

分布式电源及其相关技术研究

章晓云

(兰州石化公司电仪事业部, 甘肃 兰州 730060)

摘要: 由于大功率负载的需要, 分布式电源系统得到越来越广泛地应用, 其中多个电源模块并联供电的方式更加常用。就分布式电源及其相关技术进行了介绍, 对各种均流控制方法进行了对比分析, 总结了常见的问题。

关键词: 分布式; 均流; 并联

中图分类号: TM 63

1 分布式电源系统

1.1 分布式电源系统的概念

早在 70 年代, 分布式电源系统 DPS (Distributing Power System) 概念就已出现, 最初应用于计算机供电系统和通信电源中。所谓分布式电源系统, 即是由若干小容量的电源模块组合而成的一个大容量的电源系统。从理论上说, 分布式电源系统的构成可以有串联、并联、以及串联与并联混合等方式, 不过实际应用中通常只是对电源的输出电流要求很高, 应该是负载需要的电流越来越大, 并联供电优势就越明显, 并联电源系统得到了更广泛的应用。

相对于传统集中式供电系统, 分布式电源系统是利用最新电源理论和技术做成相对较小的电源功率模块来组合成积木式、智能化的大功率电源系统。越来越多的电源系统采用模块并联技术, 多个开关电源模块灵活地并联组合成大功率分布式电源体系, 是目前实现开关电源大功率化的主要途径。

1.2 分布式电源系统性能分析

较之传统的单电源供电而言, 分布式的并联电源可实现大容量、高效率, 保证较高的可靠性, 根据需要配置成为冗余系统, 实现电源的模块化, 实现电源容量的可扩充性, 降低成本投入。

大容量是指输出采用并联形式, 用小功率电源模块构建大功率电源系统。高效率, 一方面指较小功率模块的整体效率要比大功率的同类电源模块要高; 另一方面是并联电源系统从小功率输出到大功率输出范围内都可以保持较高的工作效率。

高可靠性是指并联电源系统要比采用单个大功率电源的可靠性要高。在并联电源系统中, 如果一部分出现故障, 则可以自动把故障部分隔离, 其它部

分仍然可以正常工作, 这样就提高了整体的可靠性。

良好的冗余特性是指如果系统在最大输出情况下需要 N 个模块并联, 而此时采用 $N+1$ 或者 $N+2$ 个模块并联, 在其中一个模块出现故障时, 不仅可以隔离出现故障的模块, 还可以自动把备份的模块并联进来, 这样就仍然能够输出最大的功率。

模块化是指把子模块进行标准化设计后, 只需要把子模块进行并联, 而不需要重新设计, 采用不同数量的模块进行并联, 就可以非常灵活的实现大功率输出了。

低成本是指单位输出功率的成本低。由于小功率模块的单位输出功率成本比大功率模块要低, 因而采用并联方式实现大功率电源时, 便可以降低成本。

综上所述, 实现开关电源模块的并联运行是进一步提高分布式电源系统运行可靠性和扩大供电容量而需解决的关键技术问题。

2 并联技术

各模块直接并联, 由于系统中参与并联各模块特性和参数难以做到完全一致将会造成一些问题。如果将模块直接并联的话, 也势必很难保证各模块均匀分担负载电流, 可能会出现某些模块输出的电流比较大, 某些模块输出的电流比较小, 甚至还有些模块可能根本没有输出电流的情况。如果各个模块没有均担负载电流, 就可能会导致很多问题, 如, 输出电流比较大的模块所承受的电压和电流的应力也比较大, 这就会使它们损坏的机率上升。当系统工作在大负载状况时, 输出电流最大的模块率先达到模块的最大电流限制, 引起系统的保护动作, 进而导致整个并联系统不能正常工作。

3 均流控制技术介绍及各种方法对比分析

在采用并联技术实现分布式电源系统的同时,还必须采取一定的措施来保证每个模块平均分担输出电流,即均流,这样才能保证系统稳定可靠地工作,充分发挥并联电源的优点。因此,在并联系统中,并联均流技术是其关键技术。

从本质上讲,模块并联运行需要均流的主要原因是由于模块输出是电压源性质,输出电压的微小偏差会导致输出电流的很大差别。因此,均流可以通过改变电压源的特性或电压源的幅值来实现。目前,在并联的电源系统中,实现均流控制常用的几种并联均流技术有以下几种。

3.1 下垂法

又称作输出阻抗法或者电压调整率法,是一种通过调节变换器输出阻抗(即调节外特性倾斜度),实现并联模块均流。下垂法是最简单的均流方法,在小电流时电流分配特性差,重载时分配特性要好一些,但仍是不平衡。其缺点是:电压调整率下降,为达到均流,每个模块必须个别调整;对于不同额定功率的并联模块,难以实现均流量。此外,还有许多因素在影响电流分配的不均匀性,如,元器件的容差,元件老化,物理条件改变使元件性能的变化有差别等等。因此,在用输出阻抗法实现近似均流以后,电源系统运行了一段时间,若发生上述变化,则电流分配又不均匀了。由于用输出阻抗法均流的系统电压调整率差,因此,这一方法不可能用在电压调整率要求很高(例如:3%或小于3%)的电源系统中。

3.2 主从设置法

主从设置法适用于采用电流型控制的并联开关电源系统中,所谓电流型控制是指开关电源模块中有电压控制和电流控制,形成电压-电流双闭环系统。电压环用于调节输出电压、电流环用于调节电感电流。主从设置法是在并联的 n 个变换器模块中,任意指定其中一个为“主模块”;其余各模块跟从主模块分配电流,称为从模块。

主从控制法均流的精度很高,提高了均流效果。主要缺点是:(1)主从模块间必须有通讯联系,使系统复杂。(2)如果主模块失效,则整个电源系统不能工作,因此,这个方法不适用于冗余并联系统。(3)电压环的带宽大,容易受外界干扰。

3.3 平均电流自动均流法

平均电流自动均流法要求并联各模块的电流放

大器输出端,通过一个电阻 R 接到一条公用电流母线上,称为均流母线。平均电流法可以精确地实现均流,但具体应用时,会出现一些特殊问题。例如,当均流母线发生短路,接在母线上的任一个模块不能工作时,母线电压下降,将促使各模块电压下调,甚至到达其下限,结果造成故障。而当某一模块的电流上升到其极限值时,该模块的 V 大幅度增大,也会使它的输出电压自动调节到下限。

3.4 最大电流自动均流法(民主均流法)

最大电流自动均流法是一种自动设定主模块和从模块的方法。在 n 个并联的模块中,输出电流最大的模块,将自动成为主模块,而其余的模块则为从模块,它们的电压误差依次被整定,以校正负载电流分配的不平衡,又称为“自动主从控制法”。由于在 n 个并联的模块中,事先没有人为设定哪个模块为主模块,而是按电流大小排序,电流大的模块,自动成为主模块,所以,也有人称这个方法为“民主均流法”。采用这种方法可以实现较好的冗余,不会因为某一模块的故障而影响整个系统的运行,而且均流母线的抗干扰性能比较好。但是由于主从模块总处于不断的切换中,会导致各个模块的输出电流产生一个低频振荡,产生摇摆问题。

3.5 热应力自动均流法

热应力自动均流法按每个模块的电流和温度(即热应力)自动均流。电源系统中各并联模块在电源柜中所处的位置不同,对流情况和散热条件也不同,结果有的模块温度高,有的模块温度低。但按热应力自动均流可以在设计电源柜时,不必考虑各模块的布置情况。此外,由于回路频带窄,对噪声不敏感,设计时也无需考虑电源对噪声的屏蔽。

随着新的均流技术的出现和均流控制模式的不同组合方式的提出,将来会出现更多的均流方案,但任何控制策略都不可能是十分完美的,不可能适用于任何并联系统。以上所讨论的几种控制策略都各有其优点与不足,所以,在为并联系统设计均流控制电路时,应根据实际应用的具体总电路要求和客观标准,如,均流性能指标、系统可靠性、成本费用等等,选用正确的且能满足各条件的均流方案。

参考文献:

- [1] 丘东元,张波,韦聪颖.改进式自主均流技术的研究[J].电工技术学报,2005,20(10):41-473.
- [2] 王凤岩,许峻峰,许建平.开关电源控制方法综述[J].机车电传动,2006(1):6-10.
- [3] 韦聪颖,张波.开关电源并联运行及其均流技术[J].电气自动化,2004,26(2):3-5.