

500 kV交流线路OPGW全绝缘感应电压控制方法分析

OPGW按照全绝缘运行方式，在线路正常运行时，OPGW上会有来自导线的静电感应电压；当静电感应电压过高，有可能超出了间隙的耐受电压，引起OPGW地线闪络^[1]。另外过高的感应电压对运行检修也非常不利。对500 kV交流线路OPGW全绝缘感应电压进行了计算分析，并提出了减小OPGW感应电压的方法。

胡全¹ 戚彦² 余健¹ 李会超¹/1.中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司 2.中国电力科学研究院



胡全/硕士研究生

1 OPGW感应电压

当OPGW全线绝缘、无接地点时，OPGW上的感应电压为静电感应电压，主要是由于线路的运行电压通过与OPGW之间的耦合电容和OPGW对地电容的分压在OPGW上产生的。

以单回路为例，OPGW地线的静电感应电压可由下式计算，OPGW和普通地线的电压分别以 U_1 和 U_2 表示^[2]。

关键词/Keywords

OPGW ·
全绝缘 ·
静电感应 ·
换位 ·

$$\begin{cases} U_1 = \frac{C_{A1}}{C_1 + C_{A1}} U_A + \frac{C_{B1}}{C_1 + C_{B1}} U_B + \frac{C_{C1}}{C_1 + C_{C1}} U_C \\ U_2 = \frac{C_{A2}}{C_2 + C_{A2}} U_A + \frac{C_{B2}}{C_2 + C_{B2}} U_B + \frac{C_{C2}}{C_2 + C_{C2}} U_C \end{cases}$$

式中， C_1 、 C_2 为两地线对地电容； C_{A1} 、 C_{B1} 、 C_{C1} 为线路A、B、C三相对OPGW的耦合电容； C_{A2} 、 C_{B2} 、 C_{C2} 为线路A、B、

C三相对地线2的耦合电容。

若是同塔双回线路，在式中加入另一回的三相感应电压即可。

通过式可以看出，地线的静电感应电压主要取决于OPGW和普通地线对地电容、和导线对OPGW、地线之间的耦合电容，与线路长度无关，控制地线感应电压的有效方法是降低导线对地线之间的耦合电容。

2 仿真计算

2.1 计算条件

以目前常规的500 kV输电线路设计规模为例，本文计算的边界条件如下。

1) 线路形式。单回路、双回路。

2) 地线型号。一根普通地线和一根OPGW；普通地线型号：GJ-100、GJ-120、GJ-150钢绞线，LBGJ-100-20AC、LBGJ-120-20AC、LBGJ-150-40AC铝包钢绞线；OPGW光缆：OPGW-100、OPGW-120、OPGW-150。

3) 输送容量。单回1 000 MW+j300 Mvar；双回2 000 MW+j600 Mvar。

2.2 全绝缘情况下的计算结果

以线路50 km为例，相同地线型号不同系列（直径不同）对地线静电感应电压结果如表1所示。

由计算结果可以看出，在OPGW、分流地线全线绝缘的情况下，单、双回线路的OPGW地线感应电压均较高，超过了30 kV，对地线绝缘间隙配置和运行检修带来较大困难；相同地线型号下直

表1 相同地线型号不同系列（直径不同）对地线静电感应电压的影响（线路长度为50 km）

线路	地线	静电感应电压/kV		
单回线路	钢绞线	GJ-100	GJ-120	GJ-150
		33.01	33.01	33.01
	OPGW光缆	OPGW-100	OPGW-120	OPGW-150
		33.26	33.26	33.26
同塔双回线路	铝包钢绞线	LBGJ-100-20AC	LBGJ-120-20AC	LBGJ-150-20AC
		68.00	68.00	68.00

径不同对地线静电感应电压几乎没有任何影响。在下文地线的静电感应电压研究中，以钢绞线GJ-120、OPGW光缆OPGW-120和铝包钢绞线LBGJ-120-20AC为研究对象。

2.3 降低感应电压的措施

降低OPGW感应电压的有效措施是控制地线感应电压的有效方法是降低导线对地线之间的耦合电容。在实际输电线路工程中，最有效的办法是通过导线换位或地线换位^[3]。下面分别对导线换位和地线换位两种情况进行了计算说明。

2.3.1 地线不换位，导线完全换位

地线不换位、导线完全换位后（如图1所示），由于A、B、C三相之间相互抵消了一部分感应电压，在地线上产生的静电感应电压将大大减小。

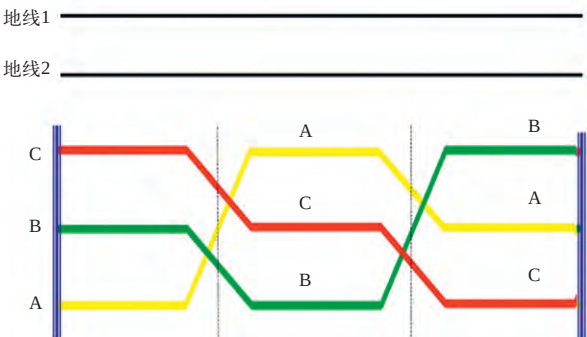


图1 导线换位、地线不换位示意图

2.3.2 导线不换位、地线换位

若导线不换位、地线换位（如图2所示），也

同样可以达到减小静电感应电压的效果；但是对于同塔双回线路，由于三相导线垂直排列，仅地线换位并不能较大程度的减小感应电压。

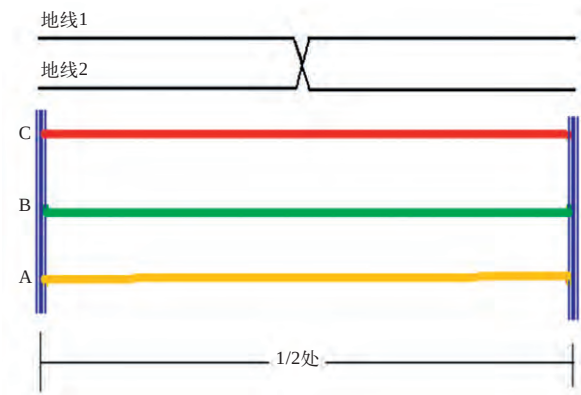


图2 线路导线不换位、地线换位一次示意图

2.3.3 计算结果

10~200 km范围内不同长度的500 kV交流单回线路和同塔双回线路在地线全绝缘（没有接地点）的情况下地线上的静电感应电压计算结果如表2所示。

表2 地线不换位，不同长度的地线静电感应电压（有效值）

线路长度/km	线路换位情况	地线静电感应电压/kV		
		单回线路	同塔双回线路	
			双回同时运行	一回运行
10	不换位	33.04	45.23	68.00
20	不换位	33.15	45.23	68.00
50	不换位	33.26	45.23	68.00
100	不换位	33.47	45.26	68.01
150	线路全换位	2.19	3.50	3.92
	线路全换位	3.05	4.55	5.25
200	换位一次	29.81	26.82	39.57

注：线路换位一次是指全线仅有一处换位，是不完全换位

相同边界条件下，导线、地线换位后的计算结果如表3所示，计算中，100 km及以下的线路不换位，150 km和200 km的线路全换位，其中对200 km不全换位的情况也进行了计算；同塔双回线路考虑双回同时运行和单回运行（另一回停运、线路两端接地）两种运行工况。

表3 地线换位后，不同长度的地线静电感应电压（有效值）

线路长度/km	导线换位情况	地线换位情况	地线静电感应电压/kV		
			单回线路	同塔双回线路	
				双回同时运行	一回运行
10	不换位	一次换位	0.45	28.72	49.66
20	不换位	一次换位	0.62	28.98	49.69
50	不换位	一次换位	1.33	29.45	49.78
100	不换位	一次换位	6.72	30.27	49.93
	不换位	三次换位	1.61	29.21	49.03

由表 2、表 3可以得出以下结论。

1) 150 km和200 km的全换位线路，由于导线换位已经大大降低了地线上的静电感应电压，地线的感应电压不太大，在5.25 kV以下，不需要采取其他措施限制感应电压。但是如果导线没有进行全换位，地线上的静电感应电压仍然很大，单回线路为29.81 kV，同塔双回线路为39.57 kV。

2) 100 km及以下的不换位线路，地线感应电压较大，单回线路的地线感应电压在33.04 kV以上，同塔双回线路的地线感应电压在45.23 kV以上。同塔双回线路的地线静电感应电压大于单回线路，这是由于双回塔的地线与导线的距离小于单回塔。

3) 100 km及以下的不换位线路，通过将地线换位（换位方式见表 3），单回线路的地线静电感应电压降低幅度很大，一次换位就可将感应电压由33 kV左右降低到6.72 kV以下；而同塔双回线路的静电感应电压降低幅度较小，由约68 kV左右降低到50 kV左右，即便经过多次换位，感应电压也仅降到49.03 kV，效果不佳。这是由于两回导线垂直排列，地线换位后，导线相互之间的抵消程度远低于单回线路。

3 结束语

交流线路的OPGW全线绝缘后，可以通过地线或导线换位来控制线路正常运行在OPGW上的交流感应电压应，避免间隙击穿，引起持续放电，烧损间隙或绝缘子，增加线损和可听噪声及无线电干扰水平。

通过导线换位，可以有效的降低单双回路输电线路的OPGW静电感应电压。以150 km和200 km的全换位交流线路为例，导线进行一次全循环换位后，OPGW感应电压在各种情况下均能降低到5.25 kV以下。

通过OPGW地线换位可将100 km及以下不换位交流单回线路OPGW静电感应电压由33.04 kV降到1.61 kV以下；但OPGW地线换位对同塔双回线路OPGW地线感应电压影响较小，3次OPGW地线换位后，OPGW感应电压还接近50 kV，这是由于两回导线垂直排列，地线换位后，导线相互之间的抵消程度远低于单回线路。

参考文献

[1] 易永亮，谭劲，张益修.500 kV输电线路地线融冰改造后地线绝缘间隙调整及防雷接地的一种实用方案[C].第四届全国架空书店线路技术交流研讨会论文集

[2] 东北电力设计院．电力工程高压送电线路设计手册（第二版）[M]．北京：中国电力出版社，2002：156-157.

[3] 程慕尧. 架空输电线路导线换位及绝缘地线运行方式的优化方案[J]. 中国电力，2000，33（1）：57-59.

（收稿日期：2015-05-15） EA

作者简介

胡全（1980-），男，硕士研究生，高级工程师，中国电机工程学会电磁干扰专业委员会输电线路电磁环境学组委员，主要研究方向为送电电气。