

一种新型逆变器的拓扑结构



张俊波 李泰 王奔
(西南交通大学电气工程学院,成都)

摘要 针对目前广泛研究的有源电力滤波器多数只能适用于电压等级较低的电力系统的问题,设计了一种新型逆变器串联堆砌拓扑结构,建立了该拓扑结构的仿真模型,并进行仿真实验研究。仿真结果表明,这种拓扑结构具有内在的电压稳定性。

关键词 有源电力滤波器 逆变器 拓扑结构 仿真

The Topology of a New Type Inverter

Zhang Junbo Li Tai Wang Beng
(College of Electric Engineering, South-west Jiaotong University)

Abstract: Through the research on the application of APF, a new topology of serial piling up topology of inverter has been proposed. The topology can solve the problem of APF that nowadays is only applied in the low voltage class. Then used a simulation software package (Matlab/Simulink) to establish a simulation model of the topology. Simulation experiment proved that this topology is of internal voltage stability.

Keywords: Active Power Filter; Inverter; Topology; Simulation

0 引言

随着电力电子装置在电力系统中的广泛应用,它所产生的谐波及无功电流,在电力系统的电能质量、电力系统稳定性和可靠性等方面产生的影响越来越引起人们的关注。有源电力滤波器作为一种快速、有效的谐波和无功补偿装置,被大量应用于电力系统中。

由于受电力电子器件所能承受的反电压峰值的限制,现有的有源电力滤波器大多只能在电压等级较低的情况下应用,对

于中、高压系统,主电路一般有以下两种结构^[1],如图1、2所示。图1采用的是桥臂开关器件串联分压方法,这种结构需要注意串联开关管之间的均压,通常的做法是利用大电阻和吸收电路均压,采用这种结构时开关元件的开关频率可能会比较高,因此主电路的损耗及散热问题也需要考虑。图2采用的是多个逆变器串联即链式逆变器结构,这种结构不必考虑开关器件之间的均压,但是必须保证各个逆变器之间的功率均衡。实现功率均衡的方法有软件方法(采用脉冲换位)和硬件方法(添加另外的控制电路使得各逆变器的直流侧电容电压平衡),这就使得系统效率和可靠性下降。因此,人们希望能够实现直接的高压逆变技术。

基于电力电子器件直接串联的有源电力滤波器对静态的均压电路要求较高,并且输出电压高次谐波含量高,需设置输出滤波器^[2]。本文在参阅国内外文献的基础上提出一种新的结构拓扑图,通过使用仿真软件 Matlab/Simulink 对拓扑图中的直流母线电压受到扰动时的仿真试验,其结果说明了这种结构具有内在稳定性,有力的证明了它的可行性。这种结构图采用标准全桥逆变器模块串联堆砌,使得拓扑结构容易实现,而且造价不高,因此具有很高的性价比。

1 拓扑结构图

有源电力滤波器主电路拓扑结构图如图3所示。

如图所示,有源电力滤波器主电路包括两个直流母线电容、两个标准的全桥逆变器、输出滤波器和一个变压器。有源电力滤波器的核心单元是两个串联堆砌的逆变器。采用变压器接入电力系统可以灵活的改变逆变器的输出电压和电流,从而充分

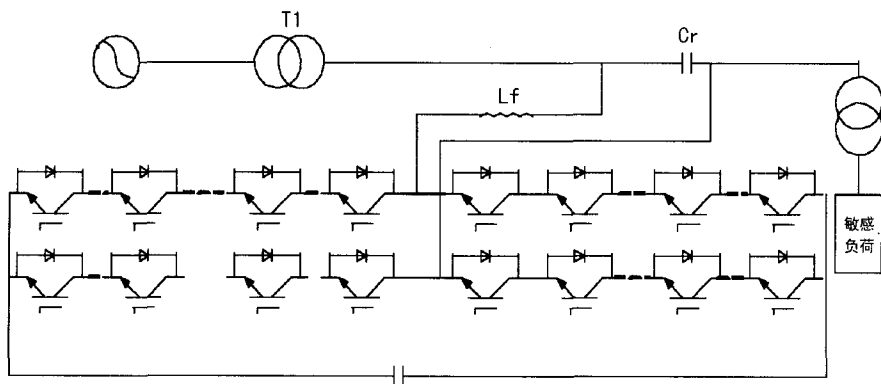


图1 开关器件串联式结构

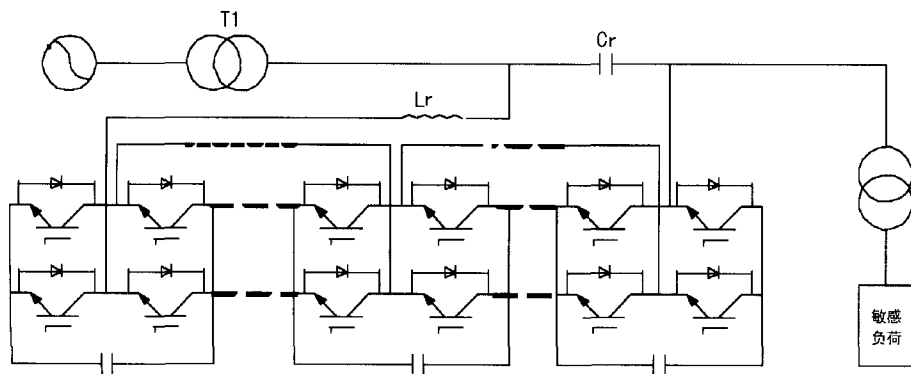


图2 链式结构

利用开关器件的电压与电流的容量,另外还可以提供绝缘隔离^[9]。变压器有两个相同的原边,两个独立的全桥逆变器的输出电压经过低通滤波以后接至这个变压器。低通滤波是为了防止不希望的高次谐波进入变压器,这样有效地减少了铁损。变压器的带宽由串联注入系统的控制带宽所决定。

这个拓扑结构的关键问题是在各种运行条件下两个直流母线电压都要相等,然而通过后面的仿真试验可以看出,这种拓扑结构是内在稳定的,这也是它所具有的无可比拟的优点。只要同样的电压参考信号施加于这两个逆变器,并且开关频率高于基准频率,系统就可以自然平衡两个母线电压,如果其中一个母线电压受到扰动,这两个母线电压会自动按照指数方式回到平衡状态。

通过这样一个全桥逆变器拓扑模块成串联堆砌结构,得到一个有效的直流母线电压 $V_d=V_{d1}+V_{d2}$,它等于每个独立逆变器的额定母线电压的两倍,非常适合于串联注入系统。在正常的运行条件下,逆变

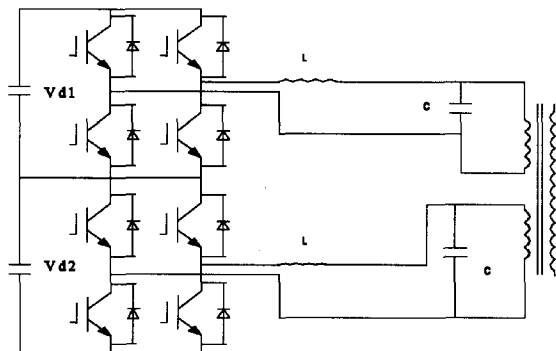


图3 串联堆砌逆变器结构

器传送全负荷电流,但仅仅注入很小的电压分量。

2 仿真结果

为了检验本文提出的这种拓扑结构的母线电压平衡方式,采用 Matlab/Simink 对这种结构进行仿真分析。为了简化分析做以下假设,这些假设的可靠性可以通过试验验证的方法来证明。

(1)理论上这个电路结构整体是对称的,也就是说这两个逆变器的直流母线电容、滤波电感、滤波电容、寄生电阻以及变压器两个原边绕组是相同的。

(2)每一个逆变器假定是一个正弦电压源,输出电压等于 $A \cos \omega t$,这样假设可以用来研究非正弦输出电压的影响。

(3)由于输出滤波电容主要传送高频的脉动电流,在仿真模型中可以被忽略。

(4)直流母线电压 V_{d1} 、 V_{d2} 在逆变器输出电压波形一个周期内相对变化小。

根据以上假设,及参考文献[2]中桥式直流 PWM 变流器的仿真模型,建立仿真模型如图4所示。

图中电感 L 代表输出滤波电感和变压器原边漏感,电阻 R_v 表示滤波电感和变压器原边绕组的铜阻。在仿真过程中,为了研究每个逆变器直流母线电压的稳定特性,通过给顶部逆变器的直流母线并联一个电阻 R 的方法来创建一个不平衡的母线条件。从开始电阻断开到接入电路,然后再断开,两个直流母线电压的仿真结果如图5,6所示。从图中可以看到,当电阻没有接入

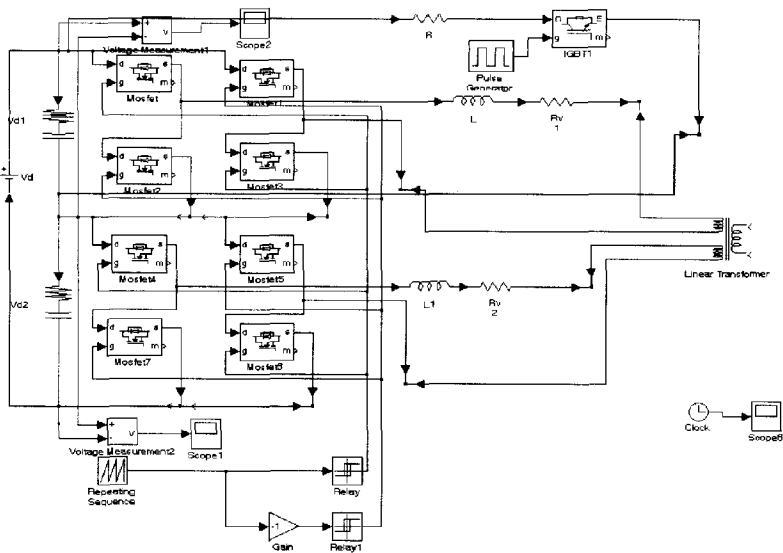


图4

电路时,两个直流母线电压保持相等;而当电阻接入时,两个直流母线电压受到扰动,出现不平衡状态;电阻从电路中断开时,两个母线电压立即以近似指数的方式回到平衡状态。通过这个仿真试验有力的说明了这种拓扑结构具有内在的稳定性。

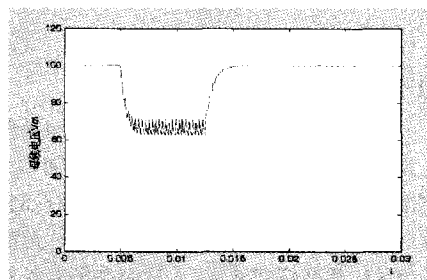


图5

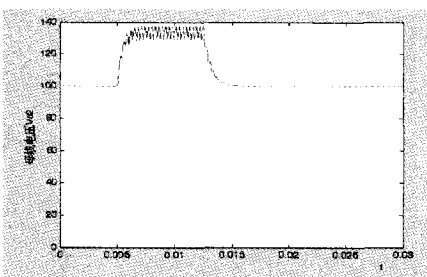


图6

3 结论及工作展望

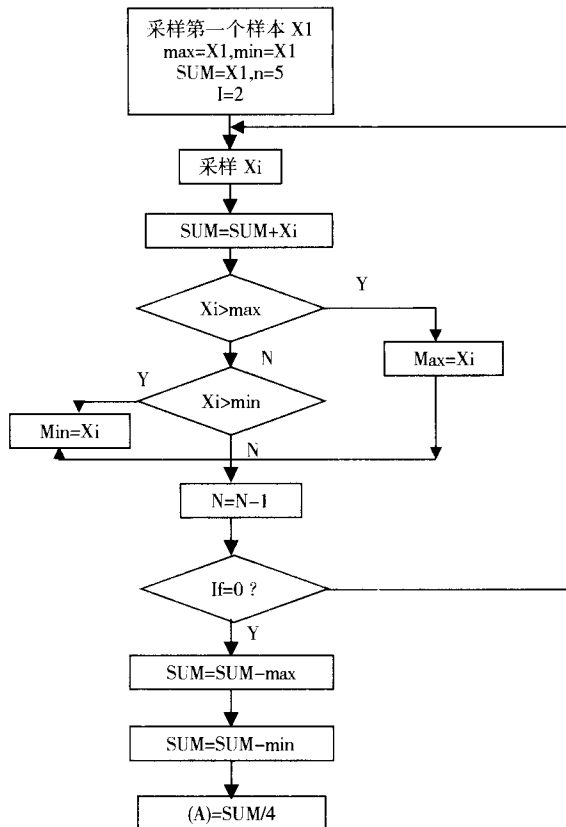
通过仿真试验

可以看出,这种逆变器拓扑结构具有内在稳定性,相对于链式结构的逆变器来说具有很大的优势,而且这种串联堆砌形式还可以扩展。仿真试验证明,三个逆变器串联的时候结果一样,当一个母线电压受到扰动的时候,三个母线电压都以指数方式回到平衡状态,可以推测多个串联堆砌结构也很可能是内在平衡的。如果这样,把这种串联堆砌逆变器结构应用于有源滤波器、统一电能质量调节器和电能质量潮流控制器时很容易做成大功率的设备,而且具有很高的性价比,应用前景十分广阔。

这种拓扑结构由于其特有的优越性,相信在电器工程领域里的应用会越来越广泛,特别是在中高压领域里。为了实现“绿色电力电子装置”,这种拓扑结构的研究工作还有待于进一步深入,例如对这种结构逆变器的控制方法研究,参考链式逆变器的控制,通过改善整流电路及逆变电路的控制方法^[9],从系统的角度提高装置输入及输出侧的功率因数等,这些将是以后研究的重点。

最后,本文只是从仿真角度说明了这种拓扑结构具有内在

(下转 41 页)



本文所介绍的空燃比(STC)自校正控制,在燃油摩托车上进行了实际的行驶动态空燃比控制,获得了 10 多项功能方面的提

(上接 26 页)

(包括安全系统)、离散工业控制系统(除去少数同步要求高的运动控制系统),均可以满足要求。所以有把握地说:实践已经证明,现场层采用 FF H1 等现场总线、监控层采用一般工业以太网是成熟的网络技术,将会在今后普遍被采用。

在工业以太网推广过程中,还应将 Web 浏览等互联网技术应用到工业上。也就是说要让相关的人们可以放心地浏览现场数据,从而在地域方面使生产方式、公用工程管理方式发生变化,起到促进生产力和改进会服务的作用。

结束语

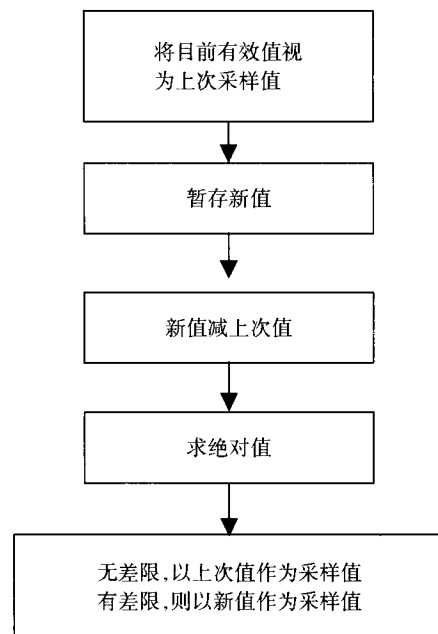
(1)在军用信息系统中能把 COTS 作为设计原则,所以一般自动化测控系统更应重视应用 COTS, 把网络产品的价格降下

(上接 43 页)

稳定性,还需要从数学角度来严格证明这种内在稳定性,只有这样,才能可靠地应用到实际中去。

参考文献

- [1] 姜齐荣,赵东元,陈建业. 有源电力滤波器——结构原理控制.北京:科学出版社,2005.
- [2] 伍文俊,钟彦儒,尚小宝.级联多电平逆变器.变频器世界,2003.
- [3] 《电气工程师手册》第二版编辑委员会. 电气工程师手册(第二版). 北京:机械工业出版社,2000.
- [4] 洪乃刚等. 电力电子和电力拖动控制系统的 Matlab 仿真.北京:机械



高,归结起来有节能效果提高、减少污染和行驶安全性提高。我国十分重视机动车技术的发展,所以能够从控制燃烧的本质实现节能、方便、安全和减少环境污染,采用空燃比(STC)自校正控制很有必要。

作者简介

刘伟 西南大学教师,从事计算机硬件教学工作多年,自己主持开发的 FAX 网络系统获国家科技进步二等奖。

来,使现场总线的“辅助设备”通用化。

(2)把自动化测控系统对网络的需求进行分类,首先在数据采集系统中推广 COTS;针对不同行业的需求推广不同的现场总线技术;工业以太网推广过程中,应对工程应用和开发并重。

(3)检测仪表,执行器的数字化、智能化、网络化是基础,应该在国内大力开发这方面的新产品,同时要在国内建立测试中心、认证中心,开展标准化的工作,确保开放性、可互操作性、可互换性,争取成为国际上认可的产品。

(4)在自动化行业中应进一步普及网络技术,虽然已有十几种相关书籍,但为用户办学习班等方式仍很重要。中国仪器仪表学会和北京合成网络公司合作,在这方面为广大用户服务做出榜样,值得推广。

摘自《中国自动化学会通讯》2006 年第 7 期

出版社,2006。

- [5] J Song-Manguelle and Prof.A Rufer.Multilevel Inverter for Power System Applications: Highlighting Asymmetric Design Effect From a Supply Network Point of View, 2003 IEEE.
- [6] Miguel Lopez G., Luis Moran T, Jose Espinoza C. and Juan Dixon R. Performance Analysis of a hybrid Asymmetric Multilevel inverter for High Voltage Active Power Filter Applications, 2003 IEEE.

作者简介

张俊波 生于 1979 年,西南交通大学电气工程学院硕士研究生,主要从事电力电子技术在电力系统中的应用方向的研究。