

三角形自耦变零序差动保护正定和相间差动保护 变流器接线的讨论

北京电管局中调所

a) 三星变压器零序差动保护，一般有两种接线。如图，它们差别就是当三相中性点侧没有三只变流器时，才用第二种接线，在接地线中单加一只变流器。

这两种接线的中性点侧电流是一样的，三相中的零序电流之和与地线中的零序电流是相等的。

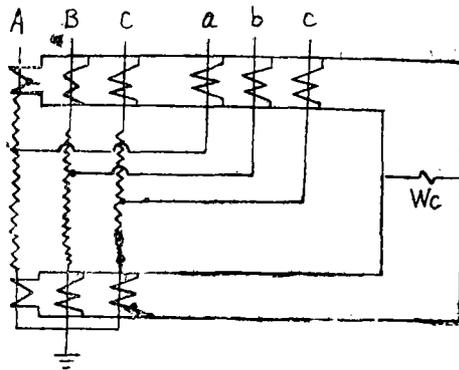


图1 第一种接线图

根据电路中结点的电流之和为零的法则，当外部故障时，差动保护中只有不平衡电流。我们把单相等值电路中的零序电流和三相电路中的零序电流加以分析比较。如图

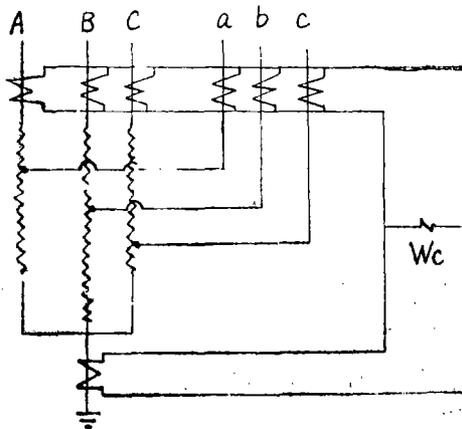
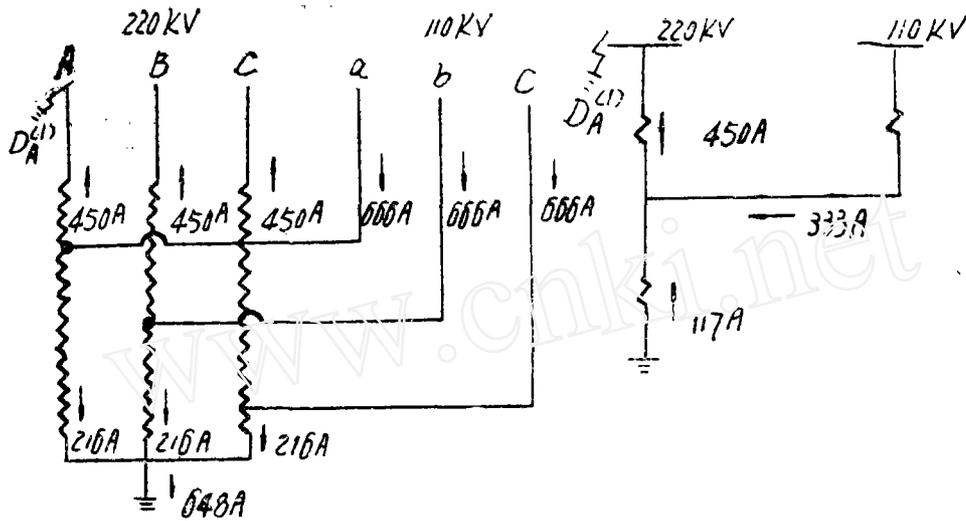


图2 第二种接线图



三相电路中零序电流分布图
高中压侧以实际电压为基础

等值电路中零序电流分布图
均折算为以220KV为基础

图 3

在短路电流计算中，一般以短路点的电压级为基础计算较为方便。由图可见等值电路和三相电路中流过短路侧线圈的电流相等，它就是真实电流。中压侧三相电路中的真实电流与等值电路中的中压侧零序电流差一个变压比关系。

流入地线中的真实零序电流为高、中侧真实电流之差的三倍。它也是公共线圈中的零序电流。这个零序电流与高压串联线圈中零序电流产生的磁势之和即决定了等值电路中的零序励磁电流。（折算至以短路点侧电压为基础）。如前等值电路中之电流为：

$$\frac{110KV \times 450 - 110KV \times 216}{220KV} = 117A$$

可见无论等值电路中或是三相电路中的零序电流，其三个之和均为零。只不过数量不同而已，所以零序差动三侧的变流比应选择相同的。在计算整定值时，由于主要是决定于外部短路的不平衡电流，而这个电流可由短路点侧的真实电流计算得出，不必考虑另外两个真实电流。

不平衡电流数值当考虑变流器误差一定时，完全决定于一次零序电流的绝对值。在一般高、中侧系统零序综合电抗相等时，在中压短路零序电流绝对值要大一些，因为中压侧的电压低则电流要大。实际上一般都同时计算出高、中压的实际电抗才做出决定的。

b) 三星变压器相间差动的变流器接线，由于一次接线均为星形，二次可接星形，也可接为角形。在考虑到大地电流系统中的接地故障，有零序电流出现，而相间差动正定是不按接地短路计算的，因此相间差动回路中出现零序电流。其原因是相间差动接入了高、中压两侧，而未接中性点侧，在外部接地短路时，变压器等值电路中接地点支路零序电流成为差电流造成的。

例如图的相间差动，变流器用星形接线，进行分析。

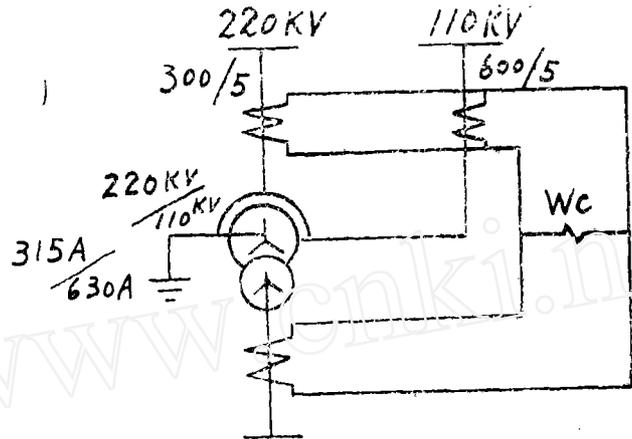


图4 相间差动单相接线图

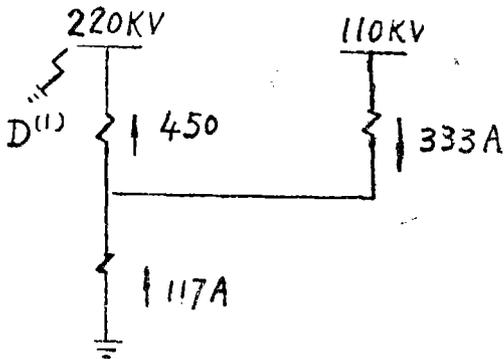


图5 等值电路中零序电流分布图
(均折算至以220KV为基础)

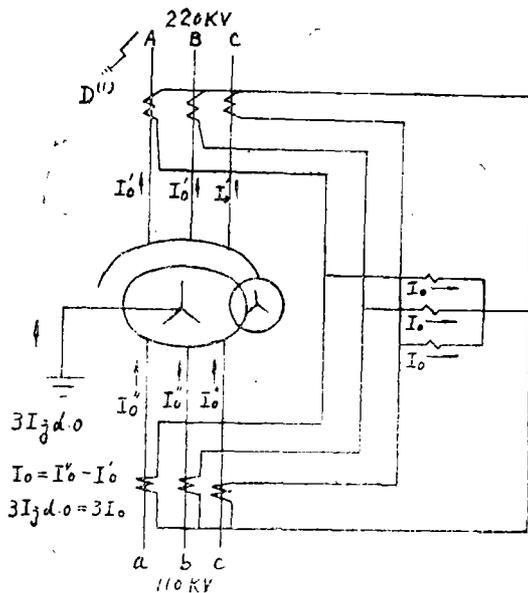


图6 变压器相间差动接线，外部接地短路之零序电流情况图（为简化，第三侧接线未画出）

为简单计，变压比差一倍，用变流比也相反差一倍，二次不用平衡。零序励磁电流即为流入相间差动之平衡电流。零序励磁电流已折算至220KV为基础，故其二次电流即为 $117/300/5 = 1.96A$ 。

同样也可由高、中压实际二次电流计算得出。高压侧 $450/300/5 = 7.5A$ ，中压侧 $333 \times \frac{220KV}{110KV} / 600/5 = 5.54A$ ，则差电流为 $7.5A - 5.54A = 1.96A$ 。

同理当在中压侧短路用中压为基础的电流时，应用中压侧变流比计算。

根据相间差动正定条件对电磁型保护来说，一是躲开外部相间短路之不平衡电流，一是躲开变压器励磁涌流。

前者如按短路电流为变压器额定电流 ($I_{B.e}$) 之 8 倍考虑，则按 $I_{dz} = 1.3(0.1 + 0.05) \times 8 I_{B.e} = 1.56 I_{B.e}$ ，式中 $I_{B.e}$ 是自耦变压器通过电容，也即最大容量下的额定电流。

后者则按 $I_{dz} = 1.3X$ ， $I_{B.e}/n_{GZ}$ 式中考虑到自耦变压器的励磁涌流是由其计算容量决定的，也即 Se/n_{GZ} 。 Se 变压器额定容量， n_{GZ} 高压压变比。当 $n_{GZ} = 2$ 时， $I_{dz} = 1.3X I_{B.e}/2 = 0.65 I_{B.e}$ 。相间差动保护取两条条件中严重的一个。

因此它的续动条件，是零序励磁电流大于或等于其差动正定值。

根据一般情况计算，在 220KV 接地短路其零序励磁电流将最大，约为 (0.4~0.5) $I_{B.e}$ 。对电磁型差动保护不易误动，对带有制动特性的差动保护将更不易误动。对带制动特性的半导体差动保护，因其正定值很小，应具体分析验算。

为了避免变流器为三角形接线负担增大的不利条件，按星形接线较好，在特殊条件下，如可能误动，也可考虑按外部接地短路条件进行正定，如果对灵敏度影响不大的话。

4. 重合闸正定

(1) 检查线路无电压和同期 (等待方式) 重合闸正定。

无电压重合闸按：

$$U_{dz}(j) = \frac{Ue(Ie)}{Km}$$

$Ue(Ie)$ 线路电压互感器额定二次电压。当用抽取装置为电流时用额定抽取电流。

K_m 灵敏度，一般取 2~3。当小系统功率有缺额时应取为 3。

重合闸时间按大于对侧主保护动作时间正定。时间级差选为 0.5"。

同期重合闸，一般正定为 40°，即继电器的最大刻度。时间也按大于对侧主保护动作时间正定。

(2) 检查相邻线路负荷电流的重合闸。

这种重合闸方式，一般与双回线的横差动保护方式配合使用。其定值应满足两个条件：

按大于线路充电电容电流正定，方法见断路器失灵保护正定。

按最小负荷电流下有足够灵敏度正定。正定如下式

$$I_{dz} = \frac{I_{fh \cdot zx}}{K_m}$$

K_m 灵敏度取不小于 1.5。

$I_{fh \cdot zx}$ 最小负荷电流。

必须指出当负荷潮变动较大，有时负荷电流太小，可能小于上述条件时，则不取此值，那时的后果是重合闸不成功，但后果影响不大，可不予考虑。

(3) 综合重合闸正定

1) 选相元件的正定

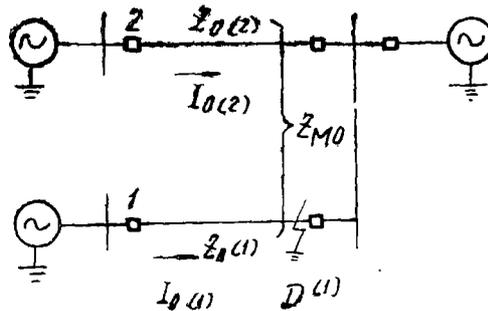
阻抗元件按本线路末端灵敏度正定。考虑到短的线路受电弧电阻影响更大一些，因此其灵敏度应高于长线路的数值。

$$Z_{dz} = K_m \cdot Z_{xe}$$

Z_{xe} 线路阻抗欧姆值。

K_m 灵敏度。线路长度在20公里以下时取 ≥ 3 ，在50公里以下时取 ≥ 2 ，50公里以上时取 ≥ 1.5 。

对于有零序互感影响线路，还应考虑对灵敏度的影响。选相元件主要要求要保证灵敏度，以达正确选相之目的。在考虑互感影响时，只计及零序互感的助磁影响。如图，计算断路器1之选相元件时， $I_{0(2)}$ 起了助磁作用，使测量阻抗增大，灵敏度将降低，在现有的阻抗元件下，将互感影响加入在零序补偿系数里，计算如下式：



考虑零序互感影响的分析图

$$K = \frac{\dot{Z}_{0(1)} - \dot{Z}_{1(1)} + \frac{\dot{I}_{0(2)}}{\dot{I}_{0(1)}} \cdot \dot{Z}_{M.0}}{3 \dot{Z}_{1(1)}}$$

$Z_{0(1)}$ $Z_{1(1)}$ $I_{0(1)}$ 为计算线路的零序、正序阻抗和零序电流
 $Z_{0(2)}$ $I_{0(2)}$ 为相邻有互感线路之零序阻抗和电流。