

消弧变压器的结构特点与基本作用原理

辛小南 孙彭年
(郑州工业大学电气信息工程学院)

摘 要 提出一种将传统的接地变压器和消弧线圈合二为一的新装置——消弧变压器。此装置只有一个铁芯和一套绕组,通过改变气隙的大小来实现对电感电流的无触点及无级调节,因此减小了安装尺寸,节省了材料,且提高了运行的可靠性。如果在铁芯上再装设曲折连接的副绕组,还可向变电所的低压负载供电。

关键词 接地变压器;消弧线圈;消弧变压器;零序

中图分类号 TM 403

1 消弧变压器的结构特点

当前用于大中城市以及大型冶金、化工、矿山等企业中的配电网的电压等级多为 3~35 kV,其供电变压器的副绕组多为 Δ 连接。由于在上述电网中常有较多的电缆和较长的供电线路,因而有较大的线—地间的电容电流。为了在系统发生单相对地短路时,消除故障点的电弧,可采取让接地点引入适当的电感电流来与电容电流相补偿,以使接地点的电流接近于 0。当前较普遍的做法是先在 Δ 接供电电网中接入一接地变压器以形成中性点,而后再将此中性点经消弧线圈(或消弧电抗器)接地,如图 1 所示。图中 a, b, c 为接地变压器的副绕组,可作低压供电用。为此,它需要有两套设备(接地变压器和消弧线圈)来实现中性点接地的要求。而且为了调节与电容电流相补偿的电感电流,目前主要的做法是换接消弧线圈的绕组接头,也就是通过改变绕组的匝数来调节对电容电流的全补偿或过补偿。近来也有将接地变压器和消弧线圈两装置置于同一油箱中,通过改变气隙来调节电感电流以达到对电容电流的补偿。

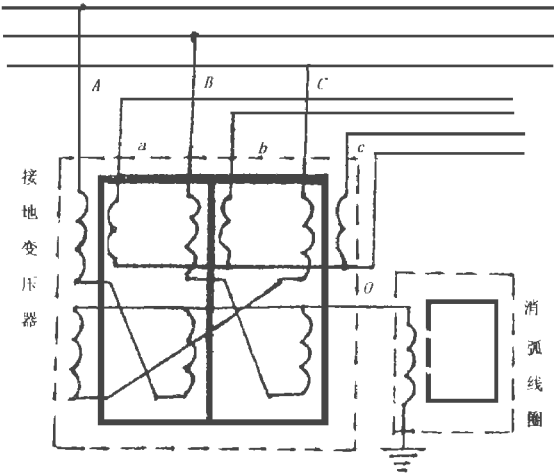


图 1 接地变压器和消弧线圈构成的消弧装置

我们设计了一种新的装置来取代接地变压器和消弧线圈。它只有一个铁芯和一套绕组,不仅节省了导磁材料和导电材料,同时也节省了结构材料和绝缘材料,而且使安装的空间尺寸也大为减小。此外,本装置是通过改变气隙大小来实现对电感电流的调节,与改变匝数的方式相比较,不仅实现了无触点调节,也实现了无级调节,因而也提高了运行的可靠性,

加深了补偿的确切程度和增大了调节的范围。其原理结构如图 2 所示。图中的 A, B, C 绕组兼有接地变压器和消弧线圈的综合功能,两个带有气隙的旁路磁扼,通过对气隙大小的调节来实现对电感电流的调节。另外也可设置副绕组 a, b, c 使它作曲折连接^[1],用来作低压供电。为此,我们将此装置暂且称为“消弧变压器”。

2 消弧变压器的基本作用原理

当系统正常运行时,三相电压对称,作用到消弧变压器上的仅为正序电压。此时作 Y_0 连接的原方 A, B, C 绕组与作 Z 连接的副方 a, b, c 绕组组成 3 相双绕组降压变压器,其作用原理与普通电力变压器完全一样。此时在 3 个芯柱中只有正序磁通 Φ_A, Φ_B, Φ_C ,而零序磁通为 0。由于 $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$,故两旁扼中没有磁通通过。空载时,为建立三相对称的磁通,绕组中只需很小的激磁电流 I_{Am}, I_{Bm} 和 I_{Cm} ;当带上负载时,原副绕组间经磁势平衡作用将电功率从原方传递给负载。

当系统发生单相(如 C 相)对地短路时,则有

$$U_C = 0, U_A = \sqrt{3} U_\Phi, U_B = \sqrt{3} U_\Phi$$

其中 U_Φ 为正常状态下, Y_0 连接绕组的相电压。与之相应,在 A, B, C 芯柱中的磁通为:

$$\Phi_C = 0, \Phi_A = \sqrt{3} \Phi_\Phi, \Phi_B = \sqrt{3} \Phi_\Phi$$

其中 Φ_Φ 为正常状态下,各相芯柱中磁通的幅值。在忽略副绕组 a, b, c 时,其原理线路图如图 3(a)所示。图中 C_{A0}, C_{B0}, C_{C0} 为各相对地的电容。与之对应的电压与磁通相量图如图 3(b)所示。

若取 Φ_C 作参考相量,则依据相量关系有:

$$\Phi_A = \sqrt{3} \Phi_\Phi \angle 30^\circ, \Phi_B = \sqrt{3} \Phi_\Phi \angle (-30^\circ)$$

经对称分量法分解后得其正、负、零序分量为:

$$\Phi_{A+} = \frac{1}{3} (\sqrt{3} \Phi_\Phi \angle 30^\circ + \sqrt{3} \Phi_\Phi \angle (-30^\circ + 120^\circ) + 0) = \Phi_\Phi \angle 60^\circ$$

则 $\Phi_{B+} = \Phi_\Phi \angle -60^\circ, \Phi_{C+} = \Phi_\Phi \angle 180^\circ$

$$\Phi_{A-} = \frac{1}{3} (\sqrt{3} \Phi_\Phi \angle 30^\circ + \sqrt{3} \Phi_\Phi \angle (-30^\circ - 120^\circ) + 0) = 0$$

则 $\Phi_{B-} = 0, \Phi_{C-} = 0$

$$\Phi_{A0} = \frac{1}{3} (\sqrt{3} \Phi_\Phi \angle 30^\circ + \sqrt{3} \Phi_\Phi \angle (-30^\circ) + 0) = \Phi_\Phi \angle 0^\circ$$

则 $\Phi_{B0} = \Phi_\Phi \angle 0^\circ, \Phi_{C0} = \Phi_\Phi \angle 0^\circ$

其中三相对称的正序磁通,由于 $\Phi_{A+} + \Phi_{B+} + \Phi_{C+} = 0$,故只在中间三芯柱间流通,并在 A, B, C 三相绕组中感生对称的三相正序电势 E_A, E_B 和 E_C ,这与上述正常运行情况一致。

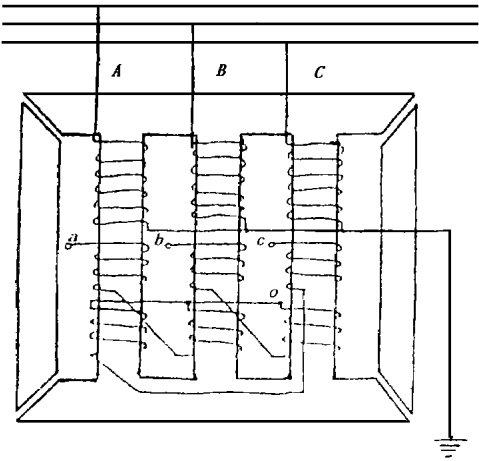


图 2 消弧变压器的原理结构图

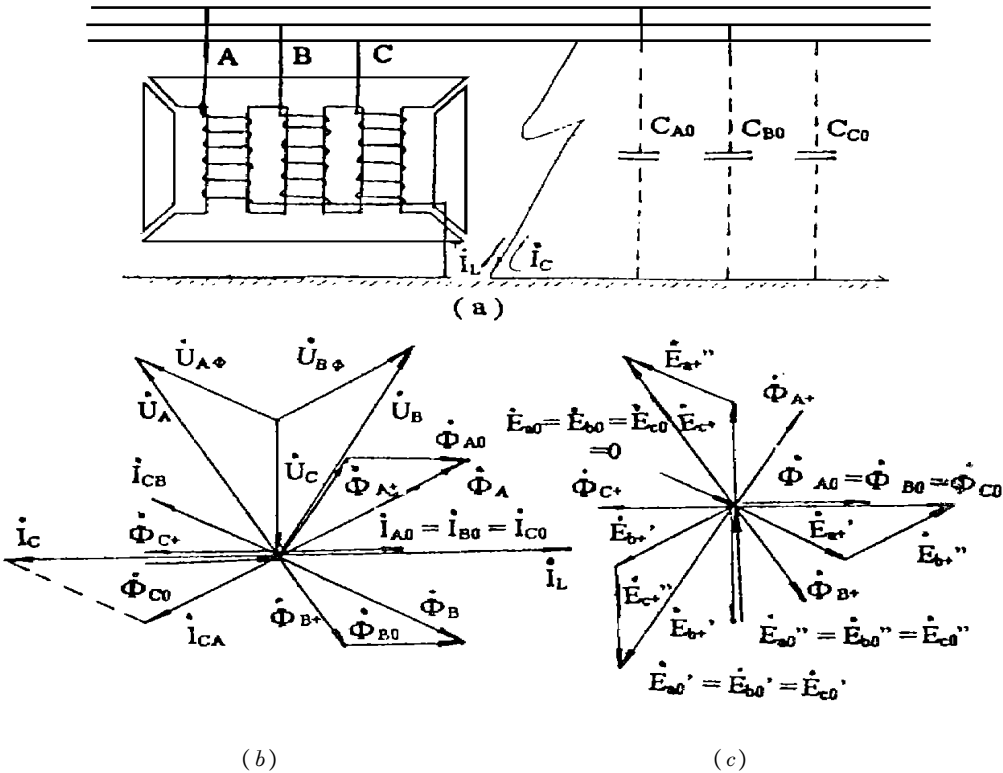


图 3 单相对地短路

另有三相同相的零序磁通 Φ_{A0} , Φ_{B0} 和 Φ_{C0} 不能在三芯柱间流通,只能通过两旁轭形成闭合回路。由于两旁轭设有可调的气隙,可通过改变气隙的大小来改变磁路的电感电流 $I_L = I_0 = I_{A0} + I_{B0} + I_{C0}$ 来对相位相反的电容电流 $I_C = I_{CA} + I_{CB}$ 进行补偿,达到消弧的目的。其相量图如图 3(b)所示。又由于其副绕组作 Z 形连接,芯柱中的零序磁通,在副绕组中所感生的零序电势皆等值同相。各绕组经两柱间反相连接后,正好相互抵消,使各相绕组端的零序电势为 0。其相量图如图 3(c)所示,其中:

由于 $E_{a0}'' = -E_{a0}', E_{b0}'' = -E_{b0}', E_{c0}'' = -E_{c0}'$
则有 $E_{a0} = E_{a0}' + E_{b0}'' = 0, E_{b0} = E_{b0}' + E_{c0}'' = 0, E_{c0} = E_{c0}' + E_{a0}'' = 0$

而对于副绕组中的正序电势,通过如图 3(c)中的相量迭加可得:

$$E_{a+} = E_{a+}' + E_{b+}'', E_{b+} = E_{b+}' + E_{c+}'', E_{c+} = E_{c+}' + E_{a+}''$$

所得的 E_{a+} , E_{b+} 和 E_{c+} 与正常状态时一样,仍为三相对称的电势。故即使在发生单相短路时,此装置除了能产生电感电流(零序电流)来补偿电容电流以消除电弧外,仍能使负载如正常运行时那样,继续保持供电。

参考文献

1 夫兰克林 A C, 夫兰克林 D P. 变压器全书·崔立君译·北京:机械工业出版社,1990.199~207

Structure Feature and Basic Action Principle of
Arc—Suppressing Transformer

Xin Xaonan Sun Pengnian
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract A new instrument which combines traditional arc—suppression coil and ground—ing transformer arc—suppressing tranformer is introduced in this paper. This instrument has only one core and one set of windings. Inductance current can be adjusted dead contactly and steplessly by changing the length of air—gap, thereby, the installation dimensions and materials required are reduced and operating reliability is promoted. The instrument can also supply low—voltage load of substation if zigzag connected secondary windings are installed around the cores.

Keywords grounding transformer; arc—suppression coil; arc—suppressing transformer; zero—phase—sequence

(上接 28 页)

参考文献

1 张琳娜. 精度设计与质量控制基础. 北京: 中国计量出版社, 1996. 23~41
2 徐 灏. 机械设计手册(第 3 卷). 北京: 机械工业出版社, 1991. 80~86
3 程慧霞. 用 C++ 建造专家系统. 北京: 电子工业出版社, 1996. 48~54
4 高学军. 基于人工智能的尺寸精度设计研究; [学位论文]. 郑州: 郑州工业大学, 1998

Research on Design of Component Fit
Based on Artificial Intelligence

Gao Xuejun Zhang Linna Su Zhijian Zhao Fengxia
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract Mechanical component fit design is an important part of mechanical design and manufacture. Based on the principles of expert system, a method of component fit design using rule inference is developed in this paper, representation of knowledge and rule inference on the basis of accuracy inference are realized.

Keywords Artificial Intelligence; Component fit design; expert system