

# PT二次侧B相接地时微机保护自产和外接 $3\dot{U}_0$ 的剖析

李 仲 明

(宁夏电力局中心调度所, 宁夏 银川 750001)

**摘要:** 用相量图分析的方法, 当电压互感器 PT 二次侧 B 相接地时, 在正常运行状态和电力系统中发生单相接地、两相短路和两相接地短路微机保护自产  $3\dot{U}_0$  与外接  $3\dot{U}_0$  的一致性。

**关键词:** 微机保护; 自产; 外接;  $3\dot{U}_0$

**中图分类号:** TM773

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-4897(2000)02-0020-05

## 1 引言

电压互感器是发电厂和变配电所的重要电气设备, 是构成各种型式对称分量滤过器和继电保护及自动远动装置的重要器件, 是形成电气控制、测量、调节和保护单元的交流电压源回路的基础, 是电气二次回路与一次系统相联络的枢纽; 但是电压互感器二次绕组侧接地与保护、测量表计及同步电压回路有关, 在发电厂中为满足自同期的要求通常采用 PT 二次侧 B 相接地而不采用中性点 N 相接地方式, 而微机 11 型线路保护屏在出厂时通常是按中性点 N 相接地来连接端子排的, 而电厂出线安装微机保护屏时应如何根据 PT 二次侧 B 相接地的特点, 对交流电压回路接线进行正确的连接, 须论证在电力系统正常运行状态下和电力系统发生单相接地、两相短路或两相接地短路时, 使其微机保护自产的  $3\dot{U}_0$  与外接  $3\dot{U}_0$  的一致性和正确性。事实上微机保护的程序要求由各相电流、电压瞬时采样值之和计算出的零序分量同时与实测零序分量瞬时采样值进行比较, 应时时相同, 否则认为“出错”。其含义相当于它们在幅值和相位上相同, 即  $|\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c| = |3\dot{I}_0|$ ,  $\arg(\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) = \arg(3\dot{I}_0)$ ,  $|\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c| = |3\dot{U}_0|$ ,  $\arg(\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c) = \arg(3\dot{U}_0)$ , 四个条件必须同时满足, 否则装置自检出错, 瞬时将装置闭锁。在正常情况下, 零序功率方向元件取用自产  $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c$ 。只有在故障发生前, 当自检发现  $\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 3\dot{U}_0$  不成立(可能 PT 断线), 若此时  $|\dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c| = U_{\Gamma}$  坎, 则取用 PT 开口三角引来

的实测  $3\dot{U}_0$ , 即外接  $3\dot{U}_0$ 。

## 2 微机保护的交流输入电流电压的正确接线方式

为了防止由于接到微机保护装置的交流电流和交流电压回路的极性接反而使得微机保护动作不正确致使电力系统遭受不必要的损失, 并为了使得接入微机保护二次线回路的接线方式与往常的常规保护的二次线接线方式一致, 给设计、施工、运行维护带来极大的方便, 正确接线方式如图 1 所示, 图中标有“\*”符号者为极性端, 电压互感器二次侧为 N 相接地, 它的开口三角形的极性端接地 N600, 为了防止零线因串接的隔离开关辅助触点 G 和切换中间继电器接点不可靠而断开, 造成 110kV 以上电压的距离保护误动作或拒绝动作, 要求 N600 不经电压切换。为了便于说明问题, 图 1 所示系按第 I 段母线电压互感器二次侧接入微机保护为例。

如果在发电厂中现场的电压互感器二次侧为 B 相接地时, 可将定型的 1D 端子图 1(d) 改为如图 2(b) 所示的接线, 要求不要去动装置的内部接线。但必须注意 B600 不能经交流切换箱(YQX-11D), 而改为 N630、N640 经交流切换箱后接入微机保护装置的屏上 1D 端子上。

## 3 B 相接地为参考点时的相量图

对于 PT 二次侧中性点 N 相接地时, 在正常运行状态和发生相间短路和接地短路时自产  $3\dot{U}_0$  外接  $3\dot{U}_0$  的相量图是大家熟知的, 在此只对 PT 二次侧 B 相接地, 在正常运行状态与各种相间和接地短路时自产  $3\dot{U}_0$  与外接  $3\dot{U}_0$  的一致性分析。

### 3.1 在正常运行状态下

所谓正常运行状态下, 是指电力系统的一次与二次侧乃至微机保护装置感受到的交流电压与交流

收稿日期: 1999-01-04

作者简介: 李仲明(1938-), 男, 教授级高工, 中国电机工程学会会员, 长期从事电力系统继电保护的研究工作。

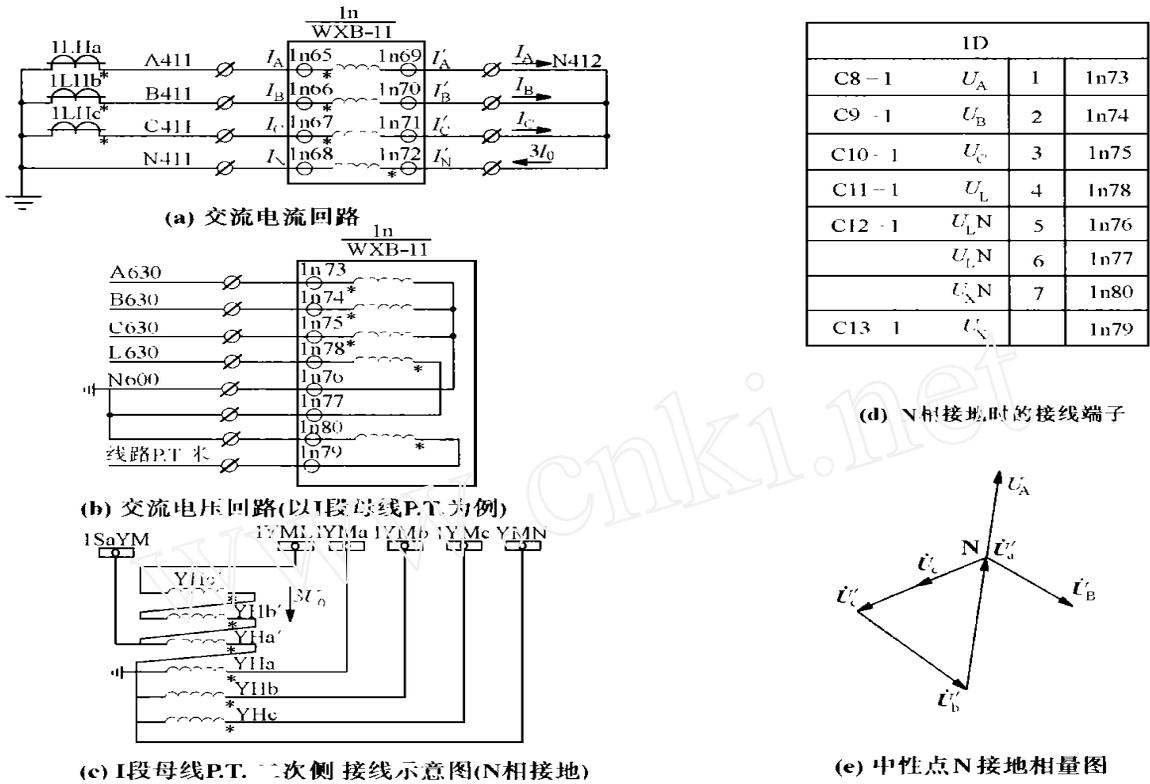


图1 微机保护的交流输入电流电压的正确接线方式(N相接地)示意图

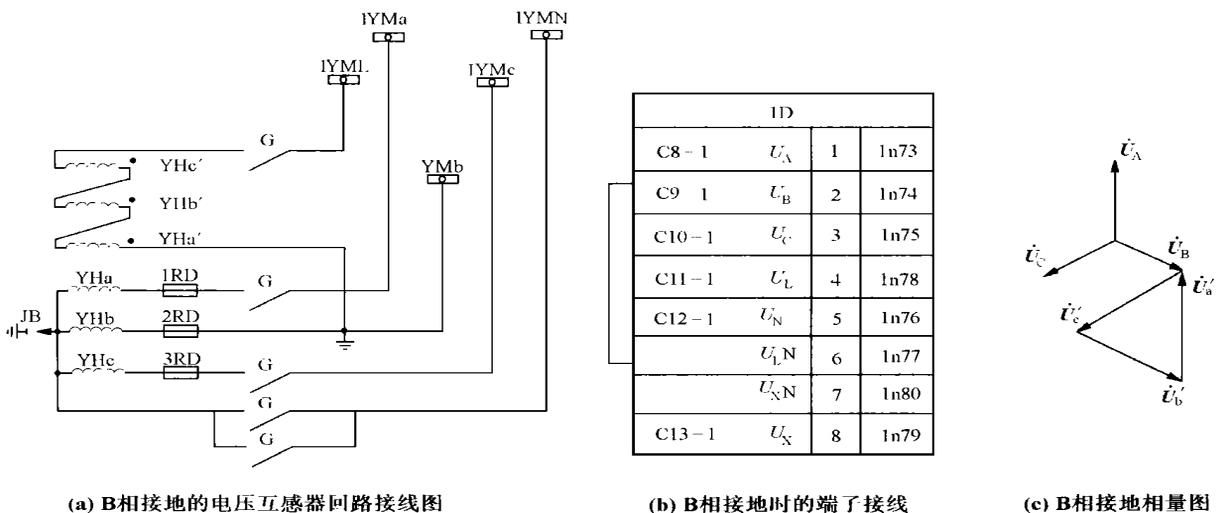


图2 微机保护的交流输入电压的正确接线方式(B相接地)示意图

电流分别是对称的,并使微机保护自产 $3\dot{U}_0$ 与外接 $3\dot{U}_0$ 应时时相等且为零。因为PT二次侧B相接地,此时中性点位移,即三相相对地的相量图如图3所示,从图2可以看出微机保护测量到的三相电压分别为: $\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_N, \dot{U}_b = \dot{U}_B - \dot{U}_N = -\dot{U}_N, \dot{U}_c = \dot{U}_C - \dot{U}_N$ ,由此可见,保护装置测量到的交流电压与

采用中性点N相或B相极性端接地是一致的,都能使保护装置正确动作,由下列解析式可得自产 $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_A + \dot{U}_C - 3\dot{U}_N = 0$ ,并由相量图3分析得知自产 $3\dot{U}_0$ 和外接 $3\dot{U}_0 = 0$

### 3.2 短路故障状态的分析

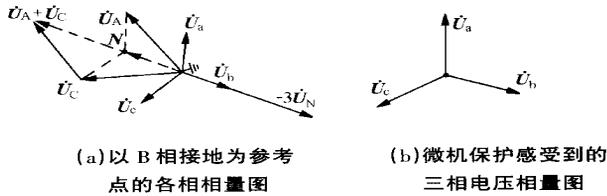


图3

如在A相母线金属性接地短路时,自产 $3\dot{U}_0$ 的方向与大小,由短路边界条件为 $\dot{U}_a = \dot{U}_A - \dot{U}_N$ 及PT二次侧B相接地即为 $\dot{U}_B = 0$ ,即可得按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 的方法用解析运算求得: $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_b + \dot{U}_c = -\dot{U}_a$ ,用相量图法如表1中所示,或按

$\dot{U}_B = 0$ 方法,用解析运算求得: $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = 0 + 0 + 0 - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_C + 2\dot{U}_N$ ,其相量图如表1中所示,由上述可见,采用两种解析运算方法和两种画相量图方法求解出的自产 $3\dot{U}_0$ 的方向与大小相一致,并与电压互感器PT中性点N相接地时用解析式运算法和用相量图法求解得出的自产 $3\dot{U}_0$ 的方向与大小亦是相一致的。有关外接 $3\dot{U}_0$ 无论是采用PT为中性点N相接地还是B相接地只要PT开口三角形的绕组正确接线且对应相一致时,用解析运算法和画相量图法求解外接 $3\dot{U}_0$ 始终与自产 $3\dot{U}_0$ 是相一致的。

表1 单相接地短路时自产 $3\dot{U}_0$ 的计算值和相量图

短路类型	计算结果	相量图( $3\dot{U}_0$ )	
单相接地A相短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = 0 - 0 + 0 - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_C - 2\dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_a = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 0 + \dot{U}_b + \dot{U}_c = -\dot{U}_a$	
单相接地B相短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_A - \dot{U}_N + 0 - 0 + \dot{U}_C - \dot{U}_N = 3\dot{U}_N - 2\dot{U}_N = \dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_b = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_a + 0 + \dot{U}_c = -\dot{U}_b$	
单相接地C相短路	以 $\dot{U}_B = 0$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_A - \dot{U}_N + 0 - \dot{U}_N + 0 - 0 = \dot{U}_A - 2\dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_c = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_a + \dot{U}_b + 0 = -\dot{U}_c$	

表2 两相接地短路时自产 $3\dot{U}_0$ 的计算值和相量图

短路类型	计算结果	相量图	
B C两相接地短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_A - \dot{U}_N + 0 - 0 + 0 - 0 = \dot{U}_A - \dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_b = 0, \dot{U}_c = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_a + 0 + 0 = \dot{U}_a$	

续表 2

短路类型	计算结果	相量图	
C A 两相 接地 短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法 求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N =$ $0 - 0 + 0 - \dot{U}_N + 0 - 0 = -\dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_c = 0, \dot{U}_a = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 0 + \dot{U}_b + 0 = \dot{U}_b$	
A B 两相 接地 短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法 求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N =$ $0 - 0 + 0 - 0 + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_C - \dot{U}_N$	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$\dot{U}_a = 0, \dot{U}_b = 0$ $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 0 + 0 + \dot{U}_c = \dot{U}_c$	

表 3 两相短路时自产  $3U_0$  的计算值和相量图

短路类型	计算结果	相量图	
B C 两相 短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法 求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N =$ $\dot{U}_A - \dot{U}_N + 0 - \dot{U}_N + 0 - \dot{U}_N = \dot{U}_A - 3\dot{U}_N = 0$ 右图 a	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_a - \frac{1}{2}\dot{U}_a - \frac{1}{2}\dot{U}_a = 0$ 右图 b	
C A 两相 短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法 求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N =$ $\dot{U}_A - \dot{U}_N + 0 - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_A + \dot{U}_C - 3\dot{U}_N = 0$ 右图 a	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = -\frac{1}{2}\dot{U}_b + \dot{U}_b - \frac{1}{2}\dot{U}_b = 0$ 右图 b	
A B 两相 短路	按 $\dot{U}_B = 0$ 方法 求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = \dot{U}_A - \dot{U}_N + \dot{U}_B - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N =$ $0 - \dot{U}_N + 0 - \dot{U}_N + \dot{U}_C - \dot{U}_N = \dot{U}_C - 3\dot{U}_N = 0$ 右图 a	
	按 $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ 方法求解出 $3\dot{U}_0$	$3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = -\frac{1}{2}\dot{U}_c - \frac{1}{2}\dot{U}_c + \dot{U}_c = 0$ 右图 b	

同理可分析: B 相和 C 相接地短路、BC 相、CA 相、AB 相的接地短路和 BC 相、CA 相、AB 相的相间短路故障, 其解析运算和相量图分别见表 1、表 2、表 3。当 PT 中性点 N 相接地与 PT 二次侧 B 相接地

时, 在发生各种不对称短路时, 自产  $3U_0$  与外接  $3U_0$  它们的方向与大小始终是相一致的, 对微机线路继电保护的正确动作是不会有影响的。

#### 4 电压回路断线闭锁分析

由图2接线法可知,微机保护能够正确测量到各相电压,当PT二次回路发生断线时,自动切换到用外接 $3\dot{U}_0$ ,仍能保证零序方向保护装置的正确动作。若任一相或两相断线时,在采样中断服务程序中对每一个采样点检查,由相量图分析得知自产 $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = 57.7V$ ,而外接 $3\dot{U}_0 = 0$ ,两者相差大于7V,若连续60ms相差大于7V,距离保护告警并可靠闭锁距离保护。其次是三相失压检查,判据为三相电压有效值均低于8V,且A相电流大于 $0.04I_N$ ( $I_N$ 为CT二次额定电流),因此三相失压时可靠正确闭锁。

#### 5 结论与建议

5.1 由于微机线路保护屏在出厂时端子排通常是按PT二次侧中性点N相接地方式连接的,当PT二次侧B相接地时按图2所示方法对电压互感器二次回路进行正确连接,微机线路保护能够正确动作的。

5.2 对新建立的发电厂变电所(或有条件原来老变

电所)宜取消电压互感器二次回路B相接地方式改为中性点N相接地方式。

5.3 来自电压互感器二次回路的4根开关场引入线和互感器开口三角形回路的2(3)根开关场引入线必须分开,不得公用,特别是外接 $3\dot{U}_0$ 的2根电缆芯宜不串接隔离开关辅助触点G和电压切换中间继电器的接点,这样使 $3\dot{U}_0$ 回路更加安全可靠不会有断线现象出现。

5.4 常规模拟型线路距离保护在系统振荡时,在距离保护Ⅰ、Ⅱ段范围内发生相间短路故障时受振荡闭锁距离保护Ⅰ、Ⅱ段不能动作,而靠距离Ⅲ段动作,而微机线路距离在系统振荡时受闭锁距离的Ⅰ、Ⅱ段能够正确的动作;何不将微机距离保护当在任一相或两相断线时,在采样中断服务程序中对每一个采样点进行检查,连续60ms内自产 $3\dot{U}_0$ 与外接 $3\dot{U}_0$ 两者相差大于7V时应检查是否故障突变量 $I$ 存在,若突变量 $I$ 存在则不闭锁距离保护或闭锁距离Ⅰ、Ⅱ段而开放第Ⅲ段来避免系统瓦解重大事故的发生;若系统无故障突变量 $I$ 存在后再距离保护告警并可靠闭锁距离保护。

### Analysis on the self-produced and out-connected $3\dot{U}_0$ of microprocessor-based protection at B phase earthing on secondary side of PT

LI Zhong-ming

(Central dispatch Institute of Ningxia Power Bureau, Yinchuan 75001, China)

**Abstract:** Using phasor diagram to analyze the consistence of self-produced  $3\dot{U}_0$  and out-connected  $3\dot{U}_0$  of microprocessor-based protection at normal operation condition or single phase earthing or two phase short-circuit or two phase earthing short-circuit when B phase earthes on secondary side of PT.

**Keyword:** microprocessor-based protection; self-produced; out-connected;  $3\dot{U}_0$