

能正确反应。现将试验结果的部分机端阻抗轨迹作图18~21于后。

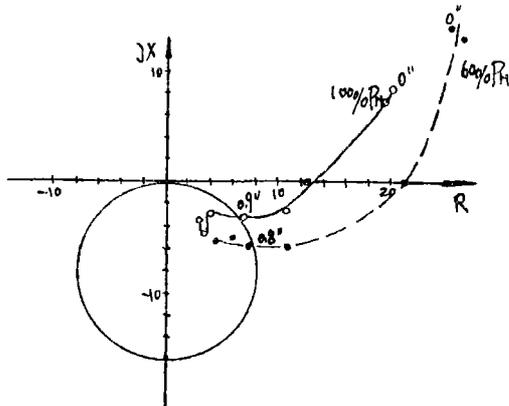


图18 转子开路

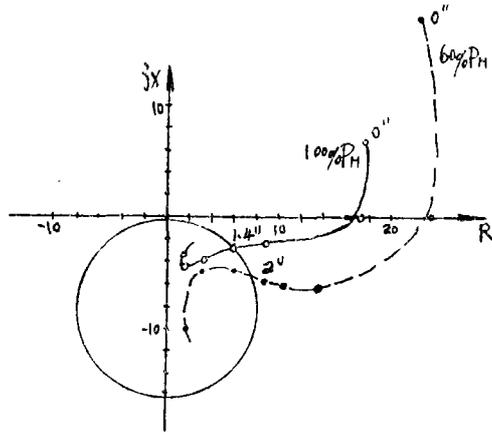


图19 转子短路

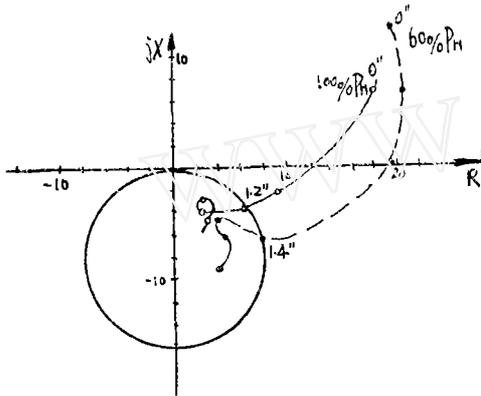


图20 AVR误动

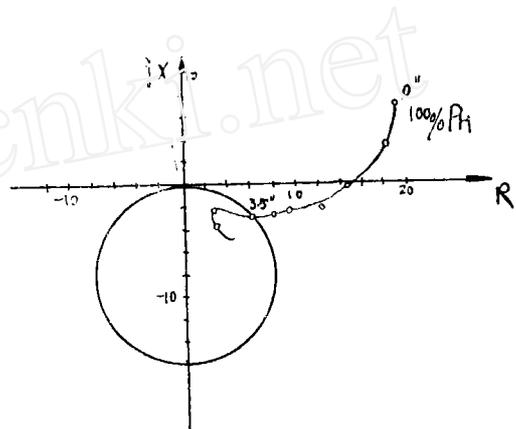


图21 励磁机失磁

BZ—G型失磁保护经过现场系统失磁试验，投入北京系统高井电厂试运行。保护还可能存在一定的缺点，有待试运行过程中总结，改进和提高。

BD—10型100%定子接地保护

许昌继电器研究所 周慧新

近年来，随着机组容量的日益增大，对大型发电机定子接地保护问题日渐重视，因为定子绕组的接地故障比相间短路和匝间短路容易发生，因此，为了避免接地故障引起的破坏，要从两方面着手，一方面是从避免接地故障发生后接地电流对定子绕组的绝缘破坏，另一方面是定子绕组任意点发生接地故障后能及时的反映出来。

一、目前,我国现行规程中,对中小型发电机规定在接地电容电流不大于5安。小于5安中心点可以采取绝缘的方式;如果接地电容电流大于5安,通常可采取中心点经消弧线卷接地的方式,把接地电流补偿到5安以下。当发电机定子发生单相接地时,如果接地线匝所占份额(从发电机中心点算起)为 α ,则单相接地电容电流可用下式表示:

$$I_{Z\alpha} = 3I_{0c} = 3\omega C_{\Sigma_2} \alpha E_{\phi}$$

C_{Σ_2} —发电机电压电网的一相对地电容

上面已经提到采用消弧线卷限制定子接地电流,避免定子接地电流对定子绕组绝缘和定子铁心的危害来保护发电机,而利用定子接地保护来发现接地故障,包括直接接地故障和明显的绝缘水平下低,以便及时进行处理。

二、我国发电机变压器组的定子接地保护,一般由零序电压原理构成,大都作用于信号,这种零序电压保护装设在发电机引出端电压互感器的开口三角侧,零序电压保护装置的動作电压整定由以下二个因素决定:

1、由于发电机相电压波形的畸变所引起的高次谐波电压(主要是三次谐波电压) $U_3 = (0.05 \sim 0.1)U_{\phi Fa.2}$

2、当变压器高压侧发生单相接地故障时,由于变压器高低压线卷间的静电感应所引起的基波电压 U_{02}

$$\text{因此 } U_{cP} = \frac{3K_H}{n_H} \sqrt{U_3^2 + U_{02}^2}$$

K_H 可靠系数

n_H 电压互感器对应于零序电压的变压比

所以利用零序电压构成的保护,选择性较差,灵敏度较低,靠近中心点有15%左右的死区,对于大型发电机,这样大的死区是不允许的。

随着机组容量的日益增大,为降低发电机造价而采用了定子绕组水内冷的新技术,定子绕组中性点亦有发生接地故障的可能,改变了过去认为中性点附近不可能发生接地故障,因而不必要装100%定子接地保护的看法。为了消除定子接地保护的動作死区,一部份国家采用了加大接地故障电流的办法,根据我国和其它一些国家的运行经验和实际试验,加大接地故障电流将严重地影响铁心的烧损程度,特别是大型机组的定子铁心,结构复杂,修复工作更加困难。美国等国家有用附加直流或交流电源的办法来消除保护死区的,保护装置过于复杂,体积大,投资高,可靠性也不一定高。我们认为满足定子接地保护具有100%的動作区,利用中心点的零序电压及三次谐波电压作为制动因素,发电机侧零序电压及三次谐波电压作为動作因素是可行的。

三、下面介绍基波零序电压及三次谐波的基本原理:

1、基波零序电压的分佈:

a、发电机正常运行时基波零序电压基本上不存在,(只有PT三相绕组及发电机三相绕组不平衡引起很小的不平衡电压)

设机端零序电压为 U_{0s} ,中心点零序电压为 U_{0n} ,故正常情况下:

$$U_{0s} = U_{0n} \approx 0$$

当高压侧单相接地(区外故障时),发电机侧基波零序电压不会大于10%。

b、当发电机定子发生接地故障时，将有零序电压产生，零序电压大小可用下式表示。

$$U_0 = U_\phi \times \alpha$$

α 为从中心点到接地绕组占全绕组的百分比。

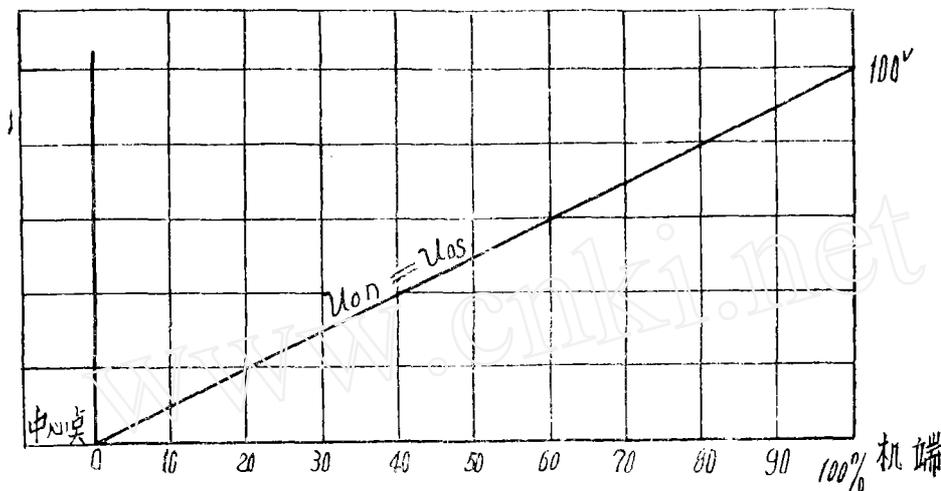
若用PT二次侧的输出电压表示零序电压大小，可用下式

$$U_0 = 100 \times \alpha$$

当定子绕组回路发生接地，在接地点只有很小的电容电流，这个电流数值之小，可以认为接地点两端的绕组不产生压降，故有

$$U_{0.} = U_{0n}$$

这样一个关系可用下图表示：

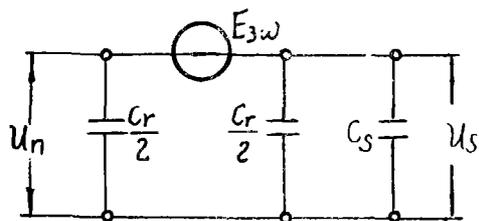


图一、定子绕组接地时PT二次输出电压。

2、三次谐波电压的分布：

(1)、正常运行时三次谐波总是存在的，这是由于发电机相电压波形的畸变所引起的，而发电机相电压波形的畸变，则系由空气合成磁化力波形的畸变所产生，对于凸极式水轮发电机而言，相电压波形的畸变较大，且其数值通常随着负荷的增加而增大，此三次谐波电势，对线电压波形没有影响，因此一般发电机的相电压中总含有百分之几的三次谐波。

a、发电机中心点绝缘时三次谐波等值线路图如图二。



图二

$E_{3\omega}$ 为发电机三次谐波电势。

C_r 为每相对地电容。

C_s 为机端其它元件每相对地电容。

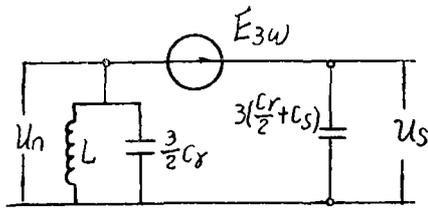
发电机机端和中心点的三次谐波电压 U_s 和 U_n

之比为

$$\frac{U_s}{U_n} = \frac{C_r}{C_r + 2C_s}$$

所以在正常运行时，机端三次谐波电压 U_s 总比中心点三次谐波电压 U_n 要小些，极限情况是两者相等。

b、发电机的中心点经消弧线卷接地时的三次谐波电压等值线路图如图三。



图三

所以正常运行时，接有消弧电抗的发电机中心点三次谐波电压 U_n 比机端三次谐波电压 U_s 更大些，极限情况是 $\frac{U_s}{U_n} = \frac{7}{9}$

$$U_s \text{ 更大些, 极限情况是 } \frac{U_s}{U_n} = \frac{7}{9}$$

(2) 当发电机发生接地故障时，设接地点发生在距中点 α 处，不管发电机中心点是否接有消弧线圈，三次谐波电压恒有

$$U_s = (1 - \alpha)E_{3\omega}$$

$$U_n = \alpha E_{3\omega}$$

$$\text{即 } \frac{U_s}{U_n} = \frac{1 - \alpha}{\alpha}$$

因此在机端接地时：

$$U_s = 0$$

$$U_n = E_{3\omega}$$

当中心点接地时：

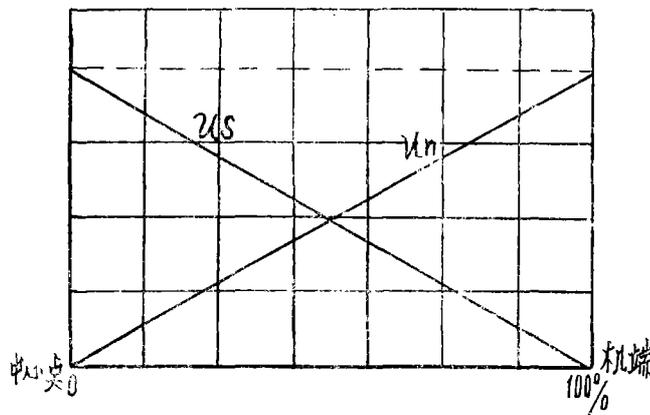
$$U_n = 0$$

$$U_s = E_{3\omega}$$

距中心点 50% 接地时

$$U_n = U_s$$

发电机定子绕组回路产生接地故障时， U_n 、 U_s 在数量上的变化关系用图四表示：



图四

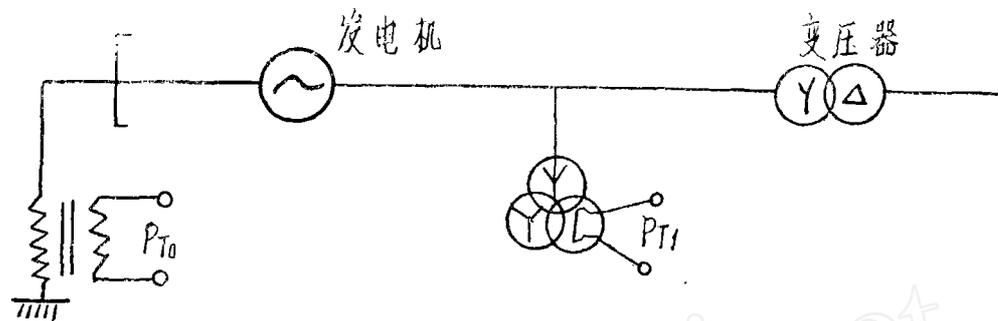
关于基波零序电压及三次谐波电压的分析，过去清华大学不但在理论上作了分析，而且在现场作了试验验证。

四、通过对基波零序电压及三次谐波电压分析，可以利用机端的基波零序电压及三次谐波

电压作动作因素,利用中心点基波零序电压及三次谐波电压作制动因素,构成100%定子接地保护,正常运行时,保护不误动作,在靠近中心点附近发生接地故障时又有很高的动作灵敏度,当 $\alpha < 50\%$ 时主要是三次谐波起主要作用, $\alpha > 50\%$ 是基波零序电压起主要作用。所以发电机本身具有的不大的三次谐波是消灭定子接地保护死区的有利条件。

根据以上原则,许昌继电器研究所与清华大学共同研究试制完成了BD-10型100%定子接地保护,现将保护装置介绍如下:

1、原理接线图

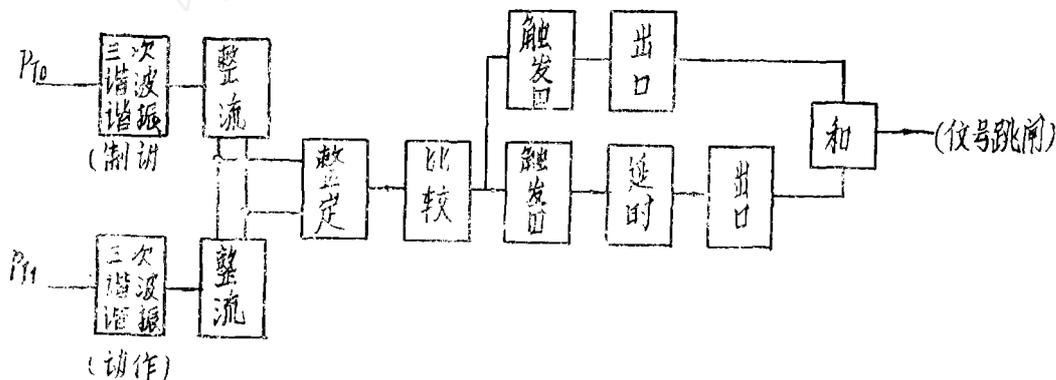


图五

PT₀是消弧线卷

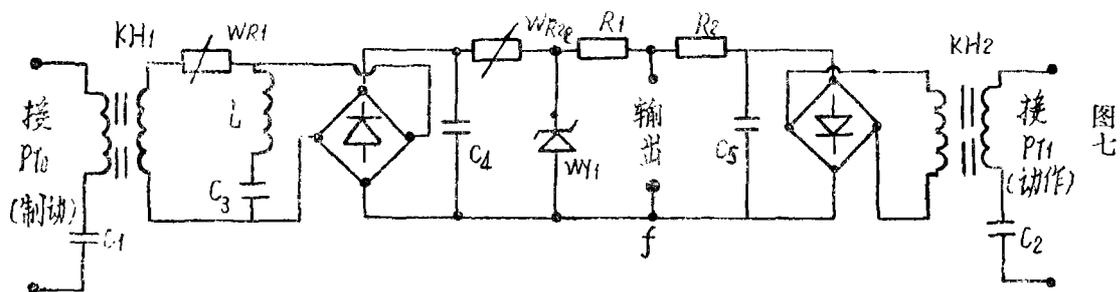
PT₁是电压互感器

2、保护方框图



图六

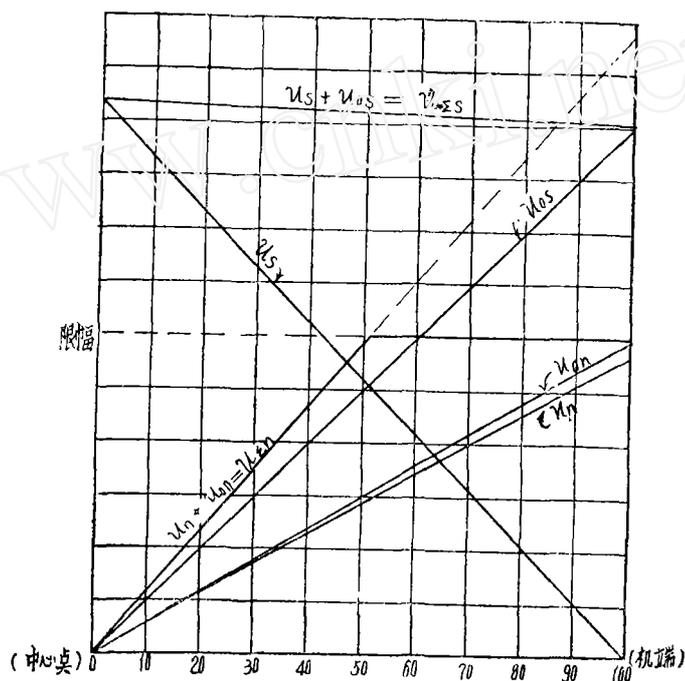
3、保护原理图



图七

在正常情况下，基波零序电压很小，接近于零，主要是发电机固有的三次谐波电势起作用，而中心点的三次谐波电压 U_n 永远大于（或等于）机端三次谐波电压 U_s ，因为中心点接有消弧线卷的发电机 $U_n > U_s$ 极限情况 $\frac{U_s}{U_n} = \frac{7}{9}$ ，中心点绝缘的发电机 $U_n > U_s$ ，极限情况 $\frac{U_s}{U_n} = 1$ ，所以保护装置的制动量大于动作量，保护装置不能误动。当发生接地故障时，

三次谐波电压的分佈与大小将发生变化，当接地点发生在中心点附近时，机端三次谐波电压接近 $E_{3\omega}$ ，比正常运行时增大一倍，所以当中心点附近发生接地故障，保护装置有很高灵敏度，当靠近机端附近发生接地故障时， $U_n = E_{3\omega}$ ， $U_{or} = U_{os} = 100v$ ， $U_s = 0$ ，这时制动量要大于动作量，所以保护装置中制动侧加50HZ阻波器，并加WY₁稳压管，使ef端输出量限制在一定数值，使机端附近发生接地故障时，保护装置仍有较高的灵敏度，由图八说明保护特性。



图八

4、直流部份示于图九

本保护直流部份均采用通用电路本文中不再予以叙述。

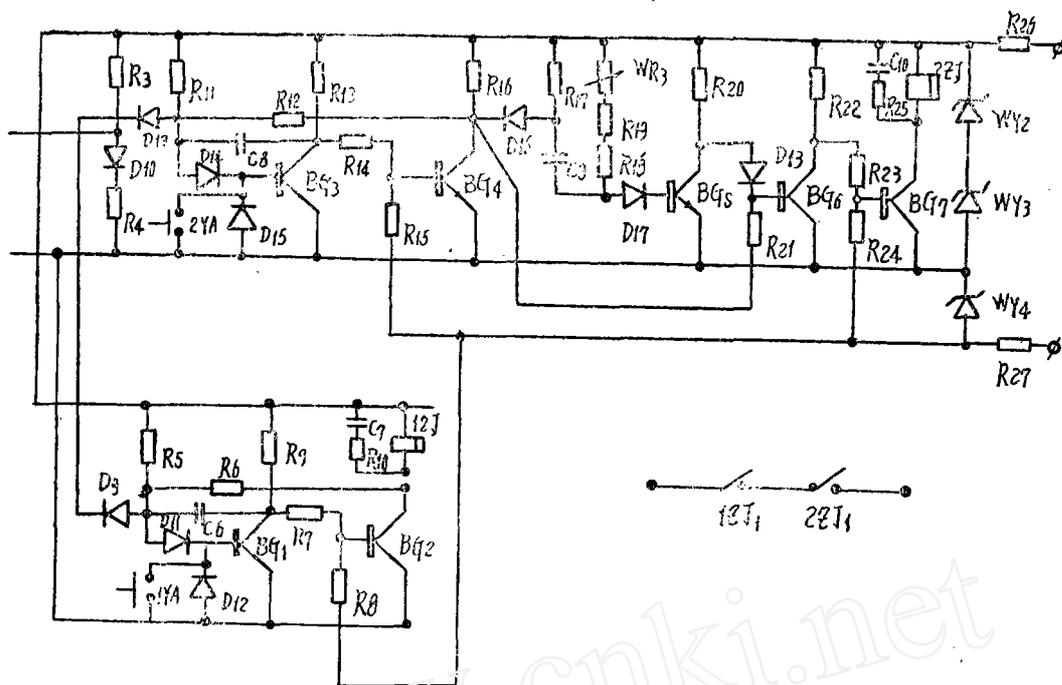
本保护装置当发电机固有三次谐波从0.5~6v之间变化时能达到100%动作区的保护要求。

5. 本保护的主要技术参数：

a、三次谐波电压0.5v~6v，保证100%动作区。

PT二次电压 100伏50HZ。

b、延时整定值0.5"~6"



图九

c、保护的灵敏度：发电机空载中心点经电弧电阻接地，接地电阻达9KΩ保护仍能动作。

d、三次谐波最小动作值不大于0.5v。

6、本保护通过实验室试验，清华大学动模试验及清华大学校电站现场试验，动作正确，並投高井电厂试运行，但我们工作尚处于试制和试运行阶段，还需在实践中验证和进一步提高，错误之处，请各单位指正。

BCD—24型变压器差动保护

许昌继电器研究所 王孝纾、钟锡龄

一、保护的选型：

变压器差动保护是反映相间短路，高压侧单相接地短路以及匝间、层间短路故障的主保护，与发电机、母线和线路相比，变压器差动保护有以下主要特点：

1. 匝间短路电流小：

匝间短路是变压器内部故障的主要形式，但一般匝间短路时，流入差回路的电流小于额定电流，因此要求继电器有较小的整定值。