

二次动作电流 ( $A_2$ ) = 3.2安

电流互感器线圈端电压  $U = 10$ 伏

用8线示波器拍摄出整个动作时间为0.2秒。

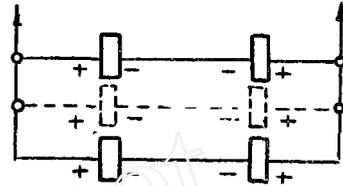
所采用并联到回路的电容器,我们分别用过油浸纸介电力电容器(YY0.4型)和电解电容器CD—2—N 150V 50uf,结果表明,起的作用相同,误差不大,不过,使用电解电容器时是采用两只电容器对接后接在电路上。即

75/5的变比抽头我们也做了相同的试验,效果也很显著,遗憾的是50/5的变比抽头由于时间和条件的限制,就没有做下去。

通过这次试验,我们在这变电站的保护装置上加装了并联电容器(采用电解电容器分组并联,体积小,价格便宜但要定期进行充放电维护),通过1年多来的运行表明,新的方案是行之有效的,几次动作都很正常,但是否还会出现新的问题,还有待运行中发现和改进。

至于电流互感器100/5变比抽头的伏安特性,我们从试验中测出A、C相的饱和电压为36伏以上,这个数值远高于去分流跳闸时,电流互感器二次端子电压12伏的数值,所以,对于实现全交流操作去分流脱扣的方案是完全可以满足的。

根据理论分析和计算认为,并联电容器补偿仅能降低跳闸电流,如用串联电容补偿可以降低励磁电流,在小变比的电流互感器,饱和电压低时,可能更有利,或者采用并串联补偿,如配置适当,会取得更良好的效果,但必须进一步通过试验和实践,我们也正准备再创造条件继续做下去,也希望兄弟单位能支持和帮助,特别给予必要的指导。



## 谈BCH—4型差动继电器整定计算方法的简化

抚顺发电厂 王庆庭

BCH—4型差动继电器(或DCD—4型,以下简称继电器)用于构成多端电源的多绕组电力变压器的差动保护。外部短路时,制动绕组中通过短路电流产生很大的制动作用,按比例地增大了工作绕组的动作电流,而工作绕组中仅仅通过不平衡电流,继电器处于可靠制动状态。内部短路时,短路电流通过工作绕组和制动绕组,由于制动绕组内电流方向的改变,制动绕组又产生了部份动作作用,减小工作绕组的动作电流,继电器灵敏迅速的動作切除故障。整定计算的任务就是要充分发挥继电器的这种特殊优点,正确处理外部短路的可靠性和内部短路的灵敏性的矛盾。本文就充分利用继电器制动绕组的特殊优点,简化整定计算谈谈粗浅的看法。

### 一、制动安匝数与灵敏度

习惯上以为制动安匝数愈大灵敏度愈低,BCH—4型差动继电器的制动绕组在内部短路时,具有动作作用,不降低灵敏度,这是个例外。

继电器的典型制动特性如“图1”中1、2两条直线，可用直线方程表示：

$$AW_g = OC + kAW_{zh}$$

$AW_k$ —总的工作安匝数；

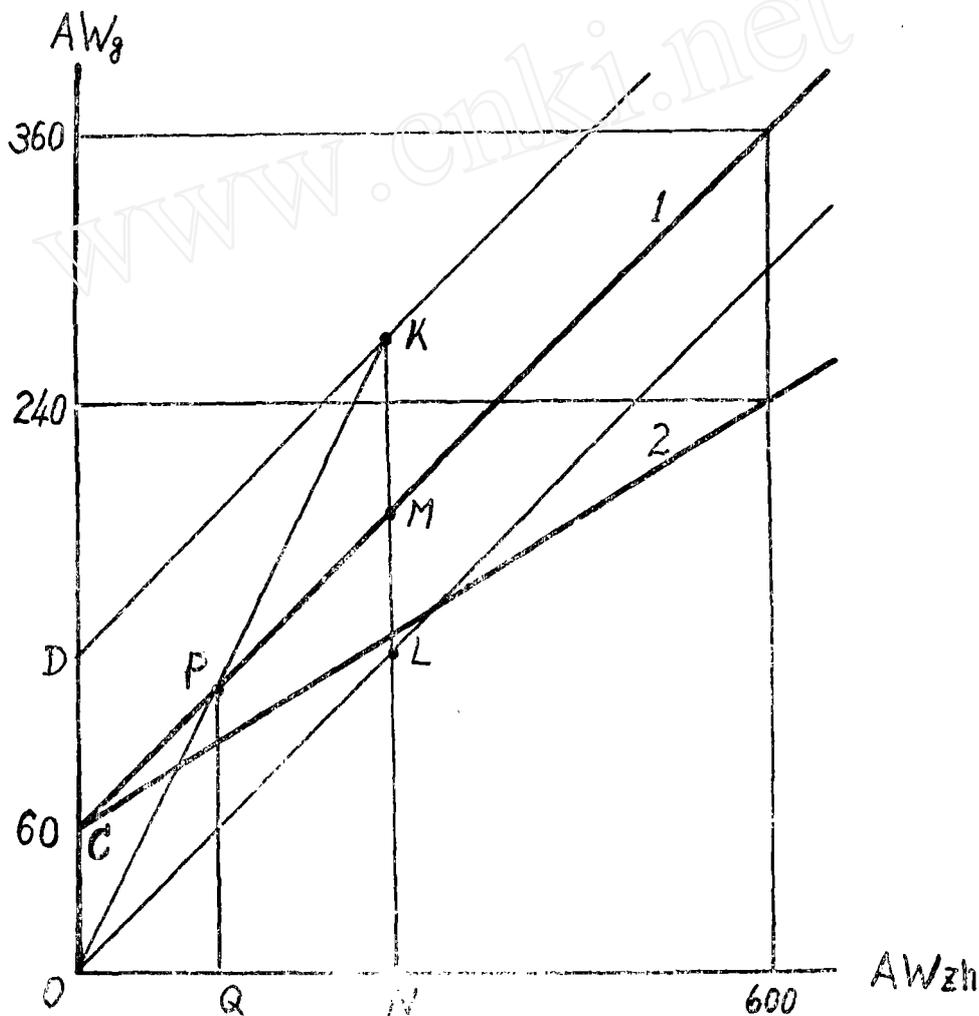
$AW_{zh}$ —总的制动安匝数；

OC—无制动情况下的动作安匝数

$$AW_c = 60 \pm 4;$$

$k$ —制动特性的斜率， $AW_z = 600$ 时最大动作安匝为360，最小动作安匝为240，所以：

$$k_1 = \frac{360 - 60}{600} = 0.5; \quad k_2 = \frac{240 - 60}{600} = 0.3$$



最大制动特性直线方程为  $AW_g = 60 + 0.5AW_{zh}$ ,

最小制动特性直线方程为  $AW_g = 60 + 0.3AW_{zh}$ ,

内部短路时，继电器各差动臂中的二次短路电流  $I_d$  同时通过差动绕组  $W_{cd}$  和制动绕组  $W_{zh}$ ，故： $AW_{zh} = \sum I_d W_{zh}$ ， $AW_g = \sum I_d W_g$

$$\text{而: } W_g = W_{cd} + \frac{1}{2} W_{zh}$$

$$\text{所以 } AW_g = \sum I_d (W_{cd} + \frac{1}{2} W_{zh}) = \sum I_d W_{cd} + \sum I_d \cdot \frac{1}{2} W_{zh}$$

$$AW_g = \sum I_d W_{cd} + \frac{1}{2} AW_{zh}$$

即: 内部短路时  $AW_g = f(AW_{zh})$  也是直线方程, 其斜率为  $\frac{1}{2}$ , 并且与最大制动特性直线平行。

取  $OD = \sum I_d W_{cd}$ , 作DK平行直线“1”, 则DK直线即函数  $AW_g = f(AW_{zh})$  的图象。当  $I_d$  不变而任意改变  $W_{zh}$ , 直线上总有一点K与之对应,  $ON = I_d W_{zh}$ ,  $KN = AW_g$ 。连OK交“1”直线于P点, 继电器动作安匝数  $AW_{dz} = PQ$ , 则继电器的灵敏度

$$K_m = \frac{AW_g}{AW_{dz}} = \frac{KN}{PQ}$$

因为  $\triangle OPQ \sim \triangle OKN$  (因为  $PQ \parallel KN$ )

$$\text{所以 } \frac{KN}{PQ} = \frac{OK}{OP},$$

而  $\triangle OPC \sim \triangle OKD$  ( $DK \parallel CP$ )

$$\text{所以 } \frac{OK}{OP} = \frac{OD}{OC},$$

$$\text{故: } K_m = \frac{AW_g}{AW_{dz}} = \frac{KN}{PQ} = \frac{OK}{OP} = \frac{OD}{OC} = \frac{\sum I_d W_{cd}}{60},$$

$$K_m = \frac{\sum I_d W_{cd}}{60}$$

灵敏度与制动安匝数无关, 换句话说, 内部短路时制动绕组的作用与制作用近似平衡, 差动绕组的作用安匝数与制动安匝数无关恒为  $60 \pm 4$ , 此结论在下面推导中得到证实。在图1中作  $OL \parallel CM$  交  $KN$  于  $L$ , 则  $LN = 0.5ON = 0.5AW_{zh}$ , 当  $AW_g = I_d W_{cd} + \frac{1}{2} AW_{zh} \geq MN$  继电器即可动作,

$$\text{所以 } I_d W_{cd} \geq MN - \frac{1}{2} AW_{zh} = MN - LN = ML$$

$$\text{而 } ML = OC = 60 \pm 4,$$

$$\text{所以 } I_d W_{cd} \geq 60 \pm 4 \text{。与制动绕组制动安匝数无关。}$$

为了进一步验证这个结论, 我们录制了模拟内部故障时差动绕组的作用安匝数。

$AW_{cd} = f(W_{zh})$  特性曲线如图2所示。

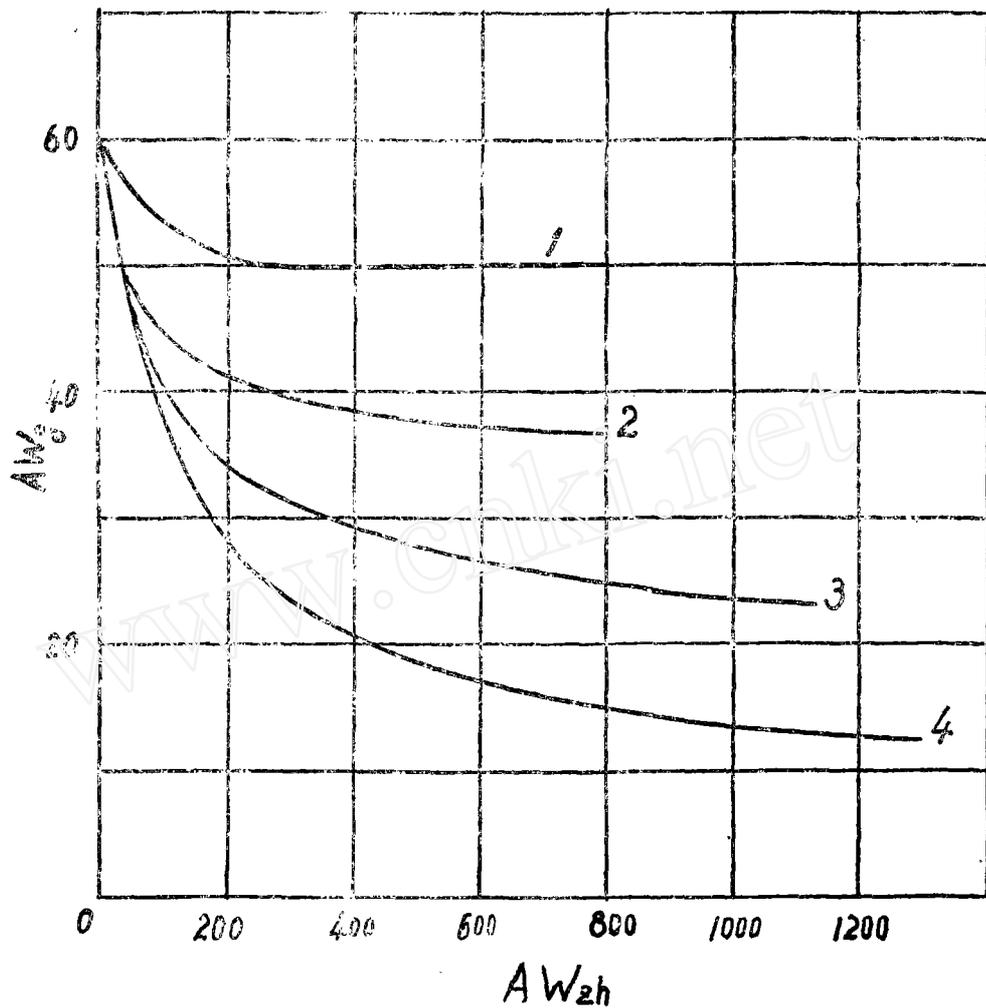
图中1、2、3、4分别为单端、双端、三端、四端电源时内部短路动作特性。由图2中可以看出单端电源内部短路时, 当  $AW_{zh} > 200$ ,  $AW_{cd} \geq 50$  即可动作, 此种情况下  $K_m > 2$  则多端电源内部短路时的灵敏度将更大。继电器的制动绕组由于电流方向的改变而产生了部份动作作用, 并且超过制作用, 铁芯饱和后其动作作用不再增加, 曲线渐平。

如上所述, 灵敏度可用简化计算方法计算

$$\text{当 } AW_{zh} > 200, \quad K_m = \frac{I_d W_{cd}}{60} \geq 2$$

$$AW_{zh} < 200 \quad K_m = \frac{I_d W_{cd}}{60} \geq 2$$

单端电源内部短路  $K_m > 2$ , 其他情况自然满足。



## 二、制动线圈与差动线圈匝数比

为了保证外部短路时继电器可靠地制动，其工作安匝数与制动安匝数的函数应低于最小制动特性“2”。制动安匝数是由短路电流产生的，工作安匝数是由各种因素引起的不平衡电流产生的，而不平衡电流同时通过差动线圈和制动线圈，继电器的工作安匝  $AW_g = I_{bp} \cdot js (W_{cd} + \frac{1}{2} W_{zh})$  制动安匝  $AW_{zh} = 2I_d W_{zh}$  (二次电流全部归算至基本侧)。再考虑一定的可靠系数  $K_k$ ，则保证可靠性的条件为：

$$K_k \cdot \frac{AW_g}{AW_{zh}} \leq k_2 \quad \text{其中, } K_k = 1.5$$

$$k_2 = 0.3$$

$$K_k \cdot \frac{I_{bp} \cdot js (W_{cd} + \frac{1}{2} W_{zh})}{2I_d W_{zh}} \leq k_2$$

令 电流制动系数  $K_z = K_k \cdot \frac{I_{bp} \cdot js}{2I_d}$

制动线圈与差动线圈的匝数比  $m = \frac{W_{zh}}{W_{cd}}$

则  $m \geq \frac{2K_z}{2k_2 - K_z}$

由于制动线圈的多少并不降低内部短路时继电器的灵敏度，故选择  $m$  的大小可按最大可能出现的电流制动系数考虑。下面计算不平衡电流的最大极限值，不平衡电流由三部份组成。由变流器误差产生的不平衡电流。

$I'_{bp} \cdot js = kfzq \cdot ktx \cdot fiI_d = 0.1I_d$  由调节电压而引起的不平衡电流

$I'_{bp} \cdot js = \Delta U_\alpha I_\alpha + \Delta U_\beta I_\beta = 0.05I_\alpha + 0.05I_\beta \leq 0.05 \times 2I_d$

所以  $I''_{bp} \cdot js \leq 0.1I_d$

由计算的工作线圈匝数与整定的匝数不相等而引起的不平衡电流，并归算至基本侧，

$I'''_{bp} \cdot js = \frac{W_g \cdot js - W_g \cdot z}{W_g \cdot js} \cdot I_d = \frac{0.5}{6} I_d = 0.083I_d$

所以  $I_{bp} \cdot js \leq |I'_{bp} \cdot js| + |I''_{bp} \cdot js| + |I'''_{bp} \cdot js|$

$I_{bp} \cdot js \leq 0.1I_d + 0.1I_d + 0.083I_d = 0.28I_d$

$K_z = K_k \cdot \frac{I_{bp} \cdot js}{2 \cdot I_d} \leq 1.5 \frac{0.28I_d}{2I_d} = 0.21$

即无论何种运行方式， $K_z \leq 0.21$

$m \geq \frac{2K_z}{2k_2 - K_z} = \frac{2 \times 0.21}{2 \times 0.3 - 0.21} = 1$

因此，只要  $W_{zh} > W_{cd}$ ，外部短路时继电器就能可靠的制动，不必反复计算各种运行方式，各短路点的短路电流及其最大制动系数，最大工作安匝数等。可以尽量增加制动圈数，充分发挥继电器制动线圈的特殊作用。

### 三、整定计算的程序

1. 计算各保护臂内的额定电流：

$I_{e2} = \frac{K_{jx}}{n_e} I_e$   $n_e$ —变流器变比

$K_{jx}$ —变流器接线系数

2. 确定制动线圈的接入方式；

3. 计算继电器的动作电流；按躲过励磁涌流计算  $I_{dz} \cdot j = K_k \cdot I_{e2}$   $K_k$ —可靠系数。

4. 确定制动圈数；以保护臂中额定电流最小一侧为基本侧， $W_{zh}$ 取20。按安匝数相等的原则计算其他各侧的制动圈数。

$W_{zh} \cdot I \cdot js = 20 \cdot \frac{I_{e2} \cdot jb}{I_{e2} \cdot I}$  选接近而略大的

$$W_{zh} \cdot \text{II} \cdot j_s = 20 \cdot \frac{I_{e2} \cdot j_b}{I_{e2} \cdot \text{II}}$$

式中： $I_{e2} \cdot j_b$ ， $I_{e2} \cdot \text{I}$ ， $I_{e2} \cdot \text{II}$ 分别为基本侧，I侧和II侧保护臂中的二次额定电流。

5. 计算差动圈数：当 $AW_{zh} = I_{dz} \cdot j \cdot W_{zh} > 200$ 时 $AW_{zh} = 50$ ，当 $AW_{zh} = I_{dz} \cdot W_{zh} < 200$ 时取 $AW_{zh} = 55$ 则， $W_{cd} = \frac{AW_{zh}}{I_{dz} \cdot j} = \frac{50 \sim 55}{I_{dz} \cdot j}$  选接近而略大的，若基本侧差动圈数为

$$W_{cd} \cdot j_b, \text{则其他各侧分别为: } W_{cd} \cdot \text{I} \cdot j = W_{cd} \cdot j_b \cdot \frac{I_{e2} \cdot j_b}{I_{e2} \cdot \text{I}}$$

$$W_{cd} \cdot \text{II} \cdot j = W_{cd} \cdot j_b \cdot \frac{I_{e2} \cdot j_b}{I_{e2} \cdot \text{II}}$$

6. 验算灵敏度：设单侧电源最小二次短路电流为 $I_d$ ，要求 $K_m = \frac{I_d \cdot W_{cd}}{60} \geq 2$ ，其他各种运行方式不必再算。

算例：变压器容量31.5MVA，

电压 $110 \pm 4 \times 2.5\% / 38.5 \pm 2 \times 2.5\% / 6.6\text{KV}$ ；

接线组别Y/Δ/Δ—11—11；

1. 有关的数据及各保护臂的额定电流计算结果列表如下：

$U_H$	110KV	38.5KV	6.6KV
$I_H$	165A	475A	2760A
变流器接线方式	Δ	Y	Y
变流器变比	300/5	600/5	3000/5
$I_{e2}$	4.76	3.96	4.6

2. 定38.5KV侧为基本侧，并计算继电器动作电流，按躲过变压器的励磁涌流取 $K_K = 1.5$

$$I_{dz} \cdot j = K_K \cdot I_{e2} = 1.5 \times 3.96 = 6^a$$

3. 确定38.5KV侧 $W_{zh} = 20$ ，再计算其他各侧制动圈数：

$$110\text{KV侧 } W_{zh} \cdot 110 \cdot j = 20 \cdot \frac{I_{e2} \cdot 38.5}{I_{e2} \cdot 110} = 20 \cdot \frac{3.96}{4.76} = 16.7 \text{ 取} 17$$

$$6.6\text{KV侧 } W_{zh} \cdot 6.6 \cdot j = 20 \cdot \frac{I_{e2} \cdot 38.5}{I_{e2} \cdot 6.6} = 20 \cdot \frac{3.96}{4.6} = 17.3 \text{ 取} 17$$

4. 计算差动圈数：

$$AW_{zh} = I_{dz} \cdot W_{zh} = 2 \times 60 = 120 < 200 \text{ 取动作安匝数为 } AW_{zh} = 55, \text{ 则 } W_{cd} = \frac{AW_{zh}}{I_{dz}} =$$

$$\frac{55}{6} = 9.15 \text{ 取 } W_{cd} \cdot 38.5 = 9$$

$$110\text{KV侧 } W_{cd} \cdot 110 \cdot j = W_{cd} \cdot 38.5 \cdot \frac{I_{e2} \cdot 38.5}{I_{e2} \cdot 110} = 9 \cdot \frac{3.96}{4.76} = 7.5$$

取  $W_{cd} \cdot 110 = 8$

$$6.6\text{KV侧 } W_{cd} \cdot 6.6 \cdot j = W_{cd} \cdot 38.5 \cdot \frac{I_{c2} \cdot 38.5}{I_{c2} \cdot 6.6} = 9 \cdot \frac{3.96}{4.6} = 7.7$$

取  $W_{cd} \cdot 6.6 = 8$

#### 5. 验算灵敏度:

最小运行方式最小短路电流为110KV侧空载投入时,  $I_{d1} = 940\text{ A}$

$$\text{二次电流 } I = \frac{K_{\text{TA}}}{n} I_{d1} = \frac{\sqrt{3} \times 960}{60} = 27.2\text{ A}$$

$AW_{\text{eff}} = I \cdot W_{\text{eff}} = 27.2 \times 17 = 462$ , 由单侧电源内部短路制动特性“1”查出  $AW_{\text{eff}} = 50$ , 所以:

$$K_{\text{rel}} = \frac{I \cdot W_{\text{eff}}}{AW_{\text{eff}}} = \frac{27.2 \times 8}{50} = 4.3 > 2 \text{ (实际灵敏度)}$$

简化计算时:

$$K_{\text{rel}} = \frac{I \cdot W_{\text{cd}}}{AW_{\text{eff}}} = \frac{27.2 \times 8}{60} = 3.6 > 2$$

其他情况不再计算

## 调试规程

### (1) DZ—200 型 中间继电器

#### 第一部分 检验项目和要求

验全 1 内部和机械部分检查。

验 2 核对线圈电阻及元件参数。

验全 3 检验动作值、返回值和保持值。

(1) 动作电压 不大于70%额定值。

跳闸出口中间继电器动作电压 50~70%额定值。

动作电流 不大于80%额定值。

(2) 返回电压(电流) 不小于2%额定值。

(3) 检验具有保持线圈继电器的保持值, 并校验其线圈极性应与厂家所标极性相符。

保持电流 不大于80%额定值

保持电压 不大于65%额定值

(4) 在现场检验中间继电器的动作、返回及保持值均应与在实际回路中串联和并联的电阻一起进行。

(5) 如有几个继电器线圈互相串联, 在新安装时应检验全部回路在80%额定电压下, 所有继电器均应可靠动作。

(6) 定检时, 80%额定电压下的相互动作试验可以代替单个继电器的检验, 但每隔3