

岸电系统并车方法及控制策略研究

目前岸电系统带载转移负荷的并车方式存在操作过程复杂, 并车冲击大且存在逆功率等问题, 提出一种即插即用式并车方法以及控制策略, 可避免船舶发电系统产生逆功率问题, 使并网过程更加平稳, 整个过程无须岸船之间的通信。

盛晓东 王 宇 谢晔源/南京南瑞继保电气有限公司

0 引言

岸电系统应用于岸电接入技术, 是指船舶靠港期间, 停止使用船舶上的发电机, 而改用陆地电源供电。变频电源是岸电接入系统的核心, 负责将岸上50 Hz交流电源通过AC-DC-AC变频环节转换为船舶所需的60 Hz交流电源, 当船舶发电系统与岸电系统并车时, 即船舶发电系统检测岸电系统的电压满足条件后合上并网开关, 将船舶发电系统并入岸电系统的过程, 此时会产生较大的冲击, 冲击电流会导致并网失败, 或导致产生逆功率现象, 当发生逆功率时, 发电机的功率方向是由系统侧流向电机侧, 此时从系统中吸取有功功率, 发生逆功率会对发电机造成不利影响。

随着岸电系统的推广, 码头和港口会有更多的泊位装设岸电系统, 如果采用原有一对一的岸电供电方式, 投资将显著增加, 可以预见未来会采用一对多的供电方式, 即配置一个变频电源, 同时为多个泊位的船舶供电, 这样能够充分利用变频电源的容量, 提高设备利用率, 减少成本。采用一对多的供电方

式, 对并车技术提出了更高的要求, 最理想的方式是实现“即插即用”, 不需要通信方式即可以实现岸船之间的并车过程。因此, 研究简单可靠的并车技术对于推广岸电应用来说具有重要意义。

1 岸电系统

为了便于研究, 将岸电系统进行简化, 包括岸电电网、变频电源、并网开关、发电机开关以及船舶发电系统, 如图1所示。

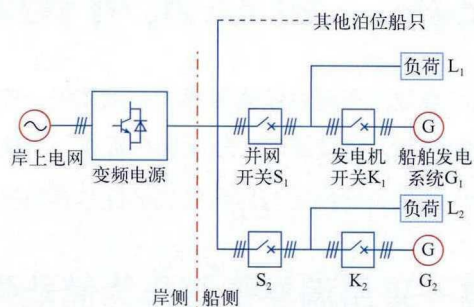


图1 一对多的岸电系统结构

未来岸电系统将会以容量更大的高电压上船为主流, 因此岸电系统的拓扑结构采用高压变频的方式, 包括多绕组变压器以及由多个功率模块级联而成的功率变换器。图2为高压变频电源拓扑结构。

2 即插即用的并车方法

2.1 并车基本原理

岸电与船电并车同步可以有两种实现方式。

1) 船向岸并(方式1)。以岸电变频电源为基准, 并网过程中调节船舶辅



盛晓东/工程师

关键词/Keywords

岸电 ·
并车 ·
逆功率 ·
即插即用 ·

国家重点研发计划项目(2016YFC0205200) 船舶大气污染排放控制技术与示范。

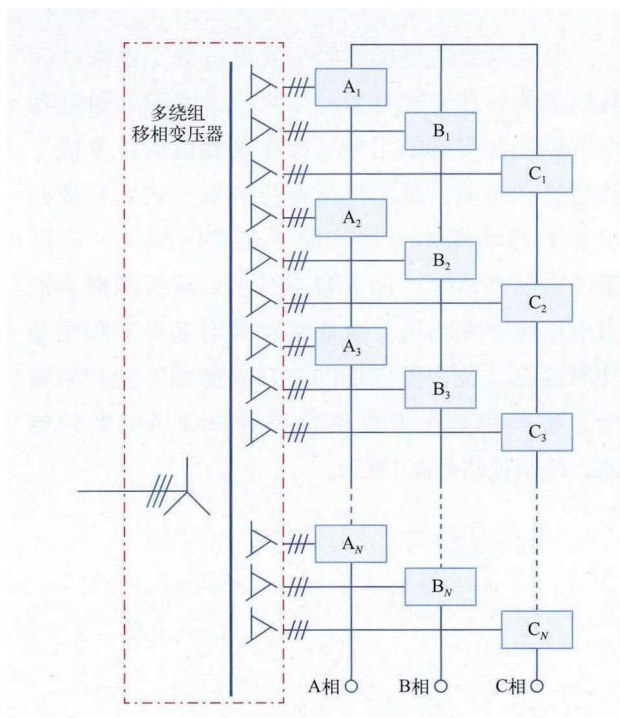


图2 高压变频电源拓扑结构

机发电机输出，使其满足同步并网的条件后，把船舶电力系统并到岸电变频电源上。

2) 岸向船并（方式2）。以船舶电力系统为基准，并网过程中调节岸电电源的输出，当满足同步并网条件后，把岸电电源并到船舶电力系统。

比较这两种方式，岸电系统宜采用方式1，理由为：同步切换装置在船舶上很容易采集岸电和船舶发电机的电压信号，根据两者的电压信号差所产生的调节信号送给船舶发电机更加方便快捷。如果将调节信号送给岸上的高压静止频率变换器时，传输中会引入干扰，影响并车的稳定性。未来岸电应用中一个高压变频电源可能给多个船舶供电，即一对多的供电形式，这种方式下如果采用方式2，每次有新的船舶接入都需要重新调整高压变频电源，将会导致靠港船舶相互干扰，影响正常使用。

基于方式1的并车系统，需要满足以下条件。

1) 船舶需要配置同步切换装置。

2) 岸电变频电源需要具备一定的逆功率吸收能力。对于船舶电力系统，应尽量避免发生逆功率，即船舶电力系统希望在船舶并网时，将功率注入岸电变频电源。因此要求变频电源能够承受

该并网冲击，而不能在自身检测到逆功率后就触发保护动作，会导致并网过程不成功。

2.2 并车控制方法

基于2.1节的原理，采用船向岸并的并网方式，该控制方法包括如下步骤。

1) 船舶靠岸后，进行岸船连接操作，待插头连接好后，将岸上电源送上船舶。

2) 船侧发电系统检测船侧电压与岸侧电压的幅值、频率和相位，当船侧电压幅值和频率稍高于岸侧电压，相位差小于允许值时，合上并网开关。

3) 当变频电源检测到并网开关闭合时，切换控制目标以及控制策略，令变频电源以并网冲击功率作为控制目标，并将目标设定为零，控制策略切换为带有功率下垂特性补偿的闭环控制策略。

4) 待变频电源检测到冲击功率小于某一设定值后，逐渐调节变频电源输出电压，使变频电源输出功率逐渐增加，船舶发电系统输出功率逐渐减小。

5) 待船舶发电系统检测到流过发电机开关的电流小于某一设定值时，断开发电机开关。

6) 当变频电源检测到发电机开关断开后，切换控制策略，令变频电源以输出电压作为控制目标。

步骤2)中，调节船侧电压幅值和频率稍高于岸侧电压，是为了在并网时刻，使冲击功率的方向是从船侧到岸侧，该冲击功率可以由变频电源吸收。

整个操作过程变频电源和船舶发电系统仅通过电气量以及开关位置的检测即可实现并车过程，无须岸船之间的通信，实现了即插即用。

2.3 变频电源逆功率吸收

高压变频电源通常采用前级多绕组移相变压器与二极管整流桥构成整流回路，逆变侧为由IGBT构成的H桥级联构成。由于整流部分由二极管组成，该拓扑结构存在功率无法回馈的问题，逆功率会造成每个功率单元的直流母线电压上

升, 过高的电压会导致功率单元中的IGBT损坏, 本文设计了一种变频电源功率模块, 每个模块内配置能量吸收回路, 由功率半导体开关配合吸收电阻构成, 当直流电压超过阈值后, 控制回路导通, 能量由吸收电阻释放掉。

3 变频电源控制策略

变频电源在并车过程中, 需要根据并车过程阶段切换控制策略, 在并网前采用闭环电压控制策略, 并网过程中采用带有功率下垂特性补偿的闭环电压控制策略, 并网后切换回闭环电压控制策略。

3.1 闭环电压控制策略

在并网前以及并网后, 岸电变频电源单向负荷供电时, 逆变侧直接与负荷连接, 属于孤岛运行方式。此时根据负荷侧频率和电压需求设定给定值, 进行电压闭环控制方式, 控制策略如图3所示。

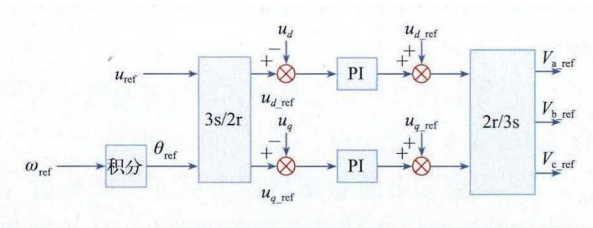


图3 变频电源电压闭环控制策略

根据给定电压幅值和构造相位角, 经过坐标变换获得 d 轴电压分量给定与 q 轴电压分量给定。给定值与实际采样获得电压相减后, 通过PI调节器获得误差信号, 与电压开环给定值相加后获得最终输出电压参考值。对逆变侧电压采用闭环控制, 可以提高电压控制准确度和响应速度, 当负荷突变时, 系统会立即检测到实际采样电压变化的反馈量, 并通过控制器实现快速调节。

3.2 带有功率下垂特性补偿的闭环控制策略

当完成同步并网后, 发电机与变频电源共同向负荷供电, 此时变频电源应采用模拟发电机电性的下垂控制策略, 该方式仅在变频电源与发电机并网后的短时间存在。

变频电源需要模拟船上发电机的下垂特性, 其原理为: 在变频电源与发电机并联时, 通过功率下垂控制得到输出电压频率和幅值的指令值, 然后反相微调其输出电压幅值和频率达到系统有功和无功功率的合理分配。在并网瞬间, 应控制冲击功率为零, 冲击暂态过后, 应缓慢提高输出电压频率和幅值, 从而增加其有功功率和无功功率输出, 减少发电机的有功功率和无功功率输出, 直到将船上发电机负荷转移到岸电变频电源。控制策略如图4所示。

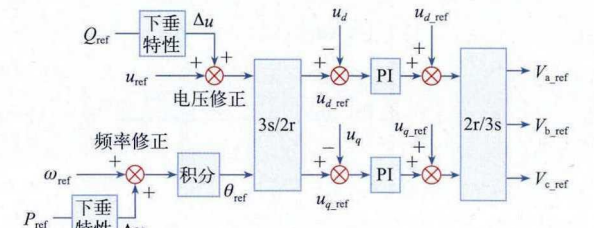


图4 带有下垂特性补偿的电压闭环控制策略

4 仿真研究

为了验证所提出控制策略的正确性, 搭建PSCAD仿真模型, 仿真参数如下表所示。

表 仿真参数

项 目	参 数
额定交流电压	11 kV
并网前船舶侧电压高于岸侧	5%
并网前船舶侧频率高于岸侧	0.3 Hz
并网前船舶侧相位超前岸侧	15°

并网时刻为0.6 s, 图5为并网时刻船侧电压与岸侧电压波形, 图6为冲击有功功率和冲击无功功率波形, 图7为变频电源功率模块直流侧电压波形。

从仿真波形中可以看出(见图5), 在并网前控制船舶侧电压的电压、频率, 使其高于岸船。从图6中可以看出, 由于并网时刻, 岸船两侧存在电压差, 造成并网冲击, 并网冲击方向为由岸侧向船侧。并网后, 控制策略迅速切换, 控制目标为冲击功率为零, 从波形中可以看出, 冲击有功功率与冲击无功功率均被控制到零附近, 说明了控制策略的正确性。由于并网冲击, 造成变频电

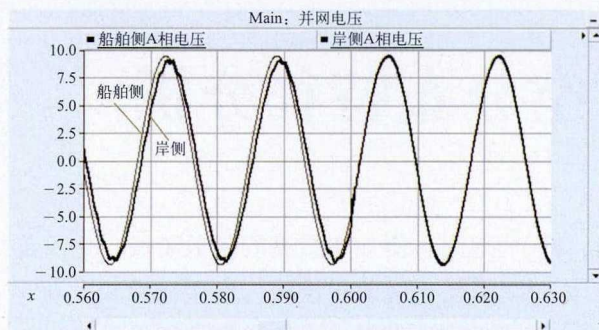


图5 船侧电压与岸侧电压波形

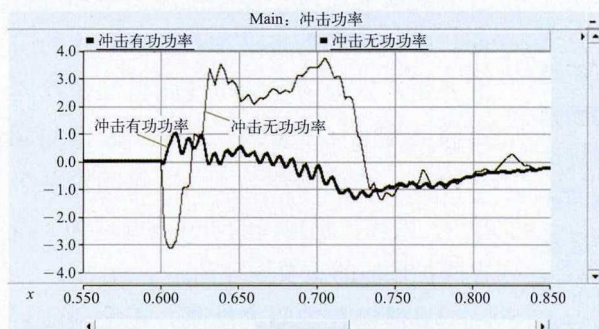


图6 冲击有功功率与冲击无功功率波形

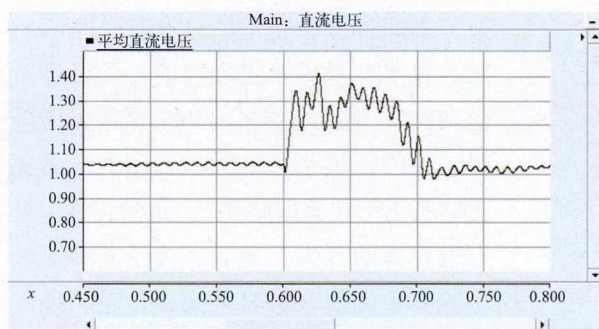


图7 变频电源功率模块直流侧电压波形

源模块的直流电压上升。此处证明了在变频电源

加装能量吸收回路的必要性。

5 结束语

岸电系统的广泛应用将逐步缓解港口码头大气污染问题,目前已建设的岸电系统多数采用不带电连接方式,采用带电连接,即带载转移负荷的连接方式存在并车过程操作复杂,并车冲击大且存在逆功率等问题,本文提出一种即插即用式并车方法以及控制策略,通过并网条件的合理选取避免船舶发电系统产生逆功率问题。采用基于功率下垂特性结合电压闭环控制方式,可有效抑制并网冲击电流,使并网过程更加平稳,整个过程无须岸船之间的通信,实现了即插即用。基于上述理论分析,搭建PSCAD仿真模型,最终验证了并车方案的可行性以及控制策略的正确性。

参考文献

- [1] 罗强. 岸电: 港航业节能减排新亮点 [N]. 中国水运报, 2011-9-7 (8).
- [2] 薛士龙. 船舶电力系统及其自动化控制 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [3] 常瑞增. 60 Hz电子静止式岸电电源在船厂和港口的应用 [J]. 港工技术, 2004 (3): 8-10.
- [4] 黎明森, 黄有方. 现代港口电气自动化工程技术手册 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [5] 周艳红, 张启平, 李江. 同步发电机并联时的功率分配与调节 [J]. 船电技术, 2005 (2): 22-24, 38.

(收稿日期: 2016-11-29) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告