

开关电源技术

广东工业大学 李志忠

教学内容

- 绪论
- 主电路拓扑
- 磁路设计
- 驱动和缓冲电路设计
- 闭环系统设计
- 软开关技术
- 功率因素校正技术
- EMI技术
- 通信用智能高频开关电源系统

一、为何要上开关电源技术？



电源被喻为各种电子设备的“心脏”，高频开关电源因其高效、高可靠性、高功率密度、体积小、重量轻等显著特点得到广泛应用，涉及到电力、电子、通信、交通运输、医疗卫生等现代国民经济的各个生产部门及人民的日常生活。

——实用、重要

一则新闻2006-08-26

- 27 岁的汪洋从北京科技大学本科毕业3 年后，又回到校园里读书。不过这次汪洋的选择几乎让所有人意外，他不是读研，而是花两年时间读中专。他成为了贵州省首位大学本科毕业后又回头读中专的人。
- 大学要增加学生的实践过程，最好也能让学生学到一门比较熟练的技能，特别是工科的学生。现在市场越来越多地需要技能型人才，不管是文科理科，实践的时间都应该多一些，不能从理论到理论，这是我们应该反思的。
- 学技术的人永远都能找到适合自己的工作。

二、基本概念

电源——发出电能的电源
(发电机、电池)



二、基本概念

电源——变换电能的电源。
(线性电源、相控电源、开关电源)



二、基本概念

什么是开关电源？ (**Switching Power Supply**)

主电路中的电力电子器件工作在开关状态的电源。

目的——把粗电变成精电！

- ◆ **AC-DC-DC**: 如个人用、家用、办公室用、工业用(电脑、周边、传真机、充电器)
- ◆ **DC-DC**: 如可携带式产品(移动电话、笔记本电脑、摄影机, 通信交换机二次电源)
- ◆ **DC-AC**: 如车用转换器(**12V~115/230V**)、通信交换机振铃信号电源
- ◆ **AC-DC-AC**: 如交流电源变压器、变频器、**UPS**不间断电源

二、基本概念

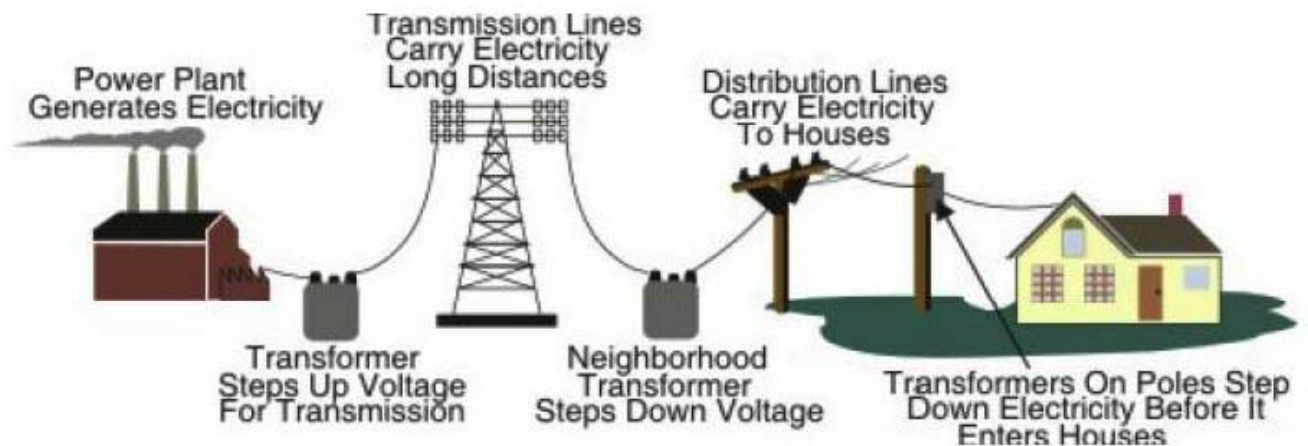
本课程研究的开关电源：

- 开关——电力电子器件工作在开关状态非线性；
- 高频——电力电子器件工作在高频而非工频；
- 直流——电源输出是直流而非交流。

Smart Grid

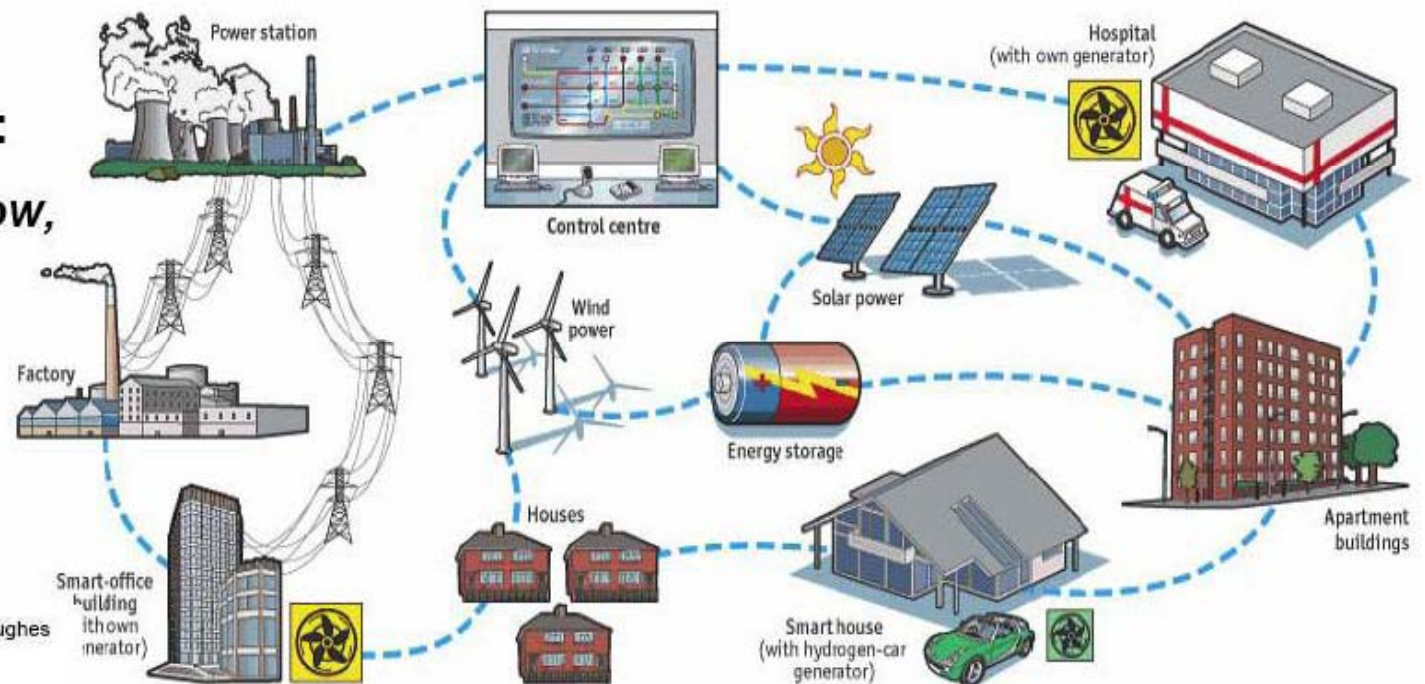
Before Smart Grid:

*One-way power flow,
simple interactions*



After Smart Grid:

*Two-way power flow,
multi-stakeholder
interactions*



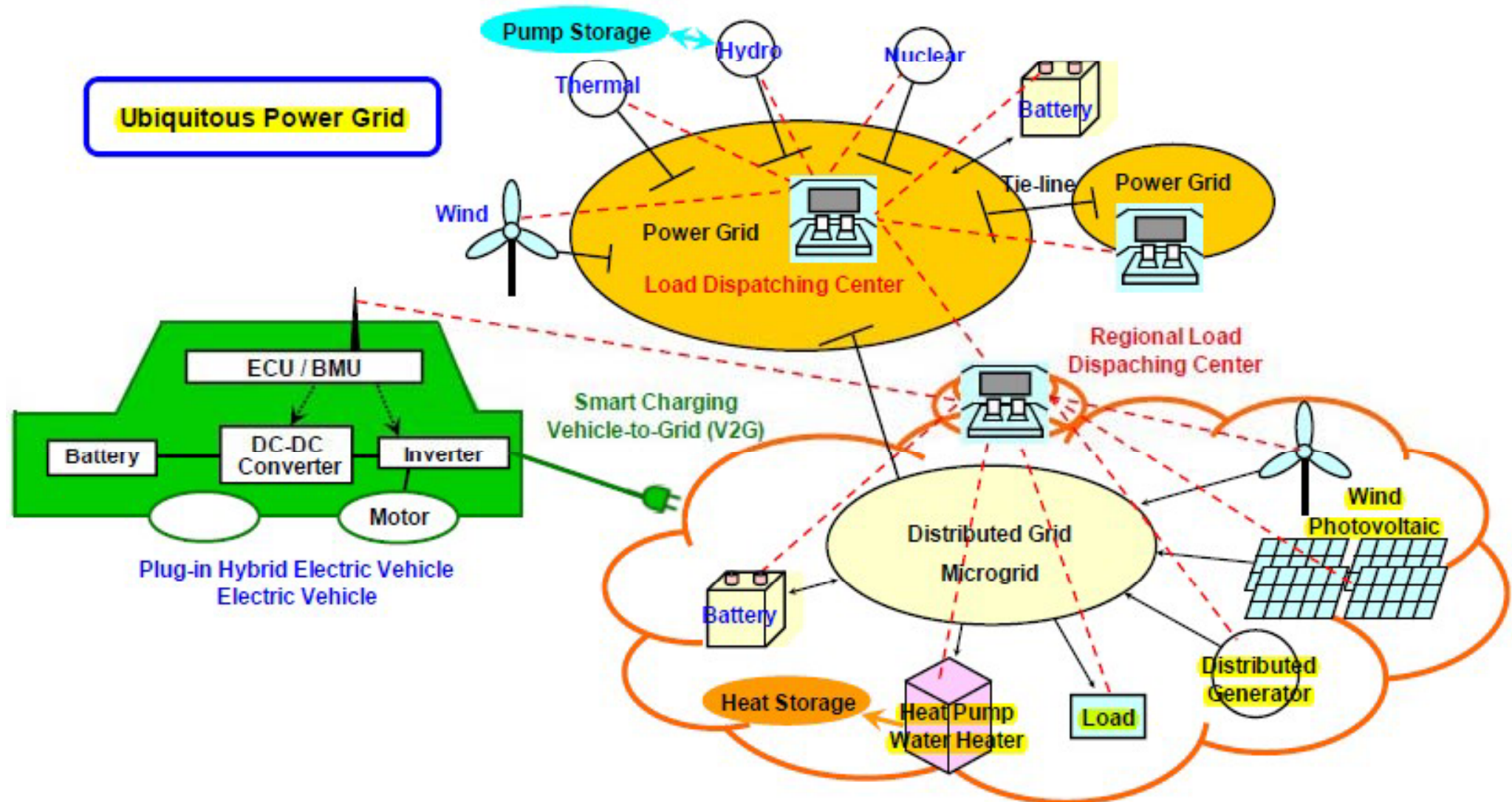
Adapted from EPRI Presentation by Joe Hughes
NIST Standards Workshop
April 28, 2008

Sources: *The Economist*; ABB

EVs would be plugged into home outlet for hours.
High-speed response with synchronization could be realized
by using self-terminal frequency measurement.
Maintaining battery condition and charging request by itself

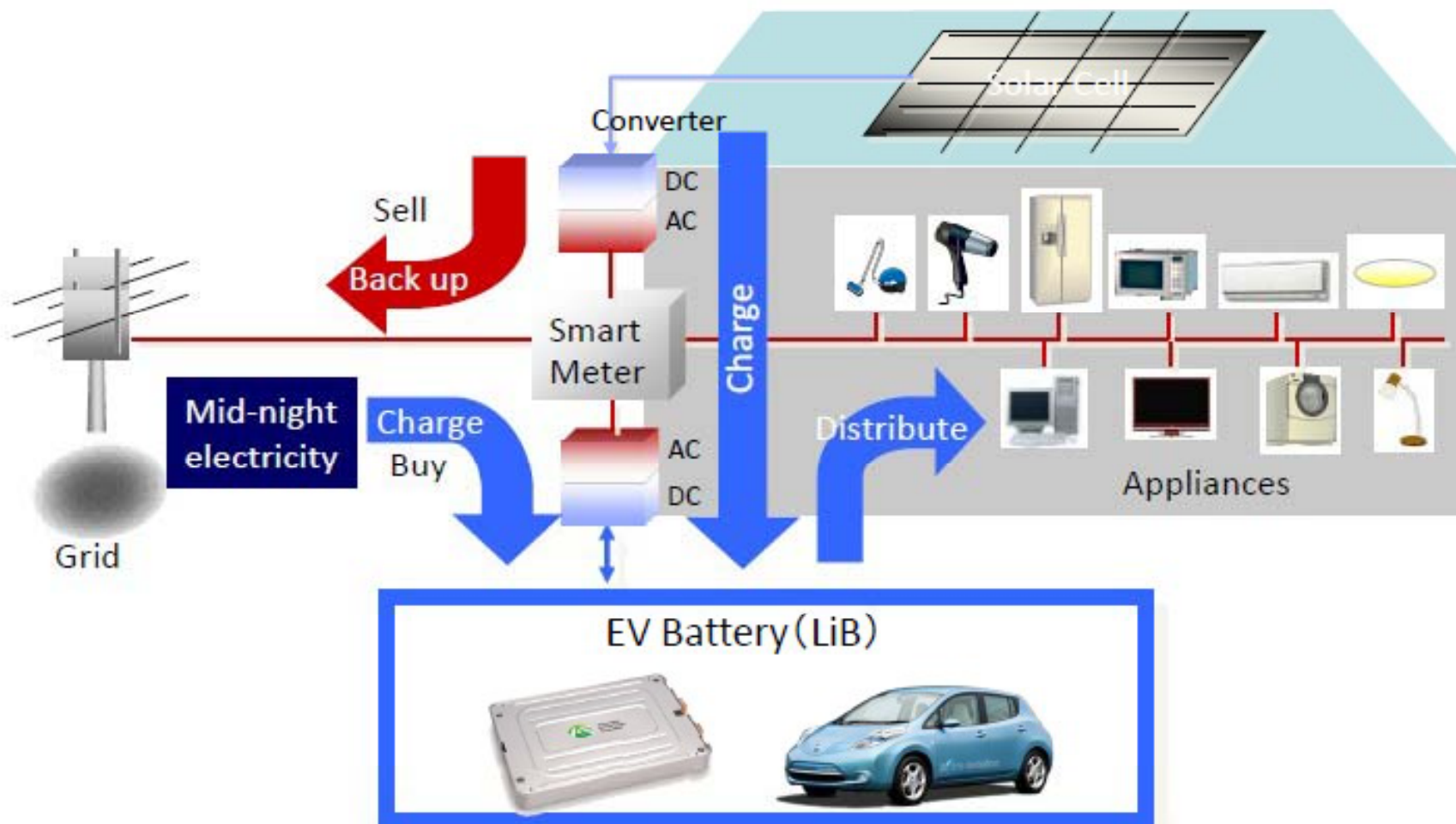
Autonomous Distributed V2G

...Centralized control scheme dispatching LFC signals to storage devices

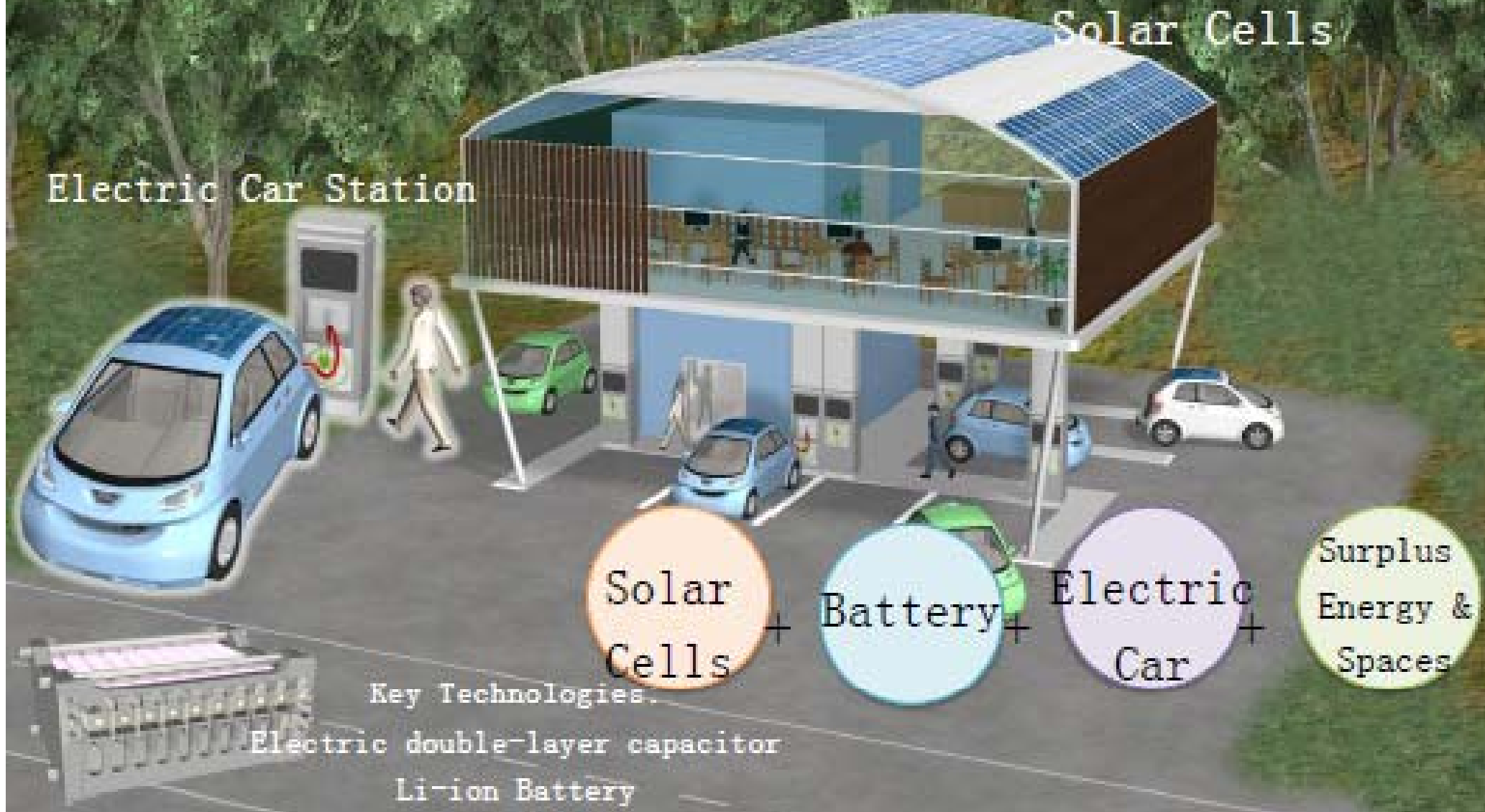


Smart House

- Increasing low carbon electricity and reduce peak electricity consumed
- Management of electricity storage by EV and/or Lithium ion battery



Eco-Energy Station



NASA's solar power flyer



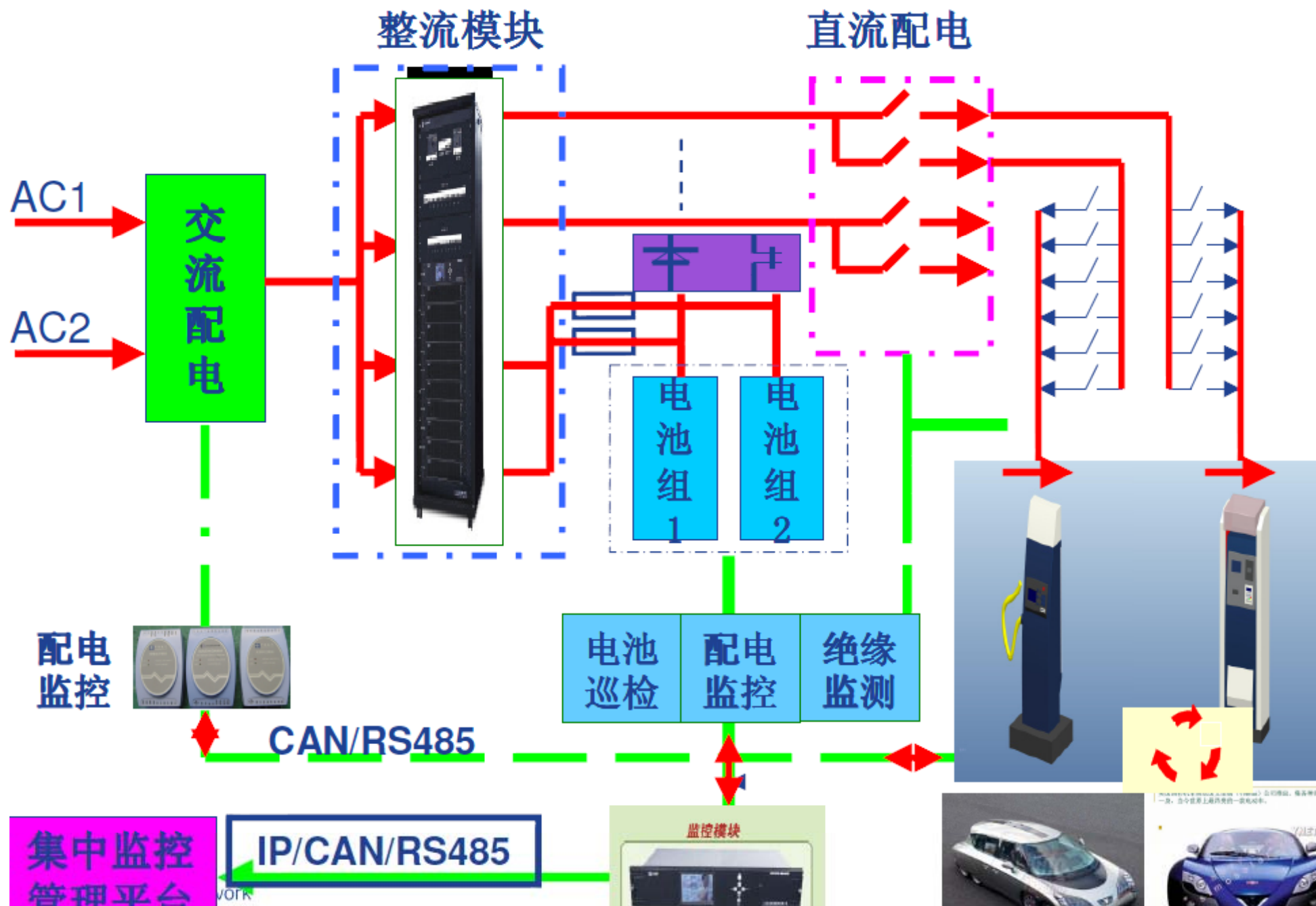
Powered by sunlight alone for the first time last 14 July, the Helios, an all-electric flyer, cruised over the Hawaiian islands of Niihau and Lehua on its way to an altitude of 23 247.4 meters.



**Equipped with computer
radio, display, etc.**



Battery on the back





广州亚运城充电站一体化直流充电机：DC650V 100A



广东省电网公司充电设备



深圳首批住宅区电动汽车充电桩项目（AC220 32A 21KW）

常见的开关电源

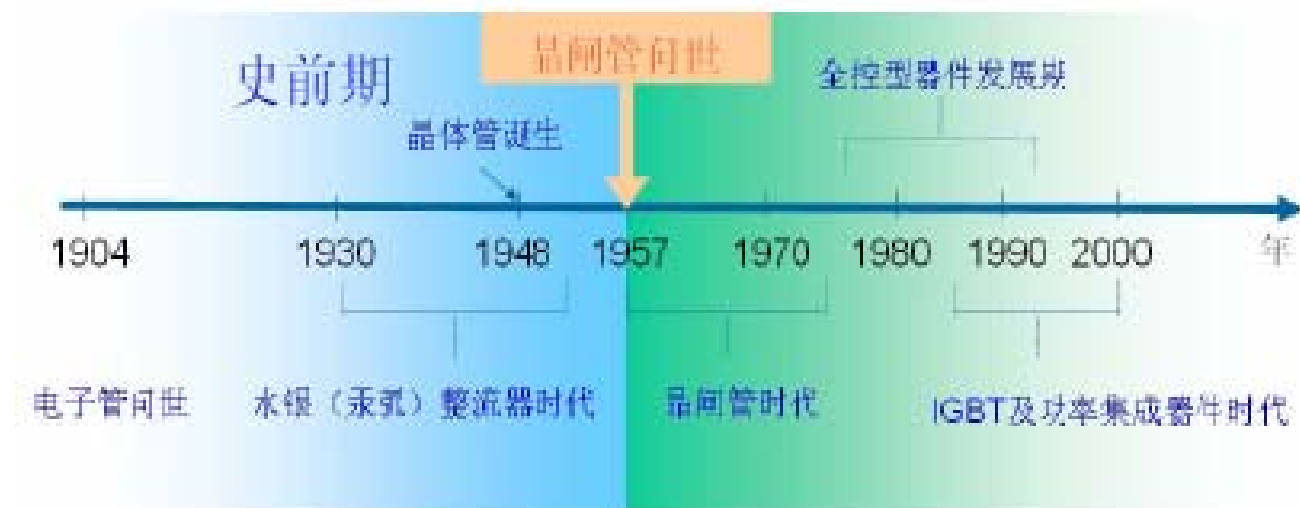


重量轻、体积小、电磁兼容性好、动态响应迅速



三、开关电源的发展

- ✓ 开关电源属于功率电子学或称为电力电子学（Power Electronics）范畴。
- ✓ 是综合了电子技术、控制技术和电力技术的新兴交叉学科。
- ✓ 电力电子技术的发展史是以电力电子器件的发展史为纲。



三、开关电源的发展

1、我国开关电源发展史

1963年我国才开始研制采用可控整流器

1965年才开始研制逆变器和晶体管直流一直流变换器

十年动乱使研制工作停止不前

80年代后期，引进澳大利亚技术，生产48V50A和48V100A高频开关电源

90年代吸收国外先进技术，在国内开发自己的开关电源，

2、国外开关电源的发展史

1955年美国罗耶(GH·Roger)发明的自激振荡推挽晶体管单变压器直流变换器

1957年美国查赛(J J Jen Sen)发明了自激式推挽双变换器

1964年美国科学家们提出取消工频变压器的串联开关电源的设想

1969年做成了25千赫的开关电源

1976年美国通用公司第一个做出了SG1524单片集成的控制芯片,称为脉宽调制器

80年代初,英国研制了完整的48V成套电源

80年代后期,各种通信设备所需大量的直流变换器均以场效应功率晶体变换器为主。

1987年美国弗琴尼亚理工学院及州立大学电子电力研究中心Dr·FreD C·Lee提出要在2年内做出10MHz的电源,功率密度达 $3.7\text{W}/\text{cm}^3$,做出了1.2—2.2MHz, 10W的准谐振开关变换器。

1990年底做的实验模型:整个变换器的功率密度为 $3\text{W}/\text{cm}^3$,功率级的功率密度为 $6\text{W}/\text{cm}^3$,开关频率从2.5MHz变到3.85MHz。效率80%—83%。

3、现代开关电源的应用领域

3.1 计算机高效率绿色电源

3.2 通信用高频开关电源

3.3 直流-直流（DC/DC）变换器

3.4 不间断电源（UPS）

3.5 变频器电源

3.6 高频逆变式整流焊机电源

3.7 大功率开关型高压直流电源

3.8 电力有源滤波器

3.9 电动汽车大功率智能充电器

4.高频开关电源的发展趋势

4.1 高频化

理论分析和实践经验表明，电气产品的变压器、电感和电容的体积重量与供电频率的平方根成反比。

4.2 模块化

模块化有两方面的含义，其一是指功率器件的模块化，其二是电源单元的模块化。

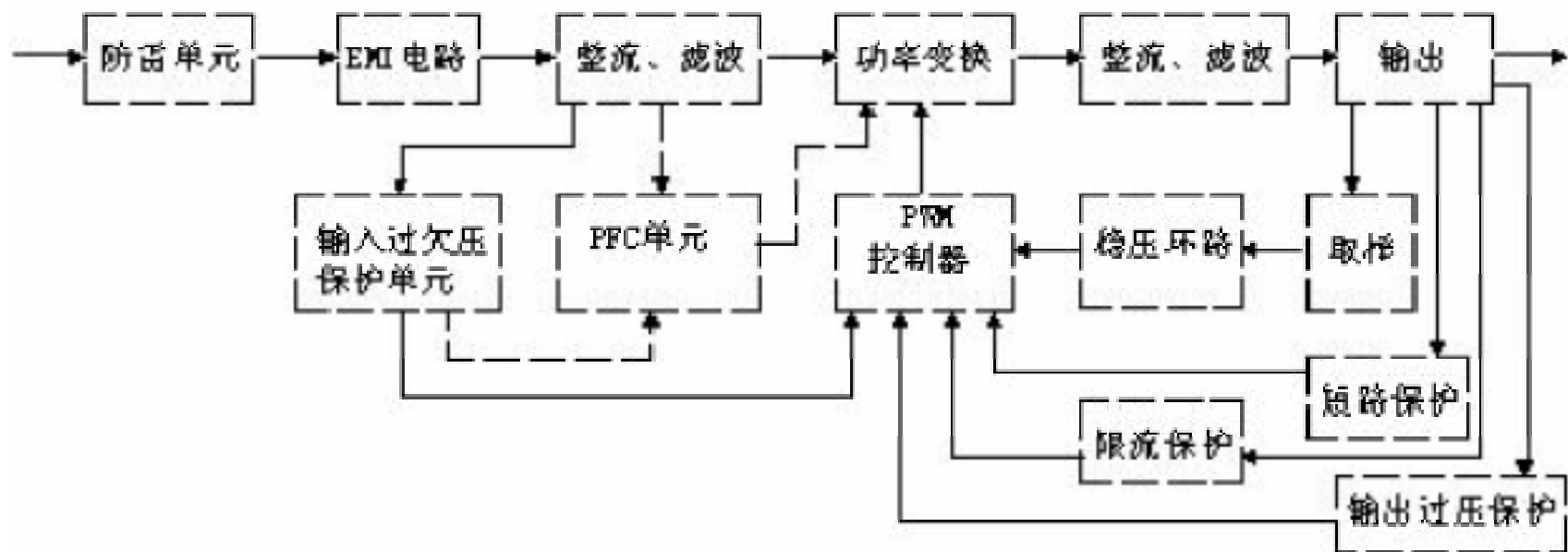
4.3 数字化

优点:便于计算机处理控制、避免模拟信号的畸变失真、减小杂散信号的干扰（提高抗干扰能力）、便于软件包调试和遥感遥测遥调，也便于自诊断、容错等技术的植入。

4.4 绿色化

电源系统的绿色化有两层含义:一是显著节电；二是降低电磁污染。

四、开关电源系统的基本组成



开关电源电路方框图

开关电源的主要电路是由输入电磁干扰滤波器（EMI）、整流滤波电路、功率变换（逆变）电路、PWM控制器电路、输出整流滤波电路组成。辅助电路有输入过欠压保护电路、输出过欠压保护电路、输出过流保护电路、输出短路保护电路等。

五.开关电源的主要技术指标

(一) 开关电源的输入指标

1. 交流输入电压
2. 交流输入电流
3. 输入频率
4. 功率因数
5. 冲击（浪涌）电流
6. 泄漏电流

五.开关电源的主要技术指标

(二) 开关电源的输出指标

- | | |
|----------|--------------|
| 1.额定输出电压 | 2.额定输出电流 |
| 3.最小负载电流 | 4.额定负载电流 |
| 5.稳压精度 | 6.纹波电压 |
| 7.最大输出功率 | 8.启动时间 |
| 9.输出保持时间 | 10.输出电压的可变范围 |
| 11.效率 | |

五.开关电源的主要技术指标

（三）附属功能指标

1. 过流保护功能
2. 过电压保护功能
3. 过热保护功能
4. 遥感功能
5. 遥控功能

（四）可靠性及耐环境性相关指标

1. 贮存温度与贮存湿度
2. 寿命
3. 平均无故障工作时间（MTBF）
4. 工作条件

六、本课程的性质、软件平台和课程目标等

性质：专业方向选修课

开关电源仿真软件平台：Saber

教学方法：授课与上机实验相结合

课程目标：

掌握开关电源技术的基本原理、基本设计方法，熟悉开关电源的典型波形，了解开关电源的新技术，以便为从事开关电源技术的应用开发工作奠定必要的基础。

参考文献

1. 《开关电源设计》第二版（美），Abraham I. Pressman著，王志强等译，电子工业出版社，2006年.
2. 《开关电源设计指南》（英），MARTY BROWN，徐德鸿等译，机械工业出版社，2006年.
3. 《实用开关电源设计》（美） Ron Lenk著，王正仕等译，人民邮电出版社，2006年.