

[变压器]

# 电力变压器的电气试验与继电保护技术

文/滕成仲

惠生工程（中国）有限公司

常规的电力变压器继电保护技术易受暂态仿真误动作影响，导致电力变压器故障区域判断（保护）异常。因此，设计一种全新的电力变压器继电保护技术。通过生成电力变压器继电保护逻辑，设计电力变压器继电保护算法，从而实现电力变压器继电保护。实验结果表明，设计的电力变压器继电保护技术在不同短路类型下均能正确识别故障区域，成功进行继电保护，可靠性较高，为电力变压器的运行安全性提供保障。

电力变压器作为电力系统中的重要组成部分，起着将电能进行传输和分配的关键作用。然而变压器所面临的各种电气问题以及对其可靠性和安全性的要求在不断增加。新型的变压器保护装置具有更高的灵敏度、更快的动作速度和更好的选择性<sup>[1]</sup>。同时，还增加更多的功能，如过载保护、过电流保护等。除此之外，电力变压器的组成越来越复杂<sup>[2]</sup>，运行安全性逐渐下降，容易出现运行故障，影响整个电力系统的正常运行。

进行电力变压器继电保护具有几个明显的优势：①可以防止变压器短路、过电流和过电压等故障的发生，保证变压器的正常运行；②当变压器存在故障时，继电保护装置能够及时切断故障点电源，防止事故的扩大和发生；③继电保护技术还可以提高电网的可靠性和稳定性，降低电网的运行风险。由此，相关研究人员针对电力变压器设计了几种常规的继电保护技术，包括考虑变压器有载分级开关的电力变压器继电保护技术<sup>[3]</sup>，以及基于自耦绕组作用的电力变压器继电保护技术等<sup>[4]</sup>。但大多数电力变压器继电保护方法需要使用纵联差动保护装置调整互感环流接线<sup>[5]</sup>，易受暂态仿真误动作影响，导致电力变压器故障区域判断异常。结合上述研究，本文

设计一种全新的电力变压器继电保护方法。

## 电力变压器继电保护技术设计

### 1. 电力变压器继电保护逻辑生成

电力系统由多个设备和电路组成，各种故障模式和运行状态较多。当电力变压器出现短路故障时，相邻母线会出现负荷变化。本文设计的继电保护技术根据负荷变化要求生成有效的继电保护逻辑。电力变压器继电保护逻辑需要满足后备保护、过负荷保护要求，且需要处于三相对称状态。针对变压器的断相、反相等不平衡问题，可以设置延时跳闸出口，降低合闸误动造成的继电保护风险，由此生成的电力变压器继电保护逻辑如图1所示。

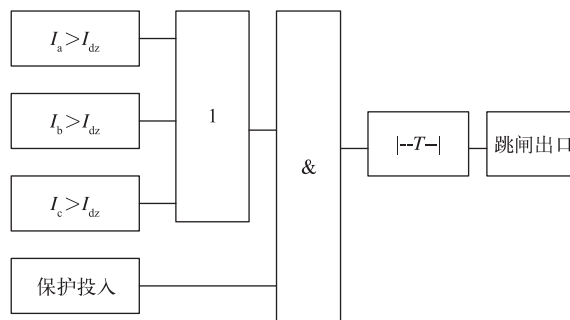


图1 电力变压器继电保护逻辑

由图1可知,  $I_a/I_b/I_c$ 均代表保护电流,  $I_{dz}$ 代表定时限电流保护整定值,  $T$ 代表时间定值, 使用上述的继电保护逻辑可以调整任意相电流的启动定值, 实时判断电力变压器的运行状态, 提高最终的继电保护可靠性。

2. 电力变压器继电保护实现

电力变压器继电保护的实现是指将经过逻辑生成的继电保护方案应用于实际的变压器系统中。而随着电力系统的不断发展和变化, 可能会出现新的故障模式和挑战, 原有的继电保护逻辑可能无法涵盖所有的故障情况, 对电力系统的可靠性和稳定性产生负面影响。通过分析和评估新的故障情况, 并更新继电保护逻辑, 确保变压器的安全运行。

通过测量电压频率关系, 此时电力变压器两端的电压  $U_c$  可表示为

$$U_c = K_{TV} K_{UV} (2\pi fC)^2 \tag{1}$$

式中,  $K_{TV}$ 为电压互感器变化值;  $K_{UV}$ 为电压变换器变化值;  $f$ 为电压频率;  $C$ 为串联回路执行电容数值。

电力变压器继电保护曲线方程  $Q$  表示为

$$Q = U_c \frac{It}{I_{set}^a} \tag{2}$$

式中,  $t$ 为时间常数;  $I$ 为故障电流;  $I_{set}$ 为反时限电流;  $a$ 为常数因子。

根据上述方程可以有效执行零序保护指令, 此时设计的电力变压器继电保护算法  $K_A$  表示为

$$K_A = \frac{Q}{t(K_{TV} K_{UV})} \tag{3}$$

使用上述的电力变压器继电保护算法可以大幅度降低反时限过电流造成的继电保护干扰, 有效识别电力变压器各个区域存在的短路故障。

继电保护电气试验

为验证设计的电力变压器继电保护技术的保护效果, 本文配置有效的实验平台, 将其与文献[3]考虑变压器有载分级开关的电力变压器继电保护技术的故障区域判断保护效果, 文献[4]基于自耦合绕组作用的电力变压器继电保护技术的故障区域判断保护效果两种电力变压器继电保护技术与本文技术展开对比试验。

1. 试验设置

根据电力变压器继电保护试验要求, 选取DWL

整定计算一体化数据平台作为试验平台, 首先需要根据具体的保护要求设置嵌入式整定负荷试验软件, 调整整定装置的灵敏度。接下来, 进行各个试验环节反馈与调整, 直至其满足最终的试验要求。试验选取SZ11-10000/35电力变压器, 相关参数设置见表1。

表1 电力变压器参数

| 参数名称        | 参数值     |
|-------------|---------|
| 额定容量/(kV·A) | 10 000  |
| 额定电压/kV     | 35/10.5 |
| 额定频率/Hz     | 50      |
| 抗阻电压 (%)    | 8.03    |

使用的电力变压器继电保护试验平台组成结构如图2所示。

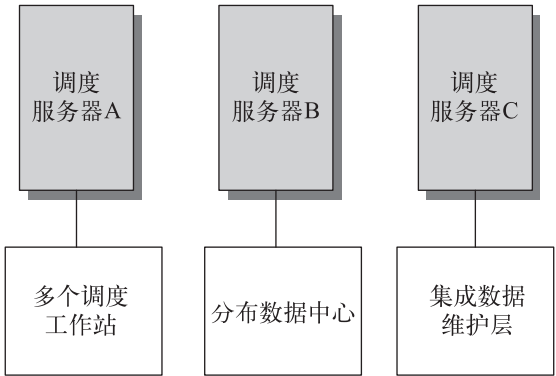


图2 继电保护试验平台组成结构

由图2可知, 在上述基础上可以生成有效的试验调度指令, 确定试验短路电流大小, 从而输出准确的继电保护试验结果。

2. 结果与讨论

根据上述的试验准备, 可以进行电力变压器继电保护效果分析, 即分别使用本文设计的电力变压器继电保护技术, 文献[3]的考虑变压器有载分级开关的电力变压器继电保护技术, 以及文献[4]的基于自耦合绕组作用的电力变压器继电保护技术进行继电保护, 不同短路故障区域的判断结果见表2。

由表2可知, 本文设计的电力变压器继电保护技术在不同短路类型下均能正确识别故障区域, 成功进行继电保护; 文献[3]的考虑变压器有载分级开关的电力变压器继电保护技术, 文献[4]的基于自耦合绕组作用的电力变压器继电保护技术在部分短路类型下难以完成故障识别, 未完整执行故障保护。

表2 试验结果

| 短路点 | 短路类型 | 短路电流/A | 本文技术 | 文献[3]技术 | 文献[4]技术 |
|-----|------|--------|------|---------|---------|
| F1  | AC-G | 228.15 | 成功   | 成功      | 异常      |
|     | AE-G | 278.42 | 成功   | 异常      | 成功      |
|     | A-B  | 198.54 | 成功   | 成功      | 异常      |
| F2  | BC-G | 184.52 | 成功   | 异常      | 成功      |
|     | A-G  | 156.48 | 成功   | 异常      | 异常      |
|     | AB   | 124.36 | 成功   | 成功      | 异常      |
| F3  | BC-G | 105.58 | 成功   | 异常      | 成功      |
|     | A-F  | 95.59  | 成功   | 异常      | 异常      |
|     | A-B  | 85.48  | 成功   | 成功      | 异常      |
| F4  | BC-G | 55.45  | 成功   | 异常      | 异常      |
|     | A-G  | 54.47  | 成功   | 异常      | 成功      |
|     | AB   | 58.68  | 成功   | 成功      | 异常      |

结束语

针对电力变压器继电保护方法的保护效果较差，不符合电力变压器的正常运行要求，本文设计一种全新的电力变压器继电保护技术。试验结果表明，设计的电力变压器继电保护技术的保护效果较好，具有可靠性，有一定的应用价值，为降低电力

变压器的运行风险作出了一定的贡献。**EA**

(收稿日期：2024-04-25)

参考文献

[1] 鲁俊勇, 张建文, 张超, 等. 风力发电并联网的继电保护定值问题与校正技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(9): 118-119.

[2] 高淑萍, 左俊杰, 宋国兵, 等. 基于电流故障分量变化特征的三端柔性直流配电网线路保护方法[J]. 太阳能学报, 2023, 44(8): 139-148.

[3] 闫晨光, 张芄, 徐雅, 等. 换流变压器有载分接开关级间短路故障差动保护动作特性[J]. 电工技术学报, 2023, 38(21): 5878-5888, 5912.

[4] 于航, 郑瑜, 蒋炯锋, 等. 500 kV自耦变压器分相差动保护低压绕组电流互感器接线研究[J]. 电气技术, 2023, 24(2): 77-81.

[5] 栗磊, 梁亚波, 赫嘉楠, 等. 基于差动电流相位差的和应涌流识别及其与内部故障的区分方法[J]. 电网与清洁能源, 2023, 39(8): 64-72.

