

低频直驱同步机变频器 H 桥（3X5 级）级联型式与三电平型式方案比较

比较内容		H 桥 3X5 级串联	ACD 三电平（含双绕组）	小结
主回路结构及其关键参数	输出电压	6.0kV	3.3kV	H 桥具有标准功率单元串联, 相较 ACD 三电平: 输出电压高, 关键参数更优, H 桥控制同步机是主流方案: 完美无谐波
	功率单元数量	3X5 台标准功率单元	2X24 只高压 IGBT	
	电平数量	21	3	
	du/dt	1(倍)	3.5(倍)	
	IGBT 电压等级	1700V	3300V	
	IGBT 电压裕量	2 倍	1.48 倍	
	电压畸变率 THDu	0.117%	1.170%	
	电流畸变率 THDi	0.346%	3.460%	
	功率因数	1.0(可调)	≤ 0.95	
前端结构		LCL 滤波器+SPWM 控制组	仅 L 电抗器, 假的 AFE, 高次谐波大, 与同电网其他负荷无法解耦, 相互影响, 可能造成设备被烧毁故障	
关键控制软件和动态性能	同步机数学模型	单绕组, 解耦。数学模型真实表达同步机的运行特性	双绕组, 无法解耦。没有建立同步机数学模型	H 桥具有实用的电动机数学模型和参数自学习能力, 任何情况下均能获得优质的动态性能
	同步机参数测量	对同步机的电阻、电感、互感、漏感等 20 多个参数进行真实测量, 达到优化控制的目的	仅对电阻、电感数个参数进行测量或凭经验设置	
	控制模式	高性能的 V/F 和速度闭环矢量控制	通用型的 V/F 和速度闭环矢量控制	
	动态性能	与电动机匹配程度好, 动态性能与技术人员调试经验没有关系, 动态性能均能达到较佳	动态性能取决于电动机参数匹配情况和技术人员的调试经验, 动态性能的优劣具有随机性	
应急运行	切换柜	不需配置	需配置两台切换柜	应急状态, H 桥不需另配切换柜, 但方式更加灵活, 运行效率更高: 实现全载, 可以选择: 100%、80%、60%、40% 或 20% 的速度运行。
	更换备用功率单元	全速全载运行	全速全载运行	
	短路一级功率单元或通过切换柜	4 级串联: 80%速度全载运行	通过切换柜, 电机两绕组串联: 50%速度全载运行	



源创电气
YUANCHUANG ELECTRIC

低频直驱同步机变频器 H 桥（3X5 级）级联型式与三电平型式方案比较

应急运行	短路二级功率单元	3 级串联：60%速度全载运行	无	应急状态，H 桥不需另配切换柜，但方式更加灵活，运行效率更高：实现全载，可以选择：100%、80%、60%、40%或 20%的速度运行。
	短路三级功率单元	2 级串联：40%速度全载运行	无	
低速同步机	电动机电压等级	6kV 或 10kV	$\leq 3.3\text{kV}$	H 桥对电动机没有特殊要求
	电动机绕组	单绕组	双绕组	
	电动机体积和价格	较低	较高	
	电动机工艺	不需要特殊生产	需要特殊生产	
运维成本	技术成熟度	成熟 硬件雷同异步机并得到大面积推广应用	业绩相对较少 在异步机上无法使用	H 桥运维成本更低
	整机可靠性	可靠	偶尔出现软故障：如顶高压柜等	
	节能程度	高	较高	
	备件	功率单元，价格较低，更换快速	相单元，价格较高，更换时间相对长	
国际知名公司发展情况和结论	ABB 和西门子公司 的技术发展情况	6KV 或 10kV 用于大型 低速同步机正在大力发展	多电平型式现仅用于控制 异步电动机	H 桥控制低速同步机顺应主流技术发展趋势
	发展趋势	符合主流技术发展，包括美国 GE、日本东芝和 TMEIC 等均大力研发，既能用于拖动异步机也能用于低速同步机	用于同步机，国内厂家仅一家。国际公司仅用于拖动异步机，且功率较小。受主回路结构限制，IGBT 型功率受限，拖动低速同步机，过载倍数小、适应性差。	
	结论	主流方案	过渡性方案	H 桥方案值得选用