

电力电子技术在电力传输和分配中的应用

余定成

郑州轻工业大学, 河南 郑州 450002

DOI: 10.61369/SSSD.2025060004

摘要： 随着科学技术的不断发展，电力电子技术在电力系统的应用展现出很大的发展潜力，电力系统的数字化转型也为电力电子技术提供了更为广阔的应用场景。基于此，本文针对电力电子技术在电力传输和分配中的应用展开研究，明确了电力电子技术的定义与基本原理，阐述了该技术在电力传输中降低输电损耗、实现线路无刷电压调节的具体应用，提出了提升其应用效果的方法，旨在为电力行业相关研究和实践提供参考。

关键词： 电力电子技术；电力传输；电力分配；输电损耗；配电网络优化；电能质量

Application of Power Electronics Technology in Power Transmission and Distribution

Yu Dingcheng

Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002

Abstract： With the continuous development of science and technology, the application of power electronics technology in power systems has shown great development potential, and the digital transformation of power systems has also provided a broader application scenario for power electronics technology. Based on this, this paper conducts research on the application of power electronics technology in power transmission and distribution, clarifies the definition and basic principles of power electronics technology, expounds the specific applications of this technology in reducing transmission losses and realizing brushless voltage regulation of lines in power transmission, and puts forward methods to improve its application effect, aiming to provide references for relevant research and practice in the power industry.

Keywords： power electronics technology; power transmission; power distribution; transmission loss; distribution network optimization; power quality

引言

在社会经济飞速发展的当下，电力已成为支撑各行各业运转和人们日常生活的核心能源。随着用电需求的持续攀升以及新能源的大规模接入，传统电力系统面临着输电效率低、稳定性差、配电网络难以适应复杂负荷变化等诸多挑战^[1]。在此背景下，电力电子技术凭借其电能的高效变换和精确控制能力，逐渐成为现代电力系统升级改造的关键支撑技术。在电力传输领域，电力电子技术打破了传统交流输电的局限，实现了远距离、大容量的高效电力输送；在电力分配环节，通过智能设备的应用和精准的电能质量监测，优化了配电网络的运行，保障了供电的可靠性和稳定性。因此，深入研究电力电子技术在电力传输和分配中的应用，具有重要意义。

一、电力电子技术的定义与基本原理

电力电子技术是一门融合了电力学、电子学和控制理论的交叉学科，它主要研究如何利用电力电子器件对电能进行变换、控制和传输，以满足不同用电设备和电力系统的需求。电力电子技术的基本原理是利用半导体器件的导通和截止特性，通过控制器件的开关状态和工作周期，实现对电压、电流和功率的

调控^[2]。常用的电力电子器件包括晶闸管、绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、门极可关断晶闸管（GTO）等。这些半导体器件具有单向导电性或可控导电性，通过外部电路的控制信号，可以在导通和截止两种状态之间快速切换。在实际应用中，通过合理设计电路拓扑结构，将这些电力电子器件组合成各种变换器，如整流器、逆变器、斩波器等。整流器能够将交流电转换为直流电，逆变器则可将直流电转换为交流电，斩波器可以实现直流电

的电压调节。通过控制这些变换器中电力电子器件的开关时间和顺序,就能精确地改变输出电能的电压、电流、频率等参数,从而实现对电能的有效控制和变换^[3]。例如,在交流电机调速系统中,电力电子逆变器可以将固定频率的交流电转换为频率可调的交流电,通过改变输出频率来调节电机的转速,实现电机的高效运行。在新能源发电系统中,整流器和逆变器的组合可以将太阳能电池板或风力发电机产生的直流电或变频交流电转换为符合电网标准的交流电,实现新能源的并网发电。

二、电力电子技术在电力传输中的应用

电力传输是将发电厂电能输送到用电地区的重要环节,其效率和稳定性影响电力系统整体性能。电力电子技术的应用,有效解决了传统输电方式的诸多问题。

(一) 采用电力电子器件降低输电损耗

传统交流输电在传输的过程中,传输损耗较大,且在传输过程中也会有较大的电阻损耗(与电流平方成正比)与电抗损耗(远距离的输电将更加明显),电压容易因受负荷、线型、线径参数等原因改变而造成波动,会危害传输质量与稳定度^[4]。采用高压直流输电技术(HVDC)的电力电子技术能节省大量的能源消耗,以及调压调流的使用,从而使效率和稳定性提高。HVDC系统由变流站、直流线缆与管理系统组成,采用电力电子产品实现交流变为直流的流程^[5]。相比交流传输的方式而言,HVDC有明显的优势:其一,能量消耗少,没有电感性的能量损耗,同样的功率电压下电阻能量损耗更小,可实现千里长距离大容量的输送;其二,能对电压电流进行很好的调节,快速反应,稳定性能增强^[6];其三,能对接不同的交流电源网络,实现跨地区大容量输送,提高运营的灵活性和安全性^[7]。

(二) 线路无刷电压调节

传统机械式的有刷调压器改变变压器抽头进行调压,控制速度慢、精度低且大量维护不易满足现代要求。电力电子技术能够对无刷电压进行调整,主要依托于静止无功补偿器(svc)、静止同步补偿器(statcom)等装置,其能够及时检测到电压改变,控制电力电子元件的开关状态,还可以及时的注入无功功率或吸收无功功率,这样可以对其作出及时而准确的调整^[8]。SVC由采用晶闸管控制的电抗和电容器组成,通过调整接入电抗器的接入角对无功的输出进行电压控制;而STATCOM通过全部采用可变电力电子器件构成的电压源的逆变器,利用对输出电压进行控制实现对无功的作用,使得其实现快速反应、覆盖范围大、功耗小的良好功能特性,在增强电压稳定性能方面比其他装置具有更加出色的表现,可以使其线路保持电压稳定,避免对装置以及负荷产生不利影响^[9]。

三、电力电子技术在电力分配中的应用

电力分配是将电能分配到用户的环节,其合理性和可靠性关乎用户体验。电力电子技术为优化配电网、提高电能质量提供

了有效方案。

(一) 采用智能电力电子设备优化配电网

随着工作量的增加与电网规模的扩大,常规的供电网出现了负荷不均衡、可靠性低、损耗高这三大缺陷,当分布式电源加入后,这一缺点则更加明显,它们的发电量是不稳定的间歇性,它对电网参数的影响,常规电网无法实现有效地控制。而依托于电力电子技术可实现智能的电力电子装置调整及优化配电网^[10]。如电力电子变压器(PET)、固态断路器(SSCB)等,它具有高度可控制、智能化的特点,可以精准有效地进行调控及管理。PET是一种新型的变压器,可以实现变压、隔离、输送等,并且其可控性非常好、小巧、轻便、效率高、速度快,适于分布式能源的注入和负荷的变化,能补充无功损耗而降低谐波的影响,提高电能的质量。SSCB是用电力电子元件作开关的固态断路器,具有快速断开、无电火花、稳定性强,能及时切断故障电流,减少不良影响,并且可以通过自动化的系统实现远方监控,提高了工作的安全性和自动化水平^[11]。

(二) 监测电能质量

电能质量包括电压不对称、频率偏移、谐波等,影响了机器的运行、降低了系统的效率,甚至造成损坏^[12]。运用电力电子技术制造的电能质量的检测设备,如分析仪等设备可以持续监测配电网的参数,并应用数字信号处理技术和通信技术,将信息传输到观察站从而完成远程数据分析作业。对于控制方面,主动式电力滤波器(APF)通过对负荷的谐波进行识别,继而产生反方向补偿电流以清除它们,准确性高,响应迅速,广泛适用;被动式电力滤波器由一些无源器件组成,通过共振将特定的谐波吸出,结构简单,成本低廉,结构稳定^[13]。除此之外,动态电压修复器(DVR)能在电压发生变化时,输入补偿电压,使负载一侧电压稳定,降低其他影响。

四、电力系统中提升电力电子技术应用效果的方法

(一) 系统分析

电力系统复杂,进行系统分析能够提升电力电子技术的应用效果,确保电力电子技术与电力系统的协调运行。第一,全面分析电力系统整体结构和运行特点。相关工作人员要对系统的整体情况进行分析,了解该系统的负荷分布情况和网络拓扑等情况,分析出不同工作环境下各个参数的变化规律,包括电压、电流等,这样能够确定出电力电子技术的具体应用场景,为后续选择不同的电力设备提供依据^[14]。第二,分析电力设备和电力系统之间的相互作用。应用电力电子设备后,电力系统的阻抗特性等会发生变化,进而出现谐波放大、电压不稳定等问题。因此,相关工作人员要对两者的相互作用情况进行分析,提前建立相应的数字模型,通过仿真分析预测出应用后可能产生的影响,进而可以提前制定一些措施,避免发生不良后果。相关人员还要对技术应用经济性进行分析,考虑它的投资成本和维护成本等,这样选择出更为适宜且性价比较高的方案,发挥电力电子技术应用效果。

（二）优化能量转换器

能量转换器是电力电子技术应用的核心部件，优化其性能能够提升应用效率和功率密度，进而降低电力系统损耗，提升整个系统的性能。第一，优化能量转换器的拓扑结构。不同的网络结构存在不同的运用环境，因此对它进行深层探索，进行一些改善措施，从而减少转换元件数目，降低转换损失，增加转换效果。以逆变器设计为例，使用多级电平网络结构能使转换元件的工作压力降低，同时减少了谐波的影响，提高输出的信号品质。第二，改变能源转换设备的控制策略。针对能源转换设备引入新型控制技术可提高能源转换设备的动模速动性、稳定性及抗扰动的特性。例如，采用模型预估控制（MPC），根据系统梳理模型及当前的工作状态预测生产未来输出的状态，进而选择最优的控制变量，使能源转换设备的输出跟随目标变化，具有良好的动力特性及抗扰特性。第三，将设备的热量传递装置进行优化处理。因为设备在运行的过程中会产生很高的热量，如果不能通过相应的手段传导出这股热量，那么就会使得设备内部的温度产生升高的效果，对其效率与使用寿命具有不良影响，还可能会引发错误行为。因此我们就可以借助性能优异的热量传递介质与形态加强传递的效果，进而实现设备在相对常态的环境温度下运行的目标。

（三）采用先进的功率半导体器件

功率半导体器件是基础，性能影响设备性能。采用新型器

件可提高效率、开关速度和可靠性，拓展应用范围。碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）等新型器件性能优异。SiC 器件禁带宽度大、击穿电场强等，能在更高温度、电压和频率下工作，损耗更低，如 SiC MOSFET 提升设备效率和功率密度；GaN 器件高频特性好、导通电阻小等，适用于中高频中小功率领域，可减小设备体积重量，提高效率和可靠性。采用这些先进器件，能推动电力电子技术更广泛应用^[15]。

五、结束语

综上所述，电力电子技术作为现代电力系统的关键支撑技术，在电力传输和分配中发挥着越来越重要的作用。通过采用电力电子器件，实现了输电损耗的降低和线路无刷电压调节，提高了电力传输的效率和稳定性；在电力分配中，智能电力电子设备的应用优化了配电网络，电能质量监测技术保障了供电质量。随着科技的不断进步，电力电子技术将不断创新和发展，其在电力系统中的应用将更加广泛和深入，为社会经济的可持续发展提供坚实的能源保障。

参考文献

- [1] 陶璐, 许杨. 基于电力电子技术的新型照明电源在电力系统中的谐波分析与抑制策略 [J]. 中国照明电器, 2025, (03): 144-147.
- [2] 姚美娇. 构建新型电力系统需融合数字技术和电力电子技术 [N]. 中国能源报, 2023-09-11(002). DOI:10.28693/n.cnki.nshca.2023.001512.
- [3] 马艳菊. 电工电子技术在电力系统无功补偿自动控制方面的应用分析 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2023, 36(04): 13-15+20.
- [4] 侯力媛. 电力电子技术在智能电力系统中的应用价值分析 [J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(02): 114-117.DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2023.2.027.
- [5] 孔强, 曹艳君. 电力电子技术在电力系统中的应用 [C]// 上海筱虞文化传播有限公司. Proceedings of 2022 Academic Forum on Engineering Technology Application and Construction Management(ETACM 2022)(VOL.1). 迪尔集团有限公司; , 2022: 93-95.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.052587.
- [6] 吴毅, 张莉, 张土前. 电力电子技术在无功补偿自动控制中的实践分析 [J]. 无线互联科技, 2021, 18(22): 82-84.
- [7] 余娜. 采用先进电力电子技术构建新型电力系统 [N]. 中国工业报, 2021-11-11(002). DOI:10.28076/n.cnki.ncgyb.2021.002055.
- [8] 邹梦丽. 电力电子技术在电力系统中的应用 [J]. 江西电力职业技术学院学报, 2021, 34(08): 13-14+19.
- [9] 李开省. 飞机电力系统技术研究 [J]. 航空工程进展, 2021, 12(02): 1-11.DOI:10.16615/j.cnki.1674-8190.2021.02.01.
- [10] 蒋佳妮, 田璐羽. 无功补偿自动控制中电力电子技术的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (06): 98-99.DOI:10.20109/j.cnki.etsse.2021.06.044.
- [11] 蒋羽鹏. 电力电子技术在电力系统中的应用及发展 [J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(02): 97-98.DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2021.2.045.
- [12] 颀风. 电力电子技术在电力系统中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2020, (23): 218-219.DOI:10.20109/j.cnki.etsse.2020.23.101.
- [13] 谢聪. 电工电子技术在电力系统中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2020, (21): 213-214.DOI:10.20109/j.cnki.etsse.2020.21.092.
- [14] 周龙, 韩钦, 扎西顿珠, 等. 电力电子技术在电力系统中的新型应用研究 [J]. 内江科技, 2019, 40(09): 29+35.
- [15] 马伏军, 陈敏, 赵晋斌. “电力系统中的电力电子技术”专栏特约主编寄语 [J]. 浙江电力, 2019, 38(04): 1.