

变电站电气一次设计要点研究

孙胜远

杭州交源电力设计有限公司 浙江杭州 311200

摘要: 变电站电气一次设计关乎电力系统的安全与稳定运行。研究其设计要点,需关注主接线、设备选型、布置规划等方面。明确各部分设计的关键因素和技术要求,可提升设计质量,降低成本与风险,保障变电站可靠供电,为电力系统高效运行奠定基础。

关键词: 变电站; 电气一次设计; 主接线; 设备选型; 布置规划

引言:

随着电力需求的持续增长,变电站建设不断推进。电气一次设计作为变电站建设的核心环节,其设计质量直接影响变电站的性能与效益。深入研究设计要点,优化设计方案,对提高变电站运行的安全性、可靠性和经济性具有重要意义。

1. 主接线设计

1.1 接线方式选择

变电站电气一次主接线方式的选择是变电站设计的关键环节。不同的接线方式具有各自的特点和适用范围。例如,单母线接线方式结构简单、清晰,设备少、投资小,适用于出线回路较少的小型变电站。它的操作相对简单,但母线故障或检修时会影响到整个母线所连接的线路供电,可靠性相对较低。双母线接线方式则大大提高了供电的可靠性,当一组母线故障时,可通过倒闸操作将线路切换到另一组母线继续供电。这种接线方式适用于对供电可靠性要求较高、出线回路较多的变电站,但它的设备投资和占地面积相对较大。桥形接线又分为内桥和外桥接线,内桥接线适用于变压器不经常切换、线路较长、故障率较高的情况;外桥接线则相反,适用于线路较短、变压器需要经常切换的变电站。在选择接线方式时,需要综合考虑变电站的规模、电压等级、负荷性质、出线回路数、供电可靠性要求以及经济性等多方面因素,权衡利弊,以确定最适合的接线方式。

1.2 灵活性设计

灵活性是变电站主接线设计中不可忽视的因素。在变电站的运行过程中,可能会面临各种情况的变化,如负荷的增长、新设备的接入、运行方式的调整等,主接线应具备足

够的灵活性以适应这些变化。在负荷增长方面,灵活性设计体现在能够方便地进行扩容,例如在接线方式上预留一定的出线间隔或母线扩展的可能性,以便在未来需要增加出线回路或提高供电能力时能够顺利进行。对于新设备的接入,主接线应允许在不影响现有设备正常运行的情况下,将新设备接入系统。例如,采用可扩展的接线结构,使得在添加新的变压器或其他电气设备时,不需要对整个接线系统进行大规模的改造。运行方式的调整也是灵活性设计的重要考量内容,例如,主接线应能够方便地实现不同运行方式之间的切换,如由正常运行方式切换到检修运行方式或故障应急运行方式等,通过合理的开关配置和连接方式,确保在各种运行方式下变电站都能安全、稳定、高效地运行。

2. 设备选型要点

2.1 变压器选型

变压器选型是变电站电气一次设计中的重要部分。首先要考虑变压器的容量,它应根据变电站的负荷计算结果来确定。负荷包括变电站所供电区域的现有负荷以及未来的负荷增长预测,选择合适容量的变压器可以确保在满足当前供电需求的同时,避免因容量过小而在未来负荷增长时出现过载现象,或者因容量过大而造成设备投资浪费和运行效率低下。其次,电压等级是变压器选型的关键因素之一,变压器的电压等级要与变电站的输入和输出电压等级相匹配,以保证电能的正常转换和传输。再者,变压器的类型也需要根据具体情况进行选择,如油浸式变压器具有散热好、成本低等优点,适用于户外变电站;而干式变压器具有防火、防爆、维护简单等特点,更适用于室内变电站或对防火要求较高的场所。

2.2 断路器选型

断路器在变电站中起着控制和保护电路的重要作用,其选型需要综合多方面因素。首先是额定电压和额定电流,额定电压必须不低于所在电路的最高工作电压,额定电流要能够满足电路正常运行时的最大电流需求,以确保断路器在正常和故障情况下都能可靠工作。其次,断路器的开断能力是一个关键指标,它应能够开断电路可能出现的最大短路电流,这关系到变电站在短路故障时能否及时切断电路,保护设备和人员安全。不同类型的断路器如油断路器、真空断路器、SF₆断路器具有不同的开断能力和适用范围。例如,真空断路器具有灭弧性能好、寿命长、维护简单等优点,在中低压变电站中得到广泛应用;SF₆断路器则具有开断能力强、断口电压高的特点,适用于高压和超高压变电站。

3. 布置规划原则

3.1 总体布局规划

变电站的总体布局规划需要综合考虑多方面因素,以实现变电站的高效、安全运行。首先,要根据变电站的电压等级、规模和功能进行分区布局。一般来说,变电站可分为主变压器区、配电装置区、控制室、辅助设施区等不同区域。主变压器区是变电站的核心区域,应位于变电站的中心位置或靠近电源侧,以便于电能的传输和分配。配电装置区根据电压等级的不同可进一步细分,如高压配电装置区、低压配电装置区等,不同电压等级的配电装置应按照电压等级从高到低的顺序依次排列,以减少不同电压等级之间的相互干扰。控制室应位于便于观察和控制整个变电站运行的位置,通常靠近配电装置区。辅助设施区包括变电站的消防设施、通风设施、给排水设施等,应根据其功能和使用要求合理布局。其次,要考虑设备之间的连接关系,尽量缩短设备之间的连接长度,以减少电能损耗和降低建设成本。例如,主变压器与配电装置之间的连接应尽可能直接,避免迂回连接。

3.2 防火防爆设计

变电站的防火防爆设计是保障变电站安全运行的重要环节。在变电站中,存在着许多易燃易爆的设备和物质,如油浸式变压器中的变压器油,一旦发生火灾或爆炸,将对变电站造成严重破坏。首先,在设备选型上就要考虑防火防爆要求,如选用干式变压器或采用防火性能较好的油浸式变压器,对于可能产生火源的设备如断路器等,要选择具有防爆功能的型号。其次,在变电站的布局上,要将易燃易爆设备

与其他设备分开布置,设置合理的防火间距。例如,油浸式变压器应单独设置在防火防爆的小间内,小间的墙壁应采用防火墙,且与其他建筑物或设备保持一定的安全距离。再者,要配备完善的消防设施,如火灾自动报警系统、灭火系统等。火灾自动报警系统能够及时发现火灾隐患,灭火系统则可以在火灾发生时迅速进行灭火。

3.3 检修维护通道

检修维护通道的设计是变电站布置规划中的重要内容。检修维护通道为变电站设备的日常检修、维护和故障处理提供了必要的空间。首先,通道的宽度要满足设备运输和人员通行的要求。在设备运输方面,要考虑到大型设备如变压器、开关柜等的运输尺寸,通道宽度应保证这些设备能够顺利通过,避免在运输过程中对设备造成损坏或对周围设备造成影响。对于人员通行,通道宽度应能满足维修人员携带工具和设备安全通行的要求。其次,通道应具有良好的可达性,能够方便地到达变电站的各个设备区域。例如,在变电站的不同电压等级配电装置区、主变压器区等都应有直接或间接的通道相连,以便维修人员能够快速到达需要检修的设备位置。

4. 接地设计要求

4.1 接地系统类型

变电站的接地系统类型主要有工作接地、保护接地和防雷接地等。工作接地是为了保证变电站电气设备的正常运行而进行的接地,例如变压器中性点的接地,它能够稳定系统电压,为电力系统的正常运行提供参考电位。保护接地是为了防止电气设备的金属外壳带电而危及人身安全所设置的接地,当电气设备的绝缘损坏时,通过保护接地将漏电流引入大地,使设备外壳保持为零电位,从而保护人员免受触电危险。防雷接地则是为了将雷电引入大地,保护变电站免受雷击的破坏。防雷接地系统通过避雷针、避雷线等接闪装置将雷电引向自身,然后通过接地装置将雷电电流迅速泄入大地。在变电站中,这三种接地系统通常是相互关联、相互作用的,有的接地装置可能同时承担多种接地功能,如变电站的主接地网既可以作为工作接地的接地装置,也可以作为保护接地和防雷接地的接地装置,这种综合接地系统能够有效地提高变电站接地的可靠性和安全性。

4.2 接地电阻计算

接地电阻的计算是变电站接地设计的重要环节。接地

电阻的大小直接影响到接地系统的性能,接地电阻越小,接地效果越好。对于工作接地,接地电阻的计算要根据变电站的电压等级、系统运行方式等因素来确定。例如,在中性点有效接地系统中,接地电阻的要求相对较低,一般要求不超过规定的值,以保证系统的稳定性。保护接地的接地电阻计算则要考虑设备的漏电电流和人体的安全电流,根据相关标准规定,当漏电电流通过保护接地装置流入大地时,在人体接触设备外壳时所承受的电压应低于安全电压,通过计算确定保护接地电阻的大小。防雷接地的接地电阻计算要考虑到雷电电流的大小和接地装置的散流能力,一般来说,防雷接地电阻应尽可能小,以保证在遭受雷击时能够迅速将雷电电流泄入大地,减少雷电过电压对变电站设备的破坏。

5. 防雷设计策略

5.1 直击雷防护

直击雷防护是变电站防雷设计的重要组成部分。直击雷是指雷电直接击中变电站的建筑物、设备等,其能量巨大,破坏力极强。首先,在变电站的建筑物顶部安装避雷针或避雷带是直击雷防护的常见措施。避雷针通过尖端放电原理,将雷电吸引到自身,然后通过引下线将雷电电流导入大地。避雷带则是沿着建筑物顶部边缘敷设的金属带,它能够保护建筑物顶部免受直击雷的袭击。在选择避雷针或避雷带时,要根据变电站的规模、建筑物高度等因素确定其高度、数量和保护范围。其次,对于变电站内的高耸设备,如变压器、断路器等,也需要采取直击雷防护措施。例如,可在设备顶部安装独立避雷针或避雷线,将设备纳入避雷针或避雷线的保护范围内。同时,引下线的设置要合理,引下线应尽量短而直,以减少雷电电流在引下线上的电感,并且引下线要与接地装置可靠连接,确保雷电电流能够迅速、安全地泄入大地。

5.2 感应雷防护

感应雷防护在变电站防雷设计中同样不可忽视。感应雷是由于雷云之间或雷云与大地之间的静电感应或电磁感应而产生的过电压。当雷云接近变电站时,会在变电站的架空线路、设备等上感应出电荷,一旦雷云放电,这些感应电荷就会形成过电压,对变电站设备造成破坏。首先,在变电站的进、出线端安装避雷器是感应雷防护的重要措施。避雷器能够在感应过电压超过其动作阈值时迅速导通,将过电压限制在一定范围内,从而保护后面的设备免受高电压的损

害。常见的避雷器有氧化锌避雷器,它具有良好的非线性特性,能够有效地限制过电压。其次,对于变电站内的弱电系统,如通信系统、自动化控制系统等,也需要进行感应雷防护。可采用屏蔽、接地、等电位连接等措施,屏蔽可以减少外界电磁场对弱电系统的干扰,接地能够将感应电荷及时导入大地,等电位连接则可以避免弱电系统内部出现电位差而导致设备损坏。

5.3 雷电过电压保护

雷电过电压保护是一个综合性的概念,涵盖了直击雷防护和感应雷防护等多种措施。在变电站中,雷电过电压保护需要从多个方面入手。首先,要建立完善的防雷接地系统,防雷接地系统是雷电过电压保护的基础,它能够迅速泄入大地,降低雷电过电压对变电站设备的威胁。其次,要合理选择和布置防雷设备,如避雷针、避雷带、避雷器等。这些设备应根据变电站的具体情况,如电压等级、设备布局等进行合理的选择和布置,以形成一个有效的防雷体系。再者,要加强变电站的绝缘配合,绝缘配合是指在变电站中各种电气设备的绝缘水平与防雷设备的保护水平之间的协调关系。通过合理的绝缘配合,可以确保在雷电过电压作用下,设备的绝缘不会被击穿,从而保护设备的安全运行。此外,还要考虑到雷电过电压对变电站二次系统的影响,对二次系统采取相应的保护措施,如采用浪涌保护器等,以保护二次系统的电子设备免受雷电过电压的破坏。

6. 结束语

变电站电气一次设计要点的研究,为设计工作提供了重要指导。通过合理设计主接线、科学选型设备、优化布置规划等,可确保变电站安全稳定运行。未来需不断探索创新,提升设计水平,以适应电力系统发展的新需求。

参考文献:

- [1] 陈赛男. 变电站一次系统电气主接线设计方案分析[J]. 科技创新与应用, 2020(03): 96-97.
- [2] 张东旭. 变电站电气一次设计面临的问题及改善对策[J]. 通讯世界, 2020, 27(02): 188-189.
- [3] 黄真. 变电站电气一次设计思考[J]. 花炮科技与市场, 2020(01): 233-234.
- [4] 鲁祥凤. 变电站电气工程设计的问题分析[J]. 集成电路应用, 2019, 36(12): 60-61.