

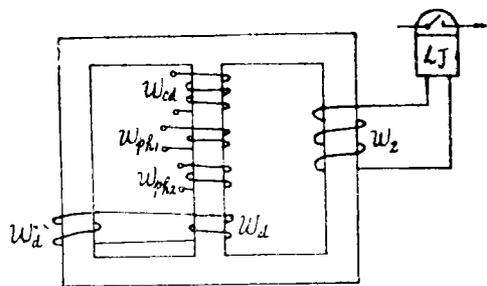
BCH型差动继电器平衡线圈整定计算的理论分析

合肥工业大学电气系 姚晴林

内 容 摘 要

关于BCH型差动继电器的平衡线圈的整定计算问题,在现有文献中只论述了其计算方法,未深入揭示其理论根据及精度。本文对这种计算方法作了较全面的理论分析,弥补了现有文献的不足,对现场从事继电保护工作的同志有一定的参考价值

BCH—2、BCH—1型差动继电器广泛应用于发电机及变压器的纵差动保护中。它们的结构包括一个速饱和变流器及一个作为执行元件的电磁型电流继电器LJ。BCH—2的结构图见图—1, W_{cd} 为差动线圈, W_{ph1} 及 W_{ph2} 为两组平衡线圈,这三组线圈都在速饱和变流器的中间铁芯柱上,是速饱和变流器的一次线圈, W_2 为速饱和变流器的二次线圈。BCH—2还有短路线圈 W_d 而无制动线圈, BCH—1有制动线圈



图—1

而无短路线圈。BCH—2及BCH—1的平衡线圈匝数的整定计算方法是相同的。

本文不论述BCH—2及BCH—1的全部整定计算过程,只论述它们的平衡线圈匝数的整定计算及其理论根据这一局部问题。本文以三卷变压器三侧电源为例论述,设在平衡线圈的匝数整定计算之前已经计算出并确定了如下参数:变压器各侧用于差动保护的电流互感器的变比及差动线圈的匝数 W_{cd} 。

一、平衡线圈 W_{ph1} 及 W_{ph2} 的整定计算方法

为了深入分析 W_{ph1} 及 W_{ph2} 匝数整定计算的理论根据及其精度,有必要在此处首先简要说明其整定计算方法(虽然这个计算方法已为众所周知)。

设图—2中变压器各侧均为额定负荷电流时,三个臂中以110千伏侧臂中电流为最大,则110千伏侧放为基本侧,应将平衡线圈 W_{ph1} 、 W_{ph2} 分别放置于非基本侧的两臂中,即应分别装置在38.5千伏侧的臂中及11千伏侧的臂中。

以下各图中 W_{cd} 、 W_{ph1} 、 W_{ph2} 三个线圈的正极性以“*”标出,这种极性关系在制造厂中已保证了。各图中 I_{1c} 、 I_{2c} 、 I_{3c} 为额定负荷时差动保护各臂中的电流。

因为变压器Y侧的电流互感器为 Δ 型接线,而变压器 Δ 侧的电流互感器为Y型接

线，故各臂中电流是同相的，因此各臂中电流相加减时是纯代数相加减，例如图—2中的 $I_{cd} = I_{1e} - I_{2e}$ 是纯代数相减。

1、 W_{Ph1} 的计算方法

断开11千伏侧的断路器，由110千伏侧向38.5千伏侧送额定负荷电流，各臂中电流及差动线圈中电流的流动方向见图—2所示。 $I_{1e} - I_{2e}$ 由 W_{cd} 的正极性流进， I_{2e} 由 W_{Ph1} 的负极性流进，二者磁势相反，要求它们互相抵消，使在这种情况下 W_{Ph1} 的磁势完全能平衡 W_{cd} 的磁势，得，

$$W_{Ph1} I_{2e} = W_{cd} (I_{1e} - I_{2e}) \quad (1)$$

因 I_{1e} 、 I_{2e} 、 W_{cd} 为已知，由式1可算得 W_{Ph1} 匝数，从而可选取 W_{Ph1} 的实际整定匝数与此计算的匝数相近似。

2、 W_{Ph2} 的计算方法

断开38.5千伏侧的断路器，由110千伏侧向11千伏侧送额定负荷电流，各臂中电流及差动线圈中电流的流动方向见图—3所示。 $I_{1e} - I_{3e}$ 由 W_{cd} 的正极性流进， I_{3e} 由 W_{Ph2} 的负极性流进，二者磁势相反，要求它们互相抵消，使在这种情况下 W_{Ph2} 的磁势完全能平衡 W_{cd} 的磁势，得：

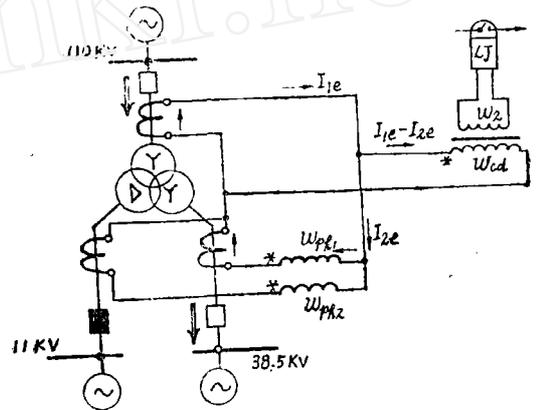
$$W_{Ph2} I_{3e} = W_{cd} (I_{1e} - I_{3e}) \quad (2)$$

因 I_{1e} 、 I_{3e} 、 W_{cd} 为已知，由式2可算得 W_{Ph2} 匝数，从而可选取 W_{Ph2} 的实际整定匝数与此计算的匝数相近似。（注：为分析方便计，以下皆假定 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 的实际整定匝数完全与计算的匝数相等）。

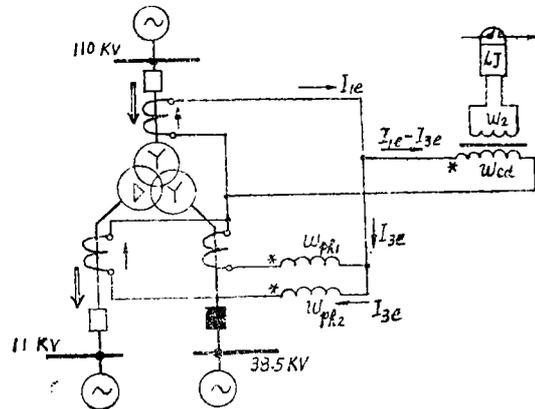
上述1、2两项是现行BCH型差动继电器的文献中所论述的平衡线圈 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 匝数的整定计算方法。但是，在其他的任意正常运行方式（如三侧断路器均闭合的运行方式等）、其他任意的负荷以及任意的外部短路情况下，以这种计算方法所获得的 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 匝数是否也满足要求？是否也完全能抵消差动线圈 W_{cd} 的磁势呢？这个重要的问题，在现行其他文献中没有论证，这是本文以下要论证的中心问题。

二、对 W_{Ph1} 及 W_{Ph2} 整定计算方法的论证

以下论证：根据上述第一项分别断开11千伏侧断路器及38.5千伏侧断路器且在额定



图—2



图—3

负荷时计算出的 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 匝数为什么在三侧断路器处于任意运行方式、任意负荷的正常运行状态下以及任意外部短路情况下也能完全抵消差动线圈 W_{cd} 的磁势？而在内部短路时，为什么 W_{Ph1} 及 W_{Ph2} 的磁势又与 W_{cd} 的磁势相加使保护动作的灵敏度提高？

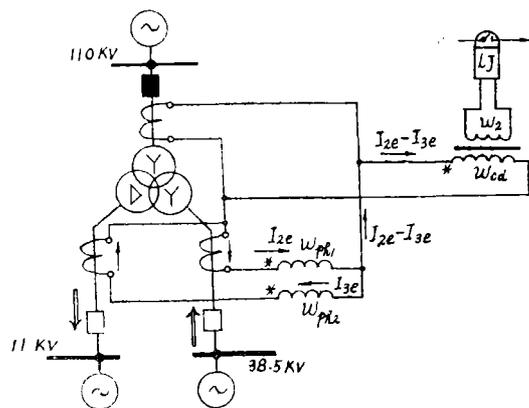
1、110千伏侧断路器断开，由38.5千伏侧向11千伏侧送额定负荷电流

电流流动方向见图—4， $I_{2e} - I_{3e}$ 由正极性流进 W_{cd} ， I_{2e} 也由正极性流进 W_{Ph1} ，而 I_{3e} 由负极性流进 W_{Ph2} 。要求此时的 W_{Ph1} 及 W_{Ph2} 的磁势完全抵消 W_{cd} 的磁势，使继电器不动作，即要求这三组线圈的总磁势为零，得，

$$W_{cd} (I_{2e} - I_{3e}) + W_{Ph1} I_{2e} - W_{Ph2} I_{3e} = 0 \quad (3)$$

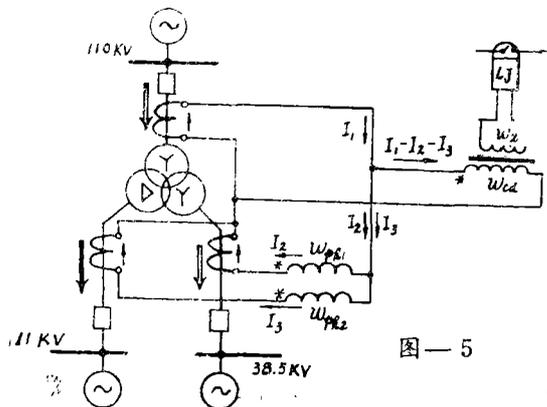
而(2)式减(1)式刚好等于(3)式。这就证明了只要(1)式及(2)式成立，则(3)式就必然成立。 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 是按(1)式、(2)式的计算选择的，那么它们就必定也能满足(3)式的要求，亦即必定能保证在110千伏侧断开而由38.5千伏侧向11千伏侧送额定负荷时 W_{Ph1} 及 W_{Ph2} 的磁势同样能完全抵消 W_{cd} 的磁势。

2、三侧断路器均闭合，由110千伏侧以某任意功率向38.5千伏侧及11千伏侧同时送电。



图—4

而 I_2 、 I_3 分别由负极流进 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 。要求此时的 W_{Ph1} 及 W_{Ph2} 的磁势完全抵消 W_{cd} 的磁势，使继电器不动作，即应要求：



图—5

电流流动方向见图—5，图中：
 I_2 ——38.5千伏侧臂中的电流，是额定电流的一部分， $I_2 = \alpha_2 I_{2e}$ ， $0 \leq \alpha_2 \leq 1$ ；

I_3 ——11千伏侧臂中的电流，是额定电流的一部分， $I_3 = \alpha_3 I_{3e}$ ， $0 \leq \alpha_3 \leq 1$ ；

I_1 ——110千伏侧臂中的电流， $I_1 = (\alpha_2 + \alpha_3) I_{1e}$ ， $0 \leq (\alpha_2 + \alpha_3) \leq 1$

$I_1 - I_2 - I_3$ 由正极性流进 W_{cd} ，

$$W_{cd} (I_1 - I_2 - I_3) - W_{Ph1} I_2 - W_{Ph2} I_3 = 0 \quad (4)$$

而(1)式 $\times \alpha_2$ 与(2)式 $\times \alpha_3$ 相加刚好等于(4)式(这证明了只要(1)式及(2)式成立，则(4)式就必然成立。 W_{Ph1} 、 W_{Ph2} 是按(1)式、(2)式的计算选择的，那么它们就必定也能满足(4)式的要求，亦即必定能保证在三侧断路器都闭合的如图5所示的正常运行状态下，当输送任意

负荷电流时， W_{Pk1} 及 W_{Pk2} 的磁势同样能完全抵消 W_{cd} 的磁势。

3、差动保护范围外部任意短路（如110千伏母线短路）

电流流动方向见图-6，图中：

I_{2d} ——38.5千伏侧臂中的电流，为短路电流， $I_{2d} = \beta_2 I_{2c}$ ， $\beta_2 > 1$ ；

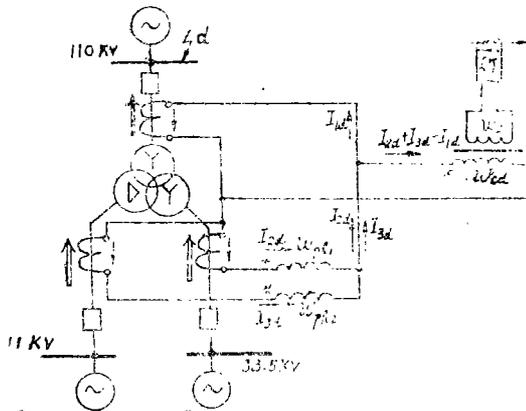
I_{3d} ——11千伏侧臂中的电流，为短路电流， $I_{3d} = \beta_3 I_{3c}$ ， $\beta_3 > 1$ ；

I_{1d} ——110千伏侧臂中的电流，为短路电流， $I_{1d} = (\beta_2 + \beta_3) I_{1c}$ 。

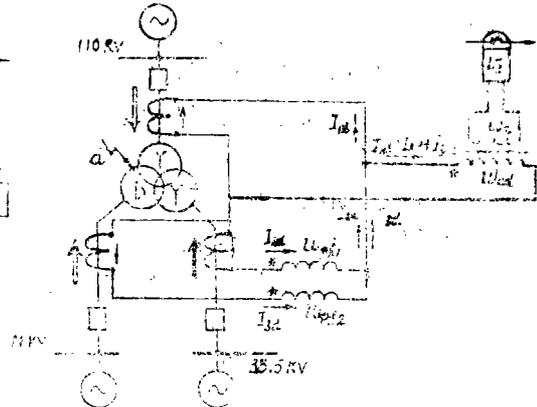
$I_{2d} + I_{3d} - I_{1d}$ 由正极性流进 W_{cd} ，而 I_{2d} 、 I_{3d} 分别由正极性流进 W_{Pk1} 、 W_{Pk2} 。要求此时的 W_{Pk1} 及 W_{Pk2} 的磁势完全抵消 W_{cd} 的磁势，使继电器不动作，即应要求此时这三组线圈的总磁势为零：

$$W_{cd}(I_{2d} + I_{3d} - I_{1d}) + W_{Pk1}I_{2d} + W_{Pk2}I_{3d} = 0 \quad (5)$$

而(1)式 $\times \beta_2$ 与(2)式 $\times \beta_3$ 相加刚好等于(5)式。这证明了只要(1)式及(2)式成立，则(5)式就必然成立。 W_{Pk1} 、 W_{Pk2} 是按(1)式、(2)式的计算选择的，那么它们就必定也能满足(5)式的要求，亦即必定能保证在差动保护范围外部任意短路时， W_{Pk1} 及 W_{Pk2} 的磁势同样能完全抵消 W_{cd} 的磁势。



图—6



图—7

总结上述论证，可见：不管三侧断路器处于任何状态的组合、也不管任意的负荷电流流动方向、任意的负荷电流大小以及任意的保护范围外部短路，所要求的 W_{Pk1} 及 W_{Pk2} 磁势与 W_{cd} 磁势取得完全平衡时的方程式都能够从式(1)乘一个系数及式(2)乘另一个系数然后二者再相加减的运算中得到（负荷电流时这两个系数都是小于1或等于1的正实数，外部短路时这两个系数是大于1的正实数）。这从数学上证明了式(1)及式(2)是两个基本的磁势平衡方程式，其他任何正常运行及外部短路情况下的磁势平衡方程式都能从这两个基本方程式中演化派生出来。因此，这就证明了以式(1)、式(2)计算所得的 W_{Pk1} 、 W_{Pk2} 匝数所产生的磁势在三侧断路器为任意状态的组合、任意的负荷电流以及任意的的外部短路时都能完全抵消 W_{cd} 的磁势。

需指出，以上分析中平衡线圈 W_{Pk1} 、 W_{Pk2} 的磁势在正常运行及外部短路时能完

关于保护用电流互感器二次电缆截面的选择问题

河南电力设计院 白志敏

内容提要: 本文通过理论分析, 阐明在选择电流互感器(以下简称C、T)二次电缆截面时, 我国目前应用的10%误差曲线法和国外某些国家应用的伏安曲线法的区别和内在联系, 进而提出对10%误差曲线法的修正。

一、选择方法简介

近几年来, 随着电力系统容量的增大, 变电站规模的扩大, 相应的二次控制电缆很长, 而且C、T二次负载并没有明显降低(晶体管保护除外), 从而使得二次电缆截面相应增大, 甚至大到难以选择的地步。为此, 有些单位进行了大量的工作, 并提出有益的改进措施, 有些单位提出采用伏安曲线法以代替我国惯用的10%误差曲线法来选择电缆截面, 二者有何异同呢? 分析如下:

1、10%误差曲线的作法及其应用

10%误差曲线是制造厂家根据C、T特性参数(铁芯截面、磁路长度、铁芯材料、二次绕组匝数、导线电阻等)按10%的误差要求求得的一次电流倍数和允许负载欧姆数(或伏安数)的关系曲线, 一般按下述步骤作出:

1) 给出某个一次电流倍数(K)。

2) 由一次额定安匝数(AW_{1n}), 并按10%误差求得激磁安匝($AW_0 = \frac{AW_{1n}}{10}$)。

全抵消差动线圈 W_{cd} 的磁势, 是假定 W_{ph1} 、 W_{ph2} 的实际整定匝数完全等于由式(1)、式(2)计算出的匝数而言的。实际上, W_{ph1} 、 W_{ph2} 实际整定的匝数不可能完全等于计算匝数, 二者只能近似, 由此所出现的误差将在差动保护起动电流的整定计算中予以考虑, 这不属于本文论述的内容, 故略去。

4、差动保护范围内部任意短路

见图-7, I_{2d} 由正极性流进 W_{ph1} , I_{3d} 由正极性流进 W_{ph2} , $I_{1d} + I_{2d} + I_{3d}$ 由正极性流进 W_{cd} , 又 W_{ph1} 、 W_{ph2} 、 W_{cd} 三组线圈都在速饱和变压器的中间铁芯柱上, 它们的磁势相加使继电器动作。故保护范围内部短路时, 动作总磁势为:

$$\sum WI = W_{cd}(I_{1d} + I_{2d} + I_{3d}) + W_{ph1}I_{2d} + W_{ph2}I_{3d} \quad (6)$$

保护范围内部短路时, BCH-2差动继电器动作的灵敏度 K_{Lm} 为:

$$K_{Lm} = \frac{\sum WI}{[WI]_{gd}} = \frac{\sum WI}{60 \text{安匝}}$$