

同塔双回高压送电线路相序的研究

罗玲

(盐城供电公司,江苏盐城 224002)

摘要:根据静电场理论计算同塔双回不同相序排列的高压送电线路产生的工频电场强度和磁感应强度,并根据其对环境产生的不同程度的影响,提出了优化排列的概念。

关键词:静电场;工频电场强度;磁感应强度

中图分类号:TM89

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0058-02

近年来,随着我国国民经济的持续不断发展,电力需求呈快速增长趋势,为满足工农业生产及人们的生活用电需要,同时减小线路走廊宽度及建设费用,常常将双回平行的线路合并到同一基塔上,同塔双回送电线路之间相互影响比较大,在电压等级、电流等级、导线型号、分裂次导线根数、分裂次导线间距、对地高度等因素确定时,导线的排列方式就决定了高压送电线路下工频电磁场的分布,因此对同塔双回高压送电线路相序的研究有着重要的意义。

文章将利用静电场理论对同塔双回不同相序排列的高压送电线路下空间工频电场强度和磁感应强度进行计算,并根据其对环境产生的不同程度的影响,提出了优化排列的概念。

1 工频电场和磁感应强度的计算

1.1 静电场理论

电力线路的频率为 50 Hz,其波长为 6 000 km,而一条线路仅几十或几百千米^[1],所以在架空线路工程计算中,可以采用静电场理论。如图 1 所示,长度为 ρ 的导线 1 上分布着电荷线密度为 Q 的均匀电荷,将地面视为良导体,利用镜像电荷 $-Q$ 代替大地对计算点 P 的电场强度的影响,当点 P 距离导线的间距 L 与导线长度 ρ 之比趋于零时,则导线在 P 点产生的电场强度 E 可由下式求出^[2]:

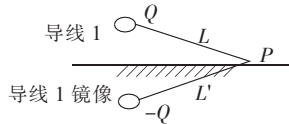


图 1 导线 1 及其镜像

$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon L} \quad (1)$$

式中: ϵ 为真空介电常数,通常取 $\epsilon = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$ F/m;

$$E = -\text{grad}U = \frac{dU}{dL}$$

选择无穷远处为点位参考点,电荷 Q 在 P 点产生的电位为

$$U_1 = \int_L^\infty \frac{Q}{2\pi\epsilon L} d\rho = \frac{Q}{2\pi\epsilon} \ln L \quad (2)$$

镜像 $-Q$ 在 P 点产生电位为

$$-U_2 = \int_L^\infty \frac{Q}{2\pi\epsilon L} dl = \frac{Q}{2\pi\epsilon} \ln L \quad (3)$$

则 P 点的总电位为

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{L'}{L} \quad (4)$$

1.2 电场强度的计算

假设计算点 P 分布在各导线表面,由式(1)计算各回路自互电位系数,如图 2 所示。

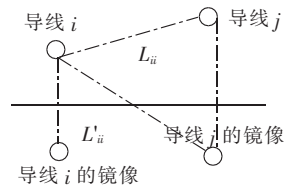


图 2 自互电位系数计算图

导线 i 的自电位系数

$$\phi_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{2h_i}{R_i} \quad (5)$$

导线 i 的互电位系数

$$\phi_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{L'_{ij}}{L_{ij}} \quad (6)$$

式(5)中: R_i 为各导线半径,对于分裂导线可以用等效单根导线半径代入,四分裂导线等效半径 $R_i = \sqrt[4]{r\sqrt{2}d^3}$,二分裂导线等效半径 $R_i = \sqrt{rd}$, r 为次导线半径, d 为次导线间距。

假设导线根数为 n ,由式(4—6)式得

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \dots & \phi_{1n} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \dots & \phi_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n1} & \phi_{n2} & \dots & \phi_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

已知导线表面电压和自互电位系数,求出导线的等效电荷 Q_n ,由此可得 P 点的电场强度

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi\epsilon} = \left(\frac{1}{L_i} - \frac{1}{L'_i} \right) \quad (8)$$

式中: L_i 为电荷 Q_i 到 P 点之间的距离; L'_i 为电荷 Q_i 的镜像到 P 点之间的距离。

1.3 磁感应强度的计算

如图 3 所示,长度为 ρ 的导线 1 电流为 I ,计算

点 P 距离导线的间距为 L 且与导线 1 长度 ρ 之比趋于零时, 导线在 P 点产生的磁感应强度可由下式求出:

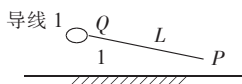


图 3 导线 1 直线电流

$$B = \frac{I\mu}{2\pi L} \quad (9)$$

式中: μ 为真空磁导率, 通常取 $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m, 和电场强度计算不同的是关于镜像导线的考虑, 与导线所处高度相比这些镜像导线位于地下很深的距离, 因此只考虑空间的实际导线, 忽略它的镜像。

2 计算结果的比较与分析

同塔双回送电线路, 假设其中一回线路的相序为 ABC, 则另一回路可以有 6 种不同的排列相序, 即同相序 (ABC)、异相序 (ACB、BAC、BCA、CAB) 和逆相序 (CBA)。相序的排列方式不同, 其工频电磁场强度大小与分布也不同, 根据静电场理论对不同相序排列方式进行分析。以下计算采用表 1 所示的实际常见的线路设计参数。

表 1 常见线路设计参数

项 目	数 值		
电压等级 /kV	110	220	500
导线电流 */A	345	920	1 840
上中导线高度差 /m	3.5	6.5	10
中下导线高度差 /m	3.5	6.5	10
上导线间距 /m	6	10	16
中导线间距 /m	7	14	22
下导线间距 /m	6	11.5	18
分裂导线根数	—	2	4
分裂导线间距 /m	—	0.3	0.45
导线直径 /mm	23.76	26.82	26.82
导线截面 /mm ²	300/25	400/35	400/35

*注: 导线最大载流 $I = 1.15 \times$ 铝截面 \times 导线分裂根数。

如图 4 和图 5 所示, 对于不同电压等级及导线高度, 当其中一回路的相序排列为 ABC 时, 考虑到实际送电线路沿线各处, 导线一般高于最小允许高度, 从工频电磁场的环境影响角度对另一回路相序排列进行分析如下:

(1) 当另一回路相序排列为 CBA 时产生的电场强度和磁感应强度最小;

(2) 当另一回路相序排列为 CAB 或 BCA 或 ACB 时, 这 3 种相序排列的回路产生的电场强度和磁感应强度均大于(1);

(3) 当另一回路相序排列为 ABC 或者 BAC 时, 产生的电场强度和磁感应强度最大。

由此可见, (1)所述相序对环境产生影响最小,

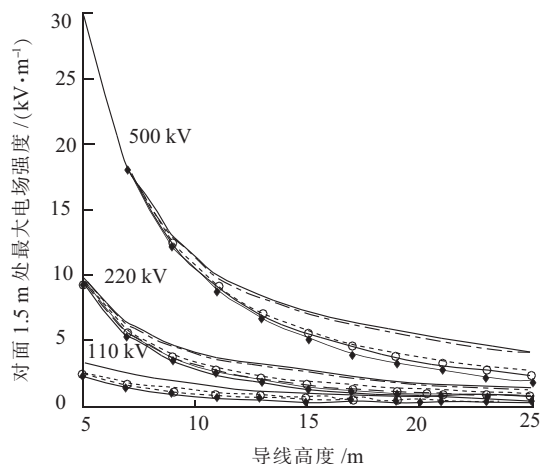


图 4 同塔双回线路不同相序排列时地面 1.5 m 处最大电场强度与导线高度的关系

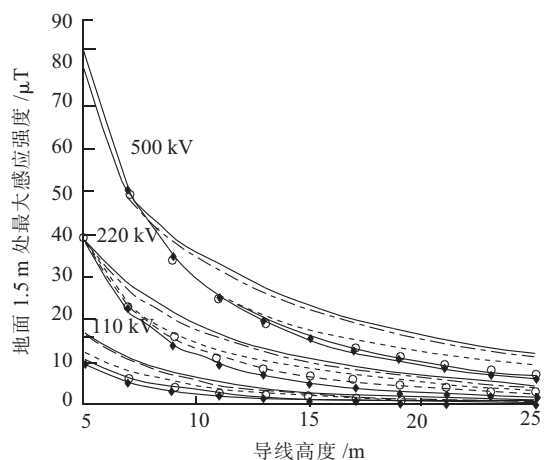


图 5 同塔双回线路不同相序排列时地面 1.5 m 处最大磁感应强度与导线高度的关系

其次为(2), 影响最大的是(3)。

3 结束语

同塔双回高压输电线路对于 110 kV, 220 kV, 500 kV 电压等级, 采用合适的相序排列方式, 可有效减少线路对环境产生的工频电磁场影响, 使环境工频电磁场水平达到尽可能底的目的, 公众可避免不必要的暴露, 从而实现社会、经济和环境的协调发展。

参考文献:

[1] 窦 飞, 李树森. 500 kV 同塔四回架空送电线路电场分布的研究[J]. 江苏电机工程, 2004(1): 11-16.
 [2] 曹 伟, 徐立勤. 电磁场与电磁波理论[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 1999.

作者简介:

罗 玲(1963-), 女, 广西柳州人, 工程师, 从事工程管理工作。

电力系统中低压微机线路保护的异常自动重合分析

魏鸣琪, 丁敏

(苏州供电公司, 江苏苏州 215021)

摘要:针对电力系统中低压微机线路保护出现的“异常自动重合”现象,介绍了现场出现的2种“异常自动重合”的情况,分析了微机线路保护装置重合闸的充电条件及发生“异常自动重合”的主要原因,并提出了相应的现场解决方案。

关键词:微机线路保护;异常自动重合;故障

中图分类号:TM762.2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0060-02

1 故障事例

电力系统的故障中,大多数是送电线路的故障(特别是架空线路),电力系统的运行经验表明架空线路的故障大都是瞬时的,因此,线路保护动作跳开开关后再进行一次合闸,就可提高供电的可靠性^[1]。进入20世纪90年代后,微机保护装置开始推广应用,继电保护微机化率已达100%。但多年的现场实际应用中,发现中低压线路微机保护(如:LFP-900系列线路微机保护)的控制回路与重合闸回路之间的配合有问题,导致微机线路保护出现多次“异常自动重合”的现象。

事例1:2007年10月28日,苏州供电公司某110 kV变电站1台10 kV出线开关(该开关为SIEMENS-8BK20手车开关,保护配置为LFP-966微机线路保护)在线路故障时重合未成,调度发令将该开关置于“试验”位置(即将线路转为检修状态),值班员在将手车开关由“工作”位置移至“试验”位置后开关即自行合上,保护装置的保护动作报告为重合闸动作。

事例2:2007年11月1日,苏州供电公司某220 kV变电站1台110 kV出线开关(该开关为GIS组合电气开关,保护配置LFP-941微机线路保护)在线路故障时重合未成,调度发令该出线改线路检修状态,值班员在将该单元的线路刀闸拉开后,将GIS汇控柜内的“远方/就地”开关切至“远方”时开关自

行合上,保护装置的保护动作报告亦为重合闸动作。

以上2个事例中,实际动作情况均出现“异常自动重合”现象,为现场工作带来极大困扰。

2 原因分析

针对上述情况,继电保护人员结合现场操作的步骤及微机线路保护的重合闸充、放电条件,进行了详细的分析。

LFP-966, LFP-941微机线路保护装置的重合闸充电条件有3个(见图1):(1)保护装置内的双位置继电器KKJ在合闸状态;(2)保护装置内的跳闸位置继电器TWJ在分闸状态;(3)外部无闭锁重合闸信号。

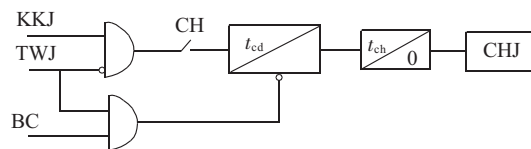


图1 LFP-966和LFP-941微机线路保护装置的重合闸原理

这3个条件为“与”的关系,只有三者全部满足,重合闸才会充电。图1中, KKJ为双位置继电器; BC为外部闭锁合闸开入量; TWJ为分闸位置继电器; CH为重合闸投退软压板; CHJ为重合闸出口中间继电器; t_{cd} 为重合闸充电时间; t_{ch} 为重合闸延时时间。由此可见,现场运行操作中,必是由于在特定条件下,全部满足了3个条件,才会出现“异常自动重合”的现象。

事例1中,当开关重合未成后,值班员未将保护

收稿日期:2009-10-19; 修回日期:2009-11-25

(上接第59页)

Research on Phase Sequence of High-voltage Double-circuit Tower

LUO Ling

(Yancheng Power Supply Company, Yancheng 224002, China)

Abstract: According to the electrostatic field theory, the power frequency electric field intensity and the magnetic induction intensity produced by different phase position of high voltage transmission line are calculated in this paper. Based on the varying degrees of environmental influence, this article also puts forward the concept of the optimal lay form of phase-sequence.

Key words: electrostatic field; power frequency electric field intensity; magnetic induction intensity.