



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104283232 B

(45)授权公告日 2016.07.13

(21)申请号 201410473200.9

(22)申请日 2014.09.17

(73)专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

专利权人 国网辽宁省电力有限公司鞍山供电公司

鞍山兰陵继电保护有限公司

(72)发明人 张朝龙 吕文博 胡绍刚 刘君

韩春成 杨印 佟明

(74)专利代理机构 鞍山嘉讯科技专利事务所

21224

代理人 张群

(51)Int.Cl.

H02J 3/36(2006.01)

审查员 关侠

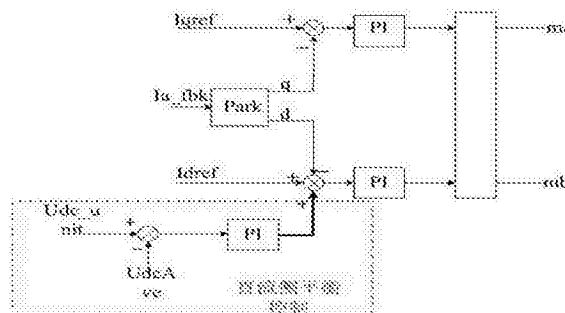
权利要求书1页 说明书3页 附图6页

(54)发明名称

一种用于轻型直流输电系统单元直流侧电压平衡控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的逆变侧单元直流电压平衡控制方法。如果各功率单元使用统一的控制信号,器件原始参数的偏差会造成各单元的直流电压不平衡,为了避免这个工况的出现,每个单元都有独立的控制系统,采用双闭环反馈控制方式,实测的三相电流经PARK变换得到的有功分量和各单元直流电压的平均值都作为控制反馈量,然后经PI控制器,PARK反变换得到单个功率单元的电压调制信号;最终达到平衡各功率单元直流电压的目的。减小功率单元因过压或欠压引起的故障,提高系统整体的可靠性、稳定性。



1. 一种用于轻型直流输电系统单元直流侧电压平衡控制方法,其特征在于,每个单元都有独立的控制系统,采用双闭环反馈控制方式,实测的三相电流经PARK变换得到的有功分量和各单元直流电压的平均值都作为控制反馈量,然后经PI控制器,PARK反变换得到单个功率单元的电压调制信号;最终达到平衡各功率单元直流电压的目的;所述方法适用于功率单元串联多电平轻型直流输电系统的逆变侧;所述轻型直流输电系统的整流侧采用定直流电压控制方式;逆变侧的主控制方式采用定直流电流控制方式或定交流电压控制方式。

2. 根据权利要求1所述的一种用于轻型直流输电系统单元直流侧电压平衡控制方法,其特征在于,所述轻型直流输电系统功率单元所采用半导体开关器件可为IGBT、GTO、IGCT、IEGT或其它全控型开关器件。

一种用于轻型直流输电系统单元直流侧电压平衡控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的逆变侧单元直流电压平衡控制方法。

背景技术

[0002] 我国能源资源与用电负荷分布的特殊性,成为发展远距离、大容量输电的必然性。尤其是超过600km以上的远程输电线路,采用直流输电更加节能、降耗,提高经济效益,实现更大范围内的能源资源的合理开发、优化配置,符合我国“西电东送”的国情。

[0003] 随着电力电子和计算机技术的迅速发展,轻型直流输电技术日趋完善,在输电能力和送电距离上已可和特高压交流竞争,并且相对于特高压交流输电技术,轻型直流输电技术有如下优点:

[0004] 1、输送相同功率时,轻型直流输电所用线材仅为交流输电的 $2/3\sim 1/2$;

[0005] 2、在电缆输电线路中,轻型直流输电没有电容电流产生,而高压交流输电线路存在电容电流,引起损耗;

[0006] 3、轻型直流输电多使用地下电缆,使其对周围环境没有视觉上的影响,也没有电缆产生的磁场,可见轻型直流输电技术本身是极其环保的。并且在一些特殊场合,必须用电缆输电,例如高压输电线经过大城市时,采用地下电缆;输电线经过海峡时,要用海底电缆;

[0007] 4、直流输电时,其两侧交流系统不需同步运行,而高压交流输电必须同步运行;

[0008] 5、直流输电发生故障的损失比高压交流输电小。直流输电中,由于采用可控硅装置,电路功率能迅速、方便地进行调节,直流输电线路基本上不向发生短路的高压交流系统输送短路电流,故障侧交流系统的短路电流与没有互连时一样。

[0009] 因此,轻型直流输电作为一种经济、灵活、高质量的输电方式,能够应用于直流高压输电工程中,将取得良好的输电及环保效益。目前现有技术中,轻型直流输电还没有得到广泛应用。

[0010] 功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的结构不同于传统系统的拓扑结构,传统系统的直流侧为一个整体模块(图1)。而功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的整流侧、逆变侧均为多个单元串联组成,每个单元的直流侧也串联组成一个整体直流侧(图2)(图3)。但在系统运行中,各个单元的组成器件参数可能有偏差,按照原始的控制策略,实际运行中会造成各单元的直流电压不平衡,单元直流电压偏离原设定值,单元因过压或欠压引起的故障,使得系统停止运行。

发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种用于功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的单元直流侧电压平衡控制方法。减小功率单元因过压或欠压引起的故障,提高系统整体的可靠性、稳定性。

[0012] 为实现上述目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0013] 一种用于功率单元串联多电平型轻型直流输电系统的元直流侧电压平衡控制方法,适用于功率单元串联多电平型轻型直流输电系统,其系统结构与传统的直流输电系统不同。每个单元都有独立的控制系统,采用双闭环反馈控制方式,实测的三相电流经PARK变换得到的有功分量和各单元直流电压的平均值都作为控制反馈量,然后经PI控制器,PARK反变换得到单个功率单元的电压调制信号;最终达到平衡各功率单元直流电压的目的。

[0014] 所述轻型直流输电系统功率单元所采用半导体开关器件可为IGBT、GTO、IGCT、IEGT或其它全控型开关器件。

[0015] 整流侧与逆变侧采用相同的结构,控制方式上均采用PWM整流控制(图4)。通过PWM整流,整流侧与逆变侧都可以运行在4种特殊工作状态:单功率因数整流、单功率因数逆变、纯电感特性、纯电容特性。实际运行中,整流侧与逆变侧运行在混合的状态,即控制有功也控制无功(图5)。

[0016] 直流侧不传导无功功率,只传导有功功率,系统级控制的目标是控制整流站与逆变站的去掉传输损耗后,有功功率一致(图6)。无功功率不会影响系统直流侧的电压,因此只需要控制有功功率就可以控制直流侧电压,整流站与逆变站必须有一侧采用定直流侧电压控制方式(图7)。

[0017] 但若都采用定直流侧电压的PWM整流控制方式,则整流站与逆变站都将对直流侧电压进行控制,而整流侧与逆变侧并联在同一母线,容易导致系统失控。为避免出现这个工况,控制系统采用改进后的控制方式为主(master)-从(slave)控制, master(整流侧)控制直流侧电压, slave(逆变侧)控制有功和无功,

[0018] 逆变侧根据负载系统的特性选择不同的控制方式,如果负载系统是无源系统,逆变侧应该采用定交流电压控制方式,输出的有功功率和无功功率由负载特性来确定;如果负载系统是有源系统,逆变侧应采用定直流电流控制方式输出的有功功率和无功功率。

[0019] 逆变侧各单元的如果使用完全一致的控制信号,那么器件原始参数的偏差会造成各单元的直流电压不平衡,为了避免这个工况的出现,每个单元都有独立的控制系统,采用双闭环反馈控制方式,实测的三相电流经PARK变换得到的有功分量和各单元直流电压的平均值都作为控制反馈量,然后经PI控制器,PARK反变换得到单个功率单元的电压调制信号;最终达到平衡各功率单元直流电压的目的。

附图说明

[0020] 图1系统整体拓扑。

[0021] 图2功率单元串联多电平型轻型直流输电系统整体拓扑。

[0022] 图3单元结构。

[0023] 图4 PWM调制原理及输出波形。

[0024] 图5 PWM整流的各種状态。

[0025] 图6控制级加。

[0026] 图7定直流电压控制方式。

[0027] 图8逆变侧单元控制方案框图。

[0028] 图9逆变侧未加平衡控制的单元电压、电流。

[0029] 图10逆变侧加平衡控制的单元电压、电流。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图详细叙述本发明的具体实施方式

[0031] 每个单元均采用独立控制策略(即每一个单元都有独立的CPU、采样回路、保护等)。单元根据上位机模式的设置,逆变站工作在从站模式时,由于不对直流侧电压进行控制,同时单元在直流侧是串联结构,因此需要采用图8所示的控制框图,对单元直流侧电压进行平衡控制。

[0032] 逆变侧主体采用定直流电流控制方式,从PARK变换的原理可知,三相电流经PARK变换后,d轴分量为有功分量,可以影响直流侧电压的大小和单元输出的有功功率,而q轴分量为无功分量,只会影响单元输出的无功功率。

$$[0033] \quad \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(\theta-120^\circ) & \cos(\theta+120^\circ) \\ -\sin\theta & -\sin(\theta-120^\circ) & \sin(\theta+120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

[0034] 因为交流系统的电压与电流有如下关系:

$$[0035] \quad U = L \cdot \frac{dI}{dt} + I \cdot R$$

[0036] 因此经过PI调节可以由电流给定量得到电压的给定量,比例参数与积分参数由电阻和电感的参数确定

[0037] 逆变侧主体采用定直流电流控制方式,因此Idref由给定的直流电流确定,而Idef由逆变侧所需要的无功功率确定,可根据负载所需无功容量而实时改变,

[0038] 原始的控制策略没有红色虚线框内的部分,仅仅是实测电流与给定电流进行闭环反馈,然后经PI控制得到三相电压的给定值,再经PWM整流控制单元内的IGBT动作。

[0039] 器件原始参数的偏差会造成各单元的直流电压不平衡,如图9所示,B1单元电抗器参数有5%偏差时直流侧电压波形(未加直流侧平衡控制),从图中可看出,逆变侧直流侧电压B1、B2出现不平衡。

[0040] 加入红色虚线框内的单元直流侧电压平衡策略,加入单元电压给定量和各单元实测电压的平均值作为反馈量。

[0041] 如果以各自单元的实测电压为反馈量,会造成单元直流侧电压波动不稳定,而使用各单元实测电压的平均值作为反馈量使单元电压稳定平稳。

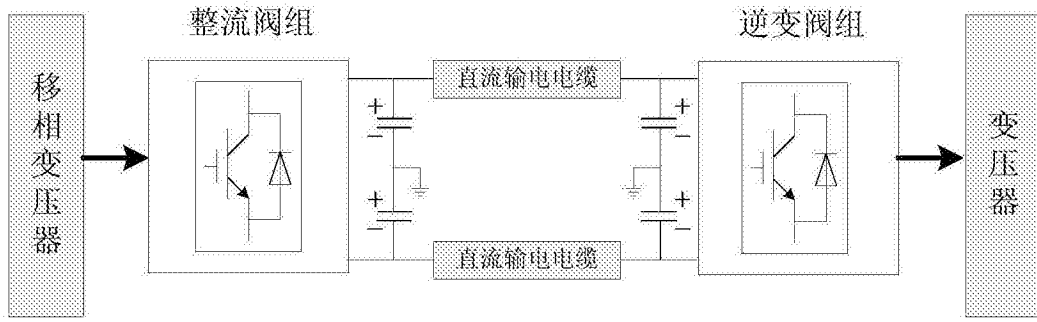


图1

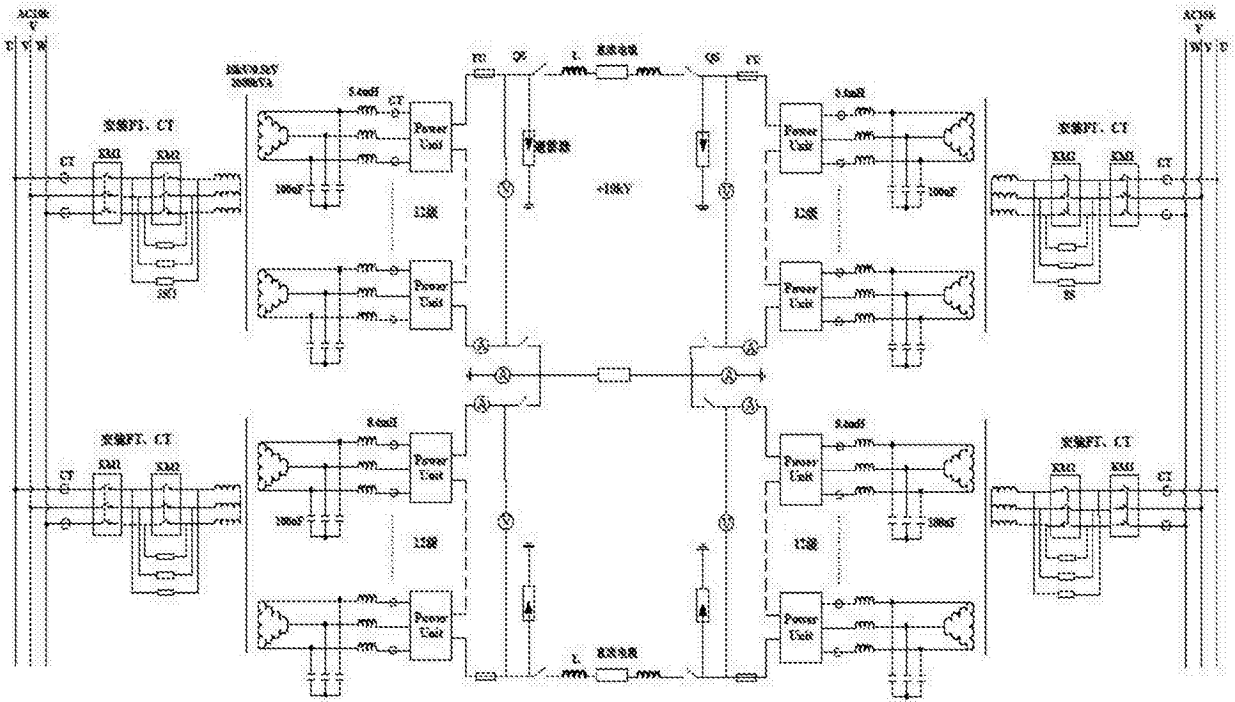


图2

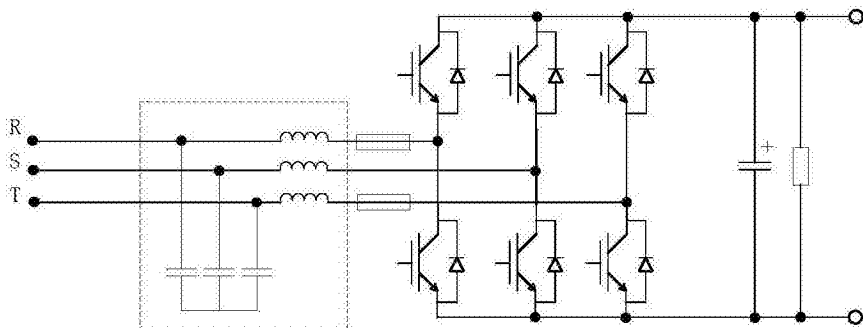


图3

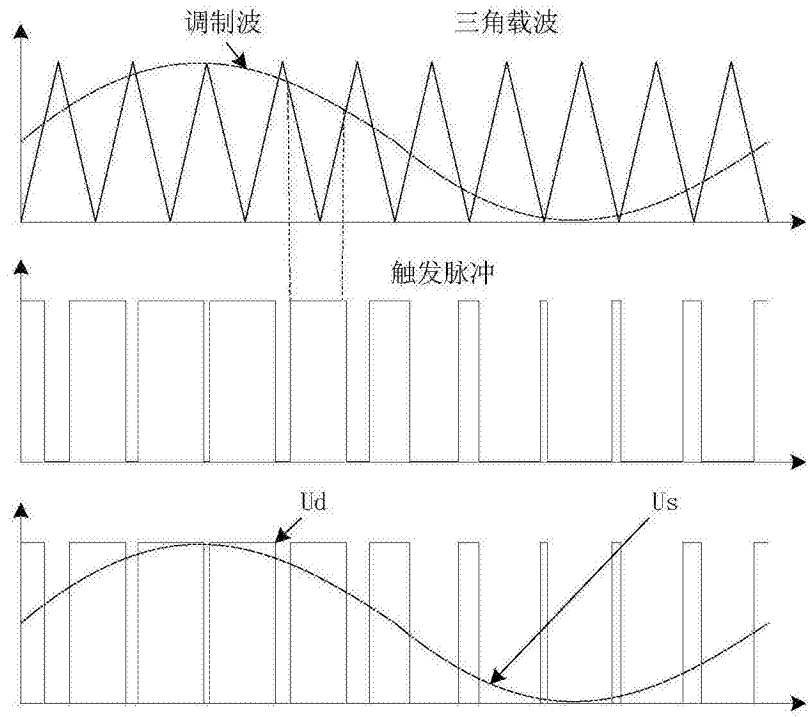
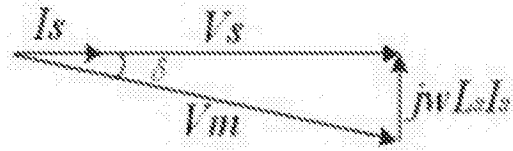
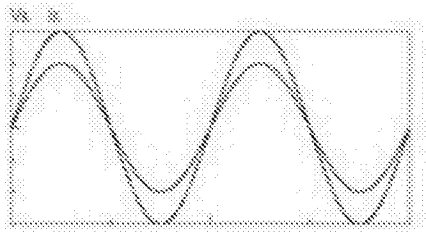
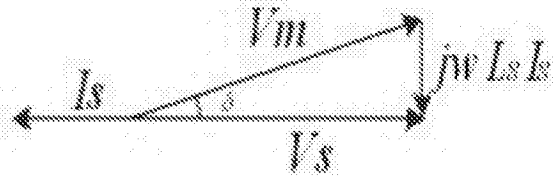
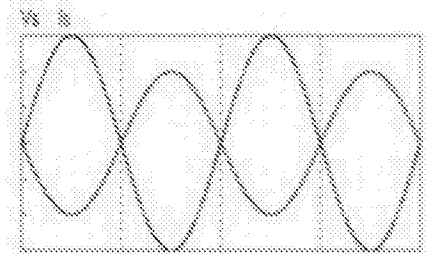


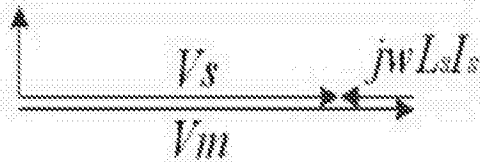
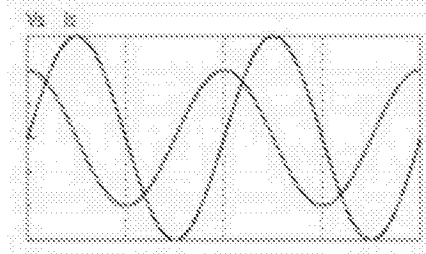
图4



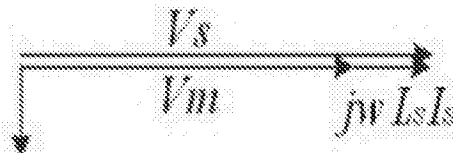
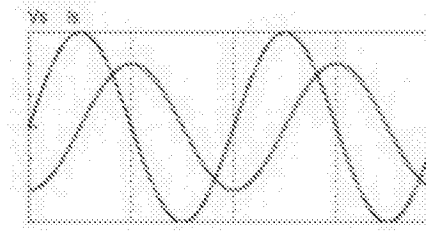
单位功率因数整流器



单位功率因数逆变器



纯电容特性运行



纯电感特性运行

图5

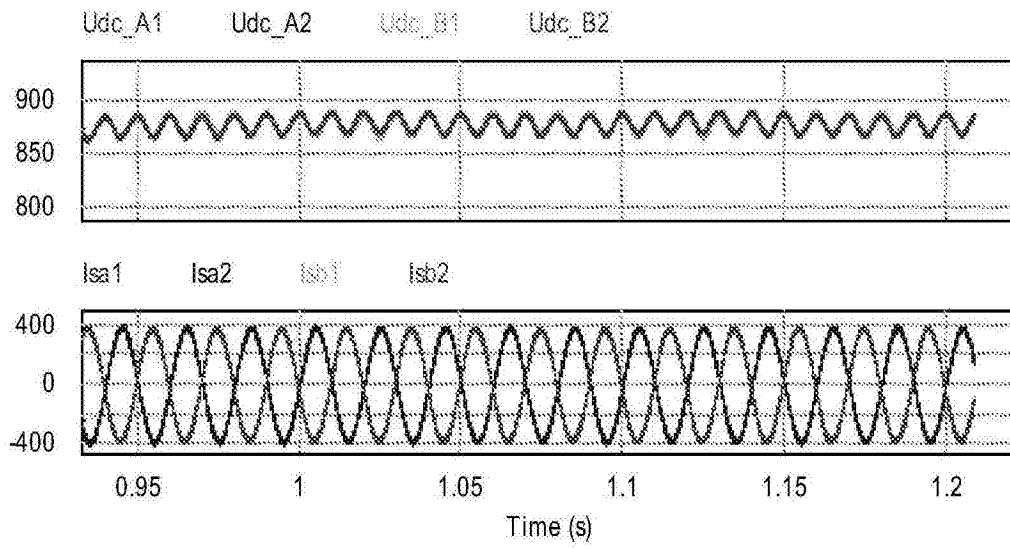


图10