

# 500kV 架空输电线路短时增容的技术探讨

施鹏

国网冀北电力有限公司检修分公司

DOI:10.32629/hwr.v2i10.1579

**[摘要]** 随着电力需求日益增加,电网密度逐渐增大,新建线路走廊日益紧缺,而且由于规划、建设速度等方面的限制,输电线路的输送能力成为电网发展的瓶颈。因此,必须考虑如何大幅度提高现有输电线路的传输能力,以适应电力增长的需求。这也是节约新建线路数量或者降低新建线路造价的有效手段,其经济、社会效益十分显著。

**[关键词]** 500kV 架空输电线路;短时增容;技术研究

伴随着电源容量、用电需求的急剧增长以及资源能源的日益紧张和环境保护的迫切要求,需要大量新建电网输送线路或改造已有的线路,大幅度提高电网的输电能力。然而随着电网密度逐渐增大,新建线路走廊日益紧缺,而且由于规划、建设速度等方面的限制,输电线路的输送成为瓶颈。

## 1 输电线路增容方法概述

目前,国内外对如何提高输电线路输送能力的研究较多,提高输电线路容量技术主要有以下几种:特高压输电技术、柔性交流输电技术(FACTS)、串联补偿技术、动态无功补偿技术、同杆多回和紧凑型输电技术、采用大截面耐热导线、采用其它新型输电导线(例如碳纤维导线),以及输电线路静态增容技术和动态增容技术。对比上述各种提高输电线路的输送能力的方式,前七项技术均需新建线路,或者更换现有的钢芯铝绞线;特高压输电技术等前四项技术适用于跨区域长距离大容量输电,投资巨大,碳纤维导线等新材料导线还不够成熟。而静态增容技术和动态增容技术相对比较成熟、可行,不需要改造和新建线路,投资少,效益高。

### 1.1 静态增容技术

静态增容技术是指突破现行规程的规定,根据实际气象条件,改变其中用于计算线路最大载流容量的边界条件,充分挖掘导线潜力,提高输送功率的方法。以提高导线的最高允许温度为例,我国现行设计规程规定输电线路的导线允许温度限额为700C,若其他参数如环境温度、线路上的风速和日照强度完全符合规程规定,仅仅将导线的允许温度由现行规定的70℃提高到80℃或900C,从而提高导线的最大输送容量。

规程中规定的输电线路最大载流容量是在恶劣的气象条件下(环境温度400C,风速0.5m/s,日照辐射功率1000W/ml)导线最高允许运行温度(700C)时,根据导线热平衡方程计算出的线路载流量也就是线路负荷电流,指导运行。最大载流容量是在采用保守的热交换假设计算出来的,而在通常情况下实际环境温度是小于严酷的环境温度400C,风速也经常大于规定的风速0.5m/s。甚至在负荷等于热额定值时,导线温度也没有达到最高允许温度,这就使得输电线路容量有

了很大的裕度。

因此,用于计算线路最大载流量的气象条件比较严格,在实际运行中出现这样严酷的气象条件的概率很小,输电线路的最大载流量计算非常保守。为了充分挖掘线路的输送能力,提高现有输电线路的输送容量,我们以后将对静态增容技术做进一步分析和研究。

静态增容技术包括采用提高导线运行允许温度、降低运行环境温度、提高风速等措施,是提高单位走廊面积输送能力的技术措施,既可以满足电网的负荷需求,满足国家的特高压发展战略需要,满足国家环保型节约型社会建设需要,又能提高电网的经济效益,可谓一举多得,是我国电网提高输送能力的发展方向。尽管静态增容技术也可与新建线路同步建设,但静态增容技术的本质是挖掘现有钢芯铝绞线输电线路的潜力,它具有投资少、建设周期极短、无环保和征地压力等优势,是上述提高电网输送能力技术中最为经济、可行、适用范围广的增容技术之一。静态增容技术是近年来众多电力单位研究较多的一种提高输电线路输送

能力的方法。与提高输电线路电压等级、增加输电线路回数、采用新型耐热导线等措施相比,适当提高现有导线的输送容量是最为经济的方式,而且特别适用于用夏季电高峰时期的调峰以及设备检修状态下的应急。

### 1.2 准动态增容

准动态增容技术则是根据地区气象条件和季节变化,在不同的季节选择合适的气象条件来推算最大载流容量。例如,广东电力科学研究院根据广东省的环境特点和气象条件,根据年平均气温、风速、导线交叉跨越等实际情况,确定了导线正常允许电流 $I_0$ 、检修允许电流 $I_1$ 、应急允许电流 $I_2$ ,较大发挥了导线的潜力。其中, $I_0$ 是一个不受季节、时间和天气等环境条件限制,也不需考虑架空送电线路结构状态,能保证运行安全的导线允许电流值,该数值只与导线型号有关,是一个全天候的导线允许电流值。确定工、时环境温度采用了广东地区的最高气温月的最高平均气温29.90℃比按照规程计算的最大载流容量提高7%以上。检修允许电流 $I_1$ 是电网运行在“N-1”情况下时,为维持原有送电能力,其他线路以1.1~1.2倍 $I_0$ 运行,即检修允许电流

工。在调度和运行单位特殊监视下允许运行一周到几个月。应急允许电流  $I_2$  为处理电网突发事件,调度部门需要某些线路在一段时间内以 1.3~1.4 倍  $I_0$  运行,称为应急允许电流  $I_2$ 。经过核定的  $I_2$ ,在调度和运行单位特殊监视下,允许运行几小时到几天。

### 1.3 动态增容

动态增容方式就是对气象条件(环境温度、日照、风速等)进行实时动态监测,利用具体气象条件计算出导线的实际最大允许载流量。其实质是尽量充分利用输电线路当前的安全裕度,提高线路的输送容量。由于气象条件处于动态变化当中,既输电线路的当前的安全裕度也是在变化之中的,由此计算出的线路最大载流容量也随之动态变化。因为该种方式实时监测了气象条件,因而不需要为气象条件的未知变动保留裕度,从而能够最大限度地利用线路的潜力,增容效果最好。

在 N-1 运行方式或者事故应急运行方式下,在保证线路安全运行的前提下,短时间内增加导线电流到最大,以解决电网短期内负荷传输需求。通过控制大电流持续时间保证导线不发生过多的永久变形。还可以根据实际气象条件,短时间内增大输电线路负荷,使得输电导线温度按照指数曲线上升,在输电导线温度还未上升到稳态温度之前,降低负荷,从而不致导线温度过高。

## 2 影响输电线路容量的因素及研究现状

500kV 架空输电线路的输送容量的影响因素较多,如环境温度、风速、风向以及日照辐射、导线物理性质和线路所处的地理环境等都是影响线路容量的因素。一般可以采用动静两种方法来进行计算。目前,输送额定容量主要是为了防止线路负荷增加产生热故障而指定的静态热容量限值。是保守的基于恶劣气象条件为维持对地安全距离得出的。一般不允许超出设计范围,否则将造成设备故障。而影响输电线路送电能力的因素也有很多,如电压的稳定性、动态和静态的稳定性等,目前,提供输电容量的研究主要是从提高系统静态和动态稳定性以及维持电压的角度来考虑的。普遍采用柔性交流输电技术、串联补偿技术、无功补偿平衡技术、紧凑型输电技术以及同杆多回技术等,并且相关研究在实践中取得了一定的成果。

## 3 提高输电线路输送容量的判据

在基于 N-1 条件下,并在上述热平衡的基础上,对短时间内提高输电线路输送容量方案的可行性进行了分析。

### 3.1 相关应力判据

即判定输电线路可以承受的最大应力,这是由于在线路架设成功后,输电线路的应力不是固定的,而是沿着导线的方向发生变化,且还会随弧垂的改变而变动。在对输电线路应力进行计算时,需要对自重比、冰载比、风压比等进行计算。

### 3.2 输电线路弧垂的确定

若计算得到输电线路的应力小于其极限值,则弧垂的改变可以逆转。而弧垂所具有的限值,多取决于输电线路与地面之间的安全距离长度,当杆塔高度确定,假若弧垂太大,那么就可能出现安全隐患,乃至导致一些重大的放电险情等等。一般计算弧垂的方法有两种,一是按照抛物线原理进行,二是利用悬链线原理进行计算。后者主要依据是沿线长单位负荷均匀分布,其悬挂式柔索具有一定的张力。一般来讲抛物线法计算的得弧垂结果偏低,但由于悬链线公式复杂,在一般的工程设计中,采用抛物线法计算,这样就会使得导线拉得较紧,从而使其应力高于实际值。

## 4 结语

我国的电力建设和电力需求都呈现了强劲的增长趋势,这对电力输送的稳定性和安全性、输电的质量提出了更高的要求。而动态提高高压输电线路输送容量技术可以有效地利用原有的线路,解决输电瓶颈,缓解电力供需的矛盾,在提高输电线路输送容量时,应当综合考虑如风压、热容量、自重、冰重载比等因素,并计算相关的应力和弧垂,从而设计科学的提高输送容量的方案,并保证电网运行的稳定性和可靠性。而随着技术发展的日渐成熟,增容技术将在 500kV 架空输电线路中得到有效的开发,具有良好的应用前景。

### [参考文献]

- [1] 赵喆. 高压架空输电线路动态增容风险评估研究[D]. 南京理工大学, 2017, (07): 34.
- [2] 秦嘉南. 基于动态增容的输电线路高效运行关键技术研究[D]. 上海交通大学, 2015, (07): 37.
- [3] 田靖, 胡龙江. 500kV 架空输电线路短时增容的技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2015, (21): 36+39.