

ICS 27.180

CCS F19

团 体 标 准

T/QGCML 307—2022

储能飞轮

Energy storage flywheel

2022 - 07 - 27 发布

2022 - 08 - 10 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 命名规则	2
5 一般要求	2
6 性能要求	2
7 试验方法	5
8 检验规则	8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会提出并归口。

本文件主要起草单位：山西新阳清洁能源有限公司、华阳新材料科技集团有限公司、阳泉奇峰聚能科技有限公司。

本文件参与起草单位：山西华钠芯能科技有限责任公司、太原理工大学物理与光电工程学院、北京奇峰聚能科技有限公司、太原理工大学。

本文件主要起草人：张彦生、庞云峰、王明菊、卢斌、张文浩、冯进亮、乔龙龙、郝万程、翟志强、王敏、任晓雪、李沛然、王月月、李维佳、吕玉祥、张海涛、蒋涛、王禹洲、张益龙、杨莉丽。

储能飞轮

1 范围

本文件规定了储能飞轮的术语和定义、命名规则、一般要求、性能要求、试验方法、检验规则。本文件适用于储能飞轮的生产与检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 7251.1-2013 压成套开关设备和控制设备 第1部分:总则
- GB/T 4208-2017 壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7267-2015 电力系统二次回路保护及自动化机柜（屏）基本尺寸系列
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6-2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 21413.1-2018 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则
- GB/T 24337-2009 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 32218-2015 真空技术 真空系统漏率测试方法
- GB/T 36548-2018 电化学储能系统接入电网测试规范
- JB/T 5777.2-2002 电力系统二次电路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件
- JB/T 5777.3-2002 电力系统二次电路用控制及继电保护屏（柜、台）基本试验方法
- YD/T 282-2000 通信设备可靠性通用试验方法
- ISO 14839-2:2004 机械振动 装有活动磁性轴承的旋转机械的振动 第2部分-振动评估

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

飞轮储能 flywheel energy storage method

飞轮储能是一种物理储能技术，是指利用电能驱动飞轮高速旋转，将电能转换为机械能，在需要的时候通过飞轮惯性拖动电机发电，将储存的机械能变为电能输出（即所谓的飞轮放电）的一种储能方式。

3.2

储能飞轮 energy storage flywheel device

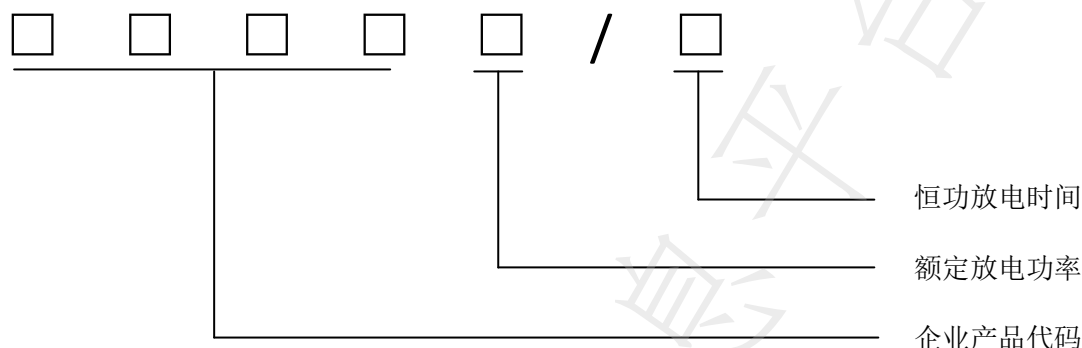
储能飞轮是应用飞轮储能为主要技术构成的电力系统，可以实现电能与动能双向转化的储能装置。

3.3

飞轮转子 flywheel rotor

是储能飞轮内部核心储能元件。

4 命名规则



示例：QFFL 600 / 30 QFFL 为奇峰飞轮的缩写，额定放电功率为 600Kw，恒功放电时间为 30S。

5 一般要求

使用环境符合以下内容：

- 温度：-5℃~40℃，24h 内平均温度不高于 35℃；
- 相对湿度：最大湿度不超过 50%；
- 大气压力：80kPa~110kPa；
- 接入供电电源品质：间谐波电压应满足 GB/T 24337-2009 的要求，电压偏差应满足 GB/T 12325-2008 的要求，电压波动和闪变值应满足 GB/T 12326-2008 的要求，电压不平衡度应满足 GB/T 15543-2008 的要求。

6 性能要求

6.1 性能参数

参数值如表1所示。

表1 储能飞轮参数表

项目	参数		
额定功率	200kW	400kW	600kW
额定储能能量	3.3kWh	6.7kWh	5kWh
额定直流电压	750Vcd	750Vcd	750Vcd
额定转速	15000rpm		
放电时间	60s	30	
谐波总量	<5%		
一次充放电效率	>85%		

6.2 外观尺寸要求

- 装置外表面涂层应均匀平整，不应有锈蚀、脱落、碰伤、划痕，紧固件应牢固；
- 尺寸应符合 GB/T 7267-2015 的相关要求及；

6.3 结构要求

储能飞轮由壳体、径向磁悬浮轴承、飞轮转子、电机、轴向磁悬浮轴承构成。

6.3.1 壳体

壳体各部位无渗漏，各位置漏率不得高于 6.0×10^{-7} pa·m³/s。

6.3.2 磁悬浮轴承

- 线圈对地绝缘电阻（500VDC）应大于 50MΩ；
- 线圈直流电阻为 5.67ohm（20° C）；
- 匝间冲击耐压按 1680V 测试时，测试过程应无异常放电现象发生。

6.3.3 飞轮转子

动平衡转速为400-500r/min，左右修正面的最大允许不平衡量为1g。

6.3.4 电机

- 电机绕组每相的直流电阻为 0.001506Ω（95° C）；
- 三相电阻不平衡率应不大于 4%（线电阻不平衡率应不大于 2%）；
- 绝缘电阻（1000VDC）应大于 1000MΩ；
- 工频耐压试验电压 2060V，持续 1min 应无击穿现象；
- 匝间冲击耐压试验电压为 2910V，试验过程应无放电现象发生。

6.4 效率要求

充放电循环效率应不低于85%，如表1所示。

6.5 安全要求

6.5.1 机械危险防护

储能飞轮应具备机械危险防护措施，即使转子失稳也不能对外界产生破坏性影响。同时，应具备紧急停机功能。

6.5.2 电击危险防护

储能飞轮应采用绝缘保护措施防止电击危险。

6.6 噪声

在距离设备水平位置1m出，储能飞轮满载运行时的噪声应不大于85dB。

6.7 振动

应符合ISO 14839-2:2004中对装置震动的评估。

6.8 温升

应符合GB/T 21413.1-2018 9.2.2的要求。

6.9 密闭

飞轮储能单元应具备密封性。

6.10 电气性能

6.10.1 绝缘电阻

符合6.3.2及6.3.4中的部分要求。

6.10.2 工频耐压

柜内各带电回路，按其工作电压应能承受表 1 规定历时 1 min 的工频耐压的试验，试验过程中应无绝缘击穿和闪络现象。

6.10.3 电气间隙和爬电距离

飞轮储能系统电气设备的电气间隙和爬电距离符合 GB/T 7251.1-2013 中 8.3的规定。

6.11 防护等级

室内柜体外壳防护等级应不低于 GB/T 4208-2017 中 IP20的规定，室外柜体外壳防护等级应不低于GB/T 4208-2017 中 IP 54的规定。

6.12 保护及报警功能

- 应具备保护和故障管理功能，根据工作状态和参数变化，判断异常或故障类型，并自动实施异常工况限制、故障保护和故障报警功能；
- 电压保护：飞轮储能系统输出电压超过设定过、欠电压值时，应发出报警信号，并应自动关断输出；
- 充、放电保护：
 - 飞轮充电加速过程，当飞轮转速超过最高工作转速时，发出报警信号；当飞轮转速超过最高极限转速时，超速保护动作，停止充电操作；
 - 飞轮放电减速过程，当飞轮转速低于最低工作转速时，发出报警信号，停止放电运行；正常停机操作除外；
- 真空度过低保护：飞轮储能系统应能实时监测飞轮运行腔体内的真空度，当真空度达到报警值时，应能发出报警信号，超过设计阈值，应自动降速停机。

6.13 监控功能

监控装置应具备对飞轮储能系统中各个设备的运行状态进行监测和控制的功能；能按设定条件完成充放电控制，并对运行方式进行手动或自动的设定；具备响应的显示功能。

6.14 电磁兼容性

6.14.1 静电放电抗扰度

应能承受 GB/T 17626.2—2018 中第5章的试验严酷等级为 3、4 级的静电放电抗扰度试验。

6.14.2 射频电磁场辐射抗扰度

应能承受 GB/T 17626.3—2016中第5章规定的试验严酷等级为 3、4 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

6.14.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

应能承受 GB/T 17626.4—2018中第5章规定的试验严酷等级为 3、4 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

6.14.4 浪涌（冲击）抗扰度

应能承受GB/T 17626.5-2019中第5章规定的试验严酷等级为3、4级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

6.14.5 射频场感应传导骚扰抗扰度

应能承受GB/T 17626.6-2017中第5章规定的试验严酷等级为3、4级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

6.15 蓄能变流器

充电（稳流）电压的调节范围符合表2规定。

表2 充电电压及稳态电压的调节范围

调节范围	
充电电压	(90%~145%) U
稳态电压	(90%~130%) U

7 试验方法

7.1 一般检查

柜体结构及安装，外形尺寸、保护接地的检查结果应符合JB/T 5777.2-2002的规定。元器件符合相关国家标准要求。

7.2 储能容量试验

飞轮工作在额定转速下放电，直到转速达到最低工作转速，记录此过程中储能系统放电的能量，即为飞轮可用储能容量，应满足产品可用储电量要求。

7.3 功率容量试验

飞轮工作在额定转速下放电，用功率测试仪测定的稳定输出值即为功率容量，应满足产品设计要求。

7.4 充放电响应时间测试

按照GB/T 36548-2018中7.8的试验方法进行。

7.5 效率试验

7.5.1 充电效率

储能飞轮在稳态满额充电的情况下，输入为直流输入功率，输出为储能飞轮能量输入功率。记下直流输入的电流值和电压值，并算出直流输入功率。通过记录储能飞轮的转速变化量，利用公式(2)计算出储能飞轮能量输入功率。充电效率按(1)公式。

$$\eta_i = \frac{p_{fi}}{p_{zi}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$p_{fi} = \frac{J(\omega_0^2 - \omega_t^2)}{2t} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η_i ——充电效率；

p_{zi} ——直流输入功率；

p_{fi} ——储能飞轮能量输入功率；

J ——储能飞轮极转动惯量；

ω_0 ——储能飞轮充电效率测试记录起始的转速；

ω_t ——储能飞轮充电效率测试记录停止的转速；

t ——储能飞轮记录转速的间隔时间。

7.5.2 放电效率

储能飞轮在稳态满额放电的情况下，输入为储能飞轮能量输出功率，输入为直流输出功率。记下直流输出的电流值和电压值，并算出直流输出功率。通过记录储能飞轮的转速变化量，利用公式（4）计算出储能飞轮能量输出功率。放电效率按（3）公式计算。

$$\eta_o = \frac{p_{zo}}{p_{fo}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$p_{fo} = \frac{J(\omega_o^2 - \omega_t^2)}{2t} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- η_o —— 放电效率；
- p_{zo} —— 直流输出功率；
- p_{fo} —— 飞轮输出功率。
- J —— 储能飞轮极转动惯量；
- ω_o —— 储能飞轮放电效率测试记录起始的转速；
- ω_t —— 储能飞轮放电效率测试记录停止的转速；
- t —— 储能飞轮记录转速的间隔时间。

7.5.3 充放电循环效率

飞轮储能系统在稳态满额放电的情况下，通过记录实测数据，计算得到充电功率、放电功率，充放电循环效率按公式（5）计算。

$$\eta = \eta_i \times \eta_o \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- η —— 充放电循环效率；
- η_o —— 放电功率；
- η_i —— 充电功率。

7.6 可靠性

按YD/T 282-2000中5.5的统计试验方案与选择及7.1内容进行试验，其结果应符合7.3部分的规定。

7.7 安全性

利用目测、仪器仪表等确认，符合7.4部分的规定。

7.8 噪声

在飞轮储能系统额定功率充电与额定功率放电时，周围环境噪声不大于40dB，在距柜外围前、后、左、右水平位置各1m处，离地面高度(1~1.5)m处，测量产品的噪声。

7.9 温升

飞轮储能系统在额定功率充电、额定功率放电、稳态状态下连续运行时，关好柜门，使各发热元件的温度逐渐上升，当温度趋于稳定时，测得温度不超过7.6规定

7.10 密封性

试验方法按GB/T 32218—2015规定进行，应符合7.7的规定。

7.11 电气性能

——绝缘电阻测量：用1000V兆欧表测量被测部位；

- 工频耐压：用工频耐压试验装置，按表 1 规定的试验电压，施加试验电压 1min 应无闪络和击穿；
- 冲击耐压试验：将冲击电压加在试验部位，其他电路和外露的导电部分连在一起接地，按表 1 规定的试验电压，加 3 次正极性和 3 次负极性雷电波的短时冲击电压，每次间隙时间不小于 5s 试验；
- 电气间隙和爬电距离试验：参照 GB 7251.1-2013 中测量电气间隙和爬电距离，进行试验。

7.12 防护等级

试验方法按GB/T 4208-2017中的规定。

7.13 保护及报警功能

设定设备的保护及报警动作值，调整所需参数值，人为模拟各种故障，设备的保护和报警动作值及保护和报警动作方式。

7.14 监控功能

通过实时运转状态，对监控功能进行试验调试，满足6.13的要求。

7.15 电磁兼容性

7.15.1 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2—2018规定试验方法进行。

7.15.2 射频电磁场辐射抗扰度

按GB/T 17626.3—2016规定试验方法进行。

7.15.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按GB/T 17626.4-2018规定的方法进行。

7.15.4 浪涌（冲击）抗扰度

按GB/T 17626.5-2019规定的方法进行。

7.15.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按GB/T 17626.6-2017规定的方法进行。

7.16 储能变流器性能

7.16.1 稳流精度试验

在输出状态下，输出电流设定为规定范围内任一点，储能飞轮转速在额定范围内变化，分别测量输出电流，找出上述变化范围内输出电流的极限值 I_M ，按式（6）计算稳流精度。

$$\delta_i = \frac{I_z - I_M}{I_z} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

δ_i ——稳流精度；

I_M ——输出电流波动极限值；

I_z ——输出电流整定值。

7.16.2 稳态精度

飞轮储能系统在输出状态下，输出电压设定为规定范围内任一点，储能飞轮转速在额定范围内变化，分别测量输出电压，找出上述变化范围内输出电流的极限值 U_M ，按式（7）计算稳压精度。

$$\delta_U = \frac{U_M - U_Z}{U_Z} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- δ_U —— 稳压精度;
- U_M —— 输出电压波动极限值;
- U_Z —— 输出电压整定值。

7.16.3 纹波系数

在输出状态下, 直流输出电压设定在表4规定的整定范围内, 分别测量直流输出电压平均值 U_{CD} 、输出电压的交流分量峰峰值 U_{PP} , 按式(8)计算纹波因数:

$$\delta = U_{PP}/2U_{CD} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- δ —— 纹波系数;
- U_{PP} —— 输出电压交流分量峰-峰值;
- U_{CD} —— 直流电压平均值。

7.16.4 储能变流器转换效率

按照GB/T 36548—2018中7.12的试验方法进行。

7.16.5 功率因数

按照GB/T 36548—2018中7.2的试验方法进行。

7.16.6 限流及限压特性

在恒压输出状态下, 通过改变负载, 使输出电流逐渐上升而超过限流整定值, 变流器将自动地降低直流输出电压值, 从而使充电电流下降至整定值以下, 达到限流和保护设备的目的, 限流的调整范围为额定输出电流50%~110%中任一数值。飞轮储能系统在恒流输入状态下, 当直流输入电压超过限压整定值时, 应能自动转换恒压充电方式运行, 达到限压保护的目的, 限压的调整范围为额定电压105%至充电电压上限值(见表2)中任一数值。

8 检验规则

8.1 分类

分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

储能飞轮出厂时均应进行出厂检验, 经质检部门检验合格并出具合格证后方可出厂。检验项目见表3。

8.3 型式检验

8.3.1 在正常生产情况下, 型式检验项目为每四年检测一次, 检验项目见表3。

8.3.2 凡属下列情况之一者, 应进行型式检验:

- a) 新产品定型或老产品长期停产一年以上恢复生产时;
- b) 正式生产后, 如材料、工艺有较大改变, 可能影响产品性能时;
- c) 用户对产品性能质量有异议时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- e) 国家相关管理部门提出型式检验的要求时。

8.3.3 抽样方法: 从出厂检验合格的产品中随机抽样, 抽样基数不少于5台, 抽取1台。

表3 检验项目

项目	出厂检验	型式检验
外观与尺寸	√	√
结构	√	√
效率	√	√
安全	√	√
噪声	-	√
振动	-	√
温升	-	√
密闭	√	√
绝缘电阻	√	√
工频耐压	√	√
电气间隙和爬电距离	-	√
防护等级	-	√
保护及报警	√	√
监控功能	√	√
静电放电抗扰度	√	√
射频电磁场辐射抗扰度	-	√
电快速瞬变脉冲群抗扰度	-	√
浪涌（冲击）抗扰度	-	√
射频场感应传导骚扰抗扰度	-	√
蓄能变流器	√	√
注：“√”为检验项目，“-”为不检项目。		

8.4 判定

8.4.1 进行型式检验时，产品如达不到性能要求中任一条要求时，均按主要缺陷计算，则判定该产品不合格。结构要求按 JB/T 5777.3-2002 合格判定原则进行判定。

8.4.2 产品型式检验不合格，该产品应停止生产，直至查明并消除不合格的原因，再次型式检验合格后方能恢复生产。