

通 信 标 准 类 技 术 报 告

YDB 038.1—2009

通信用磁悬浮飞轮储能电源系统 第 1 部分：磁悬浮飞轮储能不间断电源 (FW UPS)

Flywheel energy storage power supply system for telecommunications

Part 1: Flywheel energy storage uninterruptible power supply

2009-12-09 印发

中国通信标准化协会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品组成及分类	2
4.1 产品组成.....	2
4.2 容量系列.....	2
4.3 并机方式.....	2
5 技术要求	3
5.1 环境条件.....	3
5.2 外观与结构.....	3
5.3 性能指标.....	3
5.4 电磁兼容性.....	4
5.5 保护与告警功能.....	4
5.6 监控性能.....	5
5.7 外壳防护要求.....	6
5.8 安全要求.....	6
5.9 可靠性要求.....	6
6 试验方法	6
6.1 测试电路原理示意图.....	6
6.2 输入电压可变范围.....	7
6.3 输入功率因数.....	7
6.4 输入谐波电流成份.....	7
6.5 输入频率变化范围.....	7
6.6 频率跟踪范围.....	7
6.7 频率跟踪速率.....	7
6.8 输出电压稳压精度.....	7
6.9 输出频率.....	7
6.10 输出波形失真度.....	7
6.11 输出电压不平衡度.....	7
6.12 动态电压瞬变范围.....	7
6.13 电压瞬变恢复时间.....	8
6.14 输出电压相位偏差.....	8
6.15 正常工作方式与储能供电转换时间.....	8
6.16 旁路供电与正常工作方式转换时间.....	8
6.17 旁路供电与储能供电转换时间.....	8
6.18 效率.....	8
6.19 输出有功功率.....	8
6.20 输出电流峰值系数.....	8

6.21 过载能力.....	8
6.22 音频噪声.....	8
6.23 并机负载电流不均衡度.....	8
6.24 放电时间.....	9
6.25 飞轮额定转速.....	9
6.26 真空度.....	9
6.27 底部轴承承重.....	9
6.28 横向振动.....	9
6.29 纵向振动.....	9
6.30 定子线圈温度.....	9
6.31 顶部轴承温度.....	9
6.32 底部轴承温度.....	10
6.33 电磁兼容性.....	10
6.34 保护与告警功能.....	10
6.35 监控性能.....	11
6.36 外壳防护要求.....	11
6.37 安全要求.....	11
6.38 可靠性试验.....	12
6.39 外观与结构.....	12
6.40 环境试验.....	12
7 检验规则.....	12
7.1 检验分类.....	12
7.2 出厂检验.....	12
7.3 型式检验.....	14
8 标志、包装、运输、储存.....	14
8.1 标志.....	14
8.2 包装.....	14
8.3 运输.....	15
8.4 储存.....	15
附录 A （资料性附录） FW UPS 介绍.....	16
A.1 FW UPS 组成.....	16
A.2 FW UPS 工作原理.....	16
A.3 多功能补偿变换器的工作原理.....	17
A.4 磁悬浮飞轮储能装置的组成及工作原理.....	17
A.5 FW UPS 负载率、放电时间、飞轮转速之间的对应关系.....	18
附录 B （资料性附录） FW UPS 应用案例.....	19
B.1 欧美国家某 Tier 1 级数据中心应用案例.....	19
B.2 欧美国家某 Tier 2 级数据中心应用案例.....	19
B.3 欧美国家某 Tier 4 级数据中心应用案例.....	20
B.4 亚洲某大型数据中心应用案例.....	20
B.5 亚洲某大型数据中心应用案例.....	21
附录 C （资料性附录） FW UPS 维护要求.....	23
C.1 FW UPS 维护要求.....	23

前 言

《通信用磁悬浮飞轮储能电源系统》分为以下两个部分：

- 第1部分：磁悬浮飞轮储能不间断电源（FW UPS）；
- 第2部分：磁悬浮飞轮储能直流电源（FW DC）。

本部分为第1部分。

本技术报告的制订过程中还注意了与以下标准的协调统一：

YD/T 1095-2008《通信用不间断电源（UPS）》。

为适应信息通信业发展对通信标准文件的需要，在工业和信息化部统一安排下，对于技术尚在发展中，又需要有相应的标准性文件引导其发展的领域，由中国通信标准化协会组织制定“通信标准类技术报告”，推荐有关方面参考采用。有关对本技术报告的建议和意见，向中国通信标准化协会反映。

本部分的附录A、附录B和附录C为资料性附录。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电信研究院、北京泰莱克信息系统技术开发有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司、中国移动通信集团公司、中国联合网络通信有限公司

本部分主要起草人：李崇建、邓成博、王桂全、王殿魁、吴京文、张清泉、高健、李峙

通信用磁悬浮飞轮储能电源系统
第 1 部分：磁悬浮飞轮储能不间断电源（FW UPS）

1 范围

本部分规定了磁悬浮飞轮储能不间断电源（以下简称FW UPS）的产品组成及分类、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、储存。
本部分适用于磁悬浮飞轮储能不间断电源。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分。然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 191	包装储运图示标志
GB/T 2423. 1-2001	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423. 2-2001	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423. 3-2006	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423. 5-1995	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea：和导则：冲击
GB/T 2423. 10-2008	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：和导则：振动（正弦）
GB/T 2829-2002	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
GB/T 3859. 2	半导体变流器应用导则
GB/T 3873-1983	通讯设备产品包装通用技术条件
GB 4943	信息技术设备的安全
GB/T 18380. 1-2001	电缆在火焰条件下的燃烧试验 第1部分：单根绝缘电线或电缆的垂直燃烧试验方法
YD/T 282-2000	通信设备可靠性通用试验方法
YD/T 944-2007	通信电源设备的防雷技术要求和测试方法
YD/T 983-1998	通信电源设备电磁兼容性限值及测量方法
YD/T 1095-2008	通信用不间断电源（UPS）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

3. 1

磁悬浮飞轮储能技术 flywheel energy storage technology
磁悬浮飞轮储能技术是一种利用机械能储存电能的储能技术。

3. 2

磁悬浮飞轮储能装置 flywheel energy storage system

YDB 038.1—2009

磁悬浮飞轮储能装置内部是以一个保持着一定速度旋转的飞轮作为机械能量储存的介质，飞轮等器件被密闭在一个真空容器内，在飞轮储能装置内部使用磁悬浮技术对飞轮加以控制，利用能量转换控制系统来控制电能的输入和输出。

3.3

磁悬浮飞轮储能不间断电源 (FW UPS) flywheel energy storage uninterruptible power supply

磁悬浮飞轮储能不间断电源简称为FW UPS，FW UPS是一种采用磁悬浮飞轮储能技术，以替代蓄电池储能技术，在线互动式的UPS。FW UPS中免去了蓄电池的使用。FW UPS介绍见附录A，FW UPS应用案例见附录B，FW UPS维护要求见附录C。

3.4

并机负载电流不均衡度 load sharing rate of parallel UPS modules

适用于FW UPS之间的并联及FW UPS内部的磁悬浮飞轮储能柜之间的并联，当两台以上(含两台)具有并机功能的FW UPS输出端并联供电时，或者当在FW UPS内两台以上(含两台)磁悬浮飞轮储能柜并联时，所并各台中电流值与平均电流的最大偏差与平均电流值之比。

3.5

正常工作方式 normal mode of operation

在市电输入正常的情况下，FW UPS通过其内部的多功能有源动态滤波器对市电滤波并对输出稳压，同时对磁悬浮飞轮储能装置充电，飞轮转速在4000 RPM（转/分钟）以上时，FW UPS处于正常工作方式。

3.6

磁悬浮飞轮储能放电工作方式 flywheel energy storage discharge mode of operation

在市电输入质量无法满足FW UPS正常运行要求的情况下，由FW UPS内部的磁悬浮飞轮储能装置将机械能转化为电能，飞轮转速从7700 RPM（转/分钟）降至2000 RPM（转/分钟）的范围内，FW UPS处于磁悬浮飞轮储能放电工作方式，继续向负载设备提供高品质并且不间断的电力保障。

3.7

有源动态滤波器工作方式 automatic voltage regulation mode of operation

在市电输入正常的情况下，当磁悬浮飞轮储能装置出现故障无法正常工作时，FW UPS通过其内部的多功能有源动态滤波器对市电滤波并稳压输出，继续向负载设备提供高品质并且不间断的电力保障。

3.8

旁路工作方式 bypass mode of operation

FW UPS通过旁路为负载供电。

4 产品组成及分类

4.1 产品组成

FW UPS一般指在一个或多个机架中，由交流配电部分、多功能有源动态滤波器、控制部分、飞轮储能部分、监控单元组成的柜式UPS系统。

FW UPS内包含磁悬浮飞轮储能柜，磁悬浮飞轮储能柜中内置磁悬浮飞轮储能装置。

4.2 容量系列

4.2.1 单机容量系列

容量以kVA为单位，具体数值为120，150，250。

4.2.2 并机容量系列

容量以kVA为单位，具体数值为250，500，750，1000，1250，1500，1750，2000，2250，2500，2750，3000，3250，3500，3750，4000，4250，4500，4750，5000，5250，5500，5750，6000，6250，6500，6750，7000。

注：当用户提出要求，并与制造厂协商后，可以生产系列数值以外的产品。

4.3 并机方式

4.3.1 磁悬浮飞轮储能柜并机方式

FW UPS内部的磁悬浮飞轮储能柜之间可以进行并联。

4.3.2 FW UPS 并机方式

FW UPS之间可以进行并联。

5 技术要求

5.1 环境条件

5.1.1 温度

工作温度：0℃～40℃。

储存温度：-25℃～70℃。

5.1.2 相对湿度

工作相对湿度： 5%～95%（非冷凝）。

储存相对湿度： 5%～95%（非冷凝）。

5.1.3 大气压力

海拔高度应不超过1000m；若超过1000m时应按GB/T 3859.2的规定降容使用。

5.1.4 振动与冲击或公路运输试验

应能承受振幅为0.35mm、频率10Hz～55Hz(正弦扫频)的振动。

应能承受峰值加速度150m/s²、持续时间11ms的冲击。

5.2 外观与结构

5.2.1 机箱镀层应牢固，漆面匀称，无剥落、锈蚀及裂痕等现象。

5.2.2 机箱表面应平整，所有标牌、标记、文字符号应清晰、正确、整齐。

5.3 性能指标

FW UPS性能指标见表1。

表1 FW UPS 性能指标

序号	指标项目	技术要求	备注
1	输入电压可变范围	323V～418V	可调，线电压额定值为 380 V。
		340V～440V	可调，线电压额定值为 400 V。
2	输入功率因数	≥0.98	额定非线性负载
3	输入电流谐波成份	<3%	100%线性负载，2～39 次谐波
		<8%	非线性负载，2～39 次谐波
4	输入频率变化范围	50Hz±10%	可调，最大
		50Hz±3%	缺省值
5	频率跟踪范围	50Hz±10%	可调，磁悬浮飞轮储能放电工作方式
6	频率跟踪速率	0.2Hz/s～3Hz/s	可调，磁悬浮飞轮储能放电工作方式
7	输出电压稳压精度	±2%	
8	输出频率	50Hz±0.2%	磁悬浮飞轮储能放电工作方式
9	输出波形失真度	<2%	100%线性负载
		<5%	非线性负载
10	输出电压不平衡度	≤5%	
11	动态电压瞬变范围	±5%	
12	电压瞬变恢复时间	≤50ms	
13	输出电压相位偏差	≤2°	磁悬浮飞轮储能放电工作方式
14	正常工作方式与储能 供电转换时间	0ms	
15	旁路供电与正常工作 方式转换时间	0ms	

YDB 038.1—2009

表 1（续）

序号	指标项目		技术要求	备注
16	旁路供电与储能供电转换时间		0ms	
17	效率		≥97%	额定输出功率
			≥96%	50%额定输出功率
18	输出有功功率		额定容量×0.9kW/kVA	线性负载
19	输出电流峰值系数		≥3	
20	过载能力	105%	连续	正常工作方式
		125%	10min	
		150%	2min	
		200%	30s	
21	音频噪声		<68dB（A）	FW UPS≤250kVA
			<70dB（A）	FW UPS>250kVA
22	并机负载电流不均衡度		≤5%	适用于磁悬浮飞轮储能柜并机方式和 FW UPS 并机方式
23	放电时间		≥15s	100%负载
			≥30s	50%负载
			≥56s	25%负载
24	飞轮额定转速		（7700±10）RPM	正常工作方式
25	真空度		<25mT	mT——Millitorr mT——毫托/微米汞柱
26	底部轴承承重		待机时：68.1kg （150lbs.）	正常启动时：249.7kg（550 lbs.）～317.8kg（700 lbs.）； 正常工作时范围：4.54kg（10lbs.）～681kg（1500lbs.）
27	横向振动		<0.6g	g——重力加速度
28	纵向振动		<0.6g	g——重力加速度
29	定子线圈温度		<85℃	
30	顶部轴承温度		<105℃	
31	底部轴承温度		<105℃	

5.4 电磁兼容性

5.4.1 传导骚扰限值

在150kHz～30MHz频段内，FW UPS电源线上的传导干扰电平应符合YD/T 983-1998中5.1表2规定的限值。

5.4.2 辐射骚扰限值

在30MHz～1000MHz频段内FW UPS的电磁辐射干扰电压电平应符合YD/T 983-1998中5.2表4中规定的限值。

5.4.3 抗扰性要求

应符合YD/T 983-1998中7.3表9和续表9中规定的判断准则。

5.5 保护与告警功能

5.5.1 FW UPS 中 UPS 部分

5.5.1.1 输出短路保护

输出负载短路时，FW UPS应自动关断输出，同时应发出声光告警。

5.5.1.2 输出过载保护

输出负载大于等于FW UPS的105%额定功率时，FW UPS应发出声光告警，超过过载能力时（过载能力详见表1），FW UPS应转为旁路供电。

5.5.1.3 过温度保护

FW UPS机内运行温度过高时（大于等于50℃，小于55℃），FW UPS应发出声光告警，超限时（≥55℃），FW UPS应转为旁路供电。

5.5.1.4 输出过欠压保护

FW UPS输出电压超过设定过、欠电压值时，FW UPS应发出声光告警，并应转为旁路供电。

5.5.1.5 风扇故障告警

风扇故障停止工作时，FW UPS应发出声光告警。

5.5.1.6 防雷保护

FW UPS耐雷电流等级分类及技术要求应符合YD/T944-2007中第4、5章的要求。

5.5.2 FW UPS 中磁悬浮飞轮储能装置部分

5.5.2.1 过温度保护

5.5.2.1.1 轴承过温度保护

磁悬浮飞轮储能装置内的顶部轴承温度或者底部轴承温度过高时（≥105℃，<115℃），FW UPS应发出声光告警，超限时（≥115℃），磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。

5.5.2.1.2 定子线圈过温度保护

磁悬浮飞轮储能装置内的定子线圈温度过高时（≥85℃，<95℃），FW UPS应发出声光告警，超限时（≥95℃），磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。

5.5.2.2 振动过高保护

磁悬浮飞轮储能装置内的横向或者纵向振动过高时（≥0.6g，<0.8g），FW UPS应发出声光告警，超限时（≥0.8g），磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。

5.5.2.3 真空度过高保护

磁悬浮飞轮储能装置内的真空度过高时（≥25mT，<30mT），FW UPS应发出声光告警，超限时（≥30mT），磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。

5.5.2.4 底部轴承承重过高保护

磁悬浮飞轮储能装置内的底部轴承承重过高时，即≥681kg（1500lbs.），或者≤4.54kg（10lbs.），FW UPS应发出声光告警，同时磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。

5.6 监控性能

5.6.1 通讯接口

FW UPS应具备干接点、MODEM、RS232、RS485或以太网/SNMP等接口，并提供与通讯接口配套使用的通讯线缆和各种告警信号输出端子。

5.6.2 遥测

5.6.2.1 FW UPS 中 UPS 部分

遥测参数包括交流输入电压、交流输入电流、交流输入频率、交流输出电压、交流输出电流、交流输出频率。

5.6.2.2 FW UPS 中磁悬浮飞轮储能装置部分

遥测参数包括可用能量百分比、飞轮转速、真空度、底部轴承承重、横向振动、纵向振动、定子线圈温度、顶部轴承温度、底部轴承温度。

5.6.3 遥信

FW UPS应有干接点输出，以显示内部逻辑状态。干接点定义的内容可以根据用户要求进行重新调整。

运行状态记录（正常工作、磁悬浮飞轮储能放电工作、旁路工作）、过载、机柜过温、风扇故障。

5.6.4 遥控

5.6.4.1 远程紧急断电方式（REPO 方式）

远程紧急断电方式是用1根导线通过FW UPS内规定好的1个常开接点或者1个常闭接点连接至1个按钮，此按钮为远程紧急断电按钮（REPO按钮），它可以控制FW UPS紧急关机。远程紧急断电按钮（REPO按钮）距离FW UPS之间最大距离为150米。

YDB 038.1—2009

5.6.4.2 监控软件方式

通过监控终端和监控软件，可以控制FW UPS启动、转为旁路供电。

5.7 外壳防护要求

FW UPS保护接地装置与金属外壳的接地螺钉应具有可靠的电气连接，其连接电阻应不大于0.1Ω。

5.8 安全要求

5.8.1 绝缘电阻

FW UPS的输入端、输出端对外壳，施加500V直流电压，绝缘电阻应大于2MΩ。

5.8.2 绝缘强度

FW UPS的输入端、输出端对地施加50Hz、2000V的交流电压1min，无击穿、无飞弧，漏电流小于10mA或2820V直流电压1min，无击穿、无飞弧，漏电流应小于1mA。

5.8.3 接触电流和保护导体电流

FW UPS的保护地（PE）对输入的中性线（N）的接触电流应不大于3.5 mA。当接触电流大于3.5mA时，保护导体电流的有效值不应超过每相输入电流的5%，如果负载不平衡，则应采用3个相电流的最大值来计算。在保护导体大电流通路上，保护导体的截面积不应小于1.0mm²。

5.8.4 材料阻燃性能

FW UPS所用的PCB的阻燃等级应达到GB 4943中规定的V-0要求，塑胶导线的阻燃等级应达到GB/T 18380.1—2001中规定的要求，其他绝缘材料的阻燃等级应达到GB 4943中规定的V-1要求。

5.9 可靠性要求

FW UPS在正常使用环境条件下，平均无故障间隔时间(MTBF)应不小于100000h（含磁悬浮飞轮储能装置）。

6 试验方法

6.1 测试电路原理示意图

测试电路原理示意图见图1、图2。

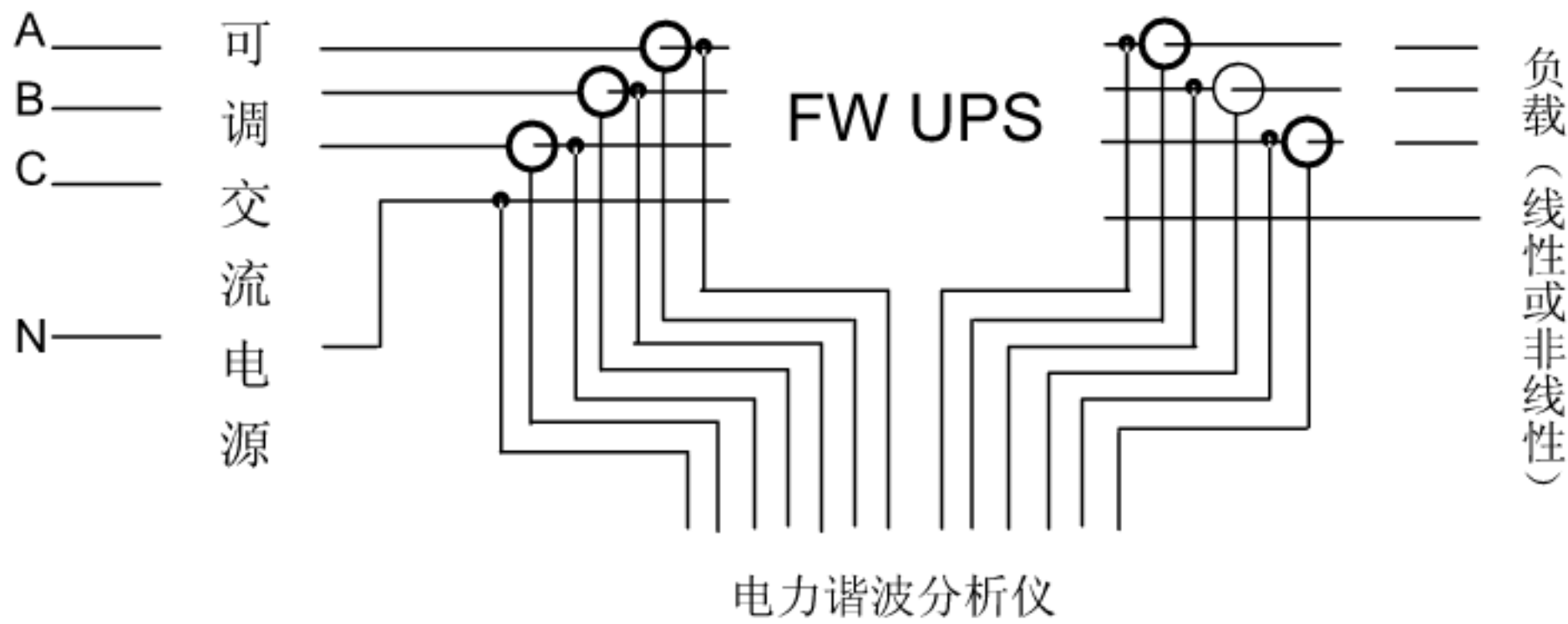


图1 测试电路 1 的原理示意图

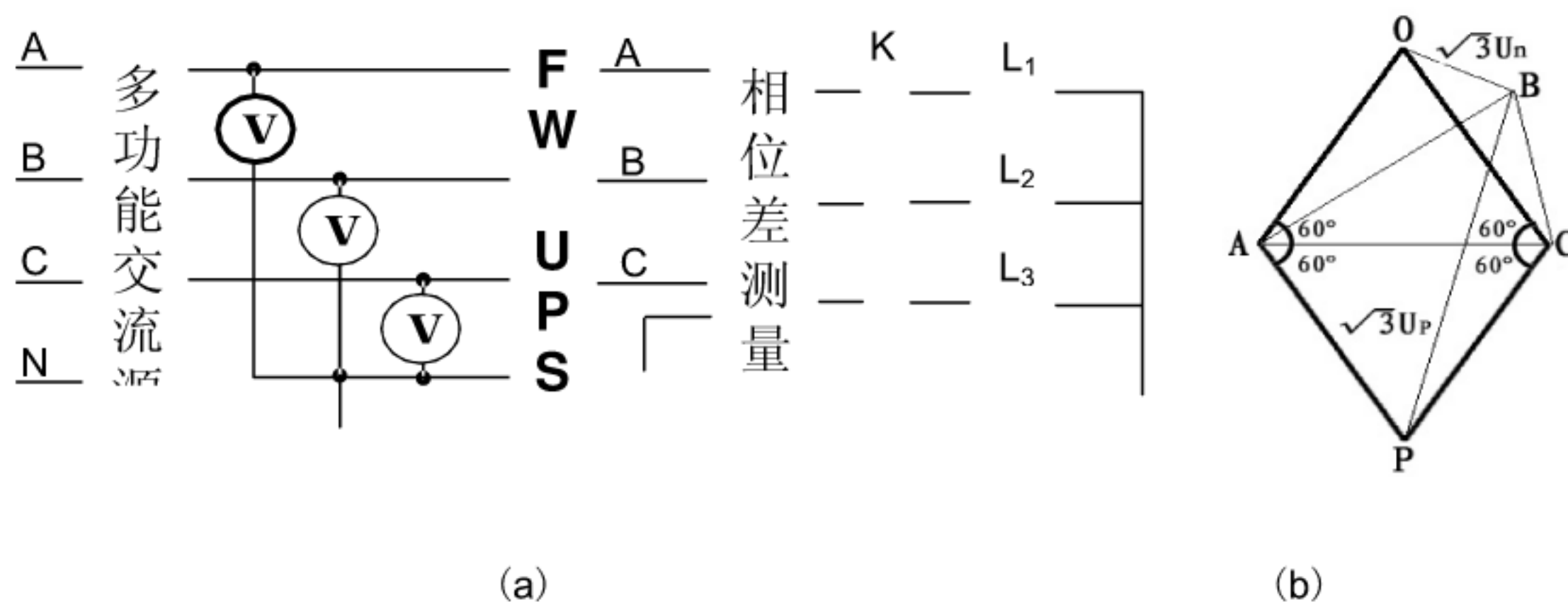


图2 测试电路 2 的原理示意图

6.2 输入电压可变范围

按YD/T 1095—2008中5.1的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号1的规定。

6.3 输入功率因数

按YD/T 1095—2008中5.2的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号2的规定。

6.4 输入谐波电流成份

按YD/T 1095—2008中5.3的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号3的规定。

6.5 输入频率变化范围

按YD/T 1095—2008中5.4的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号4的规定。

6.6 频率跟踪范围

测试电路如图1所示，FW UPS在磁悬浮飞轮储能放电工作方式时，FW UPS输出接额定线性负载，调节FW UPS的输入频率以50Hz为中心向正、负方向变化，直至FW UPS输出频率不再跟踪输入频率变化，此频率跟踪范围应符合本部分表1中序号5的规定。

6.7 频率跟踪速率

FW UPS在磁悬浮飞轮储能放电工作方式时，输入频率从跟踪频率范围下限至上限突变时，输入频率突变范围与输出频率跟踪至输入频率上限所用时间的比值(Hz/s)应符合本部分表1中序号6的规定。

6.8 输出电压稳压精度

按YD/T 1095—2008中5.7的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号7的规定。

6.9 输出频率

FW UPS在磁悬浮飞轮储能放电工作方式时，输出接额定线性负载，用电力谐波分析仪测量输出频率值应符合本部分表1中序号8的规定。

6.10 输出波形失真度

测试电路如图1所示，输入电压波形失真度应 $\leq 5\%$ ，输出分别接额定线性负载与非线性负载，用电力谐波分析仪分别测量FW UPS在正常工作和磁悬浮飞轮储能放电工作方式时的输出波形失真度，应符合本部分表1中序号9的规定。

6.11 输出电压不平衡度

按YD/T 1095—2008中5.11的规定进行，其结果应符合本部分表1中序号10的规定。

6.12 动态电压瞬变范围

6.12.1 测试电路如图1所示，FW UPS在正常工作方式时，输出接线性负载，用断路器或接触器使输出电流由零突加至额定值，再由额定值突减至零。用存储示波器分别测量两次电流突变时输出电压的瞬变值，与输出电压额定值之比应符合本部分表1中序号11的规定。

6.12.2 测试电路如图 1 所示, FW UPS 在正常工作方式时, 输出接额定线性负载, 用存储示波器分别测量 FW UPS 正常工作方式与磁悬浮飞轮储能放电工作方式相互转换时输出电压的瞬变值, 与输出电压额定值之比应符合本部分表 1 中序号 11 的规定。

6.13 电压瞬变恢复时间

FW UPS 在正常工作方式时, 输出接线性负载, 用存储示波器分别测量电流突加、突减、正常工作方式与磁悬浮飞轮储能放电工作方式相互转换时, 输出电压恢复到 $220\text{V} \pm 3\%$ 范围内所经过的时间, 应符合本部分表 1 中序号 12 的规定。

6.14 输出电压相位偏差

测试电路如图 2 (a) 所示, FW UPS 在磁悬浮飞轮储能放电工作方式时, FW UPS 的三相输出接平衡额定线性负载, 用相位差计测量输出三相电压的相位差, 应符合本部分表 1 中序号 13 的规定。

6.15 正常工作方式与储能供电转换时间

测试电路如图 1 所示, FW UPS 输出接线性负载, 调节负载电流使输出功率达到 50% 额定功率, 用存储示波器记录由正常工作方式转换至储能供电、再由储能供电转换至正常工作方式的过程中 FW UPS 输出电压波形, 从示波器上测量输出电压波形的转换时间应符合本部分表 1 中序号 14 的规定。

6.16 旁路供电与正常工作方式转换时间

测试电路如图 1 所示, FW UPS 输出接线性负载, 调节负载电流使输出功率达到 50% 额定功率, 用存储示波器记录由正常工作方式到旁路供电和旁路供电到正常工作方式转换过程中 FW UPS 输出电压波形, 从示波器上测量输出电压波形的转换时间应符合本部分表 1 中序号 15 的规定。

6.17 旁路供电与储能供电转换时间

测试电路如图 1 所示, FW UPS 输出接线性负载, 调节负载电流使输出功率达到 50% 额定功率, 用存储示波器记录由储能到旁路和旁路到储能转换过程中 FW UPS 输出电压波形, 从示波器上测量输出电压波形的转换时间应符合本部分表 1 中序号 16 的规定。

6.18 效率

测试电路如图 1 所示, FW UPS 为正常工作方式, 输出为额定有功功率, 用电力谐波分析仪分别测量 FW UPS 输出和输入的有功功率 (含对磁悬浮飞轮储能装置的充电功率), 效率为输出功率与输入有功功率之比, 应符合本部分表 1 中序号 17 的规定。

6.19 输出有功功率

按 YD/T 1095—2008 中 5.18.1 的规定进行, 其结果应符合本部分表 1 中序号 18 的规定。

6.20 输出电流峰值系数

按 YD/T 1095—2008 中 5.19.1 的规定进行, 其结果应符合本部分表 1 中序号 19 的规定。

6.21 过载能力

FW UPS 输入电压、频率为额定值, 输出接线性负载, 调节输出电流将输出功率分别增加到表 1 中规定的有功功率时, 用计时器记录 FW UPS 能正常工作的时间, 应符合本部分表 1 中序号 20 的规定。

6.22 音频噪声

按 YD/T 1095—2008 中 5.21 的规定进行, 其结果应符合本部分表 1 中序号 21 的规定。

6.23 并机负载电流不均衡度

6.23.1 按生产厂商的技术要求将两台或两台以上同型号同容量具有并机功能的磁悬浮飞轮储能柜的输出端并联, 并联后的输出功率为总额定功率的 95%。

6.23.2 按生产厂商的技术要求将两台或两台以上同型号同容量具有并机功能的 FW UPS 的输出端并联, 并联后的输出功率为总额定功率的 95%。

6.23.3 同时测量每台磁悬浮飞轮储能柜 (或者每台 FW UPS) 的输出电流, 输出电流不均衡度按公式 (3) 计算。计算结果应符合本部分表 1 中序号 22 的规定。

$$\dots\dots\dots Y_{\text{r}} = \left| \frac{I_M - I_O/n}{I_O/n} \right| \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Y_I ——负载电流不均衡度（取最大值）；

I_M ——并联 FW UPS 中单台输出最大和最小电流；

I_O ——输出总电流；

n ——并机台数。

6.24 放电时间

FW UPS输入电压、频率为额定值，使FW UPS储能装置的可用能量达到100%。输出接线性负载，调节输出电流将输出功率分别调节到表1中规定的有功功率，断开FW UPS的交流输入，使FW UPS处于磁悬浮飞轮储能放电工作方式。用计时器记录从断开FW UPS的交流输入至FW UPS放电结束的时间，应符合本部分表1中序号23的规定。

6.25 飞轮额定转速

FW UPS在正常工作方式时，利用光电耦合器（Fiber-Optical Sensor）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的飞轮的中轴上，以测量飞轮的转速值，将此转速值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号24的规定。

6.26 真空度

FW UPS在正常工作方式时，利用真空计（Vacuum Gauge）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的底侧，以测量磁悬浮飞轮储能装置内部的气压值，将此气压值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号25的规定。

6.27 底部轴承承重

FW UPS在正常工作方式时，利用测压元件应变仪（Strain Gauge）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的飞轮的底部轴承上，以测量飞轮对于底部轴承的压力值，将此压力值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号26的规定。

6.28 横向振动

FW UPS在正常工作方式时，利用加速计（Accelerometer）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的飞轮的中轴上，以测量飞轮横向振动的加速度值，将此加速度值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号27的规定。

6.29 纵向振动

FW UPS在正常工作方式时，利用加速计（Accelerometer）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的飞轮的中轴上，以测量飞轮纵向振动的加速度值，将此加速度值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号28的规定。

6.30 定子线圈温度

FW UPS在正常工作方式时，利用温度传感器（Temperature Sensor）装在磁悬浮飞轮储能装置内部的定子线圈里，以测量定子线圈的温度值，将此温度值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号29的规定。

6.31 顶部轴承温度

FW UPS在正常工作方式时，利用温度传感器（Temperature Sensor）装在磁悬浮飞轮储能装置内的顶部轴承模块里，以测量顶部轴承模块内的温度值，将此温度值转变成为电压信号，通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上，其显示结果应符合本部分表1中序号30的规定。

6.32 底部轴承温度

FW UPS在正常工作方式时,利用温度传感器(Temperature Sensor)装在磁悬浮飞轮储能装置内的底部轴承模块里,以测量底部轴承模块内的温度值,将此温度值转变成为电压信号,通过FW UPS控制系统内CPU的处理将此电压信号转变成为数值显示在系统控制器或者监控软件界面上,其显示结果应符合本部分表1中序号31的规定。

6.33 电磁兼容性

6.33.1 传导骚扰试验

按YD/T 983中5.5.1的规定进行,其结果应符合本部分5.4.1的规定。

6.33.2 辐射骚扰试验

按YD/T 983中5.5.2的规定进行,其结果应符合本部分5.4.2的规定。

6.33.3 抗扰性试验

按YD/T 983中7.4的规定进行,其结果应符合本部分5.4.3的规定。

6.34 保护与告警功能

6.34.1 FW UPS 中 UPS 部分

6.34.1.1 输出短路保护

输入电压为额定值时,选用合适的接触器使FW UPS的输出端短路,此时应发出声光告警,排除短路后,应能正常工作,并符合本部分5.5.1.1的规定。

6.34.1.2 输出过载保护

FW UPS正常工作时,调节输出电流使其超过UPS的过载能力,FW UPS应转旁路工作或自动关机并发出声光告警。恢复至额定负载后,应能正常工作,并符合本部分5.5.1.2的规定。

6.34.1.3 过温度保护

FW UPS输入电压为额定值,使机内温度达到温度过高告警值时($\geq 50^{\circ}\text{C}$, $< 55^{\circ}\text{C}$),FW UPS应发出声光告警,使机内温度达到超限值时($\geq 55^{\circ}\text{C}$),FW UPS应转旁路工作。待机内温度降至允许温度后,FW UPS应能转为正常工作,并符合本部分5.5.1.3的规定。

6.34.1.4 输出过欠压保护

FW UPS正常工作时,调节输出电压超过和低于设定值时,FW UPS应发出声光告警并转为旁路供电,应符合本部分5.5.1.4的规定。

6.34.1.5 风扇故障告警

FW UPS正常工作与磁悬浮飞轮储能放电工作时,使风扇停止工作,FW UPS应发出声光告警。

6.34.1.6 防雷保护

按YD/T994-2007中的规定进行,防雷试验后检验的性能指标应符合表1中序号3、8、14、15、16和5.6.2和5.6.3的规定。

6.34.2 FW UPS 中磁悬浮飞轮储能装置部分模拟试验

6.34.2.1 过温度保护

6.34.2.1.1 轴承过温度保护

FW UPS正常工作时,使磁悬浮飞轮储能装置内的顶部轴承温度或者底部轴承温度达到温度过高告警值时($\geq 105^{\circ}\text{C}$, $< 115^{\circ}\text{C}$),FW UPS应发出声光告警,使其温度达到超限值时($\geq 115^{\circ}\text{C}$),磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。待其温度降至允许的范围后,磁悬浮飞轮储能装置应能转为正常工作,并符合本部分5.5.2.1.1的规定。

6.34.2.1.2 定子线圈过温度保护

FW UPS正常工作时,使磁悬浮飞轮储能装置内的定子线圈温度达到温度过高告警值时($\geq 85^{\circ}\text{C}$, $< 95^{\circ}\text{C}$),FW UPS应发出声光告警,使其温度达到超限值时($\geq 95^{\circ}\text{C}$),磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。待其温度降至允许的范围后,磁悬浮飞轮储能装置应能转为正常工作,并符合本部分5.5.2.1.2的规定。

6.34.2.2 振动过高保护

FW UPS正常工作时,使磁悬浮飞轮储能装置内的横向振动或者纵向振动达到振动过高告警值时($\geq 0.6g$, $<0.8g$),FW UPS应发出声光告警,使其振动达到超限值时($\geq 0.8g$),磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。待其振动降至允许的范围后,磁悬浮飞轮储能装置应能转为正常工作,并符合本部分5.5.2.2的规定。

6.34.2.3 真空度过高保护

FW UPS正常工作时,使磁悬浮飞轮储能装置内的真空度达到真空度过高告警值时($\geq 25mT$, $<30mT$),FW UPS应发出声光告警,使其振动达到超限值时($\geq 30mT$),磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。待其真空度降至允许的范围后,磁悬浮飞轮储能装置应能转为正常工作,并符合本部分5.5.2.3的规定。

6.34.2.4 底部轴承承重过高保护

FW UPS正常工作时,使磁悬浮飞轮储能装置内的底部轴承承重达到承重过高告警值时,即大于等于1500lbs. (681kg),或者小于等于10lbs. (4.54kg),FW UPS应发出声光告警,同时磁悬浮飞轮储能装置应自动停止工作。待其承重降至允许的范围后,磁悬浮飞轮储能装置应能转为正常工作,并符合本部分5.5.2.4的规定。

6.35 监控性能

6.35.1 通讯接口

检查FW UPS有无干接点、MODEM、RS232、RS485或以太网/SNMP等接口、各种告警信号输出端子,应符合本部分5.6.1的规定。

6.35.2 遥测、遥信

根据提供的通信协议检查FW UPS遥测和遥信内容,应符合本部分5.6.2和5.6.3的规定。

6.35.3 遥控

6.35.3.1 远程紧急断电方式(REPO方式)

检查FW UPS是否可以通过远程紧急断电方式(REPO方式)将FW UPS紧急关机,应符合本部分5.6.4.1的规定。

6.35.3.2 监控软件方式

检查FW UPS是否可以通过监控终端和监控软件,控制FW UPS启动或者控制FW UPS转为旁路供电,应符合本部分5.6.4.2的规定。

6.36 外壳防护要求

按YD/T 1095—2008中的规定进行,其结果应符合本部分5.7的规定。

6.37 安全要求

6.37.1 绝缘电阻

按YD/T 1095—2008中5.27.1的规定进行,其结果应符合本部分5.8.1的规定。

6.37.2 绝缘强度

按YD/T 1095—2008中5.27.2的规定进行,其结果应符合本部分5.8.2的规定。

6.37.3 接触电流和保护导体电流

按YD/T 1095—2008中5.27.3的规定进行,其结果应符合本部分5.8.3的规定。

6.37.4 材料阻燃性能

材料阻燃性能试验按以下步骤进行:

- 进行本试验时可能会冒出有毒的烟雾,在适用的情况下,试验可以在通风柜中进行,或者在通风良好的房间内进行,但是不能出现可能使试验结果无效的气流;
- 试验火焰应利用本生灯获得,本生灯灯管内径为 $9.5mm \pm 0.5mm$,灯管长度从空气主进口处向上约为100mm。本生灯要使用热值约为 $37MJ/m^3$ 的燃气。应调节本生灯的火焰,使本生灯处于垂直位置,同时空气进气口关闭时,火焰的总高度约为20mm。火焰顶端应与样品接触,烧30s,然后移动火焰停烧60s,再在同一部位烧30s;

在试验期间,当试验火焰第二次撤离后,样品延续燃烧不应超过1min,且样品不应完全烧尽,试验结果应符合4.24的要求。

6.38 可靠性试验

按YD/T 282--2000中5.5的统计试验方案与选择及6.1或6.3进行试验,其结果应符合本部分5.9的规定。

6.39 外观与结构

目测设备的外观与结构应符合本部分5.2的要求。

6.40 环境试验

6.40.1 低温储存试验

试验方法按GB/T2423.1-2001中“试验Ab”进行。产品无包装、不通电,试验温度为 $-25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$;连续试验时间为16h。试验后在标准大气条件下恢复2h后,FW UPS通电应能正常工作。

6.40.2 低温工作试验

试验方法按GB/T2423.1-2001中“试验Ad”进行。试验温度为 $0^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,产品无包装,通电加额定线性负载连续试验时间为2h,FW UPS应能正常工作。试验后所检验的性能指标应符合本部分表1中的要求。

6.40.3 高温储存试验

试验方法按GB/T2423.2-2001中“试验Bb”进行。产品无包装、不通电,试验温度为 $70^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,连续试验时间为16h。试验后在标准大气条件下恢复2h后,FW UPS通电应能正常工作。

6.40.4 高温工作试验

试验方法按GB/T 2423.2-2001中“试验Bd”进行。试验温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,产品无包装,通电加额定线性负载连续试验时间为2h,FW UPS应能正常工作。试验后所检验的性能指标应符合本部分表1中的要求。

6.40.5 恒定湿热试验

试验方法按GB/T2423.3-2006中“试验Cab”进行。产品无包装、不通电,试验温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $93\%\pm 3\%$,连续试验时间48h。试验后取出样品在正常环境下恢复2h。试验后所检验的性能指标应符合本部分表1中的要求。

6.40.6 振动与冲击试验

6.40.6.1 振动试验(正弦)

试验方法按GB/T2423.10-2008中“试验Fc”进行。产品无包装、不通电,振动频率为10 Hz~55Hz,振幅为0.35mm,3个方向各连续5个循环。试验后FW UPS不应有机械损坏,紧固件不应松动,通电后应能正常工作;

6.40.6.2 冲击试验(半正弦)

试验方法按GB/T2423.5-1995中“试验Ea”进行。产品无包装、不通电,峰值加速度为 150m/s^2 ,持续时间11ms,3个方向各连续冲击3次。试验后FW UPS不应有机械损坏,紧固件不应松动,通电后应能正常工作;

6.40.6.3 公路运输试验

按GB/T3873-1983附录A中A.10“公路运输试验”的规定进行。运输试验后FW UPS不应有机械损坏,紧固件不应松动,通电后应能正常工作。

7 检验规则

7.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验必须逐台进行。

7.2.2 出厂检验的项目及判定按表 2 进行。

7.2.3 检验中出现任一故障，应停止检验，待查出故障原因并排除后，做出标记并重新进行出厂检验。如仍出现故障，则判该产品为不合格。

表2 FW UPS 检验项目及判定

序号	检验项目		不合格类别		出厂检验	型式检验	要求	试验方法
			B 类	C 类				
1	输入电压可变范围		○			√	表 1, 1	6.2
2	输入功率因数		○			√	表 1, 2	6.3
3	输入电流谐波成份		○			√	表 1, 3	6.4
4	输入频率变化范围			○		√	表 1, 4	6.5
5	频率跟踪范围			○		√	表 1, 5	6.6
6	频率跟踪速率			○		√	表 1, 6	6.7
7	输出电压稳压精度		○		√	√	表 1, 7	6.8
8	输出频率		○		√	√	表 1, 8	6.8
9	输出波形失真度		○		√	√	表 1, 9	6.10
10	输出电压不平衡度		○			√	表 1, 10	6.11
11	动态电压瞬变范围		○			√	表 1, 11	6.12
12	电压瞬变恢复时间			○		√	表 1, 12	6.13
13	输出电压相位偏差		○		√	√	表 1, 13	6.14
14	正常工作方式与储能供电转换时间		○			√	表 1, 14	6.15
15	旁路供电与正常工作方式转换时间		○		√	√	表 1, 15	6.16
16	旁路供电与储能供电转换时间		○		√	√	表 1, 16	6.17
17	效率		○		√	√	表 1, 17	6.18
18	输出有功功率		○		√	√	表 1, 18	6.19
19	输出电流峰值系数		○			√	表 1, 19	6.20
20	过载能力		○			√	表 1, 20	6.21
21	音频噪声			○		√	表 1, 21	6.22
22	并机负载电流不均衡度			○		√	表 1, 22	6.23
23	放电时间		○		√	√	表 1, 23	6.24
24	飞轮额定转速		○		√	√	表 1, 24	6.25
25	真空度		○		√	√	表 1, 25	6.26
26	底部轴承承重		○		√	√	表 1, 26	6.27
27	横向振动		○		√	√	表 1, 27	6.28
28	纵向振动		○		√	√	表 1, 28	6.29
29	定子线圈温度		○		√	√	表 1, 29	6.30
30	顶部轴承温度		○		√	√	表 1, 30	6.31
31	底部轴承温度		○		√	√	表 1, 31	6.32
32	电磁兼容性	传导骚扰限值	○			√	5.4.1	6.33
		辐射骚扰限值	○			√	5.4.2	6.33
		抗扰性	○			√	5.4.3	6.33
33	保护与告警功能	UPS 部分	输出短路保护	○		√	5.5.1.1	6.34.1.1
			输出过载保护	○	√	√	5.5.1.2	6.34.1.2
			过温度保护		○	√	5.5.1.3	6.34.1.3
			输出过欠压保护	○		√	5.5.1.4	6.34.1.4
			风扇故障告警	○	√	√	5.5.1.5	6.34.1.5
			防雷保护	○		√	5.5.1.6	6.34.1.6
		储能装置部分	轴承过温度保护	○		√	5.5.2.1.1	6.34.2.1.1
			定子线圈过温度保护	○		√	5.5.2.1.2	6.34.2.1.2
			振动过高保护	○		√	5.5.2.2	6.34.2.2
			真空度过高保护	○		√	5.5.2.3	6.34.2.3
			底部轴承承重过高保护	○		√	5.5.2.4	6.34.2.4

表 2（续）

序号	检验项目		不合格类别		出厂检验	型式检验	要求	试验方法
			B 类	C 类				
34	监控性能	通讯接口	○		√	√	5.6.1	6.35.1
		遥测		○	√	√	5.6.2	6.35.2
		遥信		○	√	√	5.6.3	6.35.2
		遥控	○		√	√	5.6.4	6.35.3
35	外壳防护要求			○		√	5.7	6.36
36	安全要求	绝缘电阻	○		√	√	5.8.1	6.37.1
		绝缘强度	○		√	√	5.8.2	6.37.2
		接触电流和保护导体电流	○		√	√	5.8.3	6.37.3
		材料阻燃性能	○		√	√	5.8.4	6.37.4
37	可靠性试验		○			√	5.9	6.38
38	外观与结构	机箱镀层		○	√	√	5.2.1	6.39
		面板、标牌、标记、文字	○		√	√	5.2.2	6.39
39	低温储存试验		○			√	5.1.1	6.40.1
40	低温工作试验		○			√	5.1.1	6.40.2
41	高温储存试验		○			√	5.1.1	6.40.3
42	高温工作试验		○			√	5.1.1	6.40.4
43	恒定湿热试验		○			√	5.1.2、5.8.1	6.40.5
44	振动与冲击或公路运输试验		○			√	5.1.4	6.40.6

7.3 型式检验

7.3.1 连续生产的产品，一般 1 年进行一次（传导干扰、电磁辐射干扰、抗干扰性能检验至少每 3 年进行一次）。具有下列情况之一的均需做型式检验：

- a) 产品停产一个周期以上又恢复生产；
- b) 转厂生产再试制定型；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变；
- d) 产品投产前鉴定或质量监督机构提出。

7.3.2 型式检验的试验项目及判定见表 2。

7.3.3 按 GB2829-2002 中表 3 判别水平 I 的一次抽样方案在出厂检验合格的产品中抽取样品，数量为 2 台。产品质量以不合格数表示，不合格质量水平（RQL）应符合表 3 规定。

表3 RQL 及判定数值表

不合格分类	B 类	C 类
RQL 及判定数值	40 (2; 0, 1)	120 (2; 2, 3)

8 标志、包装、运输、储存

8.1 标志

8.1.1 产品表面

产品表面应有标识，包括产品名称、产品型号、产品编号、制造厂名、产品主要参数等。

8.1.2 包装标志

产品包装上应有标志并符合GB/T 191的规定。

8.2 包装

产品包装应采取防潮、防振，并符合GB/T 3873-1983的规定。

产品随带文件包括：

- a 产品合格证；

- b 产品说明书;
- c 装箱清单;
- d 其它技术资料。

8.3 运输

8.3.1 产品在运输过程中应有遮蓬, 不应有剧烈振动、撞击等。

8.3.2 磁悬浮飞轮储能柜在运输过程中与水平面的倾斜角度不能超过 30° (包括 30°)。

8.4 储存

储存FW UPS的仓库内不得有各种有害气体、易燃、易爆物品及有腐蚀性的化学物品, 并且应无强烈的机械振动、冲击和强磁场。在本条规定条件下的储存期, 若无其他规定时, 一般应为6个月。超过6个月时, 应重新进行交收检验。

附录 A

(资料性附录)

FW UPS 介绍

A.1 FW UPS组成

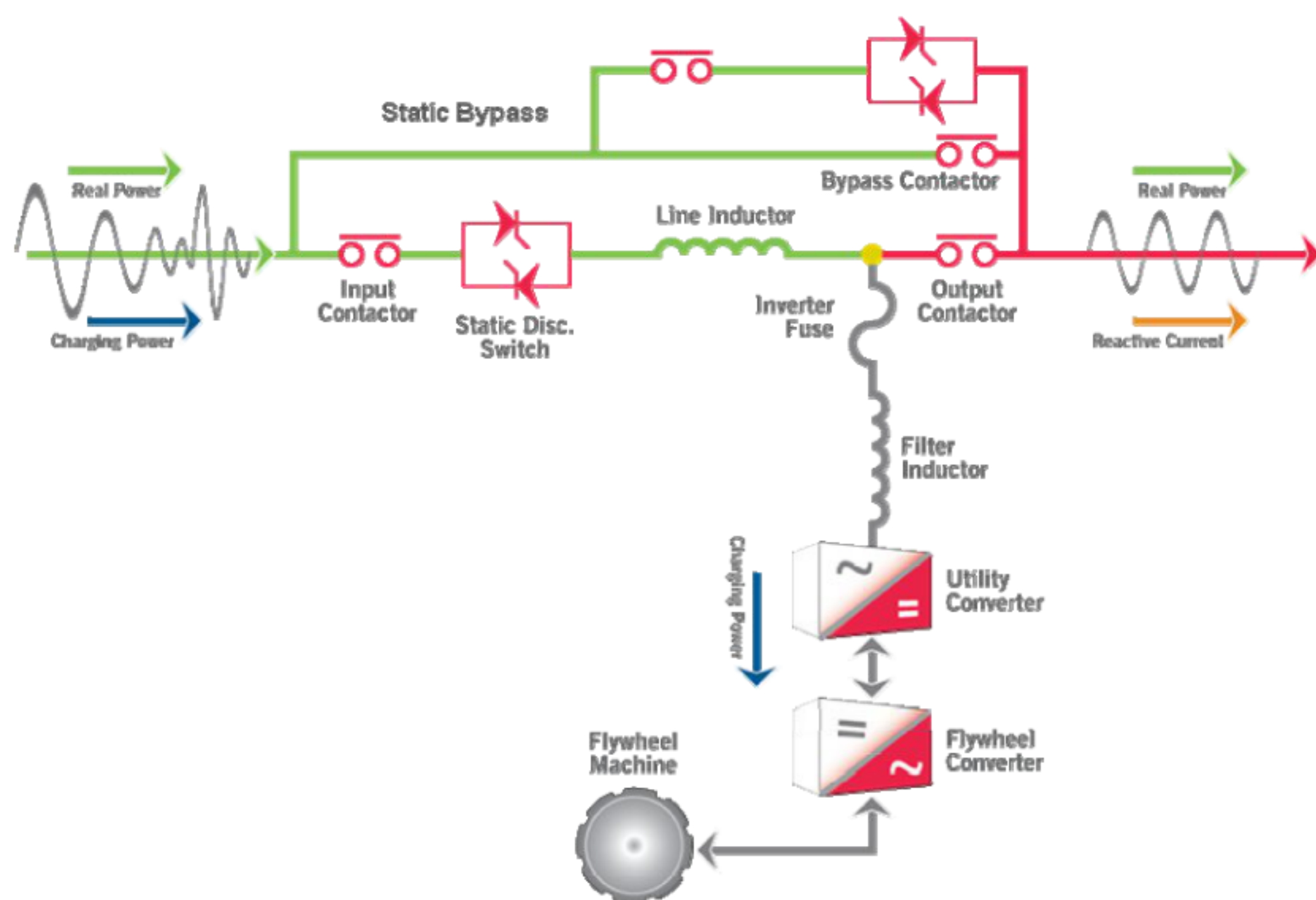


图 A.1 FW UPS 电气结构组成

图A.1中FW UPS电气结构组成主要包括输入主回路中的机械总开关、静态开关与电感器。旁路分为手动维修旁路与自动旁路。输出回路只有一个机械总开关。与输出回路并联的谐波补偿及储能装置包含了滤波电感、多功能补偿变换器、飞轮变换器与具有机电转换功能的飞轮装置。

A.2 FW UPS工作原理

在正常工作状态时，输入交流电源通过FW UPS的输入总开关、静态开关与电抗器至输出开关为负载提供不间断的稳定供电并通过滤波电感、多功能变换器和飞轮储能（DC/AC）变换器驱动真空飞轮仓内的储能飞轮高速旋转，电能转换为备用机械能。图3中的多功能变换器具有稳定输出电压改善波形失真与输入功率因数及谐波电流补偿功能。

当FW UPS发生故障时，自动旁路的静态开关快速导通，与此同时输入主回路中的静态开关断开，FW UPS转换到旁路运行状态，此时多功能补偿变换器与飞轮储能装置停止工作。故障修复后主回路中的静态开关闭合，启动飞轮储能装置并断开自动旁路的静态开关，FW UPS恢复至正常工作状态。

当FW UPS的输入交流市电发生故障时，主回路中的静态开关同时断开，此时高速旋转的飞轮将成为一台交流发电机，其输出电压经飞轮整流器与多功能补偿变换器变为稳定的50Hz正弦交流电，通过滤波电感对50%额定容量的负载可提供30秒钟的安全供电。待柴油发电机启动后通过ATS恢复FW UPS的交流输入供电，飞轮储能装置保证了FW UPS由市电到油机的可靠转换。

A.3 多功能补偿变换器的工作原理

使用于FW UPS中的多功能补偿变换器，在其正常工作时具有对输出电压与波形失真的调节功能，同时对整流非线性及综合性质的负载所产生的相移电流和谐波电流可进行瞬时动态补偿。因此也称其为多功能有源动态滤波器。

市电变换器输出稳定的额定电压，当输入电压偏离额定电压时，市电变换器通过主回路电感器与市电之间产生无功电流的交换，无功电流的大小与偏离电压值成正比，此电流将在电感器两端产生电压的极性与偏离电压的方向相反。因此电感器两端产生的大小及方向实时变化的补偿电压可在输入电压一定变化范围内将输出电压稳定在额定值。

有源动态滤波器对非线性负载所产生的谐波电流提供了比市电阻抗更低的补偿通道，并对补偿对象电流中的谐波频率及含量的变化进行瞬时检测，PWM补偿电流发生电路迅速、实时地输出非线性负载所需要的谐波电流。

A.4 磁悬浮飞轮储能装置的组成及工作原理

磁悬浮飞轮储能技术是对在磁悬浮支撑状态下旋转的飞轮维持其一定转速用以储存机械能的技术。

磁悬浮飞轮储能装置的机械结构包括：具有软磁特性的飞轮转子、镶嵌在外壳顶部与底部的飞轮励磁绕组、带有三相电磁绕组的定子铁芯、转子铁芯轴的上下滚珠轴承及镶嵌在外壳内部的磁性轴承、密封的金属外壳等。结构示意图见图A.1。

磁悬浮飞轮储能装置的飞轮变换器将输入的直流电变换为三相对称的正弦交流电，并在定子铁芯上产生三相旋转磁场，同时为飞轮励磁绕组提供稳定的励磁电流使飞轮转子产生若干对旋转磁极，定子铁芯的旋转磁场与飞轮转子的磁极相互作用推动飞轮转子高速旋转（7700转/分）。为了提高电能与机械能的转换效率，降低旋转部件的温升等，将飞轮安装在密闭的真空金属仓内，大大降低了高速旋转飞轮的风阻，同时外壳内部的磁性轴承与飞轮转子铁芯相互作用（吸引或排斥）使得飞轮转子轴的下滚珠轴承所承受的压力与磨擦力明显减小，从而延长了轴承使用寿命。

在正常工作方式时（额定飞轮转速），磁悬浮飞轮储能装置的直流待机充电电流不大于5A。

当飞轮变换器的直流输入电源中断时（市电故障），由于转动惯性使飞轮转子仍然高速旋转。此时飞轮变换器中的储能电容器继续为飞轮励磁绕组提供励磁电流，飞轮转子与定子铁芯的电磁绕组构成一台三相交流发电机，其输出的三相交流电经飞轮变换器整流为直流电，再通过多功能补偿变换器逆变成三相正弦交流电继续为重要负载提供不间断供电。处于发电状态的储能飞轮在其转速由7700转/分降至2000转/分时对外提供的能量是其最高能量的93.7%，其转换的电能为FW UPS额定输出容量50%的负载提供30秒钟的供电时间。

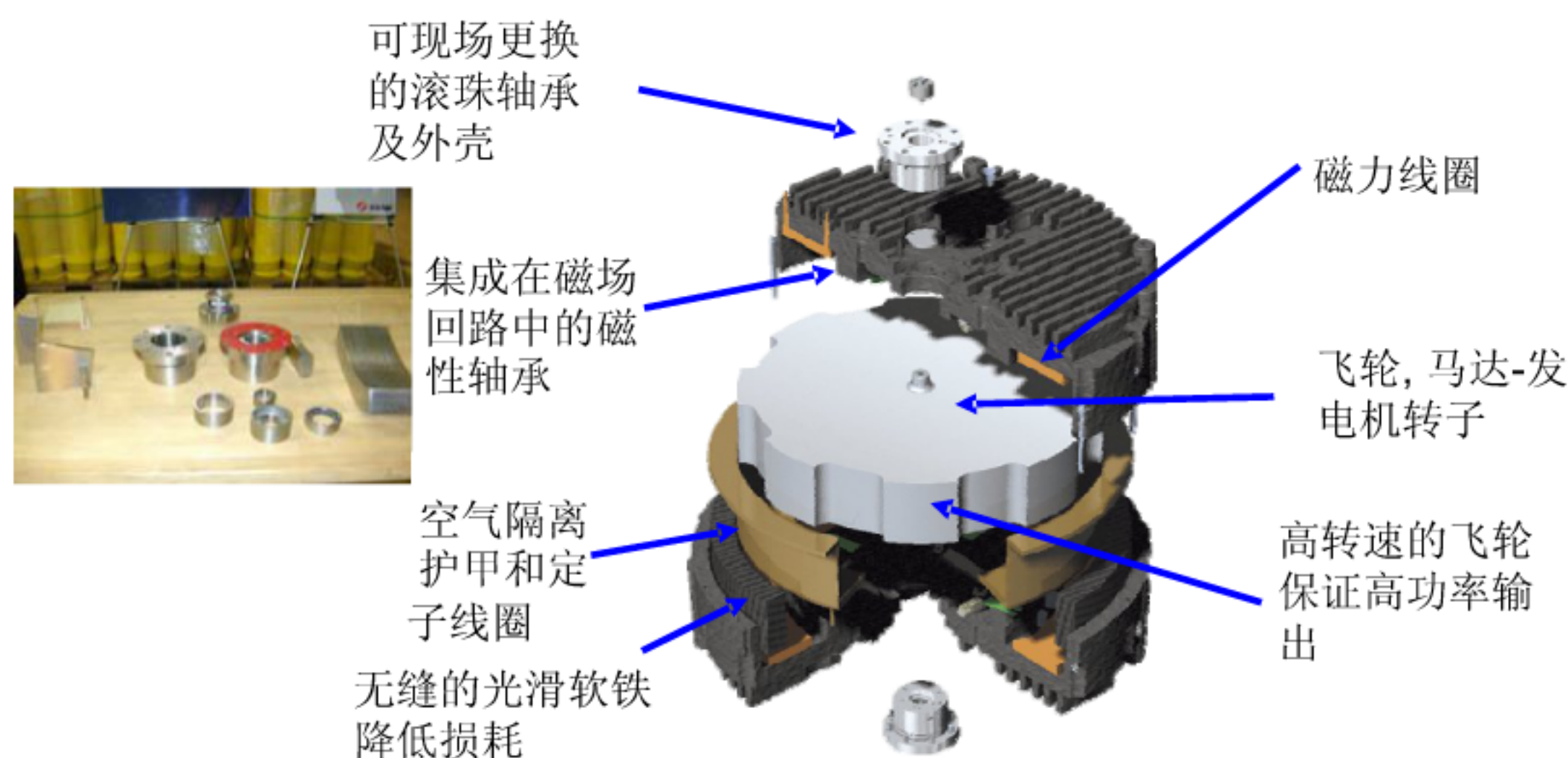
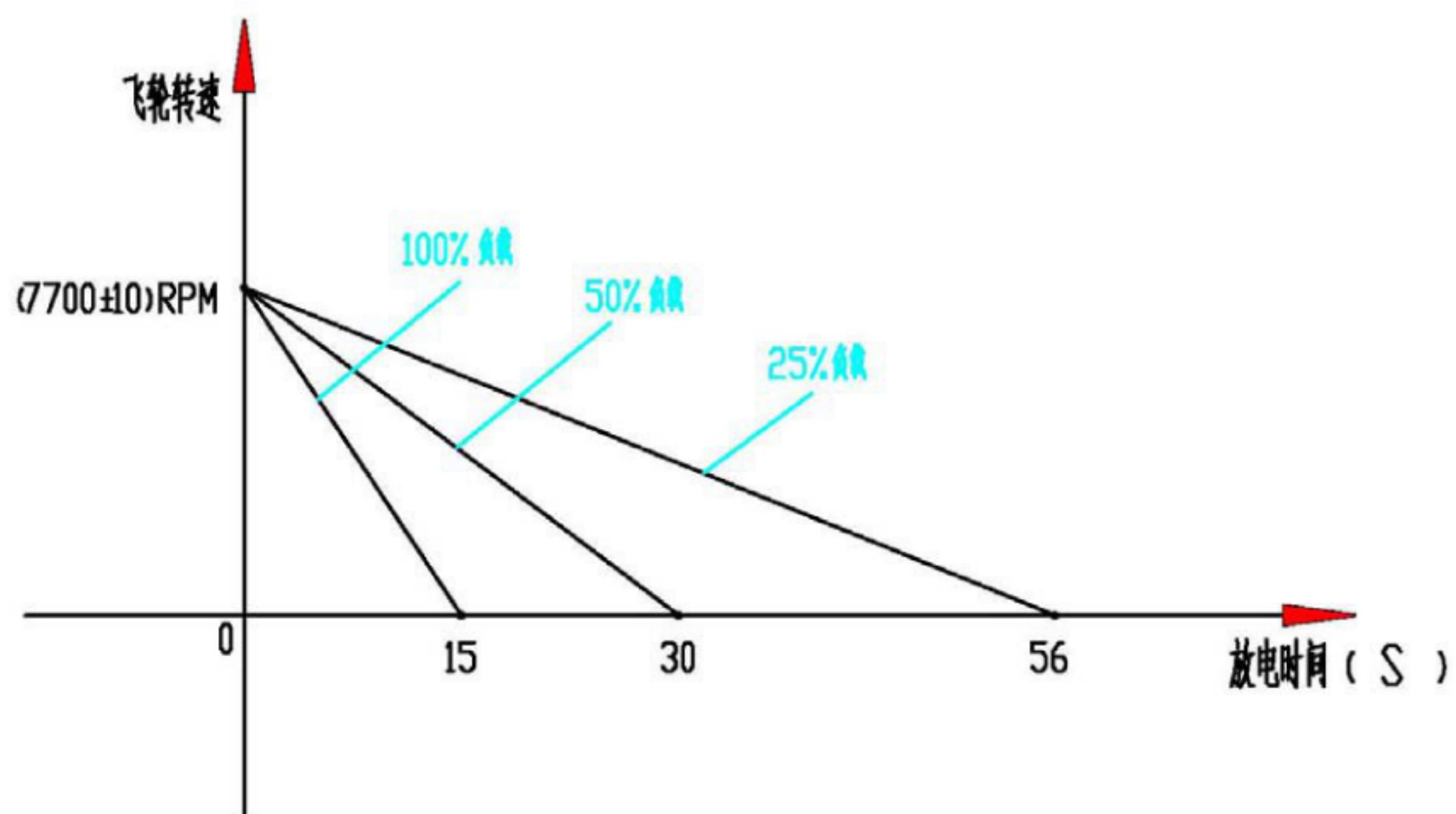


图 A.2 磁悬浮飞轮储能装置结构示意图

A.5 FW UPS负载率、放电时间、飞轮转速之间的对应关系



图A.3 FW UPS负载率、放电时间、飞轮转速之间的对应关系示意图

附 录 B
(资料性附录)
FW UPS 应用案例

B.1 欧美国家某Tier 1级数据中心应用案例

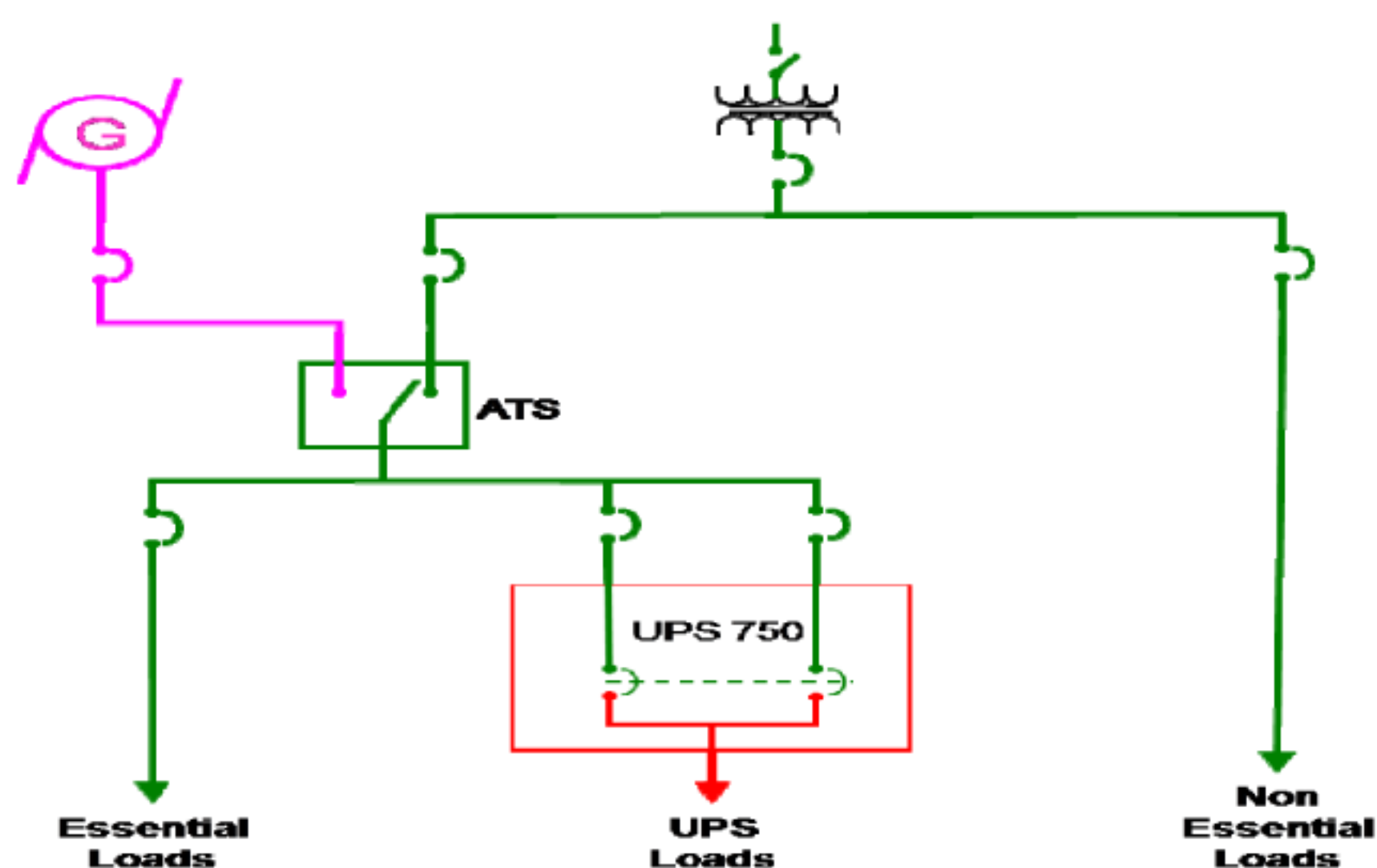


图 B.1 FW UPS 在 Tier 1 级数据中心的应用案例配置方案示意图

如图B.1所示，这是一个国外某Tier 1级数据中心供电系统配置方案示意图，此数据中心供电系统由1路市电供电和1路柴油发电机供电所组成，系统采用了1套额定容量为750kVA的FW UPS。

由于用户的要求，市电、柴油发电机、FW UPS都没有进行冗余的配置。

B.2 欧美国家某Tier 2级数据中心应用案例

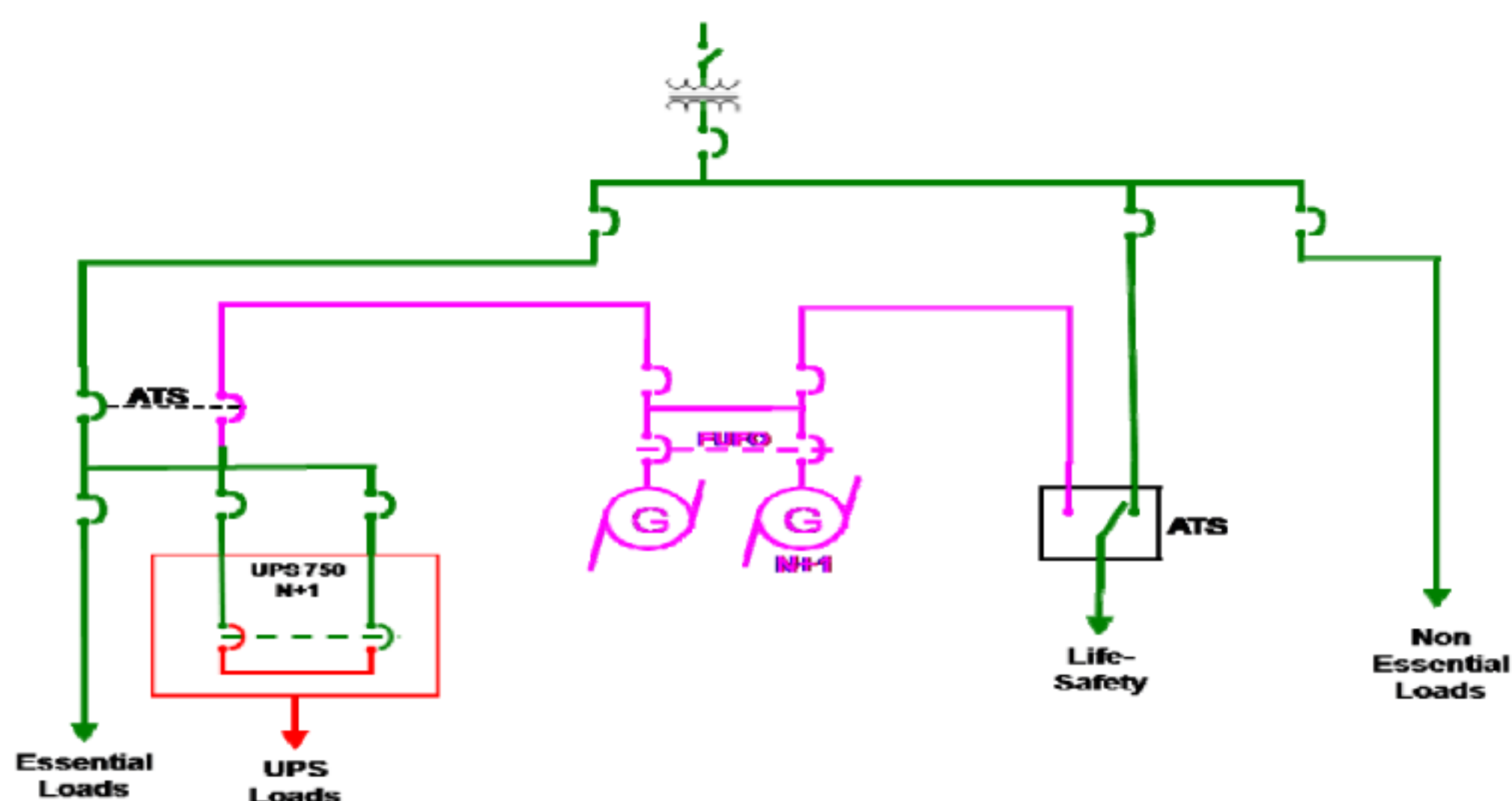


图 B.2 FW UPS 在 Tier 2 级数据中心的应用案例配置方案示意图

如图B.2所示，这是一个国外某Tier 2级数据中心供电系统配置方案示意图，此数据中心供电系统由1路市电供电和1路柴油发电机供电所组成，系统采用了1套额定容量为750kVA的FW UPS。

由于用户的要求，柴油发电机采用了“1+1”并联的方式进行冗余备份，FW UPS内部采用了磁悬浮飞轮储能柜“3+1”的冗余配置方式。

B.3 欧美国家某Tier 4级数据中心应用案例

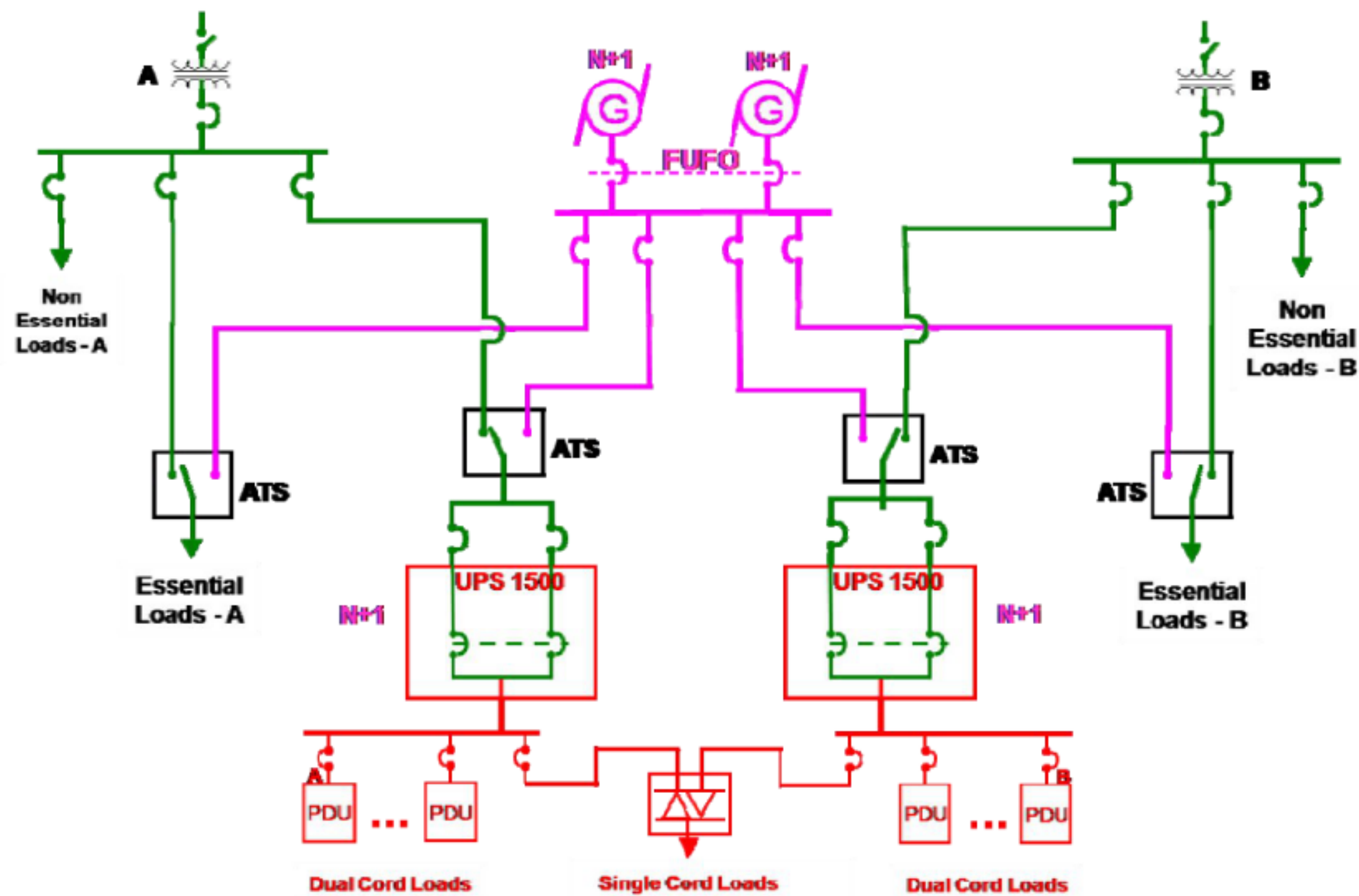


图 B.3 FW UPS 在 Tier 4 级数据中心的应用案例配置方案示意图

如图B.3所示，这是一个国外某Tier 4级数据中心供电系统配置方案示意图，此数据中心供电系统中的市电、柴油发电机、UPS等供电设备，全部采用了“N+1”的冗余配置方式，形成了双总线冗余供电系统，即2（N+1）系统，达到了用户对于可靠性和安全性的要求。

此数据中心供电系统由多个UPS系统构成，这是其中一个UPS系统的配置方案示意图，此UPS系统采用了2套额定容量为1500kVA的FW UPS。

这个UPS系统的设计思路是将2套完全相同的FW UPS互为备用，进行冗余配置，形成了UPS双总线冗余供电系统。首先，两套FW UPS之间互为冗余备用；同时，每一套系统中的FW UPS又都采用了磁悬浮飞轮储能柜“N+1”的冗余配置方式，所以无论是其中任何一套系统出现故障，或者是其中任何一个磁悬浮飞轮储能柜出现故障，由于都有另外一套系统或者另外一个磁悬浮飞轮储能柜处于在线工作状态（在线备用状态），这时都仍可保证整个供电系统的不间断供电。

B.4 亚洲某大型数据中心应用案例

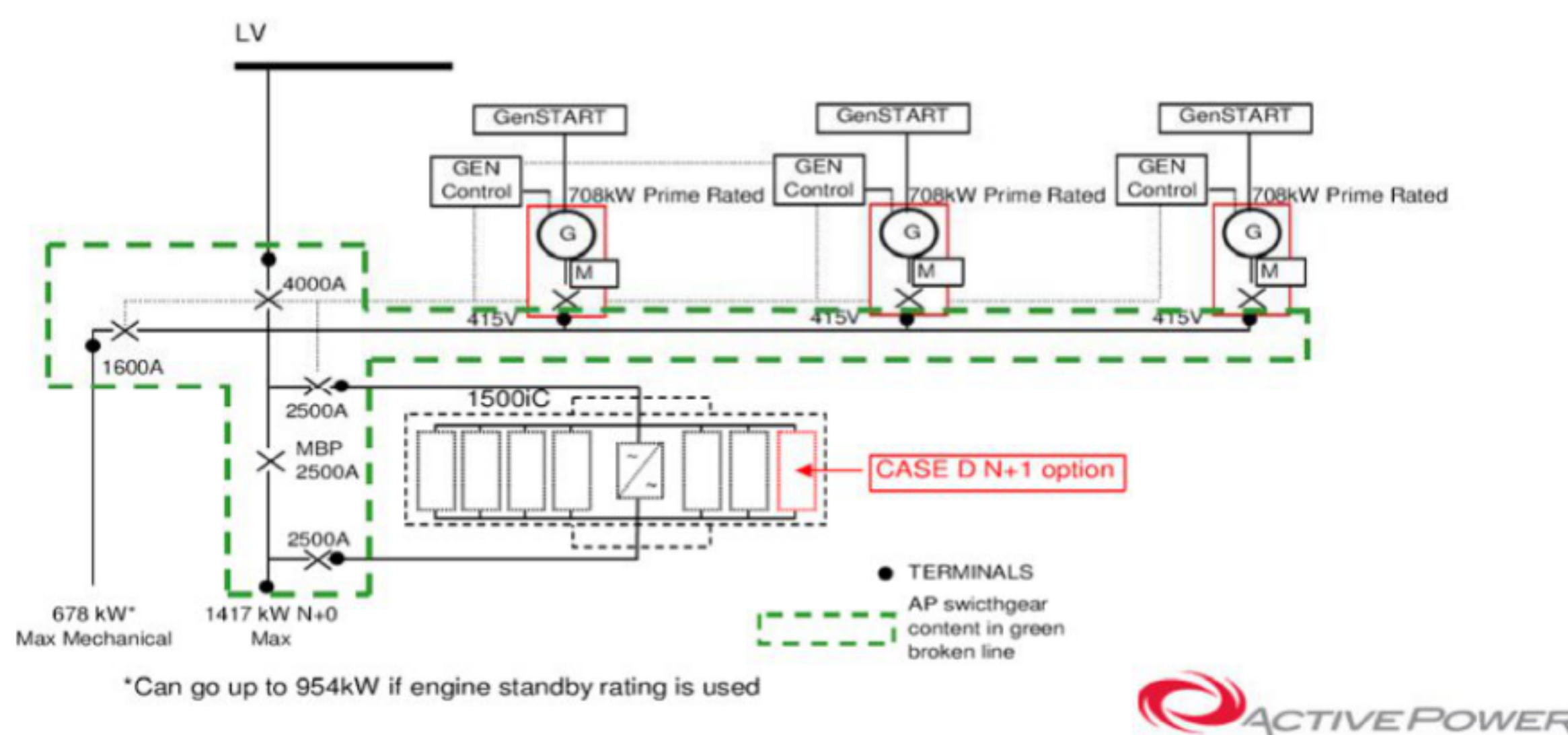


图 B.4 FW UPS 在某大型数据中心的应用案例配置方案示意图

如图B.4所示，此项目采用的FW UPS容量为1500kVA，系统内置7台磁悬浮飞轮储能柜，每台磁悬浮飞轮储能柜容量为250kVA，其中6台磁悬浮飞轮储能柜即满足了FW UPS容量的要求，此外FW UPS内还增加配置了1台磁悬浮飞轮储能柜进行在线热备份，即形成磁悬浮飞轮储能柜“6+1”的冗余配置方式。

此项目采用的柴油发电机组容量为2124kW，形成3套708kW柴油发电机并联的工作方式，柴油发电机组既为FW UPS提供备用电源，又为空调等其它交流负载提供备用电源。

在此项目中，通过为柴油发电机组配置的GenSTART（增强型发电机启动模块）和GENIE（发电机控制器），完全可以保证3套并联的柴油发电机在接到市电中断的信号后可以同时自动启动，并在8秒钟之内全部完成自动启动并且稳定带载的过程。通过以上配置，此供电系统在使用过程中完全可以达到用户对于可靠性和安全性的要求。

B.5 亚洲某大型数据中心应用案例

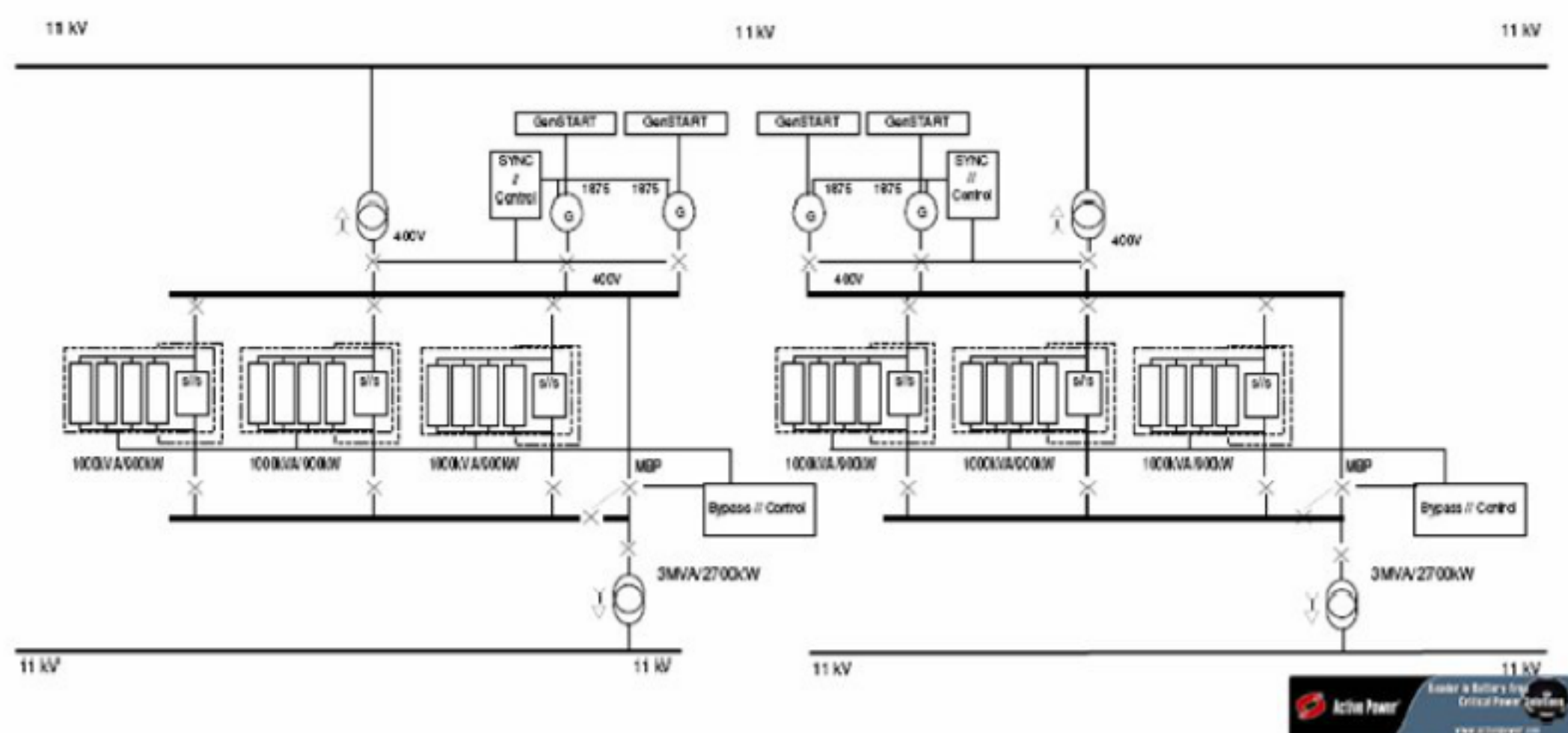


图 B.5 FW UPS 在某大型数据中心的应用案例配置方案示意图

如图B.5所示，此项目采用的FW UPS总容量为6000kVA，采用的柴油发电机组总容量为7500kVA，柴油发电机与FW UPS容量的配置比例只有1.25:1。

UPS系统共分为2个部分，其中每部分系统容量为3000kVA，每部分系统都采用3套1000kVA的FW UPS并联的工作方式。

柴油发电机组系统也分为2个部分，其中每部分系统容量为3750kVA，每部分系统都采用2套1875kVA的柴油发电机并联的工作方式。

在此项目中，每台柴油发电机都分别配置了GenSTART（增强型发电机启动模块），从而大大提高了柴油发电机自动启动的可靠性和成功率；同时，为每台柴油发电机还分别配置了GENIE（发电机控制器），这样可以保证此方案中的2套柴油发电机在并联工作时，接到市电中断的信号后可以同时自动启动，并在8秒钟之内全部完成自动启动并且稳定带载的过程。通过以上配置，整体上大大提高了供电系统的可靠性和安全性。

附 录 C
(资料性附录)
FW UPS 维护要求

C.1 FW UPS维护要求

FW UPS维护方便,设备投入运行后,运维部门和运维人员的工作量很小,只需:

- a) 每隔 3~6 个月,清洗空气滤网一次;
- b) 每隔 1 年,更换真空泵机油一次;
- c) 每隔 3 年,更换飞轮轴承一次。