

三相不接地供电系统一相接地后各相参数的变化分析

郑云瑞 孙晋红

(山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿分公司)

摘 要:在三相不接地系统中当一相接地后,系统中各种参数会发生相应变化,包括中性点电压,故障相电压,非故障相电压,各相电压相位角,电压波形曲线等相继发生变化。通过分析各种参数变化过程,加强对中性点不接地系统漏电和接地故障危害的足够认识,对正确使用功率方向型漏电保护装置确保设备和人身安全有重要意义。

关键词:中性点不接地系统;中性点电压;零序电压;零序电流;漏电;接地;相位角

《煤矿安全规程》第440条规定,严禁由地面中性点直接接地的变压器或者发电机直接向井下供电。所以在中性点不接地系统中接地点的电流仅为对地电容电流,当发生了单向接地后,三相平衡并未破坏设备仍可运行。但缺点是会产生弧光重燃,过电压、系统谐振,设备漏电等危害,对系统绝缘水平要求较高,分析一相接地后各项参数的变化及规律,在生产过程中正确使用选择性漏电保护是有重要作用。

现以C相为例进行分析:中性点不接地系统中C相接地后各种参数的变化。

1 相电压与中性点电压的变化

接地前,如图1所示。在星行接法中A、B、C三

相相电压 $V_{A0}=V_{B0}=V_{C0}$ 。相位差为 120° 正序为A相超前B相 120° 、B相超前C相 120° 、C相超前A相 120° 。三相平衡对称,中性点电压 V_0 等于为零。线电压 $V_{AB}=V_{BC}=V_{CA}$ 三相对称,线电压等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

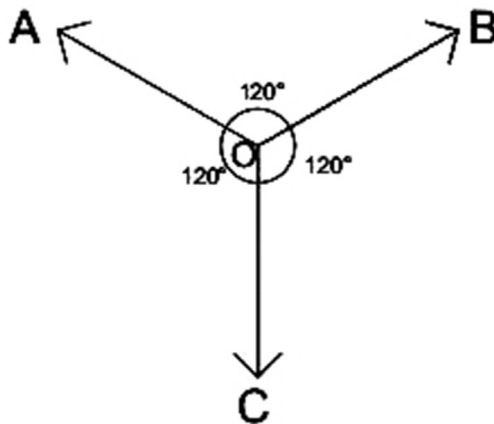


图1 正常电压相量

当C相接地后、各相电压的变化如图2所示。C相电压为0, A相和B相的相电压变为线电压, 即 $V_{AC}=V_{BC}=V_{AB}$, 相电压大小和线电压相等, 相电压提高了原相电压 V_{AO} 的根号3倍即 $\sqrt{3}$ 倍, 即 $V_{AC}=\sqrt{3}V_{AO}$ 。同样 $V_{BC}=\sqrt{3}V_{BO}$

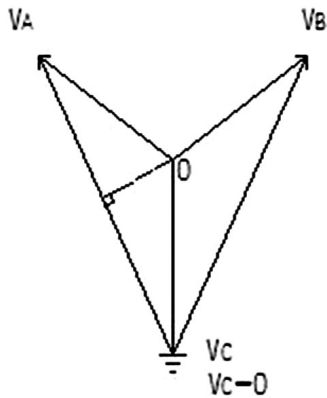


图2 C相接地后各相电压的变化

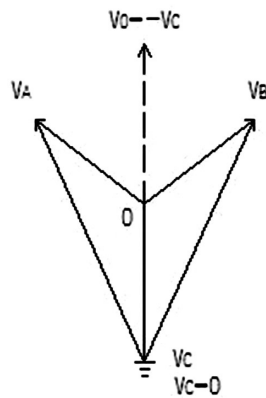


图3 C相接地后中性点电压的变化

中性点电压的变化如图3所示, 中性点电压 V_0 升高, 和C相大小相等方向相反, 即 $V_0=-V_C$ 。这里需要指出的是中性点电位的大小是由接地点接地电阻值决定的, 其值大于0小于C相电压。

2 相位的变化

对中性点而言各相电压相位角及大小的变化如图4所示。C相接地后另外两相相电压升高了 $\sqrt{3}$ 倍, 中性点是三相尾端相连接的一个点。把接地后的相电压平移到中性点, 那么 OA' 、 OB' 就是接地后AB两相对中性点的相电压值和相位角, 用平面几何或三角函数的方法由图4可以看出, 接地后A相的相电压 VOA' 落后接地前的相电压 VOA 30°, 接地后B相的相电压 VOB' 超前接地前的相电压 VOB 30°, 对中性点而言 VA' 、 VB' 、 VC 的相位关系为; A相和B相相位差为60°, A相超前B相60°, B相超前C相150°, C相和A相为150°, 中性点电压和C

相大小相等, 方向相反。可见对中性点而言三相相位角发生了变化, 相序未改变。

3 漏电电流的概念

《煤矿安全规程》453条规定6000V及以上高压电网, 采取措施限制单相接地电容电流, 生产矿井不超过20A。漏电电流是当有一相绝缘受损或一相接地后在回路中形成的对地电容电流, 其大小与回路中的对地电容有关, 与对地绝缘电阻有关, 与线路电压有关, 也就是与线路长度和线路所加电压有关, 即电压越高线路越长对地电容就越大, 一相绝缘电阻越低漏电电流越大其危害也越大, 是造成人身伤害, 弧光重燃, 系统谐振, 瓦斯爆炸, 绝缘击穿等的重要原因。

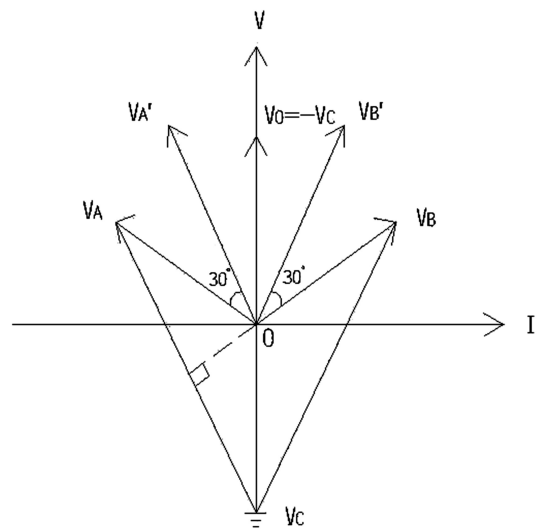


图4 对中性点而言C相接地后各相电压相位角及大小的变化

4 零序电流的产生

如图5所示在不接地系统中如果三相平衡对称, 三相对地电容电流相位代数和等于0, $I_{ac}+I_{bc}+$

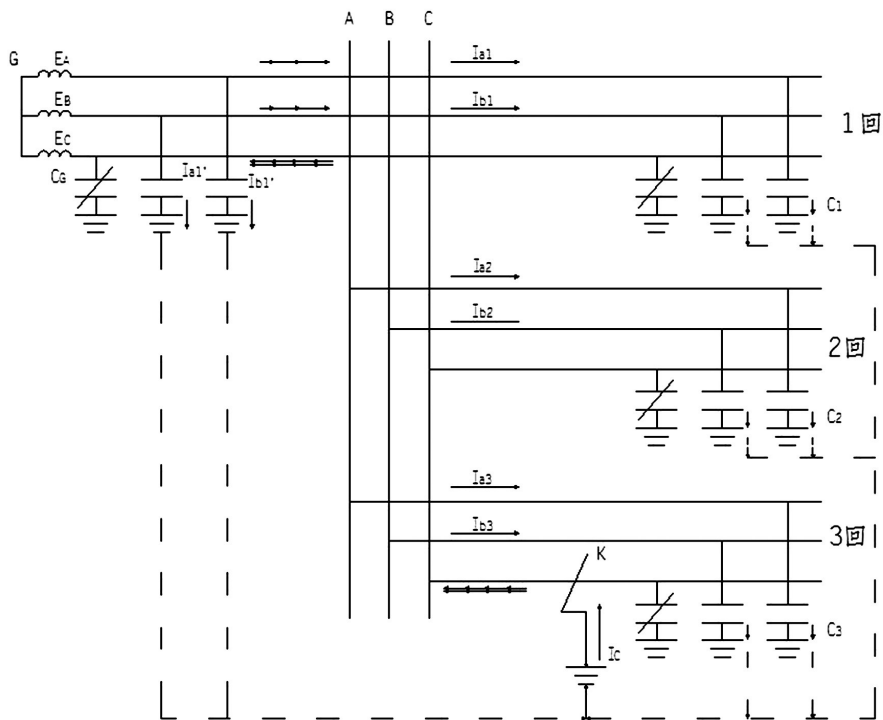


图5 故障情况下零序电流形成的回路

$I_{cc}=0$, 系统中没有零序电流存在, 如果一相接地或漏电, 系统中将有零序电压存在随之出现零序电流。

正常情况下:

$$I_{ac}+I_{bc}+I_{cc}=0 \quad (1)$$

三相对地电容电流之和等于0。

故障情况下: 如图5、图6

C相对地, K点电压为零, 一回, 二回, 三回A, B两相电容电流 $I_{a1}, I_{b1}; I_{a2}, I_{b2}; I_{a3}, I_{b3}$ 从电源流向线路再通过对地电容流到接地点K再流回电源并包括各回路电源侧 I_{a1}', I_{b1}' 。

流过C相的对地电容电流等于另两相电容电流之和用 I_0 表示: $I_0 = I_{a1} + I_{b1} + I_{a2} + I_{b2} + I_{a1}' + I_{b1}' = I_{ac} + I_{bc}$

$$\begin{aligned} I_{ac} &= \omega c V_{A'} & I_{bc} &= \omega c V_{B'} & V_{A'} &= \sqrt{3} V_A \\ V_{B'} &= \sqrt{3} V_B \\ I_0 &= \sqrt{3} I_{a0} = \sqrt{3} \times \sqrt{3} \omega c V_A \end{aligned} \quad (2)$$

$$\therefore I_0 = 3\omega c V_A \quad (3)$$

C相对地电容电流: $I_{c0} = I_{ac} + I_{bc}$

$$I_{ac} = \omega c V_{A'} \quad V_{A'} = \sqrt{3} V_A$$

在图5中用平面几何和三角函数可以计算出

$$I_{c0} = \sqrt{3} I_{ac}$$

$$\therefore I_{c0} = 3\omega c V_A$$

故障线路的对地电容电流用 $3I_0$ 表示,

那么就有

$$3I_0 = \sqrt{3} I_{c0} = \sqrt{3} \times \sqrt{3} I_{ac} = 3\omega c V_A \quad (4)$$

公式(4)中

$$c = \sum c - c_3$$

$\sum c$ —全系统各相对地电容的总和

c_3 —本线路(3回)对地电容

V_A —未接地前相电压

$V_{A'}$ —接地后相电压

所以, 故障线路的对地电容电流等于非故障线

路的对地电容电流的三倍。

ω -角频率 c -线路对地电容,

流过非故障线路的电流为本身对地电容电流即 I_0 。流过故障相的电流为全系统所有非故障元件对地电容之和,与非故障相电流相反即 $3I_0$ 。

5 零序电流和零序电压的方向规定

零序电流的方向一般规定为非故障线路是从电源指向线路,零序电压则是从线路指向大地。对故障线路而言,零序电流是从线路流向电源,零序电压是从大地指向电源。接地方向判定的依据是零序无功功率的方向也就是从线路指向电源,相应的零序电流的有效无功分量大小决定于故障线路零序电流 $3I_0$ 。与零序电压 V_0 的相位角,如图6,由于接地电阻的存在,零序电压与零序电流的相位角并不构成严格的 90° ,一般不小于 45° 不大于 75° 由接地情况决定,图6取 70° 。

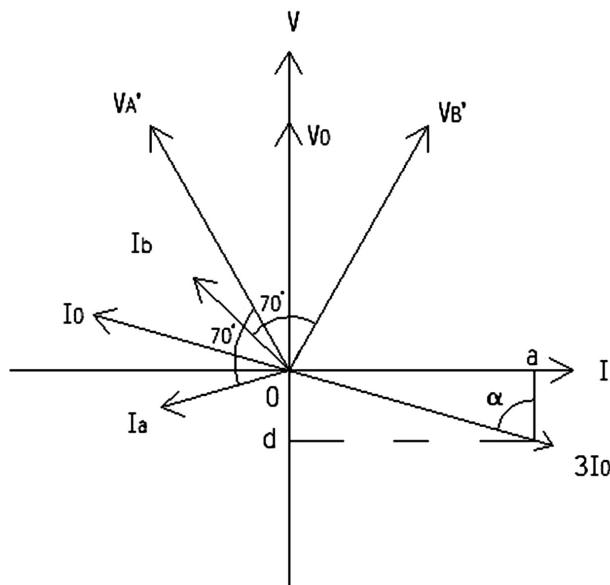


图6 故障情况下零序电流和零序电压的方向和相位

$$\text{即 } Q = V_0 \times 3I_0 \sin\alpha \quad (5)$$

$3I_0 \sin\alpha$ - 故障相零序电流无功分量为0。

6 零序电压与零序电流的获取

零序电压可用三相电压互感器二次开口三角形开口端获取,零序电流则是采用零序电流互感器取得。

7 零序电压和零序电流的整定

按工作中的实践,高压供电线路零序电压的整定在 $5V-25V$ 之间,零序电流小于 $8A$ 大于 $0.1A$,动作时间在 $0.1-3.5S$ 之间。具体数据参考厂家智能保护器给定的数据和本矿供电系统的具体情况设置。

8 结论

(1) 中性点不接地系统中当发生一相接地后,线电压保持不变,相序保持不变。

(2) C相完全接地后C相的相电压为 $0V$ 。A、B两相的相电压升高到高原来相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,设备绝缘水平要受到考验。

(3) 中性点的电压由原来的 $0V$,升高为接地相电压,并与接地相电压大小相等方向相反,即 $V_0 = -V_C$ 。

(4) 对中性点而言,A相电压的相位滞后原来相电压 30° ,B相电压超前原来相电压 30° ,AC相位差为 150° BC相位差为 150° B相与A相的相位差为 60° 。因中性点电位变化零序电压产生。

(5) C相接地后,接地相电压为 0 ,接地相电容电流为所有非故障相对地电容电流之和。也就是说等于非故障相每一相对地电容电流的三倍。即 $3I_0$ 。

$$= 3\omega c V_a \quad (\text{下转第26页})$$

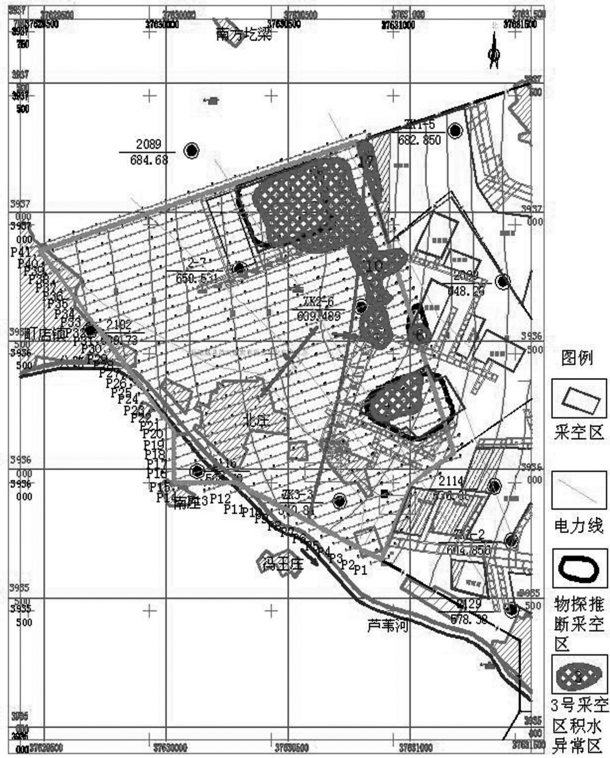


图6 3号煤层采空积水异常区分布图

结合本测区钻孔资料分析,通过电测法试验能根据电阻率变化分析出3号煤层首采区坐标圈定范围的采空区范围及积水情况。见3号煤层采空积水异常区分布图6。

3 结论

1)利用瞬变电磁法对3号煤层采空区范围及积水情况进行探测是可行的,并且效果比较明显。采用激电测深法受地形起伏影响较大,勘探效果不太明显,但对瞬变电磁具有参考价值。

2)通过综合分析电勘探法的结果和矿方已掌握的资料,基本查明了3号煤层坐标圈定范围采空区的范围及积水情况。

3)随着3号煤层开采采空造成上部塌陷冒落,局部区域地表形成地裂缝等影响,积水范围可能进一步扩大。为保证井下采煤安全,应该加强防探水工作,特别是积(含)水区域重叠部分,并随时观察水文地质条件变化情况,实施针对性更强和更有效的防治水技术措施,以防发生透水事故。

参考文献:

[1]《煤炭电法勘探规范》(MT/T898-2000).
 [2]《地面瞬变电磁法技术规程》(DZ/T0189-1997).
 [3]《芦河煤业防治水工程物探勘查报告》(中国冶金地质总局三局).
 [4]《芦河煤业有限公司水文地质报告》(山西省煤炭地质114勘查院).

(上接第10页) (6)中性点电压的大小与接地相电压大小相等方向相反,其大小与接地程度有关即与接地点的接地电阻有关,在一定范围变化即大于0小于接地相的相电压。

(7)故障线路的零序电压的方向是从大地指向线路,零序电流的方向是从线路指向电源。

(8)非故障线路的零序电压的方向是从线路指向大地,零序电流的方向是从电源流向线路,和故障线路的零序电压和零序电流方向相反。

(9)故障线路零序无功功率的方向是从线路指向电源,其值为零序电压与无功零序电流的正弦值

的乘积,即 $Q=V \times 3I_0 \cdot \sin\alpha$ 。

(10)图4、图6可以看出,零序电压的大小,零序电压与零序电流的相位角 α 与接地点的接地电阻有关。

(11)由公式(4)所知,零序电流的大小与绝缘电阻和对地电容有及线路电压有关。

参考文献:

[1]高低压馈电开关厂家使用说明书.
 [2]电力系统继电保护原理与实践技术(中国电力出版社).
 [3]供用电工程(中国电力出版社).