁兼容性、抗震性、湿热环境测试等特殊项目的了解则主要依据各厂家的质检报告, 故以下的性能指标不考虑上述特殊项目。

对微机变压器保护而言, 需要考虑的性能指标

和考察项目主要如下:

选择性: 主要通过各种变压器差动区内外故障实验来考察保护的動作情况, 考察变压器发生内部故障时保护是否能正确动作, 变压器发生外部故障时保护是否能可靠制动。

可靠性: 与其它保护相比较, 变压器保护存在励磁涌流鉴别的特殊问题, 因此在考察保护的可靠性指标时, 除去与选择性指标类似的项目外, 需要重点考察变压器保护鉴别励磁涌流的能力。另一方面, CT饱和对保护可靠性的影响也是需要重点考察的项目。

灵敏性: 目前微机变压器保护产品所用的差动特性各不一样, 主要有比率差动、标积制动、故障分量差动, 即便是比率差动, 由于所选的制动量的不同, 其动作区与制动区的大小也各不相同, 因而保护在灵敏度上存在差异。考虑到目前变压器内部故障中匝间故障占相当比例, 灵敏度问题是变压器保护的一个主要考察问题, 有必要在实验方案中将其作为重要项目来考察。

速动性: 考虑到变压器在系统连接和功率传送给中所占的重要地位, 必须有快速的保护为其提供安全保障, 以便在变压器发生故障时快速切除, 避免故障扩大和损坏变压器。目前, 微机变压器保护产品由于理论基础不同(主要是励磁涌流的鉴别判据不同), 导致各产品在速动性上的性能各异。同时, 即便对同一种原理的判据(如目前广泛使用的二次谐

Abstract: Various neutral grounding techniques are applied in Medium Voltage distribution networks in the world. With the applications of microcomputer technique and power electronic technique in this area have led to significant modifications in arc suppression coil grounding technology. It is described in this paper that the design method of a new arc suppression coil based on thyristor switched capacitors. The principle of automatic tuning device for compensation distribution network is explained. The results of field tests are analyzed.

Keyword: arc suppression coil; automatic tuning; thyristor; compensation network; grounding techniques

波制动),由于实现方法和软件编制上的差异,也会导致速动性上的表现不尽相同,因而有必要在实验设计中对其进行考察。

3 微机变压器保护的实验设计方案

3.1 实验电气接线的设计

一般而言,动模实验的电气主接线形式应该依据产品使用部门所在地的电气主接线形式来构造,以便更直观、更实际地依照实际情况来考察微机变压器产品的各项性能。

图1为某发电厂的电气主接线形式的简化图,发变组采用扩大单元接线,并通过短引线连接至母线,出线采用一个半开关。

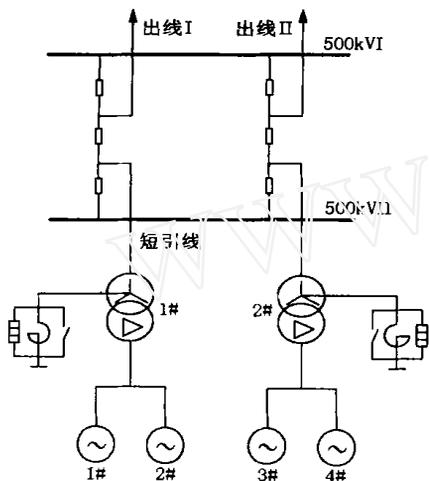


图1 某发电厂电气主接线简化图

由现场实际的电气主接线图,结合变压器保护需考察的性能指标和动模实验室的具体条件(以华中科技大学电力系动模实验室为基础),构造动模实验的接线形式如图2所示。

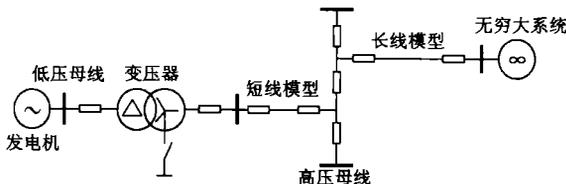


图2 动模实验电气接线图

从图1中可以看出,发电厂左右两部分的扩大单元接线形式为对称接线,可用一部分代替,同时,由于所考察的对象为微机变压器保护,故对扩大单元接线形式的两台发电机可用发变组单元来模拟(即将并联两台发电机合成为一台发电机),这样既可简化动模实验接线,又可较真实地反应现场实际情况,同时还兼顾了实验条件的制约。(一般的动模实验室同型发电机数量有限,且多台发电机并联较

麻烦)。对于变压器高压侧到高压母线之间的短引线,用集中参数的短线模型来模拟;对高压侧出线,用长线模型模拟,同时在长线模型末端接无穷大系统,以构成双端电源形式(具体用途在下节中解释,此处不作重复),这与发电厂实际情况相吻合。

3.2 实验项目方案的设计

3.2.1 选择性性能指标测试方案

从前面的分析可知,微机变压器保护的选择性测试主要集中在保护对各种区内外故障的动作情况上。为此,特设计以下实验项目:

1) 高压侧内部故障

主要包括高压侧内部A、B、C三相的单相接地故障、相间短路故障、两相对地故障和三相故障。以考察微机变压器保护对于高压侧各种类型内部故障的动作情况。

2) 低压侧内部故障

主要包括低压侧内部AB、BC、CA两相相间短路以及三相故障,以考察微机变压器保护对于低压侧各种类型内部故障的动作情况。

3) 高压侧外部故障

将短路点移到变压器高压侧的短线上,做各种短路实验(包括单相接地、两相接地、两相短路和三相短路故障),以考察微机变压器保护对高压侧各种外部故障的制动情况。

4) 低压侧外部故障

将短路点移到变压器低压侧的发电机端部,做各种短路实验(项目与低压侧内部故障相同),以考察产品对低压侧各种外部故障的制动情况。

由于微机变压器保护是对变压器各侧电流统一采样、分别处理(包括各侧相电流的计算、差流计算前的系数折算、差流计算等等),因而对变压器各侧各相做测试是十分必要的,虽然在软件处理上方法基本相同,但可通过这种测试发现软件编制是否正确和确定产品在各种条件下的选择性指标。

3.2.2 可靠性性能指标测试方案

如前所述,微机变压器保护产品的可靠性性能指标主要由励磁涌流鉴别、CT饱和时的动作情况以及变压器在转换性故障时的动作情况来校核。

1) 励磁涌流的鉴别

变压器励磁涌流的鉴别一直是变压器保护研究的重点和难点,同时也是考察产品性能的重要环节,由于变压器励磁涌流的波形特性与变压器空载合闸时的初始角、变压器的剩磁、变压器的磁滞特性、电源的阻抗均有关系,而这些因素又不容易控制,因此

在动模实验中常采用多次空投来校核保护产品的励磁涌流制动能力。

针对图1所示的发电厂电气主接线形式,在实际运行当中虽然不会有变压器高压侧空投(对发变组而言,一般只有并网过程,只有在降压变电所中,才会经常做变压器高压侧空投操作),其励磁涌流的产生大多来自外部故障切除,但从严格考察产品对励磁涌流的制动性能的角度出发,应该把空投操作和外部故障切除操作均考虑在内。

做空投实验时,为严格考察产品性能,将长线模型与短线模型短接,即变压器高压侧直接接到无穷大系统,拉开发变组之间的开关,在变压器高压侧做空投实验,同时,为模拟不同的系统阻抗的影响,结合华中科技大学动模实验室的具体条件,选择两种无穷大系统,一种小阻抗无穷大(系统阻抗约为 $2\sim 3$),用于模拟强电源系统;另一种为大阻抗无穷大系统(系统阻抗约为 25),用于模拟弱电源系统。两种情况各空投数十次。

对于外部故障切除,则按图2的动模实验接线,把短路点设在长线模型上,做各种短路故障,然后手动快速切除,考察微机变压器保护的闭锁性能。

2) CT饱和时的动作情况

由发电厂电气主接线图(图1)可以看出,变压器高压侧端部短路时(即变压器与短引线连接处短路),由于无穷大系统和其它发电机倒送短路电流,会使得短路电流非常大,容易造成变压器高压侧差动CT饱和,这种情况下保护能否正确动作需要校核(尤其对以二次谐波制动原理为基础的微机变压器保护产品),另一方面,短引线上发生故障时(尤其是严重故障,例如三相短路故障),由于发变组采用扩大单元接线,可提供较大的短路电流,也有可能造成变压器差动CT饱和,虽然目前变压器保护的差动CT参数较匹配,且对变压器而言是穿越性电流,由CT饱和引起的差流较前一种情况小得多,但也需进行考察,以考核保护产品在变压器外部故障CT饱和时能否可靠制动。

实验方法是在变压器高压侧二次回路串接一滑线电阻器,在变压器高压侧分别做区内各种故障,同时调节电阻大小使高压侧CT饱和,校核保护的動作情况。值得一提的是,电阻值的选择和CT的饱和程度应该由实际系统的最大短路电流而定,否则无法正确反映变压器的性能指标。

3) 转换性故障的动作情况

变压器在发生转换性故障时微机保护的動作情

况是产品性能考察的又一个重要环节,因为从实际运行情况看,变压器发生外部故障时,由于有较大的短路电流穿过变压器,对变压器的绝缘、机械冲击、耐热都是相当严峻的考验,此时容易引发变压器内部匝间故障、绝缘击穿或其它变压器本体故障,造成转换性故障;另一方面,从微机变压器保护的软件编制来看,外部故障一般都会造成保护的差流启动,使程序进入故障处理流程,此时又发生变压器内部故障,程序是否能正确处理,可通过这项实验来考察。

具体实验方案是设置两个短路点,一个设在变压器外部(如设在短引线或长线模型上),另一个设在变压器内部,先由外部发生故障(故障类型包括各种单相接地、两相短路、两相接地和三相接地),紧接着内部故障,以此校核保护产品的動作情况。

3.2.3 灵敏性性能指标测试方案

微机变压器保护灵敏度测试主要是针对目前变压器运行当中普遍存在的匝间故障,由于匝间故障属于轻微故障,虽然其短路环的电流非常大,但反映到变压器的端部电流却变化较小,由此产生的差流也较小;另一方面,变压器发生匝间故障时,仍然可能有较大的穿越性负荷电流流过,上述两个因素的存在,使得匝间故障时变压器保护灵敏度问题成为灵敏度性能指标的主要考核方向。

具体实验方案是将图2所示的发电机与无穷大之间的相角拉开,即增大发电机的有功输出,使得穿越性电流同时增大,达到图1中的额定电流大小(CT二次侧电流达到额定值),同时在变压器的高、低压侧分别做匝间故障,短路匝比和短路匝位置可相应调整,以此来考察微机变压器保护的灵敏度性能指标。

3.2.4 速动性性能指标测试方案

目前,各生产厂家的微机变压器保护产品的励磁涌流鉴别方案不尽相同,主要有二次谐波制动、间断角识别、波形对称等。这些方案,首先从原理上而言由于采用的波形特性不同会导致产品的動作速度上的差异;另一方面,即便对同一种制动方案,如目前使用最广泛的二次谐波制动,由于各厂家在实现方法与软件编制上的差异,也会引起速动性能的区别,为此,对产品的速动性性能指标进行考察是对产品性能评估的重要方面。

微机变压器保护的速动性性能测试方案主要包括两大方面,其一是常规条件下的動作速度考察,具体方法是将图2所示的动模实验接线图中的长线模型短接,即无穷大直接通过短线与变压器相连(消除

长线分布电容的影响),做各种短路实验,通过数字示波器记录故障开始时刻与保护动作时刻之间的时间差,以此来考察产品在常规条件下的速动性能指标。

测试的另一方面是特殊项目下的性能考察,主要考察微机保护在有长线分布电容、串补电容时发生故障以及变压器空投于故障时的动作速度。对长线分布电容的影响,只需按图 2 所示的动模实验图做各种变压器内部故障即可,对串补电容的影响,可将发电机与变压器之间的开关拉开,形成单电源模式,并在变压器低压侧带上负荷,同时在低压母线上并联补偿电容,做各种变压器内部故障,记录保护动作时间;对故障变压器空投,可同样采用单电源模式,在变压器空投前,先将变压器匝间短路故障模拟开关合上,再空投变压器,记录保护动作时间。

4 结束语

本文针对微机变压器保护提出了一套适用于电

力系统使用部门的实验方案,以便为系统同行在选择同类产品时对产品的整体性能评估提供依据。实验方案在充分考虑电力系统使用部门实验条件的基础上,针对微机变压器保护产品的各个主要性能指标,给出了具体的实验项目和实验方法,实践证明,应用此方案可有效地对保护产品进行严格考察。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [2] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.
- [3] 范锡普. 发电厂电气部分(第二版)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.

收稿日期: 2000-10-18

作者简介: 古宇军(1972-),男,本科,工程师,从事电力系统继电保护及其自动装置的运行管理工作; 胡玉峰(1975-),男,博士研究生,从事电力系统继电保护、自动控制的研究。

The design of test scheme about power transformer relay based on microprocessor

GU Yu-jun¹, HU Yu-feng²

(1. Shenzhen Power Supply Bureau, Shenzhen 518000, China;

2. Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper introduces a comprehensive test design scheme about power transformer relay based on microprocessor. Using it, the relay products can be tested strictly and the results can present the reference of selecting the similar products for those work in power system.

Key words: transformer protection based on microprocessor; dynamic simulation test; inrush current

(上接第 28 页) 要求,甚至许多从前被认为是“足够”的平台资源,逐渐变得“不够用”。本文针对这种要求,提出了这种平台方案,并广泛应用于线路、变压器及馈线、电铁保护和测控装置等。实践证明,这种平台技术起点高、可靠性好、统一性强,用户的使用和维护十分方便,具有很高的应用价值。

参考文献:

- [1] 景胜. 我国微机保护的现状与发展[J]. 继电器, 2001, (10).

- [2] 贺家李,等. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
- [3] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995, 8.

收稿日期: 2002-04-10

作者简介: 易永辉(1969-),工学硕士,工程师,从事继电保护产品和硬件平台开发; 赵志华(1966-),男,工学硕士,从事继电保护产品开发; 薛玉龙(1971-),男,从事电力系统继电保护研究、调试、维护工作。

A new software and hardware frame of relay protection

YI Yong-hui¹, ZHAO Zhi-hua¹, XUE Yu-long², ZHANG Qian¹

(1. XI-Hitachi Co.Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Wuzhong Power Supply Bureau of Ningxia Province, Wuzhong 751100, China)

Abstract: Basing on the current state of microcomputer-based protection, a new software and hardware frame of relay protection and its realization method are introduced, which features high technical start-point, generality and reliability.

Key words: relay protection; software and hardware frame; graphic