

电力电子技术在电气工程中的有效应用分析

孙发杰

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司

摘要：电力电子技术是电气工程的重要生产技术，有必要对这方面进行深入研究。本文将电力电子技术作为研究对象，简单叙述其基本应用性能，整理其在电气工程中的应用价值，整理其应用基本原则，从软开关控制装置、电路保护装置、自动化智能监控、电气设备故障排查、静止无功补偿装置等维度，详细分析电力电子技术在电气工程中的有效应用，旨在为更多电气工程开发建设单位提供技术指导，提升电力电子技术的应用质量，助力社会各个领域的健康发展。

关键词：电力电子技术；电气工程；技术应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.079

前言

基于电子技术的电力电子技术，可以有效提升电力资源的控制质量，应用在电气工程领域，能够明显降低电力资源消耗量，稳定提升电气工程运行效率，保障各个生产系统的稳定运行。为提升电力电子技术在电气工程中的应用效果，需要对相关内容展开全面分析，保障电气工程的高效率开发与运行。

一、电力电子技术基本应用性能

对于电力电子技术的基本应用性能，可以整理为以下几点：第一、电力资源的高效率转换。电力电子技术可以通过预先设置的运行程序，以开关形式对电源的有效值做全面管控，让电源电压在工作过程中，可以保持最佳的工作条件，实现电力资源的高效率转换；第二、拥有较高的运行可靠性。实现电力电子技术的功率电子器件，拥有较高的运行可靠性，使用寿命长，不容易出现严重的运行故障，可以为电气系统稳定运行提供保障。而且，电力电子技术也可以利用智能化控制模式，让电气系统实现自动化管控，极大降低工作人员可能出现的人工干预问题，再次提升电气系统的运行稳定性；第三、拥有较强的灵活性。对于功率电子器件，可以根据工作条件、需求，对于开关控制系统做合理调整，在变频控制、PID（Proportional Integral Derivative，比例积分微分）调节等工作状态下做有效切换，进而提升电力电子技术的使用灵活性^[1]。

二、电力电子技术在电气工程中的应用价值

（一）提升电力系统运行的便捷性

因为电力电子技术可以对电路开关状态进行有效控制，完成电力的调节、变换等操作任务，让电力系统实现精准调节，以及更便利的控制条件，进而有效提升电力系统运行的便捷性。比如电力电子技术通过功率电子

变换器，调节电力系统的电源电压、电流，控制生产电气设备的电机启停、正反转等操作。实现这个功能仅需要设置结构简单的控制器，相比于常规机械控制模式，电力电子技术可以省略大量机械元件的采购，减少开发控制电路的成本，有效提升电力系统的工作效率。

（二）提升电力系统的适应性能

在电力系统中应用电力电子技术，可以做功率的快速转换与有效控制。比如通过控制电源电压、电流等各项参数，完成电力系统中的电气设备功率转换或精准控制，让电力系统获得更强的工作环境适应能力。电力电子技术也可以让多套电气系统实现有效的互联互通，构建一个区域范围内的智能控制网络，让电力系统实现智能化控制，进而对例如电机系统的速度、转矩等参数做更为精准的控制。既可以稳定提升电力系统的自动化水平，也可以进一步提高电力系统的适应性能。

三、电力电子技术在电气工程中的应用基本原则

若想在电气工程运行条件下充分应用电力电子技术，就需要遵循以下基本原则，妥善展开相关工作内容：首先，需要对电气系统进行全方位的实时监控，并开展必要的检测工作，减少电力电子技术运行的负面影响；其次，确保电力电子技术的所有控制指令可以在最短时间内快速输入，并保持正确的控制指令正常输出，即在输入输出环节做妥善的管理控制，避免在输入输出过程中出现信息误差、指令错误问题；再次，对于整个电气系统的管理结构要做到必要的优化处理，将电力电子技术的操作流程做精简化处理，确保电气工程的各项生产作业流程得到更合理的优化改造，为电力电子技术提供良好的应用条件；最后，如果在应用电力电子技术过程中，涉及工作人员参与的环节，需要保证人工操作的安全性，以及人工作业环节与无人控制环节的有效衔接。站在整个电气工程安全运行的角度，详细分析电力电子技术使用过程中可能出现的负面影响因素，并设计相应的处理方案，保障合理规避电气系统运行风险，实现电气工程的长时间稳定安全生产。

四、电力电子技术在电气工程中的有效应用

（一）软开关控制装置

作为电力电子技术在电气工程中的典型应用模式，软开关控制装置可以根据电气工程的运行需求，进行高频率的开关控制，在突发情况下快速关断。相比于常规的硬开关控制装置，基于电力电子技术下的软开关控制装置在开关频率方面得到大幅度提升，并且在开关操作的过程中，也不会产生过大的装置损耗问题，可以保障

电气工程的运行安全性。对于软开关控制装置，其是通过若干电感、电容，形成谐振回路，让控制开关管实现快速的导通与关断操作，让电气工程的各种电气设备实现电流开关的平滑控制，以此达到软开关控制的效果。除此之外，软开关控制装置也具备过流保护、过压保护等保护功能，在电气工程的各类电气设备可以实现安全运行。变频调速器、电力电容器等设备，均可以加装软开关控制装置，让其获得更高质量的电力资源，合理控制电气设备运行期间的能量损耗，有效降低谐波污染，提升电气设备运行的稳定性。在应用电力电子技术过程中，可以考虑以下几种典型软开关控制装置：第一种、准谐振变换器。通过谐振现象，让软开关控制装置的电压、电流保持正弦规律变化，以此实现零电压关断或是零电流开通的效果，这种类型的软开关控制装置为谐振变换器。比如典型的准谐振变换器，谐振元件仅参与电力资源变换的某个环节，在正向电路与反向电路的参数存在差异时，谐振振荡频率、电流幅值不同，产生不对称的振荡现象。一般情况下，准谐振变换器的正向正弦半波；第二种、零开关PWM变换器。在准谐振变换器的设计基础上，增加辅助开关管，用于控制谐振元件的谐振，在恒定频率下进行有效控制，就是PWM（Pulse width modulation，脉冲宽度调制）控制模式。这种零开关PWM变换器既拥有软开关特点，也具备PWM恒频调宽使用性能。对于零开关PWM变换器，谐振元件的谐振工作时间一般为开关周期的1/10；第三种、零转换PWM变换器。零开关PWM变换器与零转换PWM变换器本质相同，但是后者是采用谐振网络并联主电子开关的设计模式。开关转换过程中，谐振网络会生成谐振，进而达到零开关的效果。在结束开关转换后，电气系统又会保持正常PWM工作模式。辅助电路以并联形式与主功率回路进行连接，但是仅在开关管开关阶段保持工作状态，其余时间保持非工作状态，极大降低环流能量的处理工作量，进而有效控制辅助电路的损耗^[2]。

（二）电路保护装置

电路保护装置作为保护电气工程的电力设备，主要功能是避免发生电气系统过载、短路现象，合理规避接地安全事故。在电气工程出现电路故障时，电路保护装置会立刻捕捉到电流、电压的异常情况，并对电路故障部分进行自动切断，等待之后的维修工作，避免扩大电路故障，增加电气工程的维修成本，保护工作人员的人身安全。对于电路保护装置中电流互感器、电压互感器，负责将高电压、高电流进行转换，以低电压、低电流的形式，为继电器与微处理器提供便利的判断条件。继电器则是电路保护装置的重要组成部分，在接收到电流互感器与电压互感器传递的信号，可以根据预先设置的程序判断电流、电压是否处于正常范围内。如果超过这个范围，会自动切断问题电路。在电气工程电路保护装置选择方面，可以从过压保护、过流保护、过温保护

三个角度展开相关工作，保障电力电子技术的高效应用：对于过压保护装置，其主要是预防问题电路的后续电路受到瞬态高压影响，发生损坏现象，例如压敏电阻、瞬态抑制器等。在过压保护装置选择方面，需要保证关断电压大于110%的电气系统线路最大工作电压。限制电压需要低于被保护的电气系统线路可以承受的最大瞬态电压；对于过流保护装置，主要考虑保险丝。通常情况下，在熔断器电路断开时，会产生电弧，要保证保险丝可以承受两端的电路电压，在选择方面，需要保证保险丝拥有较高的安全裕度，即可以在电弧发生前与电弧发生时，可以有效反应并断开。在选择保险丝时，可以考虑其额定电流、额定电压、使用寿命、结构特点等参数。又因为保险丝在接触到熔化热量阈值的热量时，会出现熔化现象，在工作环境温度偏低时，熔断时间会出现变化，所以在参数选择方面，还需要关注保险丝的工作环境温度、压降等参数；对于过温保护装置，即NTC（Negative Temperature Coefficient，负温度系数）热敏电阻，在温度升高时，NTC热敏电阻的电阻值则会呈非线性状态下降。在选择NTC热敏电阻时，需要考虑其最大额定电压、滤波电容值，以及加装NTC热敏电阻的电气设备最大允许启动电流值^[3]。

（三）自动化智能监控

电力电子技术的智能化功能可以成为电气工程的自动化智能监控系统，针对各类电气设备进行全过程化的运行管理，并设计与自动化智能监控系统相匹配的计算机控制系统。通过这种方式，可以有效捕捉电气设备运行期间的各项数据，并根据电气工程的运行需求，对于数据做有效分析，开展跨部门的数据共享，确保技术人员可以通过可视化界面，及时发现各类电气设备的当前运行情况，明确电气设备运行期间的信息情况。根据不同的时间阶段，分析当前获得的电气设备运行数据是否处于正常范围内，并提出对电气工程有实质帮助的指导性建议。而且，自动化智能监控也可以为电气工程提供全方位的自动化控制条件，根据各个电气设备的运行情况，合理降低电气工程某个环节的运行负载，避免出现严重的生产问题，保障电气工程的平稳运行。考虑到电气工程的自动化智能监控系统需要处理大量数据信息与图像信息，要保证图像的快速传输，就需要做好传输网络宽带的优化工作，满足图像传输所需的数据流量，避免出现数据传输过程中的数据丢失等问题。电气工程的工作环境较为恶劣，可能会影响到基于电力电子技术的监控设备正常使用，需要做好监控设备的检查工作，做好监控设备的定期维护，保障自动化智能监控系统的稳定运行^[4]。

（四）电气设备故障排查

将电力电子技术应用到电气工程中，对于各类电气设备运行故障做有效排查，也是电力电子技术重要的应用方案。对于一个正常运行，可以满足正常生产需求的

电气工程,需要大量的电气设备参与到电气工程运行当中。但是,不同的电气设备实现的功能存在差异,也有许多类型的电气设备,这导致使用常规的方法开展电气设备的协调管理需要花费较多的时间成本。如果出现电气设备故障,可能无法在短时间内快速锁定故障电气设备,增加电气工程的维护成本。电力电子技术可以通过自动化智能监控功能,快速锁定电气系统运行的异常情况,并对出现异常情况的电气设备进行追踪式监测。如果发生电气系统的运行故障,可以根据监测结果快速确认发生故障的电气设备,从而实现对电气设备故障的快速且精准排查。除此之外,电力电子技术也可以结合自动化智能监控运行情况,对于电气工程所有的电气设备进行定期检测,确认各类电气设备稳定运行的数据范围。如果出现异常数据情况的,就可以根据以往的电气系统运行故障与原有的数据范围进行对比分析,确认是发生的电气设备故障或是需要调整数据范围,以此减少不必要的电气设备故障确认环节。如果是特殊情况,也可以为工作人员提供具体的问题电气设备位置、类型,引导工作人员到指定位置进行人工排查,提升电气设备的故障处理效率^[5]。

(五) 静止无功补偿装置

静止无功补偿装置是以机械投切式电容器与电抗器作为技术基础,通过大容量晶闸管取代原本的机械开关一类静止并联型无功发生装置或者吸收装置。可以将静止无功补偿装置看作是并联在电气系统上的可控容抗或可控感抗,通过改变无功功率,为电气系统提供动态化的无功电源,通过补偿形式,将电气系统的电压控制到合适水平,抵消在电气系统发生冲击负荷时,产生的母线电压波动问题,对于暂态电压恢复有较大帮助。在电气工程中应用电力电子技术,可以根据拓扑结构选择合适的静止无功补偿装置,比如TCR(Thyristor Controlled Reactor,晶闸管控制电抗器),TSC(Thyristor Switched Capacitor,晶闸管投切电容器),TCR+FC(Fixed Capacitor,固定电容器)混合型等。现阶段我国使用频率较高的为TCR+FC混合型静止无功补偿装置,其基本结构如图1所示。

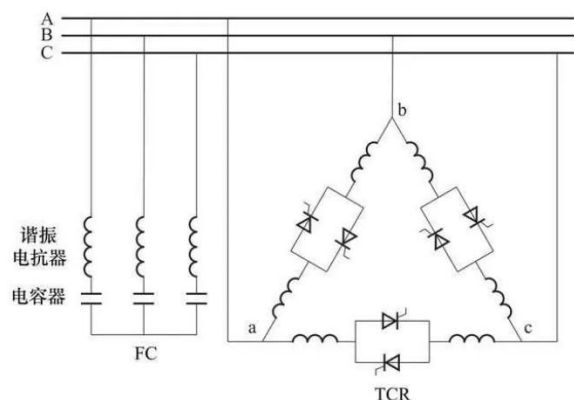


图1 TCR+FC混合型静止无功补偿装置结构图

TCR+FC混合型静止无功补偿装置是通过负责无功调节的晶闸管控制电抗器支路,以及相应的固定电容器支路组成。对于晶闸管控制电抗器支路,是使用固定电抗器+双向导通晶闸管,通过串联形式构成。对于相控晶闸管阀,则是以串联若干个反并联晶闸管级构成,以此满足电气系统的电压、容量应用需求。一般情况下,固定电容器容量小于晶闸管控制电抗器容量,确保TCR+FC混合型静止无功补偿装置拥有输出容性无功与感性无功的能力。在连接方面,固定电容器会以星形进行连接,根据电气工程规模设置若干组。并使用滤波网络取代电容器支路,在工频条件下,可以将滤波网络看作是容抗。如果是在特定频段中,滤波网络则会表现出低阻抗特性,以此实现对晶闸管控制电抗器生成的谐波分量做可靠的滤波处理^[6]。在实际应用中,静止无功补偿装置主要出现在电网输电与配电、工业生产等领域。对于电网输电与配电,通过静止无功补偿装置,能够有效控制电网产生电压损耗,降低电力设备的电力资源损耗,确保电网的稳定运行;对于工业生产,通过静止无功补偿装置,能够稳定降低电气设备运行故障率,提升生产稳定性,保障工业生产的经济效益。

结语

在电气工程中应用电力电子技术时,需要详细分析电气工程的运行需求,结合本文理论内容,设计一套内容完善、结构完整的电力电子技术应用方案。同时,电气工程开发建设单位也需要根据行业发展情况与电气工程现有开发条件,对方案细节内容做合理调整,确保电气工程的可用资源得到最大化应用。希望本文内容可以为更多电气工程开发建设单位提供思考方向,通过提高电力电子技术利用效率,推动各个行业有序发展。

参考文献

- [1]姜传龙,韩廷选,王旭龙,等.船舶电气应用现代电力电子技术的价值分析[J].船舶物资与市场,2021,29(12):32-34.
- [2]张庆胜.电力电子技术在电气工程中的应用[J].电子技术,2021,50(10):168-169.
- [3]李涛.电力电子技术在电气控制中的应用分析[J].设备管理与维修,2020(18):94-95.
- [4]孙洪海.浅谈电力电子技术在电气控制中的应用[J].数字通信世界,2020(06):215.
- [5]孙瑜.电力电子技术在电气工程中的应用[J].黑龙江科学,2020,11(06):90-91.
- [6]陈子瑞,吕达峰.电力电子技术在电气工程中的应用[J].大众标准化,2020(06):157-158.