

高压直流远距离输电

司 德 平

王 新 绍

(平顶山市一中 河南 467001) (叶县高级中学 河南 467200)

现代远距离输电工程中并存着高压交流输电和高压直流输电两种方式。现行高中物理第二册第111页指出:“实际(交流)输电线路中,导线的电感和电容的影响也会引起很大的电压损失。要彻底解决这个问题就要用直流高压输电”。但是,现行高中物理教科书主要介绍了高压交流远距离输电,而没有详细介绍高压直流远距离输电。因此,本文就介绍高压直流远距离输电,供大家参考。

1. 输电方式的变迁

人类历史上最早的输电方式是从直流输电开始的。1874年,在俄国彼得堡第一次实现了直流输电,当时的输电电压仅100V。之后,美国爱迪生电灯公司在美国发展了一整套为白炽灯供电的直流发电配电系统,先用120V,后改用240V供电。随着直流发电机制造技术的提高,到1885年,直流输电电压已提高到6kV。但要进一步提高大功率直流发电机的额定电压,存在着绝缘等一系列技术困难。又因不能直接给直流电升压,使得输电距离受到极大的限制,不能满足输送容量增长和输电距离增加的要求。

19世纪80年代末发明了三相交流发电机和变压器,特别是发明了结构简单、运行可靠、价格便宜的异步(感应)电动机,使交流电的应用得到进一步的发展。1891年,世界上第一个三相交流发电站在德国劳风竣工,以30kV高压向法兰克福输电。由于

交流高压输电比低压直流输电电能损失小得多,美国威斯汀豪斯公司积极推广使用交流电,短时间内输电技术从直流输电转为发展交流输电。但是,随着电力系统的迅速扩大,输电功率和输电距离的进一步增加,交流输电遇到了一系列不可克服的技术困难。

20世纪30年代,大功率换流器(整流和逆变)的研究成功,为高压直流输电解决了技术困难。直流输电作为解决输电技术困难的方向之一,又重新受到人们的重视。这样,解决远距离输电的出路又戏剧性地转向了直流输电。1933年,美国通用电器公司为布尔德坝枢纽工程设计出高压直流输电装置;1954年,从瑞典本土到果特兰岛,建起了世界上第一条远距离高压直流输电工程;1977年,我国在上海市建成了第一条31kV直流输电工业性试验线路。我国超高压直流输电工程,有从葛洲坝至上海的500kV线路和青海龙羊峡至北京的输电工程。另外还有,20世纪80年代开始在舟山建造的100kV直流跨海输电试验工程。

2. 交流输电遇到的技术困难与直流输电的优点

2.1 输电线的感抗

交流输电线不但有电阻,而且还有电感。较细的导线,电阻的作用超过电感。在输电功率大,输电导线横截面积超过 95mm^2 的情况下,对50Hz的交流

1.85毫微秒输出1万焦耳的能量,可将气体介质加热成1万电子伏特的等离子体,结果压力急剧升高到几百个大气压,发生微型爆炸,产生冲击波,由此产生的反作用力,把火箭推向高空,最终把载荷送入预定轨道。

3. 激光推进火箭的发展趋势

总之,激光推进火箭虽然在世界上已提出20多年了,许多国家也进行了一些研究和试验,但对于航空航天技术仍然是一个全新的概念,真正实现激光

火箭推进在技术上还有许多难题。例如:如何加工耐高压耐冲击的大尺寸激光透镜、强激光的大气传输、高温等离子体如何控制等等。但是与传统的化学火箭相比,无论在技术上还是在经济上激光火箭都好有着显著的优势。美国宇航局的激光阿波罗计划,日本航空宇宙技术研究所与大阪府立大学联合进行的激光推进模型船的试验获得成功,都标志着激光火箭推进具有辉煌的前景。

电来说,感抗的作用会超过电阻,但对稳定的直流电则只有电阻而没有感抗。

2.2 电缆输电

输电线一般是架空线,但在一些特殊的场合,必须用电缆输电。例如,跨过海峡给海岛输电时要用水下电缆;穿过人口密集的大城市输电时要用地下电缆。电缆在金属芯线的外面包着一层绝缘皮,水和大地都是导体,被绝缘皮隔开的金属芯线和水(或大地)构成了同轴电容器。对于一条 200kV 的水下电缆,每千米的电容约为 $0.2\mu\text{F}$,每千米需供给充电功率约 $3.0 \times 10^3 \text{ kW}$,在每千米输电线路,每年就要耗电 $2.6 \times 10^7 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 。在交流输电的情况下,不仅存在无功电容电流引起的很可观的损耗,而且这个同轴电容对输电线路的末端(受电端)起旁路电容的作用,并且旁路电容随电缆的增长而增大,会增大到交流几乎输送不出去的程度。这时交流输电已无实际意义,只能用直流输电,因为电容对稳定的直流电不起作用,不会出现无功电容电流。

2.3 连网输电

现代交流供电系统是把许多电站连成一个电力网,要使电力网正常工作,就必须使网内所有的发电机同步运行,即同时达到正的最大值,同时达到负的最大值,但这在技术上是困难的。另外,交流远距离输电时,电流的相位在交流输电系统的两端会产生显著的相位差;并网的各系统交流电的频率虽然规定统一为 50Hz,但实际上常产生波动。这两种因素引起交流系统不能同步运行,需要用复杂庞大的补偿系统和综合性很强的技术加以调整,否则就可能在设备中形成强大的循环电流损坏设备,或造成不同步运行的停电事故。在技术不发达的国家里,交流输电距离一般不超过 300km。而直流输电线路互连时,它两端的交流电网可以用各自的频率和相位运行,不需要进行同步调整。

2.4 发生故障对输电的影响

交流输电需要三相平衡,任一相发生永久性故障,就会导致电网失衡而全线停电,并烧坏昂贵的高压开关和载流设备。而在直流输电线路中,各级是独立调节和工作的,彼此没有影响。所以,当一极发生故障时,只需停运故障极,另一极可与大地构成输电回路,仍可向负载输送不少于一半功率的电能,不会全线停电。其可控硅装置,能迅速、方便地调节电流和电功率,短路时保护载流设备。因此,直流输电发生故障的损失要比交流输电小。

14 卷 6 期(总 84 期)

2.5 输电功率与耗材

采用两线制的直流输电与采用三线制的三相交流输电相比,在输电线截面积相同和电流密度相同的条件下,即使不考虑趋肤效应,也可以输送相同的电功率,而输电线和绝缘材料可节约 1/3,当然也减少了 1/3 的热损。如果考虑趋肤效应和各种损耗(绝缘材料的介质损耗、电磁感应的涡流损耗、架空线的电晕损耗等),输送同样功率交流电所用导线截面积大于或等于直流输电所用导线截面积的 1.33 倍。因此,直流输电所用的线材几乎只有交流输电的一半。同时,直流输电杆塔结构也比同容量的三相交流输电简单,线路走廊占地面积也少。

3. 直流输电系统

在直流输电系统中,只有输电环节是直流电,发电系统和用电系统仍然是交流电。图 1 为高压直流输电的典型线路示意图。在输电线路的始端,发电系统的交流电经换流变压器 T_1 、 T_2 升压后,送到整流器 H_1 和 H_2 中去。整流器的主要部件是可控硅变流器和进行交直流变换的整流阀,它的功能是将高压交流电变为高压直流电后,送入输电线路。直流电通过输电线路 L_1 和 L_2 送到逆变器 H_3 和 H_4 中。逆变器的结构与整流器相同而作用刚好相反,它把高压直流电变为高压交流电。再经过换流变压器 T_3 和 T_4 降压,交流系统 A 的电能就输送到了交流系统 B 中。在直流输电系统中,通过改变换流器的控制状态,也可以把交流系统 B 中的电能送到系统 A 中去,即整流器和逆变器可以互相转换而实现连网。

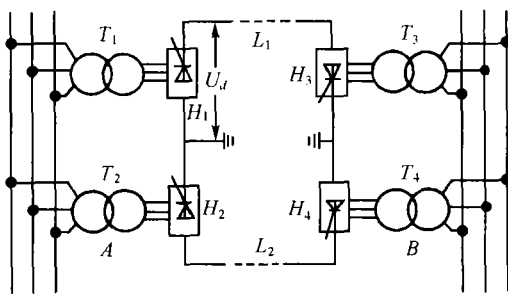


图 1

高压直流输电主要用于远距离大功率输电、海底电缆输电、非同步运行的交流系统之间的联络等方面。但是,目前换流设备存在着制造难、价格高等困难,有待研究解决。不过随着科学技术的进步,大型水电站的开发和坑口电站的建设,以及大电网的互相连接,远距离大功率的直流输电必将得到发展。