

一种 YNd 系列变压器差动保护电流相位补偿方案

陈从武,朱月凯,汤大海
(镇江供电公司,江苏镇江 212001)

摘要: 针对各变压器保护制造厂只设计了 YNd11, YNd1 和 YNy12 这 3 种变压器接线组别及其接线组合的变压器差动保护电流软件相位补偿, 没有设计其他接线组别和接线组合方式变压器差动保护电流软件相位补偿的情况, 通过分析 YNd3, YNd7, YNd5, YNd9 等接线变压器 d 侧各相电流相位与 YNd11 变压器或 YNd1 变压器 d 侧各相电流相位规律, 提出了改变变压器保护外部电流回路接线, 使 YNd3, YNd7 接线或 YNd5, YNd9 接线变压器差动保护的电流相位补偿问题转变为 YNd11 接线或 YNd1 接线变压器差动保护的电流相位补偿问题, 再利用已有的变压器差动保护电流软件相位补偿实现了 YNd3, YNd7, YNd5, YNd9 等接线变压器差动保护的电流相位补偿。通过一个实例证明了该方案是可行的。

关键词: YNd 系列变压器; 差动保护; 电流相位; 补偿

中图分类号: TM77

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2016)02-0034-05

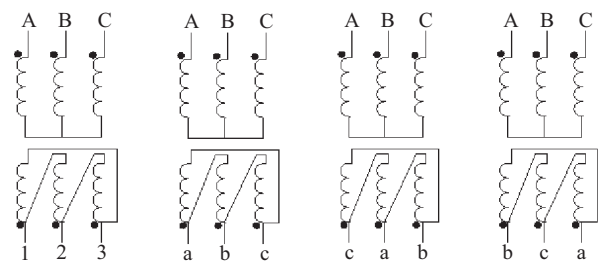
由于变压器各侧对应的电流可能相位不一致, 因此变压器纵联差动保护(以下简称变压器差动保护)要进行电流相位补偿。变压器差动保护电流相位补偿的方案有 2 种: 一是传统的硬件移相^[1-3], 比如 YNd11 变压器 Y 侧电流互感器(TA)二次绕组采用三角 d-11 接线、d 侧 TA 二次绕组采用星形 Y-12 接线; 二是软件移相^[2-7], 变压器各侧的 TA 二次绕组采用星形接法, 利用计算公式和软件程序来完成电流相位补偿。

目前, 220 kV 及以上变压器保护一般为主保护后备保护一体化设计、双重化配置^[2-5], 主保护后备保护一体化设计即为主保护和所有的后备保护均在一个机箱内使用同一个硬件和软件, 变压器主保护后备保护每侧的电流、电压均是采用 TA、电压互感器(TV)同一组二次绕组。由于主保护后备保护一体化变压器保护电流回路是采用同一个电流回路, 所以不能采用传统的硬件移相进行电流相位补偿, 因此变压器各侧的 TA 必须采用星型接法, 采用电流软件移相进行相位补偿。

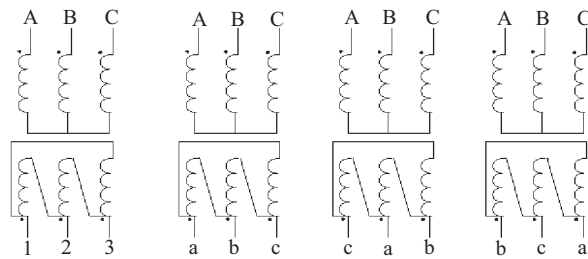
110 kV 及以下微机变压器差动保护目前也不采用传统的硬件移相进行电流相位补偿, 各侧的 TA 一般也采用星型接法, 也采用差动保护的电流软件相位补偿。但是目前各变压器保护制造厂商差动保护电流软件相位补偿方案只设计了 YNd11, YNd1 和 YNy12 这几种变压器接线组别及其接线组合变压器差动保护软件相位补偿, 没有设计其他接线组别和接线组合方式变压器差动保护软件相位补偿, 也没有其他文献给出解决方案, 而这些接线组别的变压器在电网有实际运用, 同时文献[4]中列举的定值单中也要求变压器差动保护软件相位补偿应满足 12 种接线组别, 解决这些变压器的差动保护相位补偿问题很有必要。

1 YNd11 系列变压器接线组别分类

YNd 系列变压器有 YNd1, YNd3, YNd5, YNd7, YNd9, YNd11 这 6 种接线组别。通过分析, 可以将 YNd 系列变压器分成 YNd11 系列变压器和 YNd1 系列变压器。YNd11 系列变压器接线组别有 YNd11, YNd3, YNd7 这 3 种接线, 如图 1 所示。YNd1 系列变压器接线组别有 YNd1, YNd5, YNd9 这 3 种接线, 如图 2 所示。



(a) YNd11 系列 (b) YNd11 接线 (c) YNd3 接线 (d) YNd7 接线
图 1 YNd11 系列变压器接线图



(a) YNd1 系列 (b) YNd1 接线 (c) YNd5 接线 (d) YNd9 接线
图 2 YNd1 系列变压器接线图

2 YNd11 系列变压器的相位补偿方案

2.1 YNd11 系列变压器的接线桩头标号关系

对于 YNd11 接线变压器差动保护, 保护制造厂已经在变压器保护装置内实现了变压器差动保护电流软件相位补偿。图 1 为 YNd11 系列变压器接线图, 其中

图 1(a)为 YNd11 系列接线变压器接线图,图 1(b)为 YNd11 接线变压器接线图,图 1(c)为 YNd3 接线变压器接线图,图 1(d)为 YNd7 接线变压器接线图。对比图 1,则有 YNd11 变压器 d 侧绕组标号“1,2,3”与 YNd11 系列变压器接线组别 YNd11,YNd3,YNd7 的 d 侧绕组标号“a,b,c”对应关系,如表 1 所示。

表 1 YNd11 系列变压器 d 侧绕组引出桩头标号对比表

变压器 d 侧绕组引出桩头标号	1	2	3
YNd11 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	a	b	c
YNd3 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	c	a	b
YNd7 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	b	c	a

2.2 YNd3 接线变压器

为分析问题方便起见,认为 YNd11 与 YNd3 接线变压器 Y 侧绕组对应的各相电流同相,比较表 1 中 YNd11 接线变压器 d 侧绕组与 YNd3 接线变压器 d 侧绕组各相电流关系,不难发现 YNd11 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流分别比 YNd3 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流超前 120° 。换言之,YNd11 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流分别与 YNd3 接线变压器 d 侧绕组的 c 相电流、a 相电流、b 相电流同相位。由此可以得出 YNd3 接线变压器的差动保护电流相位补偿方案。

(1) 该变压器 Y 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd11 变压器差动保护的各相电流不变,即 Y 侧 TA 二次绕组电流 A 相电流、B 相电流、C 相电流分别接入 YNd11 变压器差动保护的 A 相电流、B 相电流、C 相电流。

(2) 该变压器 d 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd11 变压器差动保护的各相电流为:将 YNd3 接线变压器 d 侧的 c 相 TA 二次绕组电流、a 相 TA 二次绕组电流、b 相 TA 二次绕组电流分别接入 YNd11 接线微机变压器差动保护 d 侧的 a 相电流回路、b 相电流回路、c 相电流回路。

(3) 通过这一转换,YNd3 接线变压器差动保护电流相位补偿问题就转变为 YNd11 接线变压器差动保护电流相位补偿问题了,再利用 YNd11 接线微机变压器差动保护装置的软件相位补偿,就可以最终实现 YNd3 接线变压器差动保护的相位补偿,具体原理接线如图 3 所示。

2.3 YNd7 接线变压器

同样认为 YNd11 与 YNd7 接线变压器 Y 侧绕组对应的各相电流同相,比较表 1 中 YNd11 接线变压器 d 侧绕组与 YNd7 接线变压器 d 侧绕组各相电流关系,也不难发现:YNd11 接线变压器 d 侧绕组的 a 相

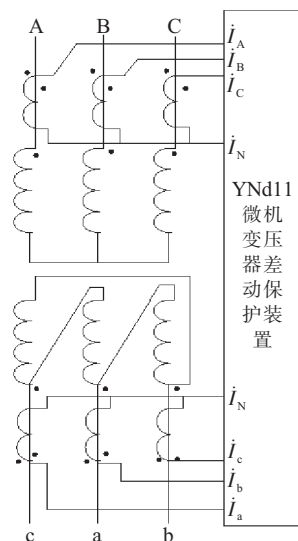


图 3 YNd3 接线变压器差动保护的相位补偿接线图

电流、b 相电流、c 相电流分别与 YNd7 接线变压器 d 侧绕组的 b 相电流、c 相电流、a 相电流同相位,由此得出 YNd7 接线变压器差动保护电流相位补偿方案。

(1) 该变压器 Y 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd11 变压器差动保护的各相电流不变,即 Y 侧 TA 二次绕组电流 A 相电流、B 相电流、C 相电流分别接入 YNd11 变压器差动保护的 A 相电流、B 相电流、C 相电流。

(2) 该变压器 d 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd11 接线变压器差动保护装置的各相电流为:将 YNd7 接线变压器 d 侧的 b 相 TA 二次绕组电流、c 相 TA 二次绕组电流、a 相 TA 二次绕组电流分别接入 YNd11 接线微机变压器差动保护 d 侧的 a 相电流回路、b 相电流回路、c 相电流回路。

(3) 通过这一转换,YNd7 接线变压器差动保护电流相位补偿问题就转变为 YNd11 接线变压器差动保护电流相位补偿问题了,再利用 YNd11 接线微机变压器差动保护装置的软件相位补偿,就可以最终实现了 YNd7 接线变压器差动保护的相位补偿,具体原理接线如图 4 所示。

3 YNd1 系列变压器的相位补偿方案

3.1 YNd1 系列变压器的接线桩头标号关系

对于 YNd1 接线变压器差动保护,保护制造厂也已经在变压器保护装置内实现了变压器差动保护电流软件补偿。YNd1 系列变压器接线组别有 YNd1,YNd5,YNd9。图 2 为 YNd1 系列变压器接线图,其中图 2(a)为 YNd1 系列接线变压器接线图,图 2(b)为 YNd1 接线变压器接线图,图 2(c)为 YNd5 接线变压器接线图,图 2(d)为 YNd9 接线变压器接线图。对比图 2,则有 YNd1 系列变压器 d 侧绕组标号“1,2,3”与

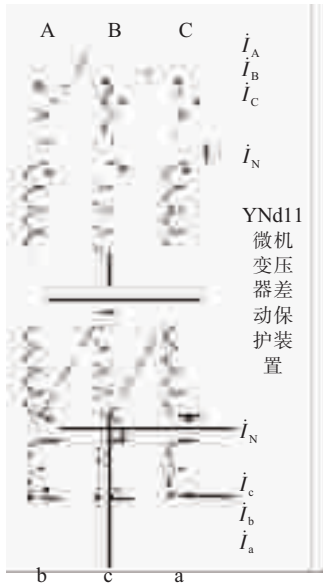


图4 YNd7 接线变压器差动保护的相位补偿接线图

变压器接线组别 YNd1, YNd5, YNd9 的 d 侧绕组标号“a, b, c”对应关系, 如表 2 所示。

表 2 YNd1 系列变压器 d 侧绕组引出桩头标号对比表

变压器 d 侧绕组引出桩头标号	1	2	3
YNd1 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	a	b	c
YNd5 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	c	a	b
YNd9 接线变压器 d 侧绕组引出桩头标号	b	c	a

3.2 YNd5 接线变压器

为分析问题方便起见, 认为 YNd1 与 YNd5 接线变压器 Y 侧绕组对应的各相电流同相, 比较表 2 中 YNd1 接线变压器 d 侧绕组与 YNd5 接线变压器 d 侧绕组各相电流关系, 不难发现 YNd1 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流分别比 YNd5 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流超前 120° 。

换言之, YNd1 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流分别与 YNd5 接线变压器 d 侧绕组的 c 相电流、a 相电流、b 相电流同相位, 因此得出 YNd5 接线变压器差动保护电流相位补偿方案。

(1) 该变压器 Y 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd1 变压器差动保护的各相电流不变, 即 Y 侧 TA 二次绕组电流 A 相电流、B 相电流、C 相电流分别接入 YNd11 变压器差动保护的 A 相电流、B 相电流、C 相电流。

(2) 该变压器 d 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd11 变压器差动保护的各相电流为: 将 YNd5 接线变压器 d 侧的 c 相 TA 二次绕组电流、a 相 TA 二次绕组电流、b 相 TA 二次绕组电流分别接入 YNd1 接线微机变压器差动保护 d 侧的 a 相电流回路、b 相电流、c 相电流回路。

(3) 通过这一转换, YNd5 接线变压器差动保护电流相位补偿问题就转变为 YNd1 接线变压器差动保护电流相位补偿问题了; 再利用 YNd1 接线微机变压器差动保护装置的电流软件相位补偿, 从而最终实现了 YNd5 接线变压器差动保护的电流相位补偿, 具体原理接线如图 5 所示。



图5 YNd5 接线变压器差动保护的相位补偿接线图

3.3 YNd9 接线变压器

同样认为 YNd1 与 YNd9 接线变压器 Y 侧绕组对应的各相电流同相, 比较表 2 中 YNd1 接线变压器 d 侧绕组与 YNd9 接线变压器 d 侧绕组各相电流关系, 也不难发现, YNd1 接线变压器 d 侧绕组的 a 相电流、b 相电流、c 相电流分别与 YNd9 接线变压器 d 侧绕组的 b 相电流、c 相电流、a 相电流同相位, 由此得出 YNd9 接线变压器差动保护电流相位补偿方案。

(1) 该变压器 Y 侧 TA 二次绕组各相电流不变, 即 Y 侧 TA 二次绕组电流 A 相电流、B 相电流、C 相电流分别接入 YNd1 变压器差动保护的 A 相电流、B 相电流、C 相电流。

(2) 该变压器 d 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd1 变压器差动保护的各相电流为: 将 YNd9 接线变压器 d 侧的 b 相 TA 二次绕组电流、c 相 TA 二次绕组电流、a 相 TA 二次绕组电流分别接入 YNd1 接线微机变压器差动保护 d 侧的 a 相电流回路、b 相电流回路、c 相电流回路;

(3) 通过这一转换, YNd9 接线变压器差动保护电流相位补偿问题就转变为 YNd1 接线变压器差动保护电流相位补偿问题了; 再利用 YNd1 接线微机变压器差动保护装置的软件电流补偿, 从而最终实现了 YNd9 接线变压器差动保护的电流相位补偿, 具体原理接线如图 6 所示。

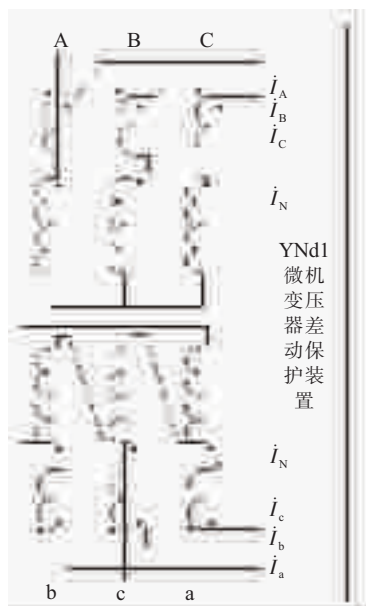


图 6 YNd9 接线变压器差动保护的相位补偿接线图

4 对后备保护的影响分析

由于接入 YNd 系列变压器保护装置 d 侧各相电流回路是星型接法, 所以能够满足后备保护对电流回路星型接法的要求, 对变压器 d 侧后备保护电流测量没有影响。但 YNd 系列变压器保护装置 d 侧各相电流回路是变换相位接入 YNd11 接线微机变压器差动保护装置或 YNd1 微机变压器差动保护装置, 即对 YNd 系列接线变压器保护装置 d 侧来说, a, b, c 各相电流回路不是原来的 a, b, c 各相电流回路了, 虽然不影响方向元件的正确测量方向, 但会影响故障录波各相电流的标注, 即需要根据电流相位转换的电流还原到原来的各相电流。

5 现场具体应用

某 220 kV 客户变电所 220 kV 变压器接线组别为 YNd5 接线方式, 220 kV 变压器保护采用了主保护后备保护一体化设计的微机变压器保护, 变压器差动保护电流软件相位补偿方案只设计了 YNd11, YNd1 和 YNy12 这几种变压器接线组别。由于装置厂家需要重新针对 YNd5 接线变压器保护设计变压器差动保护相位补偿软件, 软件需要测试等一系列工作则需要时间, 所以采用了本文介绍的方案进行了现场具体实施, 即该变压器 Y 侧 TA 二次绕组各相电流接入 YNd1 变压器差动保护的各相电流不变, 而 YNd5 接线变压器 d 侧的 c 相、a 相、b 相 TA 二次绕组电流分别接入 YNd1 接线微机变压器差动保护 d 侧的 a 相电流回路、b 相电流、c 相电流回路。

2013 年该 220 kV 客户变 YNd5 接线的变压器经过 5 次冲击考验, 并通过了实际带负荷试验, 验证变压器差动保护装置高压侧、低压侧各相电流相位关系, 符合 YNd5 变压器差动保护关系后投入电网运行。近 3 年接入电网的运行, 经历 30 多次 220 kV 电网故障(区外故障)考验, 证明了该 YNd5 接线的变压器相位补偿方案是可行和正确的。YNd3 接线、YNd7 接线、YNd9 接线等接线组别的变压器在系统中没有出现过, 故还没有该接线微机变压器差动保护装置的使用实例。

6 结束语

通过接入变压器纵联差动保护装置各相电流的转换, 将 YNd 系列接线变压器差动保护装置电流相位补偿问题转换为 YNd11 接线变压器差动保护装置电流相位补偿问题或 YNd1 接线变压器差动保护装置电流相位补偿问题, 再利用现有 YNd11 或 YNd1 微机变压器差动保护装置的电流相位补偿方案, 实现了所有 YNd 系列接线变压器纵联差动保护装置的电流相位补偿方案(即“硬件补偿+常用变压器差动软件补偿”的方案), 简单实用, 二次回路改动小, 容易实现; 同时该电流相位补偿方案不需要改动现有微机变压器纵联差动保护装置内部的电流相位补偿方案。这些方案, 同样可类推到 YNy 系列接线变压器差动保护装置的电流相位补偿。

参考文献:

- [1] 霍艳妮, 孙丽敏, 霍艳萍. $\Delta/Y-5$ 变压器差动保护的相位补偿[J]. 广东输电与变电技术, 2005(2): 67-69.
- [2] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009: 392-393.
- [3] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 410-411.
- [4] Q/GDW 1175—2013 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[S].
- [5] 汤大海, 李静, 徐捷, 等. 双重化主变保护 TA 二次电流回路的接入与运行[J]. 江苏电机工程, 2008, 27(3): 23-25.
- [6] 陆志平. 一起 110 kV 主变差动保护误动作原因分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(1): 13-14, 17.
- [7] 蒋佳. 10 kV 线路故障引起主变差动保护动作的分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 13-14, 18.

作者简介:

陈从武(1966), 男, 江苏镇江人, 工程师, 从事电网生产安全管理工作;

朱月凯(1976), 女, 江苏南京人, 工程师, 从事电网生产安全管理工作;

汤大海(1963), 男, 江苏镇江人, 研究员级高级工程师, 从事电网继电保护运行管理工作。

A Differential Protection Current Phase Compensation Scheme for YNd Series Transformer

CHEN Congwu, ZHU Yuekai, TANG Dahai

(Zhenjiang Electric Power Supply Company, Zhenjiang 212001, China)

Abstract: Transformer factories only design differential protection current software phase compensation for three kinds of transformer wiring groups, namely YNd11, YNd1 and YNy12, and their combinations. Currently, There isn't differential protection current software phase compensation for other transformer wiring groups and combinations. Through analyzing the changing law between the d side current phase of YNd3, YNd7, YNd5, YNd9, YNd11 and YNd1 transformers, this paper proposes to change transformer protection's external current circuit wiring to transfer the differential protection current phase compensation of YNd3, YNd7, YNd5, YNd9 wiring transformers to YNd11 or YNd1 wiring transformers. Then through reusing the existing transformer differential protection current software phase compensation, YNd3, YNd7, YNd5, YNd9 and other wiring transformers differential protection current phase compensation can be achieved. Reality application shows that the scheme is correct.

Key words: YNd series transformer; differential protection; current phase; compensation

(上接第 30 页)

The Development and Application of Fault Detection for DC Power System

CUI Tao¹, LIU Xiaogang¹, JIANG Shanshan¹, XU Jiangang², GAO Xiang³

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China; 2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210014, China; 3. Hangzhou Gaote Electronic Device Company, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In substation, switchgear accidents and unwanted refuse operations of the protection devices for unknown reasons often occur. It can be found that the accident causes are often associated with DC power source. However, the real-time detection data of DC power source operation can't be provided. This brings a lot of uncertainties to accident analysis. In this paper, a comprehensive study on the fault and abnormal condition of the DC power supply system in substation is carried out, and a new method for rapidly starting wave-recording when failure occurs in substation DC power system is proposed, which provides a powerful support to fault analysis of DC power source system in substations and power stations

Key words: DC power system; fault information collection; background data; fault component; self-adaption

(上接第 33 页)

Research on the Safety Management and Control System for Substation Operation

HENG Sikun¹, ZHANG Ziwei², ZHOU Guangyu², WANG Qinghua², ZHU Liwei², BAI Yu³, LIU Qingrui⁴

(1. Occupational Skills Training Base of Jiangsu Power Company, Lianyungang 222069, China;
2. Lianyungang Power Supply Bureau of Jiangsu Power Company, Lianyungang 222002, China;
3. Electrical and Electronic Engineering School of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
4. Shanghai Sunrise Power Network Control Systems Co. Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract: Through analysis on the requirements of safe operation, a typical substation operation safety management system structure is proposed based on the computerized visual location and pattern recognition technology. After introducing the study of high-precision cross-camera location, the high-precision cross-camera location associated content including technical route, prerequisite, comparison with other methods, etc. are presented. In the end, the complete working procedure is explained by taking 220 kV substation operation safety management system as example.

Key words: substation; operation safety management; high-precision cross-camera location