

新型组串式逆变器并网控制策略及其在新能源电站中的应用研究

李胜利 冀韬

(北京京能清洁能源电力股份有限公司内蒙古分公司 内蒙古呼和浩特市 010000; 京能浑源清洁能源有限公司 山西省大同市浑源县 037400)

摘要:随着电网建设的不断发展,电力系统也在发生着巨大变化,传统互补网络控制方式已经不能满足新形势下工业生产和用电需求。逆变器作为一种重要器件应用于电能变换领域。本文提出了基于单相多电压源逆变器并网控制系统的分布式拓扑结构、并网侧控制策略及组串并联 PWM 三相交流充电有汇流到直流馈线进行集中补偿,以实现主从电源的统一监控,提高系统性能,降低电力能源损耗。

关键词:组串式逆变器;新能源电站;电网

一、引言

随着新能源技术的迅猛发展,新能源电站作为可再生能源的重要利用形式,在能源结构转型中发挥着越来越重要的作用。其中,新型组串式逆变器作为新能源电站中的关键设备,其并网控制策略及应用研究具有重要意义。新型组串式逆变器以其高效、灵活和可靠的特点,成为新能源电站中不可或缺的组成部分。然而,由于新能源电站的复杂性和多样性,逆变器的并网控制策略需要不断进行优化和创新,以适应各种运行环境和条件。因此,研究新型组串式逆变器的并网控制策略,对于提高新能源电站的发电效率、稳定性和安全性具有重要意义。新型组串式逆变器的应用研究也是当前新能源领域的研究热点之一。通过对逆变器的性能、可靠性、经济性等方面进行深入分析,可以为新能源电站的建设和运行提供有力支持。新型组串式逆变器的技术创新和应用推广,也将推动新能源产业的快速发展和进步。

二、新型组串式逆变器并网控制策略

(一) 并网控制的基本原理

并网控制的基本原理主要是确保分布式发电系统(如光伏系统)与电网之间的安全、稳定、高效运行。其核心在于实时监测电网的电压、频率、功率等关键参数,并根据这些参数动态调整发电系统的输出。在并网过程中,控制系统需要确保发电系统的电压、频率与电网一致,以避免产生有害的冲击电流。同时,通过精确的控制策略,实现对电能输出的平衡调节,确保电网中的负载与发电系统之间的电能流动平稳。并网控制还需考虑电网的稳定性与安全性。当电网参数出现异常时,控制系统能够及时响应,通过调整发电系统的输出或采取其他措施,保证电能输出的稳定性和安全性。并网控制是分布式发电系统与电网协同运行的关键环节,其基本原理在于实时监测、精确控制以及确保电网的稳定性与安全性。

(二) 新型并网控制策略的设计

(1) 提高转换效率

逆变器作为电力系统中重要的电气设备,其效率对电网可靠运行起着决定性作用。在传统组串式发电并网控制策略下,输出电流波形有较大幅度变化。随着电压等级提高和电能质量下降时侧功率器件损耗增加等原因,导致有功功率无法满足负载要求,进而降低了转换效率;另一方面由于电路过流保护使得逆变器内部故障难以修复,也会使外部故障扩大而造成不必要的能量损失以及更大程度上电网经济损失。逆变器并联运行的逆变换设备有许多组网,这些网络中包括单相或多相接流电源接入和多路电容并流。在新能源电站当中,由于电网电压等级较低、谐波含量高以及负载变化大等因素造成了传统交流输电系统所存在的问题。因此需要使用新型功率转换装置来解决,如通过并联运行实现无功补偿;采用双闭环控制结构进行组网,以抑制环流和浪涌电流;采用电压/频率控制方法,使逆变器并网运行在理想的状态;使用电流、波形和电网输出特性进行分析比较。

(2) 增强电网适应性

逆变器接入电网,应具有很强的抗功率波动和低电压穿越能力,能适应高频、超高压及大电流运行条件下多相流电气量变化,在电网故障或发生事故时也应应对有功功率进行控制。因此要增强电力系统抵抗各种突如其来的冲击。与传统发电机并联变换网络相比,直驱式逆变器可以使输出电能质量提高很多倍且波形畸变率几乎为零,所以它是一种理想的无风力发电机组串联结构方案;而电感作为降低电力系统谐波含量的关键因素之一,它可以抑制电网中存在畸变和超载情况;逆变器与并网并联相比具有体积小、重量轻等优点^[1]。

(3) 强化安全保护功能

逆变器是一种电压变换的电气设备,其输出可以分为直流和交流。而在电网中,逆变器还具有保护、测量等功能。因此需要通过对电力电子器件进行合理选择以及控制来保证整个系统能够正常工作运行;同时要防止由于开关频率过大或者无功矢量问题,导致产生过载情况下电流烧坏触点,从而引起短路故障发生时造成严重后果;还要避免因为互感器的误动作和断相而引发的电压互窜,从而避免对系统造成影响。逆变器并联运行时应采取相应的控制策略,以保证逆变电源并网输出频率和电网谐波含量在合理范围内,实现稳定可靠地电力网络运行。

(4) 优化通讯功能

新型组串式逆变器并网控制系统策略的优化通讯功能是一个关键的技术领域。首先需要提升通讯协议的效率和稳定性。通过研究和开发更加高效稳定的通讯协议,可以减少数据传输的延迟和错误,从而提高整个系统的响应速度和运行稳定性;其次用高效的数据压缩技术也是优化通讯功能的重要手段^[2]。通过对传输的数据进行压缩,可以显著减少数据量,加快传输速度,同时降低通讯成本;同时加强通讯设备的抗干扰能力也是必不可少的。由于新能源电站通常位于环境条件较为恶劣的地区,通讯设备可能面临各种干扰和挑战。因此,需要采用具有强抗干扰能力的通讯设备和技术,确保通讯的稳定性和可靠性;最后通过实时监控和故障诊断技术,可以及时发现并解决通讯故障。通过实时监控通讯设备的运行状态和通讯质量,可以及时发现潜在的问题并进行处理。同时,故障诊断技术可以帮助快速定位故障原因并采取相应措施进行修复。

(三) 并网控制策略的关键技术

(1) DC/AC 变换技术

DC/AC 变换网络将逆变器与电网相连,通过控制开关管的通断来改变直流母线电压,使其达到和交流电网相同频率工作。该电路具有结构简单、运行可靠稳定等优点。在 DC/AC 转换中使用了高频变压器取代了传统交流输电线路上的换流器后,可以减少输出功率损耗提高效率,并且降低成本;另外变换方式不同可分为桥式逆变器(即升压)与三相交流电路两种,其中三相交流电路成本较高,所以多数电路使用了低通滤波器和桥式整流器。该系统具有较多优点,如提高功率因数作用在于可以减少开关器件间损耗;可以通过改变逆变器拓扑结构,来改善变换过程中无功补偿能力,从而提升电能质量和输出电压稳定性^[3]。

(2) PWM 调制技术

PWM 调制技术广泛应用于从测量、通信到功率控制与变换的许多领域中。PWM 调制技术的基本原理是通过改变脉冲的宽度来控制电路中的电压和电流。在 PWM 信号中,高电平持续时间较长,低电平持续时间较短,从而改变了电路中的功率输出。具体来说,当 PWM 信号为高电平时,电路中的开关会打开,电流流过负载;当 PWM 信号为低电平时,开关会关闭,电流停止流动。因此,通过改变 PWM 信号的高电平和低电平时间比例,可以实现对电路中电压和电流的控制。PWM 调制技术具有许多优点。首先,它实现了高效能的能量转换,通过控制功率开关器件的通断,大大提高了能量转换效率。其次,PWM 调制技术具有控制精度高的特点,可以精确地控制输出电压或电流的大小,使电力电子设备在工作过程中具有良好的稳定性和可靠性。此外,PWM 调制技术还具有可调性强的特点,可以根据需要灵活调节输出信号的幅度和频率,满足不同场合下的需求。

(3) 滤波技术

并网控制策略的关键技术中,滤波技术占据着举足轻重的地位。滤波技术的主要作用是滤除电力系统中由于新能源发电设备(如风能、太阳能等)引入的谐波干扰,确保电能质量的稳定与高效。在新能源并网过程中,由于自然因素的影响,新能源发电设备的输出功率可能存在不稳定性,这不仅会影响电力需求的满足,还可能对电力工程的安全运行构成隐患。滤波技术通过安装电能质量实时监控装置,能够实时监控系统中的电压波动、电压偏差以及谐波变化,确保电能质量的稳定。滤波器作为滤波技术的核心组件,通过其特殊设计,可以隔离电网电压与光伏系统输出的逆变电压,并对并网电流进行滤波^[4]。这样不仅可以保证并网电流为高质量的正弦波,还有助于提高电网的电流基波含有率。

(4) 电网监测与调节技术

电网实时监测与控制是逆变器控制系统的基础,也直接影响系统性能。为了实现逆变器中高压侧输出电压、直流电流及有功功率以及无功潮流等进行有效监控和调节,必须要建立一个全面、综合且行之有效的电网检测与调控技术体系;通过搭建多组网型分布式电源并网模型可以灵活配置各种接入方式下供电模式所对应参数。电网的监测与调节技术主要是通过传感器、控制器和逆变器对直流电压进行实时采集,并根据所采集到的信号分析判断出当前电网中存在何种问题,根据具体情况采取相应措施。目前在我国应用较多的是电压型转换电路模块(DC-AC)以及电流控制阀门磁阻式变换拓扑结构等两种类型。

三、新能源电站中新型组串式逆变器的应用

(一) 分布式光伏系统

分布式光伏发电系统包括太阳能组件、蓄电池组和逆变器。该电站的并网运行主要依靠电网,因此可以通过串并联多个独立电源来进行孤岛保护,实现多台机组同时上网也能提高效率的目的;在光伏方阵周围安装相应控制滤波电路,保证了对负载有功功率跟踪,以防止大容量设备受控而造成不必要损失或者损坏设备,导致系统瘫痪等问题发生时能够有效地抑制。在组件中的电力电子器件产生电压后,将通过串并联到电网并网输出;负载侧由串型电路控制直流源给负载供电。逆变装置与主保护或辅助电源相连接,实现了对电能双向开关变换作用:当光伏阵列接入系统时可使分布式光伏电池板成组,也可以并入公用电网使用。

(二) 地面电站

在新能源电站中,尤其是地面电站,新型组串式逆变器的应用日益广泛。首先组串式逆变器具有较高的转换效率和可靠性,这对于地面电站来说至关重要。地面电站通常规模较大,需要处理大量的电力转换工作。组串式逆变器能够有效地将直流电转换为交流电,同时保持较高的转换效率,从而确保电站的稳定运行和高效发电;其次组串式逆变器具有灵活的配置和适应性。地面电站的环境条件可能复杂多变,如温度、湿度、光照等因素的变化都可能影响逆变器的性能。组串式逆变器能够适应不同的环境条件,并根据电站的实际需求进行灵活配置,从而提高电站的适应性和可靠性;最后一点就是组串式逆变器具有较低的维护成本和较长的使用寿命。由于其设计合理、结构紧凑,逆变器在运行过程中故障率较低,维护成本也相对较低。同时,它采用高品质的材料和制造工艺,使得其使用寿命更长,能够长期稳定运行,为地面电站提供持续稳定的电力输出。

(三) 微电网系统

在新能源电站中,新型组串式逆变器在微电网系统中的应用具有显著的优势和重要性。微电网系统是一种能够协调和管理多个分布式能源资源的小型电力系统,而组串式逆变器则是实现这一系统高效运行的关键组件。组串式逆变器在微电网系统中起到了能量转换和管理的核心作用。它能够根据系统的需求进行智能化的能量调度和管理,确保微电网的稳定运行和能源的高效利用。微电网系统通常需要根据实际需求和条件进行定制化的设计和建设,而组串式逆变器的模块化设计使得其可以根据需要进行灵活的配置和扩展。这种灵活性不仅降低了系

统的建设成本,还提高了系统的可靠性和可维护性。由于微电网系统通常用于为偏远地区或独立负载供电,因此使用组串式逆变器可以减少对传统电网的依赖,降低能源传输过程中的损耗和排放^[5]。

(四) 复杂地形和气候条件的应用

在电网的规划和建设过程中,有很多外界因素都会影响到供电系统,尤其是气象条件。比如:天气变化、地震等。这些都是对电力网造成很大损失的主要原因之一;再者有些地区昼夜温差较大且多霜冻灾害严重等等一些气候问题也给供电带来不便之处,另外还会因为地形高低不平或者陡峭,而引起电网中各种电气设备之间可能会产生一定影响,例如有碍于发电厂正常运行,还有在输电线路上发生刮风现象;土壤电阻率不同造成了电感值变化;温度改变引起电压波动,进而导致电流大小发生变化等等,都有很大程度上受到地形与气候条件影响。

(五) 智能监控与管理

在新能源电站中,新型组串式逆变器的应用不仅体现在其高效的电能转换能力上,更在于其与智能监控与管理系统的完美结合。这种结合使得新能源电站的运营更加智能化、高效化,从而提升了整个电站的性能和可靠性。首先新型组串式逆变器通过内置的智能监控模块,能够实时收集并传输电站的运行数据,包括电压、电流、功率等关键参数。这些数据被传输到中央监控系统中,通过大数据分析和云计算技术,实现对电站运行状态的实时监控和预测。其次基于这些数据,智能管理系统可以对电站进行精细化的管理和调度。例如,根据实时天气数据和电站运行数据,系统可以预测未来的电力需求,并自动调整逆变器的运行参数,以确保电站的稳定供电。此外,系统还可以根据逆变器的运行状态,进行预防性维护,降低故障率,延长设备使用寿命。最后新型组串式逆变器与智能监控与管理系统的结合,还有助于实现电站的能源优化利用。

四、新型组串式逆变器并网控制策略的仿真与实验研究

(一) 仿真模型的建立与验证

逆变器并网络控制策略仿真模型的建立与验证:

首先,在组串式电力通信系统中,将不同功率分配装置串联接入电网。其次根据负载特性进行电压和频率分析。并对逆变器输出的有功、无功以及额外注入一定能量。然后通过改变调节电容容值,来实现不同类型负荷下切换过程;最后利用 MATLAB 软件编写相应算法程序仿真模型及结果曲线等控制参数,实验验证所设计逆变器并网络组串式电力通信系统控制器的性能,从而得到最优拓扑结构。

（二）实验平台的搭建与实验过程

在新型组串式逆变器并网控制策略的仿真与实验研究中,实验平台的搭建与实验过程是关键环节。实验平台的搭建主要包括硬件和软件两个部分。选用新型组串式逆变器作为核心设备,其具备高效、稳定的电能转换能力,是实现并网控制策略的基础。制造电网模拟装置,用于模拟真实电网的运行环境,包括电压、频率、相位等参数的模拟,以便测试逆变器在并网过程中的性能。

实验过程:

平台搭建与调试:按照设计方案搭建实验平台,并进行调试,确保各模块之间的连接正确、通信畅通。

并网控制策略设置:在仿真软件中设置新型组串式逆变器的并网控制策略,包括控制算法、参数设置等。

仿真分析:通过仿真软件对并网控制策略进行仿真分析,观察逆变器的并网过程、输出波形等关键指标,评估策略的有效性。

实验验证:在实验平台上进行实际并网实验,记录逆变器和电网的运行数据,与仿真结果进行对比分析,验证并网控制策略的实际效果。

结果分析与优化:根据实验结果分析并网控制策略的优缺点,针对存在的问题进行优化改进,提高逆变器的并网性能。

五、新型组串式逆变器并网控制策略对新能源电站的影响

（一）对新能源电站运行稳定性的影响

新型组串式逆变器并网控制策略对新能源电站运行稳定性的影响深远。这一策略通过精准控制逆变器的输出,使得电站能够更平稳地与电网连接,显著减少了并网过程中的波动和冲击^[6]。这不仅降低了电站运行的风险,也提高了整个系统的稳定性。该策略还能根据电网状态实时调整逆变器的运行参数,确保电站在各种复杂环境下都能稳定运行。这种自适应能力使得新能源电站能够更好地应对外部变化,提高了电站的抗干扰能力和容错性。更重要的是,新型组串式逆变器并网控制策略还有助于优化电站的能量管理,提高能源利用效率。通过合理的能量调度和分配,电站能够更好地满足负载需求,减少能源浪费,进一步提升了电站的运行稳定性。

（二）对新能源电站并网效率的影响

新型组串式逆变器并网控制策略通过精确控制逆变器的输出参数,显著提高了电站与电网之间的连接效率。新型组串式逆变器并网控制策略通过优化并网过程中的功率因数、降低谐波失真等方式,减少了并网过程中的能量损耗,提升了电能的传输效率。这不仅有助于新能源电站更高效地利用能源资源,还减少了因能量损耗带来的经济损失。还通过智能化管理,实现了电站与电网之间的动

态平衡。它可以根据电网的需求和电站的发电能力,实时调整逆变器的输出,确保电站与电网之间的稳定、高效连接。新型组串式逆变器并网控制策略对新能源电站的并网效率起到了积极的促进作用,为电站的高效运行和可持续发展提供了有力支持。

（三）对新能源电站经济性的影响

经济性是指新能源电站能在最大限度满足电网电力系统的供电可靠性和电能质量要求下,能够以较小投资甚至更少投入实现全网发电量均衡。因此,要使逆变器并网运行可靠稳妥、技术先进以及管理方便,就必须对其进行一定程度上控制。新能源电站的经济性主要体现在以下几个方面:电网投资成本较高。在传统大容量风电机组中,风力发电费用是最大,并且其建设和运营需要消耗大量电力资源。而太阳能电池板组件由于具有环保、高效等优点,也被越来越多国家接受并使用;分布式电源技术还可以降低上网区的网损以及提高供电可靠性等特点,大大增加了新能源电站对经济性的需求。

六、结语

在新能源电站的深入探索中,新型组串式逆变器的并网控制策略扮演着举足轻重的角色。经过一系列的研究与实践,这种逆变器不仅提升了电站的发电效率,而且增强了电能的稳定性与可靠性,为新能源电站的可持续发展注入了新的活力。通过精确控制逆变器的输出功率和电压,实现了电站与电网的平滑连接,降低了并网过程中的冲击与风险。同时,该策略还优化了电站的运行模式,提高了能源利用效率,为电站的经济效益与社会效益双提升提供了有力保障。随着技术的不断进步与成本的不断降低,这种逆变器在电站中的应用将越来越广泛。未来,我们将继续深化研究,探索更高效的并网控制策略,为新能源电站的发展贡献更多力量。新型组串式逆变器的并网控制策略在新能源电站中具有广阔的应用前景与重要的实践价值。

参考文献:

- [1]马晨晨. 国家发改委重磅发文 新能源电站收入有变 影响几何[N]. 第一财经日报, 2024-03-19 (A06).
- [2]抽水蓄能发电技术 [J]. 电力工程技术, 2024, 43 (02): 2.
- [3]沂蒙抽水蓄能电站 [J]. 电力工程技术, 2024, 43 (02): 3.
- [4]田永兰,崔艳艳,洪增元. 光热电站熔盐储罐热应力分析 [J]. 电站辅机, 2024, 45 (01): 13-17.
- [5]王菲菲,张洪旭,陆广涛. 海南: 光伏产业点亮“绿色经济” [N]. 青海日报, 2024-03-18 (001).
- [6]来自两会的声音: 好政策出好产业 [J]. 中国石油和化工产业观察, 2024, (02): 18-21.