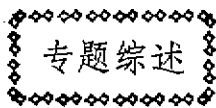


79-82



专题综述

降阻剂的降阻作用分析

The Effect of Resistance-Reducing Agent

柳州供电局(545005) 植芝豹 TM242

文摘 通过对降阻剂的降阻效果的理论估算和试验数据分析, 得出降阻剂效果估计过高的原因, 提出了使用降阻剂的若干建议。

关键词 降阻剂 降阻率 接地电阻 接触电阻 降阻作用 应用, 试验

1 前言

目前, 降阻剂已在我国得到比较广泛的应用, 许多学者做了大量的降阻剂的试验, 对降阻效果往往估计过高, 使部分单位盲目使用了降阻剂却没有达到预期达到的效果, 因此有必要对降阻剂的降阻作用进行分析。本文对降阻剂的降阻效果进行估算, 分析降阻效果估计过高的原因, 同时就降阻剂对防雷接地的作用进行了理论的探讨, 提出了降阻剂的应用限制及应用降阻剂应采用的接地形式。

2 降阻剂在工频下的降阻作用

2.1 降阻剂的降阻效果评价

从文献 [12] 计算的单根垂直接地体、典型水平接地体、方形地网的理想降阻率的结果看出: 降阻率随着接地体的长度的增加而减小呈饱和趋势, 也随着降阻剂的外径的增大而增大呈饱和趋势。

从目前国内的降阻剂产品看, 以富兰克林——民生型降阻剂及 BXXA 型降阻剂的渗透性较强, 其直径放大倍数分别是 28~46 [2]、100~300 [3]、其他降阻剂的直径放大倍数一般小于 20。因此, 对较小尺寸的接地体: $L = 2\text{ m}$ 的垂直电极, 一般降阻率小于 45%, 较大时小于 59%, 最大不超过 84%; 对水平接地体, 一般降阻率小于 32%、较大时小于 41%, 最大不超过 60%; 地网即使是 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的小地网, 最大降阻率不超过 42%。对于较大尺寸的接地体, 其降阻率会小得多。

试验得出的接地电阻降阻率为什么很高? 接地电阻应包括接地极与土壤的接触电阻。接触电阻的大小与土壤的致密性、土壤与接地体的紧密程度、土壤的电阻率有关。接触电阻随着时间的推移而逐渐减少, 可以忽略不计, 但高电阻率地区的接地体接触电阻可能难以忽略。在现场试验中, 曾发现接触电阻大于接地电阻两倍 [1]。在接地体周围使用降阻剂, 使接地电阻减小的效果, 实际包括了消除或减小接触电阻的原因在内。一般试验是在接地体埋下土进行接地电阻测量, 这时接触电阻很大, 且不施用降阻剂的接地体的接触电阻比施用降阻剂的大得多。文献 [5] 给出的降阻率偏高的原因就是因为在施用降阻剂使接触电阻减小的缘故。由于接触电阻随着土壤电阻率的增大而增大, 因此高电阻率地区使用降阻剂使接触电阻减小比低电阻率地区大。接触电阻是随时间而变化的, 用接触电阻的降阻率衡量降阻剂的性能是不正确的。土壤电阻率越低, 试验得出的降阻率就越能反映降阻剂的性能。

表面上降阻率过高的另一原因是因为试验用的接地极过短,一般小于5 m。

在应用降阻剂中,降阻率也存在着比理论值偏高的现象,主要是把不可比的数据也列在一起比较。如:文献[6]把施用降阻剂的新、旧接地体的接地电阻进行比较,文献[13]的应用信息中,是否在相同时间对施用和未施用降阻剂尺寸相同的接地体进行接地电阻测量,没有说明如果不是,这样的比较无意义。用户施用降阻剂的目的是改良接地降低接地电阻,而没有必要去进行降阻剂的使用效果试验。否则,施用降阻剂的费用将是不施用降阻剂的两倍以上,从技术和经济上考虑是不可行的。况且目前许多学者都认为降阻剂对降低接地电阻有明显效果,因此文献[5]中的表2可能是用新、旧接地体的接地电阻进行比较。旧接地体与新接地体尺寸不一定相同。因为旧接地体使用长久而受到腐蚀,直径减小,接地电阻上升,因此用新、旧接地体的接地电阻进行比较得出的降阻率就会偏高。为了降低接地电阻,新接地体往往与旧接地体相连,这样得出的降阻率将会更高。

2.2 降阻剂的应用探讨

研制降阻剂的目的是为了解决高电阻率地区的接地电阻过大和接地电阻要求很小的接地装置的接地电阻难以达到要求的问题,但由于这类接地体的尺寸较大,屏蔽作用大,使用降阻剂的接地电阻降阻率太低。如水平接地体 $L \geq 216\text{m}$ 时,降阻率最大也小于35%;地网 $S \geq 1600\text{m}$ 时,降阻率最大也小于17%。因此,对于高电阻率地区的接地体,如果用少量的降阻剂降低接地体的接触电阻还可以考虑,但如果用降阻剂降低接地体到无限远土壤的电阻就是不必要的。中型以上地网施用降阻剂也是不必要的。小尺寸地网或低电阻率地区的接地体的接地电阻偏大较易解决,也没有必要使用降阻剂。确实要采用降阻剂降低接地体的接地电阻应考虑其技术和经济性,必须慎重采用。这时,接地体的接地形式宜采用由水平接地体连接的几根施用降阻剂的垂直接地体组成的接地体。两根垂直接地体之间的距离应符合规程要求,即不小于其长度的两倍以降低屏蔽系数,同时垂直接地体之间的距离也不能太大,否则水平接地体的接地电阻将小于垂直接地体的接地电阻,降阻率也会降低。设 S 为两根垂直接地体间距离, l 为垂直接地体的长度, d_1 为接地体的直径, h 为水平接地体的埋深, d_2 为接地体施用降阻剂后的等效直径,则应符合:

$$\begin{cases} S \geq 2l \\ \frac{1}{l} \ln \frac{4l}{d_2} < \frac{1}{S} \ln \frac{S^2}{hd_1} \end{cases} \quad (1)$$

这时接地电阻应按文献[10]计算。对于接地网应采用加装分散引外接地与主地网相连的方式,地网不宜施用降阻剂,而把降阻剂施放在引外接地装置上。引外接地装置宜采用水平垂直综合接地形式。引外接地装置的中心与主地网中心间的距离为主地网最大对角线的从计长度的1~1.5倍。当选定距离后,引外接地装置的接地电阻应满足小于引外线的接地电阻的要求。文献[7]的模拟试验结果反映出引外接地是有效的。利用分散引外接地时,总的地网接地电阻采用文献[3]介绍的计算方法计算。

3 降阻剂在冲击电流作用下的降阻作用

对于尺寸不大的集中接地体,在强大的冲击电流作用下接地体表面会产生火花放电现象,结果相当于接地体的直径加大,使冲击接地电阻比工频接地电阻小。电场强度:

$$E = \delta \rho$$

式中 δ ——圆柱形表面电流密度 $\delta = I'/2\pi r$
 I' ——线电流密度

则 $E = I'\rho/2\pi r$

由于土壤与降阻剂的 I' 相同, 一般土壤的 ρ/r 比降阻剂的大, 因此土壤产生火花放电的场强低。土壤总是先产生火花放电。不管是否施用降阻剂, 当冲击电流增大到降阻剂层外的土壤产生火花放电时, 火花放电半径是相同的。降阻剂的使用起到了增大接地体直径的作用, 但并不能增大冲击电流下的火花放电直径, 而后者一般是比降阻剂的直径大, 所以降阻剂只能降低接地体的工频接地电阻, 而不能降低接地体在强雷电流下的冲击接地电阻, 也就是说, 降阻剂的使用起到了增大接地体冲击系数的作用。这一点已被文献[1]、[4]给出的试验结果所证实。

关于降阻剂对防雷接地的作用问题有不同的看法。文[8]指出, 火花放电不仅使接地极的直径增大, 而且更重要的是使它的长度增加, 火花放电的作用与降阻剂的作用不是互相抵消的。因此, 降阻剂施放后不仅能降低接地极的工频接地电阻, 而且能够有效地降低它的冲击接地电阻。按此理论, 施用降阻剂的接地体将与不施用降阻剂的接地体一样, 在小冲击电流作用下, 也随着冲击电流的增大冲击接地电阻明显地减小。但文献[4]的现场试验结果表明, 加入接地降阻剂后接地体的冲击接地电阻基本上不随冲击电流的增大而变化(2.2 m 长电极增到 12kA), 而不施用降阻剂的接地体的冲击接地电阻却随着冲击电流变化。这说明加入降阻剂后, 火花放电的作用被抵消了。虽然文献[8]的试验结果是不可否认的, 轴向火花放电比径向火花放电强烈得多, 但由于接地体的长度与直径的比达几百以上, 轴向火花放电长度与接地体的长度相比可以忽略, 而径向火花放电直径与接地体的直径相比却不可忽略。因此, 冲击电流作用下冲击电阻的减少主要是由于火花放电使接地体的等效直径增大的缘故。文献[8]的试验得出在电流较大时, 在端部的火花放电长度已可与电极的长度相比拟的结果, 是由于在大电流下接地极的冲击接地电阻不服从相似定律, 难以折算到原型接地极上。

为了使降阻剂在防雷接地中发挥作用, 必须使降阻剂的外径大到在要求的耐雷水平内土壤不发生火花放电。但降阻剂对工频接地电阻的降阻率较低, 冲击电流作用下火花放电的作用抵消了部分降阻剂的作用, 使得冲击接地电阻的降阻率更低。

对于较长水平接地体或接地网, 在强大的雷电流作用下电流分布是不均匀的, 各点的火花放电半径也有差别, 电流注入点附近的火花放电特别强烈。在不考虑火花放电作用时, 接地网的冲击接地电阻^[9]:

$$Z[t] = R \left[\left(1 + \frac{L}{3Rt} \right) + \frac{RC}{t} (e^{-\frac{t}{RC}} - 1) \right] \quad (2)$$

一般雷电流波头的时间比 RC 大得多, 所以忽略电容的作用后:

$$Z[t] = R \left(1 + \frac{L}{3Rt} \right) \quad (3)$$

控制冲击阻抗的主要因素是地网的电感。对于较长水平接地体或地网应设法减少其电感。在接地引下线附近采用集中接地以减少接地体的电感是必要的可行的。有部分学者认为使用降阻剂可以增大接地体的等效截面, 从而减小了接地体的电感。但降阻剂对接地体的电感的

影响程度如何,尚未有试验。本文认为,降阻剂的使用使接地体的等效直径扩大是由于计算接地体的接地电阻时接地体周围的降阻剂部分的电阻比降阻剂外土壤的接地电阻小得多而可以忽略不计的缘故。降阻剂的电导率与接地体的相比小得多还不能称为导体,因此即使降阻剂对减少接地体的电感有作用也是很小的,而且火花放电的作用会抵消部分降阻剂的作用。

所以在防雷接地中没有必要使用降阻剂。

4 结论

4.1 施用降阻剂的降阻率随着长度的增大而减小呈饱和趋势,随着等效直径的增大而增大呈饱和趋势。对于小尺寸的接地体,垂直电极、水平接地体、地网的降阻率最大分别不超过84%、60%、42%;对于中型尺寸的接地体,水平接地体、地网的降阻率最大分别不超过35%、17%;对于大尺寸的接地体,降阻率更小。

4.2 接触电阻是随时间变化的。包含接触电阻的降阻率衡量降阻剂的性能是不正确的。试验得出的降阻率偏高的原因,是使用降阻剂使接触电阻大大减小。有些降阻率过高是表面的,是因为试验用的接地体过短的缘故。在应用实例中降阻率偏高的原因是把不可比的数据列在一起作比较。

4.3 施用降阻剂以减小接地电阻没有必要。确实要使用降阻剂,接地形式宜采用由水平接地体连接的几根施用降阻剂的垂直接地体组成的接地体,两根垂直接地体之间的距离应符合本文的要求。地网宜采用加装分散引外接地装置的形式,引外接地装置的电阻、引外接地装置的中心与主地网中心间的距离也应符合本文的要求。

4.4 高电阻率地区,如果接触电阻很大且难以消除,可以考虑施用少量降阻剂以减少接触电阻。

4.5 降阻剂的使用只起到增大接地体的冲击系数的作用,降阻剂对接地体的电感的影响程度尚待试验证实,即使降阻剂对减少接地体的电感有作用也是很小的。所以,防雷接地中没有必要使用降阻剂。

4.6 控制冲击接地阻抗的主要因素是地网的电感,在接地引下线附近加装集中接地体以减少接地装置的电感从而降低冲击接地电阻是必要的、可行的。

参 考 文 献

- 1 曾永林. 接地技术. 北京: 水利电力出版社, 1979.
- 2 颜怀梁, 徐志鸿. 接地降阻机理及其用量研究. 电力技术, 1991(2): 66~70
- 3 刘 继. 接地优化设计及长效降阻剂应用中的若干问题. 高电压技术, 1990, 16(3): 78~84
- 4 颜怀梁. 长效固体降阻剂特性的试验研究. 电力技术, 1988(12): 58~61
- 5 张维荣. 降阻剂在高土壤电阻率地区的试验与分析. 电力技术, 1988(12): 62~65
- 6 甘肃省电信传输长线维护科. 富兰克林-民生降阻剂的试验和应用. 电力技术, 1988(12): 70
- 7 刘 继, 叶澍远, 张学鹏等. 接地装置散泄工频电流和冲击电流特性的模拟研究. 高电压技术, 1982, 8(3): 25~33
- 8 刘 力, 唐兴祚. 集中接地体冲击特性的研究. 广西电力技术, 1986, 15(3): 1~8