

YNd5 接线 220 kV 变压器纵联差动保护相位补偿

汤大海¹, 徐金玲², 邱娟¹, 张亚斌¹, 马海薇¹

(1. 镇江供电公司, 江苏 镇江 212001; 2. 南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘要:主保护后备保护一体化 220 kV 变压器保护要求变压器各侧的电流互感器(TA)二次绕组必须采用星型接法, 采用软件移相进行电流相位补偿; 而变压器保护制造厂微机变压器纵联差动保护只设计了 YNd11, YNd1 和 YNyn12 接线组别及其接线组别组合的变压器软件电流相位补偿, 不能适应某 220 kV 客户变电所使用的 YNd5 接线变压器。提出了一种将 YNd5 接线变压器各侧的 TA 二次绕组接线由 YNd5 接线组别转换为 YNd11 接线组别接线、然后利用微机变压器纵联差动保护 YNd11 接线的电流相位软件补偿最终实现 YNd5 接线组别相位补偿方案, 在某 220 kV 客户变电所成功实施, 并通过了带负荷试验来验证变压器保护高低压侧各相电流相位关系, 符合预想的要求。

关键词:220 kV 变压器; YNd5 接线; 主后保护一体化; 纵联差动保护; 相位补偿

中图分类号:TM77

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2015)04-0040-04

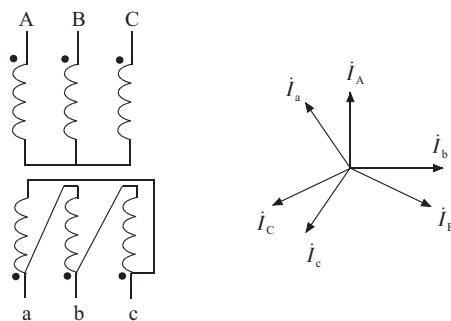
某 220 kV 客户变电所 220 kV 变压器保护采用了南瑞继保电气有限公司 RCS978 变压器保护, 220 kV 变压器接线组别为 YNd5 接线方式。220 kV 变压器保护一般为主保护后备保护一体化设计、双重化配置^[1-5], 主后一体化设计即为主保护和后备保护均在一个机箱内使用同一个硬件, 变压器每侧的电流、电压均是采用电流互感器(TA)、电压互感器(TV)同一组二次绕组(简称主后一体化)。主保护、后备保护采用同一个电流回路, 因此不能采用传统硬件移相^[2,3]进行电流相位补偿, 而变压器各侧的 TA 必须采用星型接法^[2-9], 220 kV 变压器纵联差动保护(以下简称变压器差动保护)采用软件移相进行电流相位补偿^[2,3](简称相位补偿)。但保护制造厂商变压器差动保护只设计了 YNd11, YNd1 和 YNyn12 这 3 种变压器接线组别及其接线组合软件相位补偿方法^[4], 没有设计其他接线组别方式变压器软件相位补偿方法, 因此不能适应 YNd5 接线组别变压器, 也没其他文献给出解决方案。

本文提出了一种简单的相位补偿方案, 先将变压器各侧的 TA 二次绕组接线组别由 YNd5 接线组别转换为 YNd11 接线组别, 然后利用微机变压器差动保护 YNd11 接线的软件补偿最终实现变压器 YNd5 接线组别相位补偿方案。该方案在该变电所进行了实施, 通过带负荷试验验证了实施该相位补偿方法的 YNd5 变压器差动保护各侧电流相位关系符合预想的要求。该方案简单易行。

1 RCS978 变压器差动保护相位补偿

以 YNd11 变压器为例。YNd11 变压器接线图和两侧电流向量图如图 1 所示。RCS978 变压器差动保护设计的 YNd11 变压器电流软件补偿采用 d 侧软件

相位补偿^[2,3], 要求变压器各侧 TA 二次绕组采用星形接线, 变压器各侧 TA 的极性都以母线侧为正极性端, 二次电流不经过硬件移相直接接入保护装置。



(a) YNd11 变压器接线图 (b) YNd11 变压器电流向量图

图 1 YNd11 变压器接线图和两侧电流向量图

对于 Y 侧, 因为要消除零序电流 I_0 对差动保护的影响, 所以参与差动保护差流计算的电流为:

$$\begin{cases} I_{dA} = I_A - I_0 \\ I_{dB} = I_B - I_0 \\ I_{dC} = I_C - I_0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中: I_{dA}, I_{dB}, I_{dC} 分别为装置 Y 侧参与差流计算的 A 相电流、B 相电流、C 相电流; I_A, I_B, I_C 分别为接入装置 Y 侧 A 相、B 相、C 相的 TA 二次电流。其中, $I_0 = (I_A + I_B + I_C)/3$ 。

对于 d 侧, 按下列公式进行相位转换:

$$\begin{cases} I_{da} = (I_a - I_c)/\sqrt{3} \\ I_{db} = (I_b - I_a)/\sqrt{3} \\ I_{dc} = (I_c - I_b)/\sqrt{3} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中: I_{da}, I_{db}, I_{dc} 分别为装置 d 侧软件相位补偿后

的 a 相、b 相、c 相电流; $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ 分别为接入装置 d 侧 a 相、b 相、c 相的 TA 二次电流。

Y 侧与 d 侧电流补偿后的向量图如图 2 所示。图 2 中 $\dot{I}_{da} = \dot{I}_{ac} / \sqrt{3}$, $\dot{I}_{db} = \dot{I}_{ba} / \sqrt{3}$, $\dot{I}_{dc} = \dot{I}_{cb} / \sqrt{3}$ 。通过相位转换,使 YNd11 接线的变压器 d 侧各相电流相位与 Y 侧各相电流相位一致了。

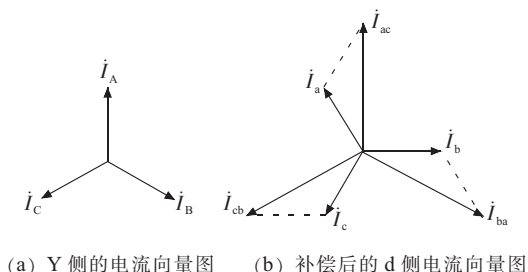


图 2 YNd11 接线的变压器两侧电流软件补偿后的向量图

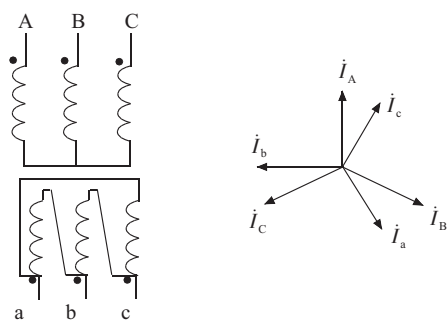
2 YNd5 变压器差动保护相位补偿

2.1 YNd5 变压器差动保护相位补偿要求

主后一体化的变压器保护主保护和后备保护是同一电流回路。为了方便变压器后备保护的电流采集,YNd5 变压器差动保护相位补偿要求为:不能采用传统的硬件移相进行相位补偿,变压器各侧的 TA 必须采用星型接法。根据这一要求,提出了下列 2 个 YNd5 变压器差动保护相位补偿方案。

2.2 方案 1

(1) YNd5 变压器电流相位关系。YNd5 变压器接线图和和两侧电流向量图如图 3 所示。由图 3(b)可见 Y 侧电流相位比 d 侧电流相位超前 150° 。



(a) YNd11 变压器接线图 (b) YNd5 变压器两侧电流向量图

图 3 YNd5 变压器接线图和两侧电流向量图

(2) 软件相位补偿方案。既然目前各变压器保护制造厂商只设计了 YNd11, YNd1 和 YNyn12 这几种变压器接线组别差动保护软件相位补偿方法,不能适应 YNd5 接线组别及其他接线组别方式变压器。可以由变压器保护制造厂针对 YNd5 接线组别变压器差动保护设计相应的软件相位补偿,即参照 YNd11 接线变压器保护的软件相位补偿,对于 Y 侧,因为要消除零序电流 \dot{I}_0 对差动保护的影响,所以参与差动保护差流

计算的电流为:

$$\begin{cases} \dot{I}_{dA} = \dot{I}_A - \dot{I}_0 \\ \dot{I}_{dB} = \dot{I}_B - \dot{I}_0 \\ \dot{I}_{dC} = \dot{I}_C - \dot{I}_0 \end{cases} \quad (3)$$

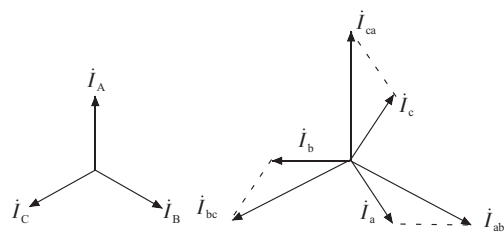
式(3)中: $\dot{I}_{dA}, \dot{I}_{dB}, \dot{I}_{dC}$ 分别为装置 Y 侧参与差流计算的 A 相电流、B 相电流、C 相电流; $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ 分别为接入装置 Y 侧 A 相、B 相、C 相的 TA 二次电流。其中 $\dot{I}_0 = (\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) / 3$ 。

对于 d 侧,按下列公式进行相位转换:

$$\begin{cases} \dot{I}_{da} = (\dot{I}_a - \dot{I}_c) / \sqrt{3} \\ \dot{I}_{db} = (\dot{I}_b - \dot{I}_a) / \sqrt{3} \\ \dot{I}_{dc} = (\dot{I}_c - \dot{I}_b) / \sqrt{3} \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中: $\dot{I}_{da}, \dot{I}_{db}, \dot{I}_{dc}$ 分别为装置 d 侧软件相位补偿后的 a 相、b 相、c 相电流; $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$ 分别为接入装置 d 侧 a 相、b 相、c 相的 TA 二次电流。

通过相位转换,使 YNd5 接线的变压器 d 侧电流相位与 Y 侧电流相位一致了。Y 侧与 d 侧电流补偿后的向量图如图 4 所示,图 4 中 $\dot{I}_{da} = \dot{I}_{ac} / \sqrt{3}$, $\dot{I}_{db} = \dot{I}_{ba} / \sqrt{3}$, $\dot{I}_{dc} = \dot{I}_{cb} / \sqrt{3}$ 。



(a) Y 侧的电流向量图 (b) 补偿后的 d 侧电流向量图
图 4 YNd5 接线变压器两侧电流软件补偿后的向量图

2.3 方案 2

(1) YNd5 与 YNd11 变压器 d 侧电流相位关系。因为 YNd11 变压器 Y 侧电流相位比 d 侧电流相位滞后 30° , YNd5 变压器 Y 侧电流相位比 d 侧电流相位超前 150° 。若将 YNd5 变压器与 YNd11 变压器 Y 侧各相电流相位认为是相同,比较图 1(b)与图 3(b),则不难发现 YNd5 变压器与 YNd11 变压器 d 侧各相电流相位关系为 YNd11 变压器 d 侧各相电流超前 YNd5 变压器 d 侧各相电流 180° ,即:

$$\begin{cases} \arg(\dot{I}_{a,11} / \dot{I}_{a,5}) = 180^\circ \\ \arg(\dot{I}_{b,11} / \dot{I}_{b,5}) = 180^\circ \\ \arg(\dot{I}_{c,11} / \dot{I}_{c,5}) = 180^\circ \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中: $\dot{I}_{a,11}, \dot{I}_{b,11}, \dot{I}_{c,11}$ 为 YNd11 变压器 d 侧各相电流; $\dot{I}_{a,5}, \dot{I}_{b,5}, \dot{I}_{c,5}$ 为 YNd5 变压器 d 侧各相电流。

(2) 硬件与软件相结合的相位补偿。既然 YNd11 变压器 d 侧各相电流超前 YNd5 变压器 d 侧各相电流 180° , 那么可否将 YNd5 变压器 d 侧各相电流反极性接入变压器差动保护, 即将反极性 TA 二次电流 $-\dot{I}_a$ 接入 RCS978 变压器保护装置 d 侧 a 相电流回路, 将反极性 TA 二次电流 $-\dot{I}_b$ 接入 RCS978 变压器保护装置 d 侧 b 相电流回路, 将反极性 TA 二次电流 $-\dot{I}_c$ 接入 RCS978 变压器保护装置 d 侧 c 相电流回路, 具体接线如图 5 所示。按照这种相位转换, 就相当于将 YNd5 接线的变压器差动保护转变成了 YNd11 接线的变压器差动保护, 然后再利用 RCS978 变压器保护装置的软件相位补偿完成 YNd11 接线的变压器差动保护的相位补偿, 从而最后达到 YNd5 变压器差动保护相位补偿。显然此方案比较容易实现, 只要改动现场 d 侧二次电流回路接线即可, 且改动的接线也不多。

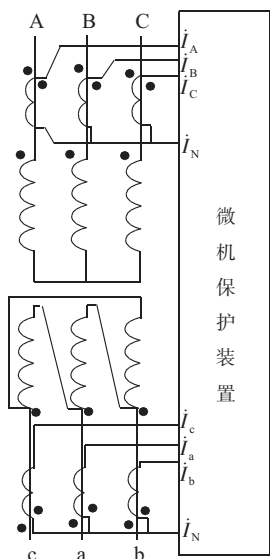


图 5 YNd5 接线变压器 TA 二次电流回路接线图

比较式(2)与式(4)不难发现, YNd11 变压器 d 侧各相电流相位补偿后的电流与 YNd5 变压器 d 侧各相电流相位补偿后的电流分别也相差 180° , 从而进一步证实了该相位补偿方案的正确性。

(3) 对后备保护的影响。虽然接入 RCS978 变压器保护装置 d 侧各相电流回路是反极性接入变压器差动保护的, 但 d 侧各相电流回路仍然是星型接法, 满足了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。由于接入 RCS978 变压器保护装置 d 侧各相电流回路是反极性, 即对 YNd5 接线变压器保护装置 d 侧来说, 相当于各相电流回路正极性方向是“方向由变压器指向系统”, 与 RCS978 变压器保护装置要求的对变压器保护装置 d

侧各相电流回路“正极性”是“方向由系统指向变压器”的极性要求正好反了 180° , 将影响 d 侧的相间方向元件的正确测量方向 (由于 d 侧一般是不接地系统或经消弧线圈接地系统, 因此不影响保护装置的零序方向元件)。因此在具体运用时, 要求 RCS978 变压器保护装置 d 侧的相间方向元件测量方向是“由系统指向变压器”时, 则 RCS978 变压器保护装置 d 侧的相间方向元件要实际设置为“由变压器指向系统”; 反之要求 RCS978 变压器保护装置 d 侧的相间方向元件测量方向是“由变压器指向系统”时, 则 RCS978 变压器保护装置 d 侧的相间方向元件要实际设置为“由系统指向变压器”。如果仍按 RCS978 变压器保护装置上原来的意思设置, 将出现该装置 d 侧的相间方向元件方向测量错误而引起变压器 d 侧后备保护装置拒动或误动。

2.4 2 种方案比较

方案 1, 优点是一步到位, 对主保护和后备保护均没有影响; 缺点是装置厂家需要重新针对 YNd5 变压器保护设计变压器差动保护电流相位补偿软件, 软件需要测试等一系列工作, 需要时间。

方案 2, 优点是不需要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电流相位补偿软件, 方案简单清晰; 缺点是影响 d 侧的相间方向元件的正确测量方向, 方向元件的方向测量设置要与要求的意思相反, 否则将出现该装置 d 侧的相间方向元件方向测量错误而引起保护装置拒动或误动。

2.5 现场具体实施与运行情况

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, 需要时间, 所以采用的方案 2 进行了现场具体实施。

(1) 保护装置二次通电流模拟试验。用继电保护测试仪对该变压器差动保护进行二次通电流试验, 验证差动保护装置高压侧与低压侧各相电流相位情况。试验结果符合 YNd5 变压器差动保护的要求。

(2) 带负荷试验。2012 年元月 13 日, 该客户变 YNd5 接线的变压器经过 5 次冲击考验, 然后变压器带负荷进行试验, 变压器差动保护没有差电流, 各侧电流相位关系符合 YNd5 变压器差动保护的要求。

(3) 装置运行情况。该变电所从 2012 年元月投运以来, 每年均经历了数百次低压侧的断路器等电器试验的冲击电流和 220 kV 电网数十次区外短路的考验, 该变压器差动保护均未出现误动等不正常情况。

3 结束语

理论分析和现场运用情况表明, 对主保护后备保护一体化的 YNd5 接线的 220 kV 变压器差动保护的

相位补偿采用将YNd5变压器d侧各相电流反极性接入变压器差动保护装置,相当于将YNd5接线的变压器差动保护转变成了YNd11接线的变压器差动保护,然后再利用RCS978变压器保护装置的软件相位补偿完成YNd11接线的变压器差动保护的相位补偿,从而实现了YNd5接线的变压器差动保护相位补偿方案,方案简单易行,可运用到类似工程中去。需要指出的是,论文是以RCS978保护装置来分析的,其方法对其他厂家相同接线组别的变压器保护装置同样适用。

参考文献:

- [1] 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].
- [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] 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.
- [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] 戴绍勇. 浅谈主变差动保护的两种相位补偿方式[J]. 电力系统保护与控制,2008,36(20):72-74.
- [7] 张沛云. 变压器纵差动保护中的相位补偿[J]. 电力应用,2005,24(1):42-43,47.
- [8] 陆志平. 一起110kV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.
- [9] 蒋佳. 10kV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:

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;
徐金玲(1982),女,江苏南京人,工程师,从事电力营销管理工作;
邱娟(1982),女,山东临沂人,工程师,从事电网调度自动化运行管理工作;
张亚斌(1984),男,山东济宁人,工程师,从事电力系统继电保护运行维护工作;
马海薇(1981),女,江苏镇江人,工程师,从事电网调度运行管理工作。

Phase Compensation in Differential Protection of 220 kV Transformer with YNd5 Wiring

TANG Dahai¹, XU Jinling², QIU Juan¹, ZHANG Yabin¹, MA Haiwei¹

(1. Zhenjiang Electric Power Supply Company, Zhenjiang 212001, China;

2. Nanjing Electric Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: For main protection and backup protection integrated 220 kV transformer, star connection must be adopted in each secondary side of the transformer. The method of software varying phase is widely used for current phase compensation, which can't be used directly for some transformer such as YNd5 wiring transformer. A method, that can transfer the phase of the secondary wiring with YNd5 wiring to the phase of the secondary wiring with YNd11 wiring, is proposed in this paper. Then current phase compensation can be applied to the transformer with YNd5 wiring. This method has been successfully adopted on a customer substation, and the loading test result shows that the current phase relation between high and low voltage is as expected.

Key words: 220 kV transformer; YNd5 wiring; main protection and backup protection integrated; differential protection; phase compensation

(上接第39页)

Transmission Network Planning Based on Improved Hybrid Differential Evolution Algorithm

HUANG Ying

(Nanjing Electric Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: An improved hybrid differential evolution algorithm is proposed to solve power system transmission network expansion planning optimization problem. During the evolution, dynamic parameters adjustment mechanism is adopted in the proposed approach. According to population aggregation, chaos searching strategy is used for the optimal individual to enhance the searching ability in the later evolution period. Despite for the simplicity of differential evolution, the proposed approach can improve the globally optimization. The simulation results on two test systems show that compared with genetic algorithm, particle swarm optimization and differential evolution algorithm, the proposed approach has better performance in solving transmission planning problem.

Key words: transmission network planning; differential evolution algorithm; chaos search