

电池与电机模拟器下线测试一体机技术要求

一、概述

本次需求一套电池与电机模拟器下线测试一体机装置，用于驱动电机控制器的下线测试，装置同时具备直流及交流通道，直流通道用于控制器的直流母线供电，交流通道用于控制器交流侧电机负载模拟。可实现电机动力台架替换，满足驱动电机控制器下线测试的使用要求。该电机及电池模拟装置能克服传统台架测试系统灵活性差、系统复杂、可靠性差、安全风险高、部件成本高、机械振动及噪声大等缺点。

电机模拟单元应基于精确的电机动态数学模型，实现精确的永磁同步电机电动及发电状态模拟。本单元可替代测试中的台架系统，模拟控制器的各种电机负载工况。各种电机本体参数和机械负载转矩可以通过相关数字参数设置或修改，准确实现不同性能电机的端口特性模拟。

电池模拟单元应具备高精度及高动态响应特性，能根据电池类型、串并环节数及初始 SoC 等参数模拟真实动力电池的充放电特性。可替代整车动力电池，实现电机控制器功能、性能测试时的电能供给，也可以实现电机馈电时，通过控制器给电池充电的过程。

二、参考及引用标准

序号	标准/文件号	标准/文件名称
1	GB 50055-2011	通用用电设备配电设计规范
2	GB 50054-2011	低压配电设计规范
3	GB/T 4798	电工电子产品应用环境条件
4	GB 755-2008	旋转电机 定额和性能
5	GB/T 2900.25	电工术语 旋转电机
6	GB/T 19596	电动汽车术语
7	GB/T 34590.1-2017	道路车辆 功能安全 第 1 部分：术语
8	GB/T 34590.4-2017	道路车辆 功能安全 第 4 部分：产品开发：系统层面
9	GBT 18488-1 2015	电动汽车用电机及其控制器第 1 部分 技术条件
10	GBT 18384.2-2015	电动汽车 安全要求第 2 部分 操作安全和故障防护
11	GBT 18384.3-2015	电动汽车 安全要求第 3 部分 人员触电防护

三、基本要求

3.1 使用环境条件

序号	项目	设计参数指标	备注
1	工作环境温度	-10℃~40℃	
2	存放温度	-20℃~70℃	
3	海拔	≤2000m	
4	相对湿度	≤90%RH, 25℃, 无凝露出现	
5	防护等级	IP21	

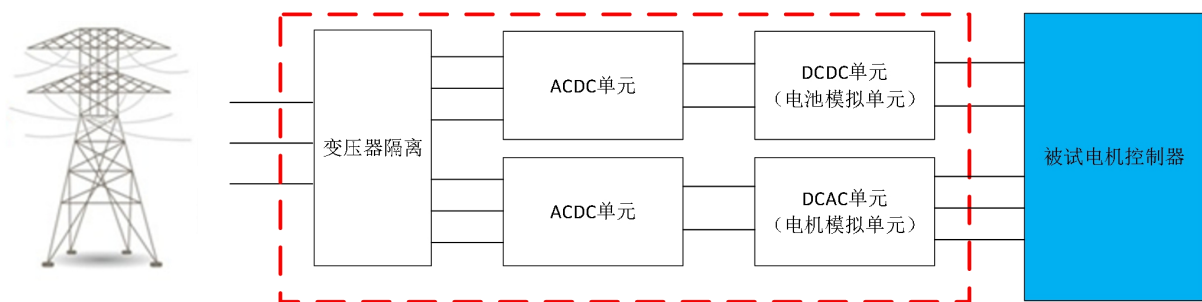
3.2 使用外部条件

- 1) 工厂输入电源：3相 380Vac±10%；
- 2) 输入频率：50Hz±3Hz；
- 3) 外部水冷条件：外部冷却去离子水，进水温度 30℃。

备注：冷却水流量、压力及接口要求在设备就位前由供应商提供数据；

- 4) 试验对象：驱动电机控制器。

系统电气连接框图如下，其中红色框内为本次需求所述装置系统（电机及电池模拟装置）。



本装置与驱动电机控制器等构成如图所示测试框图。本次需求装置主要实现以下两种功能。

电机模拟：具备电机模拟功能，替代整车电机负载，完成对驱动电机控制器的多种

性能评估及下线测试。电池模拟：具备通用直流电源及电池模拟功能，替代动力电池包为驱动电机控制器测试提供能量，也可以实现电机馈电时，通过控制器给电池充电的过程。装置可替代传统测试台架，针对驱动电机控制器实现以下测试项目，装置能克服传统台架系统灵活性差、系统复杂、可靠性差、安全风险高、部件成本高、机械振动及噪声大等缺点。

1、老化测试

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	老化测试	电机控制器在设定功率下按照需求时间运行	在需求时间内设备无故障，且没有发生保护

2、工况模拟

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	工况模拟	在设定或导入的工况下，系统按照需求工况运行	在需求工况下，设备满足对应工况要求的功能及性能

3、电流校准

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	电流校准	设置好规定的试验条件，如驱动电机转速和转矩等	在需求工况下，根据装置的电流校准电机控制器电流

4、支撑电容放电测试

序号	测试项目	测试过程	数据记录
1	被动放电时间	母线设置为最高电压，稳定后切断供电电源，测量控制器支撑电容两端开路电压	记录支撑电容开路电压从切断时刻直至下降到 60V 经过时间
2	主动放电时间	母线设置为最高电压，稳定后立即切断直流供电电源，并使电机控制器参与放电过程，测量控制器支撑电容两端开路电压	记录支撑电容开路电压从切断时刻直至下降到 60V 经过时间

5、堵转测试

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	堵转测试	利用电机模拟单元设置需要的堵转工况分段测试 200A、400A、（峰峰值）±450A	在模拟的堵转工况下，验证是否符合产品的设计要求

6、工作电流测试

序号	测试项目	测试过程	结果判定
----	------	------	------

1	持续工作电流	设置好规定的试验条件，如驱动电机转速和转矩，客户需求的试验持续时间等	电机控制器在规定时间内稳定工作，并没有发生保护
2	短时工作电流	增大驱动电机控制器电流，设定持续工作时间	电机控制器在规定时间内稳定工作，并没有发生保护
3	最大工作电流	按照客户需求，增加电机控制器的电流，设定持续工作时间	电机控制器在规定时间内稳定工作，并没有发生保护

7、效率测试

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	效率测试	读取电机控制器输入输出参数，进行比值计算	满足客户需求的功率要求

备注：效率测试需另外配置功率计进行输入输出功率测量。建议选型致远 PA323H 或 PA333H 功率计一台。

8、缺相保护测试

序号	测试项目	测试过程	结果判定
1	缺相保护测试	通过断开某相接触器，模拟缺相，测试电机驱动器缺相保护	电驱动器缺相保护前电机模拟器不停机

四、技术性能及功能

4.1 技术规格要求

输入参数	
电网相数	3 ϕ 3W+PE
输入电压	380V \pm 10%
输入频率	50Hz \pm 3Hz
功率因数	\geq 0.95
总电流谐波失真	\leq 5%
电机模拟参数	
模拟电机相数	3
额定功率	120kW
峰值功率	180kW (20s)
母线电压	\geq 800V
电机电压	200Vrms/800Vpp
最大电流 rms	\pm 450A
电机转向	顺时针/逆时针

反电势@5000rpm/400A	228Vrms
测试转速	0--- 15000rpm（功率≤10kW）
加速时间	<3S（0 到最大转速 15000rpm）
测试转矩	0~310N.m
极对数（旋变）	2（可设置）
旋变励磁峰峰值	<30V
旋变励磁频率	3kHz~10kHz
电流频率	0- 1kHz
定子电阻	0Ω~5Ω
电机类型	永磁同步电机
位置传感器	旋变
其他功能	工况模拟/电流校准/堵转模拟（堵转角度可设）
电池模拟参数	
额定功率	120kW（独立运行输出功率，不接电机模拟器，独立带负载输出额定功率 120KW）
峰值功率	160kW（10s）
电压范围	50-1000V
额定电压	300V
额定电流	400A
电压精度	±0.1%FS
电压纹波	≤0.2%FS
电池模拟	三元锂、磷酸铁锂、锰酸锂、镍氢等 7 种常见固定电池曲线 可根据要求自定义电池模型输出
保护功能	过压、过流、过温及急停等
外观尺寸	
尺寸（宽*深*高）	2400mm*1200mm*2100mm

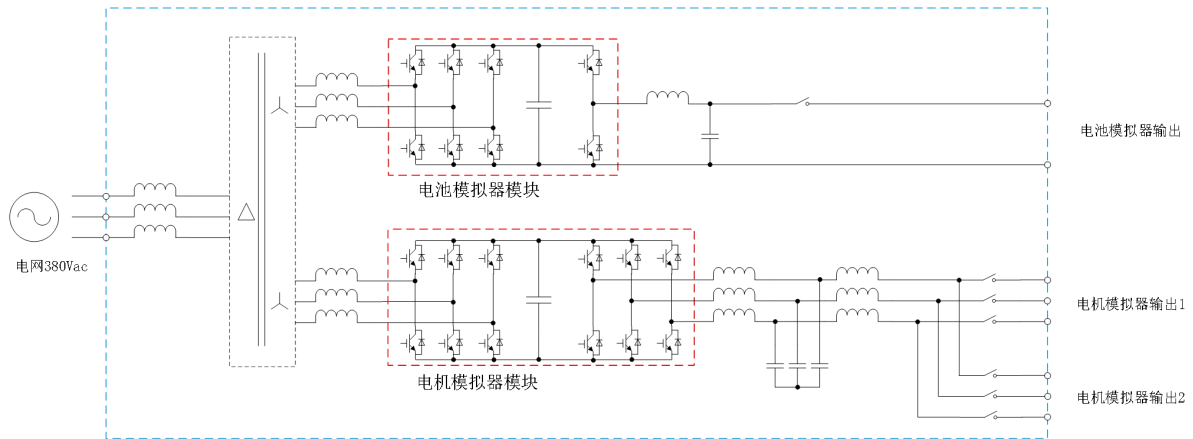
备注：*以上设备尺寸，宽深高均允许存在±100mm 的偏差。

4.2 电气设计要求

本装置要求采用双向隔离拓扑架构，要能实现与电网、被试件的隔离，保证系统的安全性及可靠性，同时需满足能量双向流动的功能要求，实现电机控制器功能、性能测试时的电能供给，也可以实现电机馈电时，通过控制器给电池充电的过程。装置电气框

架示意图要求如下，至少应包括以下各电气模块。

DCAC 逆变单元（电机模拟单元）需要具备两路输出接口，可切换满足两路控制器的测试应用。旋变模拟采用外部旋变模拟盒的方式，缩短与被测电机控制器之间的连线长度，减少线路压降降低干扰；旋变模拟盒和电机模拟器之间采用吉比特高速光纤通讯，即使旋变模拟盒和电机模拟器距离较远（40km）也可以可靠工作；旋变模拟盒具备两路旋变信号的切换功能。



4.3 功能要求

本装置要求同时具备交流及直流通道，两通道分别实现电机及电池特性模拟。

- 电机模拟

装置应具备永磁同步电机模拟功能，电机的主要设置参数至少应包括以下内容。

电机类型	参数设置
永磁同步电机	定子 d 轴互感 L_d (mH)
	定子 q 轴互感 L_q (mH)
	定子电阻 R_s (Ω)
	磁通量 Flux(V · s)
	转动惯量 J (Kg · m ²)
	摩擦系数 F (N · m · s)

	极对数 P
--	-------

电机模拟单元应具备位置传感器模拟功能，至少包含旋转变压器的模拟。旋变模拟时，应可以配置极对数，同时正、余弦信号输出幅值的比例因子需要可调，以防止因线路阻抗等问题导致电压幅值降低。应具备设置 SIN、COS、转子信号的偏移角度来模拟传感器信号相移和初始角度偏移的功能。比例因子、信号相移、初始磁极角和极对数等参数可以通过可视化的操作界面直接设置。

电机模拟部分应具备转速和转矩两种负载模式，并提供转速及转矩工况的设置。

1、 转速模式

转速模式下应具备“设定转速”（rpm），“转速斜率”（rpm/s），“转速增量”等设置的功能。

2、 转矩模式

转矩模式下，由电机模拟器控制转矩，被测控制器控制转速。电机模拟单元至少应能提供以下两种不同负载类型的选择。

1) 位能性负载

负载转矩具有固定的方向，不随转速的方向改变而改变。不论重物被提升（n 为正）或下放（n 为负），负载转矩始方向始终保持不变。位能性负载模式下应能设置“恒转矩系数 a”、“设定转矩”（N*m）、“转矩斜率”（N*m/s）、“转矩增量”等关键参数。

2) 恒功率负载

负载转速与转矩大致成反比，而且电机输出功率基本保持不变。恒功率负载模式下应能设置“负载系数 c”、“变化斜率”（N*m/s）等关键参数。

● 电池模拟

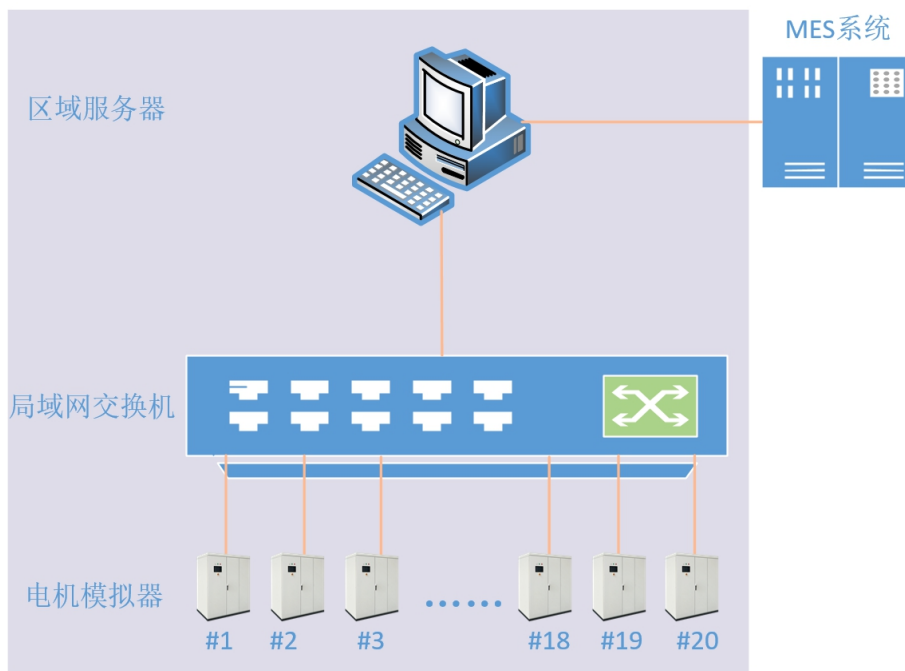
电池模拟单元具备通用直流电源及动力电池包模拟功能，通用直流电源应包括通用、步阶及渐变等多种编程模式。电池模拟功能可以模拟动力电池包的充放电特性，替

代整车动力电池，可实现电机控制器功能、性能测试时的电能供给，也可以实现电机馈电时，通过控制器给电池充电的过程，至少应包含锰酸锂、钴酸锂、磷酸铁锂、三元锂、钛酸锂、镍氢电池、铅酸电池等 7 种固定电池类型及自定义电池类型的充放电外特性模拟功能，可以设置电池的类型、串环节数、并环节数、初始内阻、初始温度及 初始 SoC 等信息。

五、其他要求

- 具有可编程功能，具备通用、步阶、渐变、固定电池类型模拟、自定义电池模型及电机模拟等多种模式；
- 电机模拟单元应具备两路输出接口，可切换满足两路控制器的测试应用；
- 电机模拟单元具备工况模拟、电流校准及堵转模拟（堵转角度可设）等功能；
- 对电网无污染，并网功率因数 ≥ 0.95 ，总谐波电流 $\leq 5\%$ ；
- 应采用双向隔离拓扑架构，要能实现与电网、被试件的隔离，保证系统的安全性及可靠性，同时需满足能量双向流动的使用要求；
- 电池模拟单元可提供控制器的直流供电，当负载处于发电工况时，也可以吸收负载电能，模拟制动时电池充电过程；
- 电池模拟单元具有直流远端压降补偿功能；
- 电池模拟单元电压斜率可设置，过压及过流保护点可设置；
- 采用先进的算法和控制技术，电压范围宽、精度高、动态响应快，满足以下动态响应指标，响应时间 $\leq 2.5\text{ms}$ (10%-90%突加载)；切换时间 $\leq 5\text{ms}$ (+90%-90%切换)；
- 固定电池类型至少应包含锰酸锂、钴酸锂、磷酸铁锂、三元锂、钛酸锂、铅酸电池镍氢等 7 种固定电池模型；
- 具备用户自定义一阶、二阶、三阶模型接口
- 可选择模拟电池的类型、串环节数、并环节数、初始内阻、初始温度及初始 SoC 指标，从而全面模拟电池的输出特性；
- 装置应具有外部急停接口，可实现与系统的急停联动，保证系统安全；
- 设备内部工艺布局、走线等严格按照绝缘耐压要求进行设计，留够绝缘间隙；
- 设备内部 PCB 板应涂刷三防漆，保证设备特定环境下的可靠运行；

- 设备接地端子预留两个接线位置，方便双点接地；
- 设备自动监控水温、流量、压力；
- 具有整机能耗采集功能。
- 具备上位机及第三方集成两种远程控制方式，开放通讯协议；
- 设备支持局域网组网,同车间内最多 20 台电机模拟器可集中在一台服务器进行集中监控，系统组成如下图所示。



- 服务器支持测试数据存储（存储时间可设置），且数据可导出，方便处理、分析，最大存储容量不小于 4TB；
- 支持 MES 系统连接，便于集中监测与控制；
- 配合甲方的信息化建设工作，配合接入甲方数据中心及相关工作。

六、系统组成



电池与电机模拟器下线测试一体机参考图

6.1 主体设备

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	电池与电机模拟器下线测试一体机	电池模拟单元 额定功率：120kW； 峰值功率：160kW（10s）； 最大电流：±400A； 电压精度：±0.1%FS； 电机模拟单元 额定功率：120kW； 电压范围：50-800V； 最大电流：450A。	套	1	
2	功率计	PA323H： 通道数：三通道； 最大测试电压：1000V； 输入带宽：DC， 0.1Hz~300kHz； 采样率：200KS/s；	套	1	品牌：致远

		电压精度：读数 0.1%+量程 0.05%；（45≤f≤66Hz）； 电流精度：量程 0.1%+量程 0.05%；（45≤f≤66Hz）；			
--	--	--	--	--	--

6.2 一体机主要元器件

备注：以上器件如有品牌变化，提前与甲方确认。

序号	名称	规格	品牌	数量	备注
1	变压器	140kW	英大科特/博微田村/云路	≥1 只	
2	电抗器	400A/0.3mH	英大科特/博微田村/云路	≥2 只	
3		200A/0.15mH		≥2 只	
4		400A/0.2mH		≥1 只	
5	电流传 感器	200A	LEM/中车/田村	≥14 只	
6		500A		≥5 只	
7	IGBT	450A/1200V	富士/Infineon/ABB/赛米控	≥22 只	
8	薄膜电容	420uF/1100V	EACO/常捷	≥48 只	
9	熔断器	700A/1250Vdc	西整/西熔	≥1 只	
10	触摸屏	电阻触摸	大彩	≥1 只	
11	直流接触器	用于电机模拟单元输出侧两路切换	用户提供	≥6 只	

6.3 交付资料

序号	资料名称	单位	数量	备注
1	使用手册	套	1	发货时提供
2	操作指南	套	1	发货时提供
3	产品规格	套	1	发货时提供
4	设备维修保养手册	套	1	发货时提供
5	出厂检验报告	套	1	发货时提供
6	上位机软件（安装包）	套	1	发货时提供
7	通讯协议	套	1	发货时提供（用于集成）

七、设备安装、调试

1. 由乙方负责把设备送到甲方工厂，并完成设备的安装与调试；调试时，如出现问题由乙方负责解决，乙方需遵守甲方安装场所的相关规定。
2. 安装环境要求：
 - A、环境温度：-10℃ — +40℃
 - B、环境湿度：≤90%（不结露）
 - C、保存温度：-20℃ — +70℃
3. 安装及调试过程由乙方主导，甲方承担配电、水、气到设备位置。进入车间人员应服从工厂管理要求，穿着无尘服换鞋，不得随意走动。

八、培训服务

1. 设备安装、调试完成后，供应商提供现场培训服务，包括操作培训和保养培训。

- 1) 培训项目：

- a. 设备整体及设备功能的介绍和培训。
- b. 设备机械结构的培训。
- c. 设备软件操作的具体使用方法和功能的演示和培训。
- d. 设备电气功能和设备工作原理部分的演示和培训。
- e. 设备维修、维护保养方面的培训。

- 2) 培训方式：

提供培训资料进行现场集中培训。

- 3) 培训目标：

让接受培训的人员熟悉设备的功能和工作原理，并进行熟练操作，具有独立操作及维护的能力。

九、验收要求

1. 出厂时要求设备包装完整，无损坏；设备使用说明书等出货资料齐全；
2. 到货开箱时要求设备外观无刮花，无磨损；所交设备与供货清单一致；
3. 设备现场安装调试，达到甲方要求，并培训技术人员；
4. 供方保证所提供的设备为全新的，设备运至需方交货地安装完成后，需方组织对设备进行收货验收。
5. 乙方安装调试完成后甲方进行验收测试，验收依据为设备采购合同/协议等技术资料，设备功能、性能等满足技术资料规定时，才能予以验收通过。
6. 设备制作、调试过程中如因技术原因需要更换与合同中不一致部件，需第一时间书面告知甲方；

十、质保、交期要求

质保期：验收合格后：2年，交期：合同签订后 150 天

拟定：汤法泽

审核：刘学峰

批准：

