

已运行变电站间隔扩建工频电磁场影响分析

曾 媛,何清怀,张亚军

(四川电力设计咨询有限责任公司,四川 成都 610016)

摘 要:变电站间隔扩建是常见的电力建设方式,通过对户外变电站出线间隔扩建的电磁环境影响因素分析,说明了户外变电站间隔扩建的主要电磁环境影响因素为进出线,提出了变电站间隔扩建后的站界电磁环境影响评价方法,即非扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度采用变电站站界现状值进行评价,扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度采用变电站站界现状值叠加进出线贡献值进行评价。

关键词:变电站;间隔扩建;电磁环境;环境影响评价

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)S2-062-05

近年来,随着用电需求的持续增长,变电站出线间隔扩建已成为常见的电力建设方式。由于距离居民区较近,影响人群较广,变电站电磁环境问题成为了公众关心、媒体关注的热点问题^[1]。根据变电站站外电磁环境监测结果,户外变电站站外电磁水平超过户内变电站^[2],而户外变电站出线间隔扩建站界电磁环境影响如何预测,目前尚无资料记载和成熟经验。因此,以户外变电站出线间隔扩建为研究对象,通过对户外变电站出线间隔扩建的电磁环境影响因素及其影响程度分析,提出了变电站出线间隔扩建站界电磁环境影响预测方法,并对变电站出线间隔扩建的进出线架设方式提出了优化方案。

1 变电站出线间隔扩建电磁影响源分析

变电站内的电气设备包括主变压器、电抗器、电容器、母线桥等,资料^[3]表明,这些电气设备都会产生工频电场和工频磁场。户外变电站出线间隔扩建除增加配电装置及进出线外,变电站内的其他电气设备不变,其他电气设备在带电情况产生的工频电场和工频磁场基本无变化。因此变电站出线间隔扩建后,引起站界工频电场和工频磁场增加的因素为配电装置和进出线。

变电站配电装置通常包括断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器等。配电装置类型常分为空气绝缘开关和气体绝缘全封闭组合电气。空气绝缘开关(air insulated switchgear, AIS),配电装置的各设备独立安装,敞开式布置,靠处于大气压下的空气作为绝缘介质。气体绝缘全封闭组合电气(gas insulated switchgear, GIS),配电装置的设备全部封闭在金属接地的外壳中,在金属外壳内充入 SF₆ 气体作为绝缘介质。变电站进出线设施包括铁塔、导线、金具、绝缘子等。

变电站配电装置和进出线均位于变电站扩建出线侧,二者对非扩建出线侧站界电磁环境基本无影响,对扩建出线侧站界电磁环境存在共同叠加影响,下面分别分析二者的电磁环境影响程度。

2 配电装置电磁环境影响

配电装置的电气设备多,产生的电磁环境影响交错、叠加,难以用模式计算,因此通过比较几种不同配电装置类型和数量的典型变电站站界工频电场和工频磁场进行分析。

2.1 监测对象

本次选取的典型户外变电站及主要技术参数见表 1 所示。

表 1 典型户外变电站主要技术参数

| 变电站名称 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 电压等级/kV | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 布置方式 | 户外 | 户外 | 户外 | 户外 |
| 出线方式 | 户外架空 出线 | 户外架空 出线 | 户外架空 出线 | 户外架空 出线 |
| 主变容量/ MVA | 2×40 | 2×40 | 2×50 | 2×50 |
| 配电装置 类型 | AIS | AIS | GIS | GIS |
| 配电装置 数量/个 | 2 | 3 | 2 | 3 |

2.2 监测条件

采用电磁场测量仪,主机型号 PMM8053B/EHP50C;工频电场强度检出下限为 10^{-3} kV/m,工频磁感应强度检出下限为 10^{-6} mT,监测仪器通过国家计量部门校验,在检定有效期内,监测单位具有电磁辐射监测资质,监测期间自然环境条件及变电站运行工况见表 2 所示。

表 2 监测期间自然环境条件及运行工况

| 变电站名称 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 天气状况 | 晴 | 晴 | 晴 | 晴 |
| 温度/℃ | 17.3 | 26.3 | 20.5 | 21.7 |
| 湿度/% | 63.5 | 42.1 | 60.6 | 56.4 |
| 运行工况(有功 总功率)/MW | 20.61 | 20.45 | 23.57 | 26.12 |

2.3 监测方法

按照《500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998)、《辐射环境保护管理导则·电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10.2-1996)的规定,测点选择在变电站四周围墙外 5 m 处,避开变电站进出线,各布设 4 个监测点(每侧各 1 个点)。

2.4 监测结果与分析

典型户外 AIS 变电站监测结果见表 3 所示。典型户外 GIS 变电站监测结果见表 4 所示。

表 3 典型户外 AIS 变电站监测结果

| 监测 点位 | 甲变电站 | | 乙变电站 | |
|-------------------|---|------|---|------|
| | $E/(10^{-2} \cdot B/(10^{-4} \cdot$ $kV \cdot m^{-1})$ | mT) | $E/(10^{-2} \cdot B/(10^{-4} \cdot$ $kV \cdot m^{-1})$ | mT) |
| 1#(110 kV 出线侧) | 7.1 | 6.17 | 7.9 | 2.48 |
| 2# | 6.5 | 5.88 | 6.8 | 1.47 |
| 3# | 0.7 | 1.44 | 2.6 | 2.45 |
| 4# | 0.3 | 2.91 | 1.4 | 0.78 |

注:表中 E 表示工频电场强度;B 表示工频磁感应强度。

表 4 典型户外 GIS 变电站监测结果

| 监测点位 | 丙变电站 | | 丁变电站 | |
|-------------------|---|-----|---|-----|
| | $E/(10^{-2} \cdot B/(10^{-5} \cdot$ $kV \cdot m^{-1})$ | mT) | $E/(10^{-2} \cdot B/(10^{-5} \cdot$ $kV \cdot m^{-1})$ | mT) |
| 1#(110 kV 出线侧) | 3.6 | 3.9 | 4.6 | 2.8 |
| 2# | 0.4 | 2.7 | 1.1 | 2.3 |
| 3# | 0.3 | 2.7 | 0.3 | 2.0 |
| 4# | 0.5 | 2.3 | 0.7 | 2.8 |

注:表中 E 表示工频电场强度;B 表示工频磁感应强度。

由表 3、表 4 可以看出:

1)无论是 AIS 变电站还是 GIS 变电站,其站界工频电场强度均在 0.1 kV/m 以下,不超过国家评价标准限值 4 kV/m^[4] 的 2.5%,工频磁感应强度均在 10^{-3} mT 以下,不到国家评价标准^[4] 限值 0.1 mT 的 1%。但 AIS 变电站与 GIS 变电站相比,前者在站界处产生的工频电场强度总体上大于后者,这与 GIS 配电装置的金属外壳具有电场屏蔽作用有关^[5]。

2)无论是 AIS 变电站还是 GIS 变电站,随着配电装置数量的增加,变电站出线侧(即靠近配电装置侧)站界处,工频电场强度略有增加,但增加绝对值很小,不与配电装置数量成倍增加。变电站站街工频磁感应强度变化无明显规律,这主要是因为变电站产生的工频磁场本身就极小。

3 进出线电磁环境影响

变电站进出线电磁环境影响与进出线架设方

式、导线型号等因素相关。根据国网典型设计资料,本次以变电站采用架空出线方式,导线采用单分裂,型号为 JL/G1A-240/30,导线对地高度 10.0 m 为例,按单回出线和双回出线两种形式对变电站进出线的电磁环境影响进行预测。

3.1 单回出线

典型 110 kV 单回终端塔塔头见图 1 所示。

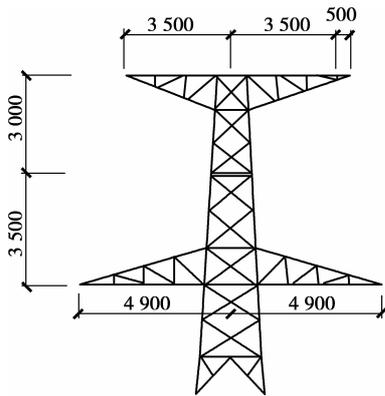


图 1 典型单回终端塔塔头

单回终端塔转角角度按 70°考虑,简化的导、地线布置示意图如图 2 所示。

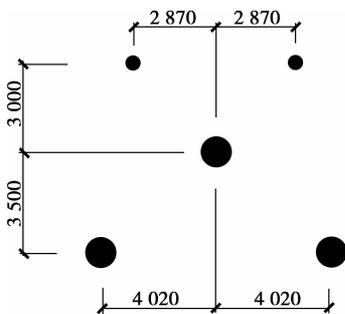


图 2 典型单回终端塔简化导、地线布置示意图

3.2 双回出线

典型 110 kV 双回终端塔塔头见图 3 所示。

双回终端塔转角角度按 70°考虑,简化的导、地线布置示意图如图 4 所示。

3.3 计算方法

进出线产生的工频电场强度和工频磁感应强度按照《500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HI/T24-1998)附录 A、B 的预测模式进行预测。

3.4 计算结果与分析

3.4.1 工频电场强度

典型 110 kV 单回出线地面上方 1.5 m 处工频

电场强度理论计算结果见表 5 和图 5 所示,双回出线在 ABCA'B'C'、ABCA'C'B'、ABCB'A'C'、ABCB'C'A'、ABCC'A'B'、ABCC'B'A' 6 种相序排列方式下,地面上方 1.5 m 处工频电场强度理论计算结果见表 5 和图 6 所示。

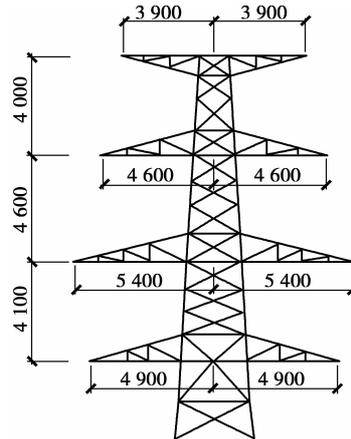


图 3 典型双回终端塔塔头

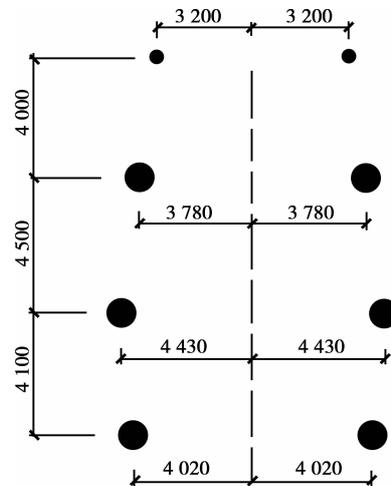


图 4 典型双回终端塔简化导、地线布置示意图

表 5 地面上方 1.5 m 处工频电场强度 kV/m

| 距中 心线 距离/ m | 单 回 出 线 | 双回出线 | | | | | |
|----------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | ABC A'B'C' | ABC A'C'B' | ABC B'C'A' | ABC B'A'C' | ABC C'A'B' | ABC C'B'A' |
| 0 | 0.553 | 1.489 | 1.094 | 0.782 | 1.431 | 0.782 | 0.443 |
| 5 | 0.906 | 1.278 | 1.047 | 0.851 | 1.236 | 0.879 | 0.713 |
| 10 | 0.730 | 0.673 | 0.606 | 0.543 | 0.652 | 0.532 | 0.489 |
| 15 | 0.409 | 0.237 | 0.225 | 0.222 | 0.236 | 0.207 | 0.204 |
| 20 | 0.223 | 0.057 | 0.056 | 0.072 | 0.074 | 0.074 | 0.073 |

续表

| | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 25 | 0.129 | 0.035 | 0.026 | 0.015 | 0.046 | 0.044 | 0.024 |
| 30 | 0.080 | 0.048 | 0.040 | 0.012 | 0.048 | 0.040 | 0.011 |
| 35 | 0.053 | 0.050 | 0.044 | 0.017 | 0.046 | 0.036 | 0.010 |
| 40 | 0.037 | 0.047 | 0.041 | 0.019 | 0.042 | 0.031 | 0.009 |
| 45 | 0.026 | 0.042 | 0.038 | 0.018 | 0.037 | 0.027 | 0.008 |
| 50 | 0.020 | 0.037 | 0.033 | 0.016 | 0.032 | 0.023 | 0.007 |

表 6 地面上方 1.5 m 处工频磁感应强度 $10^{-3} \times \text{mT}$

| 距中心线单回 距离/m | 双回出线 | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ABC A'B'C' | ABC A'C'B' | ABC B'C'A' | ABC B'A'C' | ABC C'A'B' | ABC C'B'A' |
| 0 | 6.495 | 5.797 | 5.398 | 5.023 | 5.675 | 4.767 |
| 5 | 5.502 | 5.769 | 5.097 | 4.737 | 5.605 | 4.015 |
| 10 | 3.519 | 4.635 | 3.939 | 3.399 | 4.412 | 2.480 |
| 15 | 2.114 | 3.227 | 2.743 | 2.153 | 2.994 | 1.381 |
| 20 | 1.342 | 2.230 | 1.912 | 1.384 | 2.023 | 0.789 |
| 25 | 0.911 | 1.589 | 1.374 | 0.936 | 1.419 | 0.478 |
| 30 | 0.653 | 1.174 | 1.020 | 0.622 | 1.037 | 0.306 |
| 35 | 0.490 | 0.896 | 0.782 | 0.470 | 0.785 | 0.206 |
| 40 | 0.380 | 0.704 | 0.616 | 0.367 | 0.614 | 0.145 |
| 45 | 0.303 | 0.566 | 0.496 | 0.293 | 0.491 | 0.105 |
| 50 | 0.247 | 0.464 | 0.408 | 0.240 | 0.402 | 0.079 |

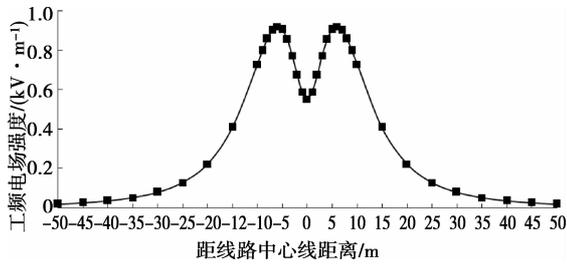


图 5 单回出线工频电场强度随距离衰减图

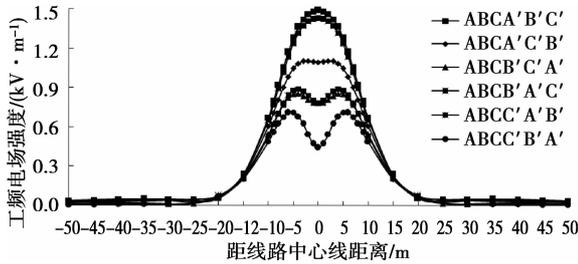


图 6 双回出线工频电场强度随距离衰减图

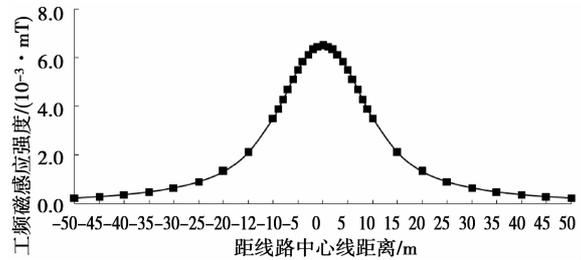


图 7 单回出线工频磁感应强度随距离衰减图

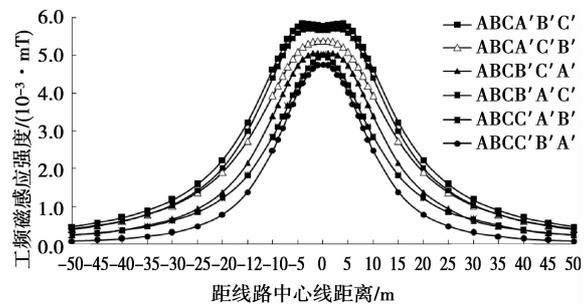


图 8 双回出线工频磁感应强度随距离衰减图

由表 5 和图 5、图 6 可以看出,采用双回出线同相序排列(ABCA'B'C')时,线路下方工频电场强度最大值为 1.489 kV/m,逆相序排列(ABCC'B'A')时,线路下工频电场强度最大值为 0.713 kV/m,前者是后者的 2.09 倍;其余排列方式时,工频电场强度介于上述二者之间。因此,从降低工频电场角度考虑,进出线宜首选双回逆相序排列方式。

3.4.2 工频磁感应强度

典型 110 kV 单回出线地面上方 1.5 m 处工频磁感应强度理论计算结果见表 6 和图 7 所示。典型 110 kV 双回出线在 ABCA'B'C'、ABCA'C'B'、ABCB'A'C'、ABCB'C'A'、ABCC'A'B'、ABCC'B'A' 6 种相序排列方式下,地面上方 1.5 m 处工频磁感应强度理论计算结果见表 6 和图 8 所示。

由表 6 和图 7、8 可以看出,采用单回出线时,线路下方工频磁感应强度最大值为 $6.495 \times 10^{-3} \text{ mT}$,采用双回出线逆相序排列(ABCC'B'A')时,线路下工频磁感应强度最大值为 $4.767 \times 10^{-3} \text{ mT}$,前者是后者的 1.36 倍,采用其余相序排列方式时,工频电

场强度介于上述二者之间。因此,从降低工频磁感应强度角度考虑,进出线宜首选双回逆相序排列方式。

4 变电站出线间隔扩建站界电磁影响预测

从前述分析可以看出,变电站配电装置和进出线均位于变电站扩建出线侧,二者对非扩建,出线侧站界电磁环境基本无影响,因此变电站出线间隔扩建后,非扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度可采用变电站现状值进行预测。

经现场监测,AIS变电站和GIS变电站站界处,工频电场强度均在 0.1 kV/m 以下,工频磁感应强度均在 10^{-3} mT 以下。经模式预测,变电站进出线产生的工频电场强度可达 1.5 kV/m 左右,工频磁感应强度可达 $6.5\times 10^{-3}\text{ mT}$ 左右。因此,变电站进出线是影响变电站出线间隔扩建后站界电磁环境的主要因素,变电站扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度增加值可由进出线产生的工频电场强度、工频磁感应强度进行预测,变电站扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度可采用变电站现状值叠加进出线贡献值进行预测。

5 结论

通过对户外变电站出线间隔扩建的电磁环境影响初步探讨,得出以下结论:

1)户外变电站进出线是影响变电站出线间隔扩建后站界电磁环境的主要因素。

2)户外变电站配电装置采用GIS,进出线采用双回逆相序排列可有效降低变电站扩建出线侧站界电磁环境影响。

3)户外变电站出线间隔扩建后,在非扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度采用变电站现状值进行预测;在扩建出线侧站界工频电场强度、工频磁感应强度可采用变电站现状值叠加进出线贡献值进行预测。

参考文献:

- [1] 樊小鹏,李丽. 变电站电磁环境管理现状概述[J]. 电力科技与环保,2014,30(4):5-8.
- [2] 吴少华. 220 kV 户内型、半户内型及户外型变电站的电磁环境监测及分析[J]. 污染防治技术,2012,25(2):42-44.
- [3] 巩延果. 500 kV 变电站站内工频电磁场检测分析[J]. 广西电力,2012,35(4):67-69.
- [4] HJ T24—1998 500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范[S].
- [5] 殷晓红,王立杰,佟瑶,等. 变电站作业场所电磁环境分析与评价[J]. 黑龙江电力,2013,35(2):162-165.

(编辑 詹燕平)