

# 具有自适应门坎的集成电路型 电流平衡继电器

天津大学 宋从矩 王笑然

南京电力自动化设备厂 吴雪峰 文 宁

## 摘要

本文提出的用于双回线保护中的电流平衡继电器,可以根据短路电流的大小而自动调节定值,从而使继电器的灵敏度(相继动作区)不受系统运行方式变化的影响,性能优于常规的电流平衡保护。

## 一 引 言

在JCHL型集成电路双回线横联保护中<sup>[1]</sup>,采用了按相位比较原理构成的、具有固定门坎的电流平衡继电器,继电器的起动电流应按照躲开正、反方向区外故障时的最大不平衡电流整定,一般按下式计算:

$$I_{dz.j} = (1.2 \sim 1.3) \times 0.5 \times \frac{I_{dmax}}{2n_1} \times 10\% \quad (1)$$

式中:1.2~1.3——可靠系数;

$I_{dmax}$ ——正、反方向外部三相短路的最大短路电流;

$n_1$ ——保护用CT的变比;

10%——CT的最大误差;

0.5——保护用CT的同型系数。

在整定值确定之后,电流平衡保护在线路末端附近短路时的相继动作区(或灵敏度),将随系统运行方式的改变而变化,当系统在小方式下运行时,灵敏度最低。这种情况往往限制了电流平衡保护的应用范围,使之只能适用于双回线路的主电源或大电源侧,而不能用于小电源侧。

由于在小运行方式下区外故障时,短路电流的水平减小,相应的不平衡电流也小。因此如能随着区外故障短路电流的大小,来自动调节电流平衡继电器的起动电流,则对保证各种运行方式下的灵敏度是十分有利的。

为此,我们在上述继电器的基础上加以改进,研制了具有自适应(或浮动)门坎的电流平衡继电器,并通过了动模实验的考核。现分析介绍如下,推荐在JCHL型保护中

供运行单位选用。

## 二 继电器的工作原理

继电器动作的基本条件<sup>[1]</sup>仍为:

$$\left. \begin{aligned} \text{线路 I} \quad & |\dot{I}_1 - \dot{I}_{11}| \geq I_{dz} \\ & 85^\circ \geq \text{Arg} \frac{\dot{I}_1 + \dot{I}_{11}}{I_1 - I_{11}} \geq -85^\circ \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{线路 II} \quad & |\dot{I}_1 - \dot{I}_{11}| \geq I_{dz} \\ & 85^\circ \geq \text{Arg} \frac{\dot{I}_1 + \dot{I}_{11}}{I_{11} - I_1} \geq -85^\circ \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

但式中的起动电流  $I_{dz}$  可随着区外故障时短路电流的水平成正比变化, 推荐在  $(5 \sim 15)\% I_d / n_1$  的范围内选择。

由于在区外故障时流过保护装置的总短路电流就是双回线的和电流, 即:

$$\dot{I}_d = \dot{I}_1 + \dot{I}_{11} \quad (4)$$

因此就可以取  $(5 \sim 15)\%$  的和电流作为浮动门坎来自动调节继电器的起动电流。

构成继电器的原理框图如图 1 所示。两回线的电流经有源滤波器后综合出  $(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$

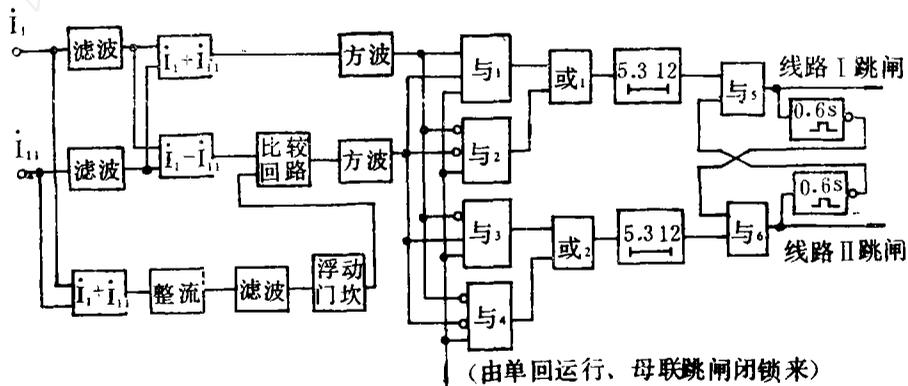


图 1

和  $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$ , 在差电流的回路中设有浮动门坎电压, 然后形成方波, 而和电流的回路则直接形成方波。

在发生区外故障时, 必须要求建立浮动门坎电压的速度快于差电流增长的速度, 以确保安全性。为此采用和电流回路不经滤波, 并在全波整流之后应用快速的对 100 周带阻的有源滤波器。

比相回路采用测量瞬时值同时为正和同时为负的正、负半周比相或门输出的方式, 以加快动作速度。图中与<sub>1</sub>和与<sub>2</sub>用于路线 I 的正负半周比相, 与<sub>3</sub>和与<sub>4</sub>则用于路线 II。

积分时间采用5.3ms,对应动作角度85°。符合动作条件时的积分回路输出被展宽12ms,以获得连续输出信号。两回线路的电流平衡继电器采用出口回路互相闭锁0.6"的措施,以提高整套保护动作的可靠性。

### 三 继电器动作的灵敏度分析

采用浮动门坎后,继电器在各种运行方式下的起动电流,按(1)式计算后应为:

$$I_{dz.j} \approx 0.035(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11}) / n_1 \quad (5)$$

即在比较理想的条件下,采用3.5%的和电流即可满足要求。继电器设计时,提供了5%、7.5%、10%、12.5%和15%六档定值,可供运行单位根据不平衡电流的实际情况加以选用。

当双回线区内故障时,  $(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$  在一般情况下将随着故障点的向里移动而迅速增加,此时继电器的起动电流也正比增大,对继电器能否可靠动作,相继动作区是否会增大等问题应加以分析和讨论。

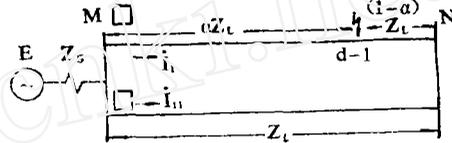


图 2

1. 单侧电源供电,网络接线如图2所示,设故障点d-1距保护安装地点M侧为 $\alpha Z_L$ ,所有参数均按标么值考虑,且电势E取为1。由此可得:

$$\dot{I}_{d-1} = \frac{1}{Z_s + \alpha Z_L // (2 - \alpha) Z_L} = \frac{1}{Z_s + \frac{\alpha(2 - \alpha)}{2} Z_L} \quad (6)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{d-1} \times \frac{2 - \alpha}{2} \quad (7)$$

$$\dot{I}_{11} = \dot{I}_{d-1} \times \frac{\alpha}{2} \quad (8)$$

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_n = (1 - \alpha) \dot{I}_{d-1} \quad (9)$$

而继电器的起动电流应为(设取CT变比 $n_1 = 1$ ):

$$I_{dz.j} = 3.5\% (\dot{I}_1 + \dot{I}_{11}) = 3.5\% \dot{I}_{d-1}$$

当正好在相继动作区边缘短路时,应满足:

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_{11} = I_{dz.j}$$

由此可求得M侧保护相继动作区的范围为:

$$(1 - \alpha) = 3.5\% \quad (10)$$

即为所选取的整定百分值。此相继动作区很小,而且和系统运行方式无关,为一个恒定的数值。

实际运行中,只要根据被保护线路参数不平衡的情况及保护用CT的误差等因素,确定了整定值的百分数之后,无需再进行其他整定计算,即可知道相继动作区的范围。

以下再利用图解法进一步予以说明。

图3绘出单侧电源双回线路在最大(图3a)和最小(图3b)运行方式下I线上各点短路时的电流分布,以及 $(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 和 $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$ 的变化曲线。果在图中再同时画出继电器起动电流 $I_{dz.r} = 3.5\% (\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 的曲线则此曲线与 $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$ 曲线的交点即为保护装置的相继动作区。在交点以前短路时,尽管 $I_{dz.r}$ 的数值所增大,但是差电流 $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$ 却增大的更多,因此保护装置能够可靠动作,且越靠近于保护安装地点故障时,保护的灵敏度越高,不可能发生由于浮动门坎抬高而引起拒动的问题。

为了便于比较,在图中以虚线(直线)画出了按(1)式整定的具有固定门坎时的定值。在最大运行方式时,两者的相继动作区相同,而在最小运行方式时,固定门坎的相继动作区则明显增大。

2. 双侧电源供电: 分析方法同上,仍以M侧的保护为例,画出各种电流的分布与变化曲线如图4所示。此时,由于对侧电源的助增影响,使 $(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 增加的缓慢,甚至还可能小于线路末端短路时的短路电流值。

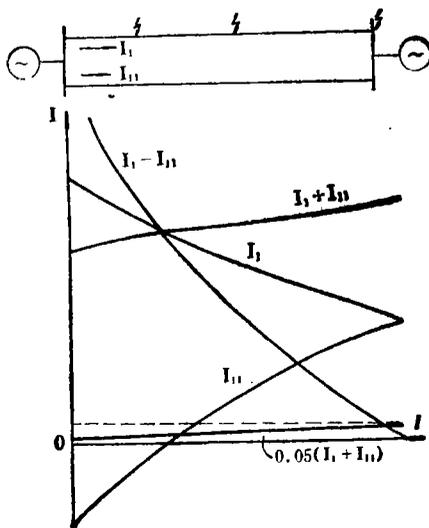


图4

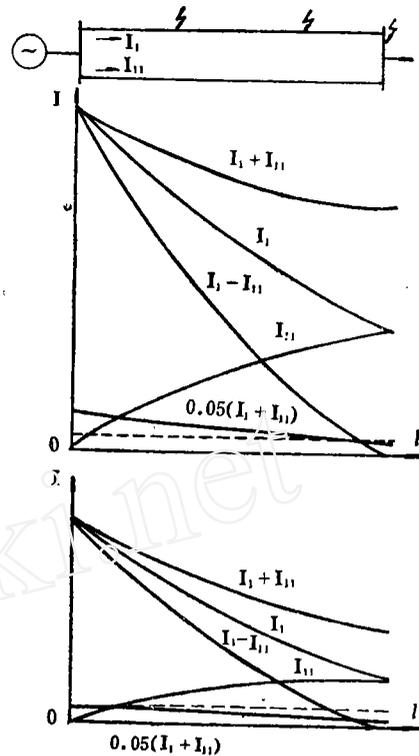


图3

而另一方面,  $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$  则迅速增大,因此其相继动作区必然小于或等于单侧电源时的数值,使保护的灵敏度得到进一步提高。

当对侧电源的助增作用越强时,上述效益越显著,这对提高小电源侧电流平衡保护的灵敏度是十分有利的。

3. 双回线正常运行或区外故障时两回线中的电流相位不同: 此时 $(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 的幅值减小, $(\dot{I}_1 - \dot{I}_{11})$ 的幅值增大,仅从浮动门坎的原理来看,继电器可能误动作,即使采用固定门坎,当差电流较大时也同样可能误动。但从

总体上看,由于采用了 $\pm 85^\circ$ 的动作角度范围,即可保证继电器的正确动作。

## 四 动模试验结果

在西安交大大动模实验室安康—南郊330kV同杆双回线的模型上,对两种门坎电压的电流平衡继电器均进行了考核试验。结果如下:

1. 固定门坎电压的电流平衡继电器按(1)式躲开最大不平衡电流整定,采用0.2A的定值,当采用非全相闭锁<sup>[2]</sup>的方式后,可保证在各种区内故障、跨线及转换性故障(不含同相)时正确动作,在大运行方式下,两侧的相继动作区分别为5%和8%。在各种区外故障时无误动。

2. 浮动门坎电压按 $5\%(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 进行整定,在多次试验考核的过程中出现过一次区外母线上三相短路误动和一次区内单相接地时非故障相保护误动。

根据以上情况,将浮动门坎电压整定为 $10\%(\dot{I}_1 + \dot{I}_{11})$ 继续进行考核,在各种情况下均能正确动作。

## 五 结论

采用两种门坎电压构成的电流平衡继电器,选择适当的整定值之后均能正确工作,并在最大运行方式下具有相同的灵敏度。但采用自适应门坎电压时,还具有如下优点:

1. 保护装置的相继动作区很小,且与系统运行方式无关,恒为所选定值的百分数。
2. 整定计算简单,无需校验相继动作区。
3. 只要保护安装地点背后有可靠的电源,无论容量大小均可以采用,因此扩大了电流平衡保护的应用范围。
4. 推荐在JCHL型保护中采用浮动门坎的继电器。

### 参考文献

【1】天津大学 宋从矩等9人。《JCHL型集成电路双回线横联保护》。《电力自动化设备》1989年3期。

【2】天津大学 张荣华等4人。《双回线非全相运行与故障分析及其对横联保护的影响与防止对策》。《电力自动化设备》(已录用,待发表)。