

高压变频器低电压穿越功能的实现

介绍了MAXF II系列高压变频器具备的新功能——低电压穿越功能。当高压变频器的电源出现瞬时掉电、电压短时跌落等情况时，能够保证装置不停机，在电源恢复时继续给负载电动机供电，从而确保系统稳定运行。从低电压穿越的原理和实现方法两方面进行了分析，并通过试验进行了验证。

赵莉 唐小亮 逯乾鹏/上海发电设备成套设计研究院有限公司



赵莉/工程师

0 引言

电厂中，高压变频器用于拖动各类辅机，对于电厂的节能环保具有重要作用。由于电网电压不稳定，当高压变频器的输入电压过低时，会触发保护，从而导致辅机停机，甚至引起机组停机，因此要求高压变频器具备低电压穿越的能力。上海发电设备成套设计研究院有限公司一直致力于生产高性能的高压变频器，近几年进行了新高压变频器系统的设计，实现了高压变频器的低电压穿越功能。

1 理论分析

高压变频器的拓扑结构如图1所示。MAXF II 高压变频调速装置为单元串联、移相式PWM和电压源型高压变频器。输入侧采用移相变压器构成多脉冲整流，改善网侧的电流波形，提高网侧的功率因数，降低设备对电网的谐波污染。输出侧采用单元串联方式，每相功率单元个数根据电压等级和功率配置，输出阶梯PWM波，Y形连接。主控采用主控制器控制；分布式控制方式，主控通过指令控制功率单元。主控与各功率

单元的通信采用光纤通信。

MAXF II 高压变频调速装置在MAXF 高压变频调速装置基础上，通过主控和单元的升级设计，加入了软起动和低电压穿越等功能，并增加了一块保护光纤板，实现故障情况下的快速保护。

文献[1]对于变频器低电压穿越进行了定义：变频器及供电对象设备外部故障或扰动引起的暂态、动态或长时间电源进线电压降低到规定的低电压穿越区内时，变频器仍能够可靠供电，保障供电对象的安全运行。同时，将变频器的低电压穿越分为三种情况，即三个低电压穿越区，如图2所示。图中，三个低电压穿越区分别用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ表示。

Ⅰ区为变频器暂态低电压穿越区，变频器在进线电源电压跌落到不小于20%额定电压、持续时间不大于0.5 s的区域内能够可靠供电，保障供电对象的安全运行。

Ⅱ区为变频器动态低电压穿越区，变频器在进线电源电压跌落到不小于60%额定电压、持续时间不大于5 s的区域内能够可靠供电，保障供电对象的安全运行。

Ⅲ区为变频器稳态低电压穿越区，变频器在进线电源电压跌落到不小于90%额定电压、持续时间不小于5 s的区域内能够可靠供电，保障供电对象的安全运行。

在稳态低电压穿越区（Ⅲ区），当变频器的输入电压降低时，直接影响各功率单元的直流母线电压，从而降低了装置的输出电压。当输出电压降低时，

关键词/Keywords

高压变频器 ·
电压跌落 ·
低电压穿越 ·
跟踪转速再起动 ·

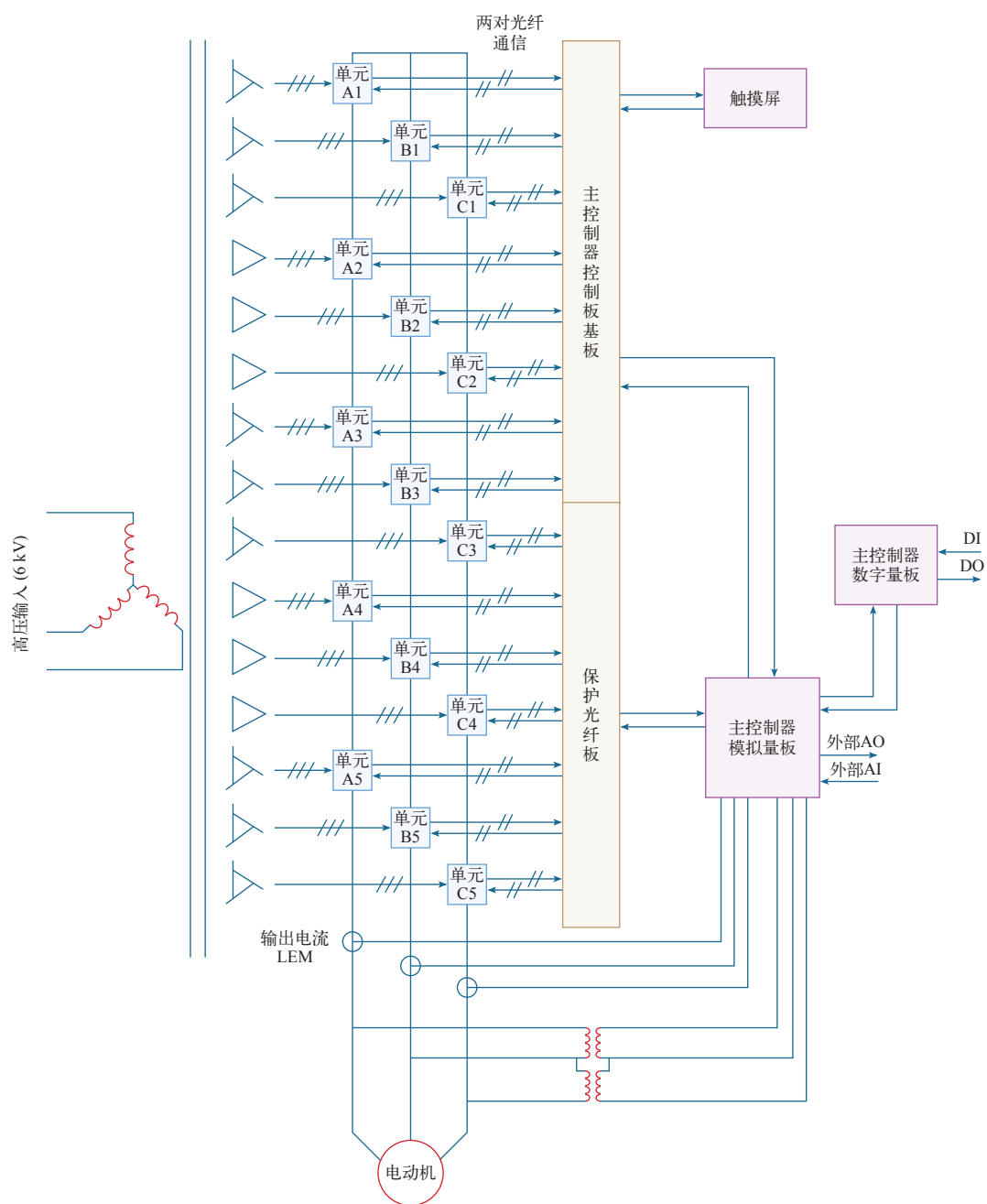


图1 MAXF II 高压变频调速装置的拓扑结构

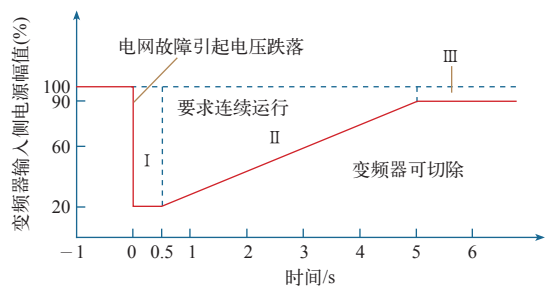


图2 低电压穿越区图示

为了维持原有功率，输出电流会升高。如果要维持原来的输出电压不变，需要提高输出电压参考值或者降低频率运行。

在暂态低电压穿越区（I 区），由于时间很短，可以将高压变频装置短时封锁脉冲后直接输出。高压变频装置再次投入时造成的电压差比较小，因而电流冲击不大。

在动态低电压穿越区（II 区），当电源电压

降低或消失时，高压变频器封锁本身的输出脉冲并不停机，这时电动机失去输入电压处于自由制动状态，电动机的转速逐渐降低；如果在指定的等待时间内，电源电压恢复正常，则高压变频器按照跟踪转速再起动的方式再起动。

跟踪转速再起动，即当电动机失去输入电压时，变频器测量电动机定子侧反电动势，从而对电动机转速进行估算；通过跟踪电动机的转速以及失电时间，估算出电源电压恢复正常时电动机的跟踪频率；当电源电压恢复时，使电动机从估算的跟踪频率开始工作。

由于电动机经过一段时间的自然停车，转速会降到很低，甚至停机，因此在指定的等待时间内，如果电源电压未恢复正常，就认为高压变频器出现了电源低电压故障，从而跳闸停机。

2 实现方法

经过几年时间，上海发电设备成套设计研究院有限责任公司对高压变频器进行了升级改造，实现了低电压穿越功能。

当变频器输入电压幅值降低至一定范围内时，首先采用提高输出电压参考值的方法，保证装置的输出电压；如果不能满足，则降频运行。

如果输入电压降低很多或者消失，在高压变频器软件中检测到高压消失后，将低电压穿越的过程分为几个区间，分别实施控制策略，如图3所示。



图3 低电压穿越的过程

区间 I：短时封脉冲，小于10 ms 的电压大幅度跌落，在电压跌落瞬间封锁输出，但变频器保持原来运行状态，电压恢复后，变频器不作调整直接恢复输出（此时会有小幅电流冲击）。

区间 II：变频器进入低电压穿越区，其封锁输出脉冲，电动机处于自然停车状态，且转速逐渐降低，变频器测量电动机定子侧反电动势（残

压），从而对电动机转速进行估算；通过跟踪电动机的转速，估算出电源电压恢复正常时电动机的跟踪频率；当电源电压恢复时，使电动机从估算的跟踪频率开始工作。

区间 III：电动机残压太低无法检测，当电源电压恢复时，从最后测得的频率起动电动机。

区间 IV：若失电时间大于电动机的自然停车时间，则电源电压恢复从0 Hz 起动电动机。

区间 V：如果很长时间没有恢复电源电压，则停机。

通过上述方法，在变频器电源电压偏低或失去时，不会引起变频器故障停机，从而为电厂的安全运行提供保障。在实际应用中，需要根据具体情况，比如电动机的运行性能、电厂的实际要求等，改变封锁脉冲输出的等待时间、估算电动机转速的加速度等变量，并进行灵活的设计。

3 试验验证

试验装置及试验条件具体如下。

1) 试验用高压变频装置为 MAXF II 700 - 6000/750，输出电压 6 kV，15 个 72 A 功率单元。

2) 试验用电动机参数：额定功率 550 kW，额定电压 6 kV。

试验主接线如图4所示。

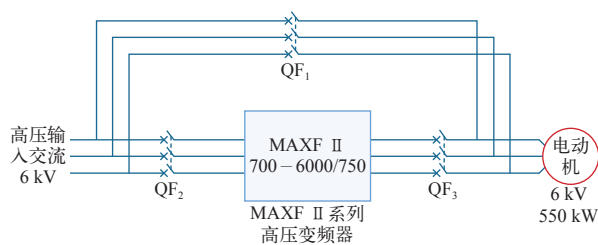


图4 试验主接线

在工厂试验中，针对稳态低电压穿越区，采用另一台高压变频器 2# 的输出作为高压变频器 1# 的输入方式，维持了高压变频器 1# 的输出电压不变；当输出电流超过设定值时，采取降低频率运行的方式。

针对动态低电压穿越区和暂态低电压穿越区，通过分断、闭合变频器供电开关模拟变频器供电电源跌落与恢复，验证变频器的动作逻辑及

响应时间。

高压变频器带电动机负载运行到50 Hz, 设置10 ms时间内, 短时封锁装置输出脉冲后恢复输出, 装置输出电流不过电流, 装置无明显异常。试验波形如图5所示(纵坐标为输出电流测量电压值)。

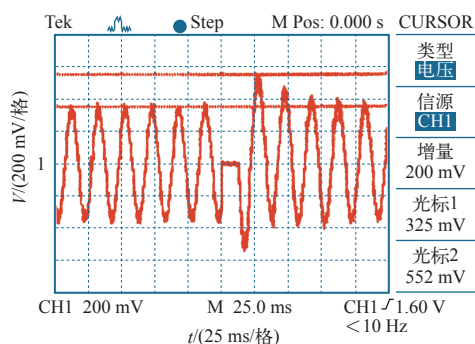


图5 变频器50 Hz时短时封锁脉冲的输出电流波形

高压变频器带电动机负载运行到50 Hz, 分断变频器输入电源, 变频器封锁输出; 控制分断时间, 当接入变频器输入电源时, 变频器再次投入运行, 从估算的跟踪频率开始工作, 逐步升频到分断变频器输入源前的运行状态。试验输出电流波形如图6所示(纵坐标为输出电流测量电压值)。

从图6中可以看出, 再次投入时电流慢慢上升, 衔接过程较为平稳, 电动机不会受到冲击。电流上升的过程与设置的投入时电压增量等参数有关, 可根据需要适当调整。

4 结束语

本文介绍了上海发电设备成套设计研究院有限公司生产的MAXF II系列高压变频器具备的新

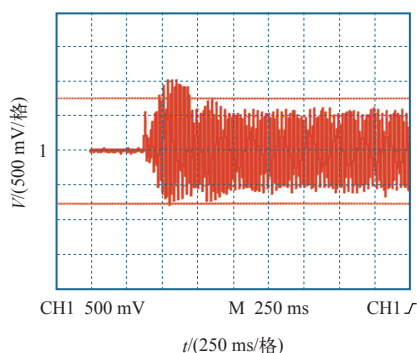


图6 变频器再次投入从跟踪频率逐步升频的输出电流波形

功能——低电压穿越功能, 并给出了试验结果, 在具体的应用过程中, 需要根据实际情况进行相关参数的设置。目前, 具备低电压穿越功能的新高压变频装置已经在上海排水竹园泵站、吴泾二厂凝泵变频改造等多个项目中投运。

参考文献

- [1] Q/GDW大型汽轮发电机组一类辅机变频器高、低电压穿越技术规范(征求意见稿) [S].
- [2] 许实章. 电机学 [M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 李永东, 肖曦, 高跃. 大容量多电平变换器——原理·控制·应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [4] 姚新阳, 等. 火电机组一类辅机变频器低电压穿越改造技术研究 [J]. 电气技术, 2015 (12): 26-30.
- [5] 尹彭飞, 周加胜. 高压变频器的“飞车启动”及“星点漂移”功能 [J]. 变频器世界, 2008 (5): 63-66.

(收稿日期: 2017-02-10) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告