

# 实时数字仿真技术 在分布式能源/微电网中的应用

杨嘉伟、武利斌

中国东方电气集团有限公司中央研究院



东方电气  
DONGFANG ELECTRIC

## 目录

1 分布式能源

2 东方电气分布式能源解决方案

3 RTDS在分布式能源中的应用

## 目录

### 1 分布式能源

### 2 东方电气分布式能源解决方案

### 3 RTDS在分布式能源中的应用

### 能源生产与消费革命带来的新机遇

习近平总书记就推动能源生产和消费革命提出：

- ◆ 抑制不合理能源消费，坚决控制能源消费总量，加快形成**能源节约型社会**；
- ◆ 推动能源供给革命，**建立多元供应体系**；
- ◆ 推动**能源技术革命**，带动产业升级。



### 信息技术应用推动能源智慧化转型

- ◆ 通过物联网、大数据和云计算等技术，支撑着**能源高效互联**以及**用户侧的友好交互**；
- ◆ 能源互联网技术与信息技术、数字技术**深度融合**，依托新能源、储能、柔性网络，形成**“源网荷储用”**协调发展。



### 电力体制改革推进提出迫切需求

- ◆ 能源企业向智慧能源综合服务转型，改变**服务模式、服务外延**；增加了**用户对中间环节的可选择性**；
- ◆ 能源企业经营多种能源、拓展新兴业务，为客户提供能源解决方案服务和**高效便捷稳定速度的能源供应**。



### 多元化、高质量的服务需求

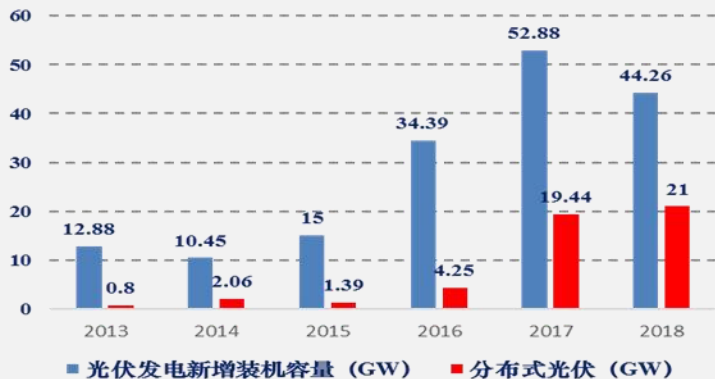
- ◆ **多元化市场需求**。客户逐步对用能规划、电能替代、电能质量监控、智能运维托管等多元化服务产生需求；
- ◆ **高质量服务需求**。客户对综合能源服务的成本、安全、舒适、便捷、速度等方面存在要求。



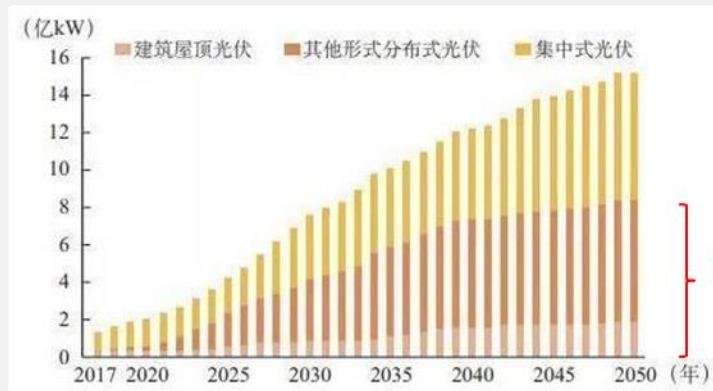
	传统能源	分布式能源
输配成本	须通过输配电网，才能供给用户。电能输配成本在总成本中占的比例较大。	不需要或只需要很短的输送线路，电能的 <b>输配成本几乎为零</b> 。
投资	大型电厂和大电网需要大量的资金和较长的建设周期。	小型化、模块化的分布式能源系统可以在几周或几天内实现， <b>建设周期短</b> 。
调峰性能	火力发电出力的变动率最大为5%/min,调节范围窄，所需时间长。	流程简单，参与运行的系统少，因而升、降负荷或启、停速度快。
供电安全	火电厂由于生产规模、设备使用等原因容易导致安全隐患导致供电不稳定。	<b>能源相互独立</b> ，在电网崩溃和意外灾害的情况下， <b>可维持重要用户的供电</b> 。
环保性能	火力发电对环境污染较大，新兴水电及风电环境污染较小。	利用风能、太阳能等可再生能源生产电能几乎对 <b>环境没有污染</b> 。
特殊需求	大规模发电厂对建设环境要求很高。	可按要求 <b>方便、灵活</b> 安置在用户侧附近。
梯级利用	集中供能方式能量形成相对单一，难以实现能量的综合梯利用。	规模小、灵活性强，通过不同的有机整合可以满足用户需求的同时实现能量的综合梯级利用，实现 <b>电、冷、热三联供</b> 。

时间	政策/规划名称	主要内容
2019年2月	《清洁能源消纳行动计划(2018-2020年)》	优化各类发电装机布局规模，清洁能源开发规模进一步向中东部消纳条件较好地区倾斜， <b>优先鼓励分散式、分布式可再生能源开发。</b>
2019年1月	《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》	促进风电、光伏发电通过电力市场化交易无补贴发展。国家发改委、能源局会同有关单位 <b>组织开展分布式发电市场化交易试点工作。</b>
2018年5月	《关于2018年光伏发电有关事项的通知》	积极推进分布式光伏资源配置市场化， <b>鼓励出台竞争性招标办法配置除户用光伏以外的分布式光伏发电项目，鼓励分布式发电市场化交易力度。</b>
2017年7月	《关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见》	2017-2020年光伏指导装机规模合计86.5GW,分布式装机不受规模限制。
2017年6月	《关于加快推进天然气利用的意见》	推进分布式天然气建设规模， <b>将分布式天然气作为天然气利用的主要方式。</b>

## 分布式光伏市场规模



我国分布式光伏发电并网装机容量



我国不同类型光伏发电容量发展趋势

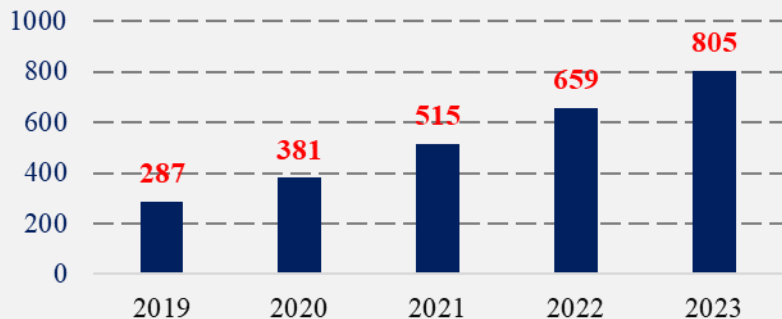
数据来源：国家发展与改革委员会,国家可再生能源中心

随着分布式交易市场机制的完善和成熟，分布式光伏将快速摆脱对补贴依赖，进入平价时代。从短期来看，**由于补贴总量和补贴强度的制约，预计2019—2020年新增分布式光伏总量与2018年持平**，之后将再次呈上升趋势。中东部地区的分布式光伏就地消纳能够有效降低输电成本和能量损失，可弥补光照资源较差的缺陷，2020—2035年期间新增分布式光伏装机将快速增长，**预计到2035年可达光伏发电新增装机的80%以上。**



### 分散式风电市场规模

2019-2023年分散式风电新增装机容量预测  
(万千瓦)

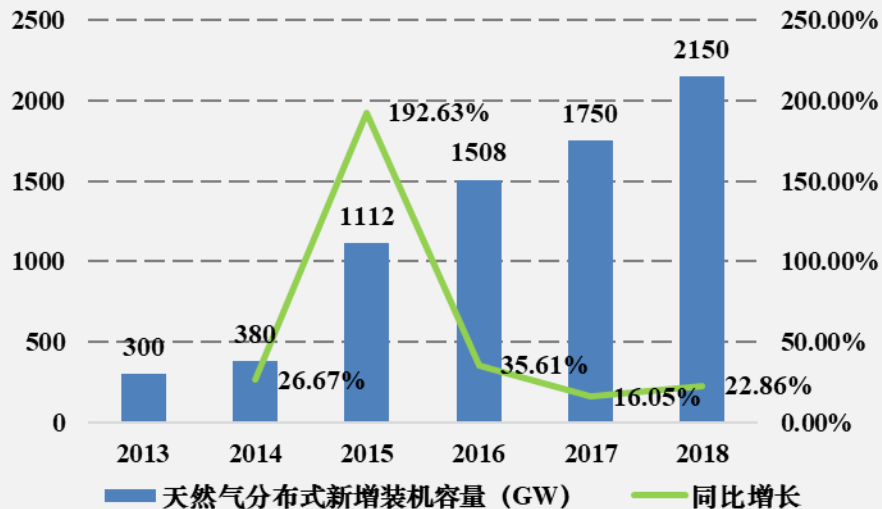


2018年4月16日，国家能源局印发《分散式风电项目开发建设暂行办法》，鼓励各类企业及个人作为项目单位，投资、建设和经营分散式风电项目。释放出了强烈而明确的鼓励分散式风电发展的信号。业界普遍认为，分散式风电正在成为行业未来新的增长点。

2018年被认为是分散式风电的元年，虽然目前规模较小，但市场潜力巨大。在国家政策的支持下，预计到2023年，分散式风电新增装机将超过805万千瓦。



### 分布式天然气市场规模



从能源综合利用率来看，天然气分布式系统利用了“**能量梯级利用**”原则，高效地利用了发电后排出的尾气余热来提供**冷热负荷**，以此得到高利用效率。

从投资成本来看，天然气分布式系统综合考虑下来，天然气的等效单位装机成本略低于燃煤机组。

2017年，全国天然气分布式发电累计装机容量为**1700万千瓦**，距离《关于发展天然气分布式能源的指导意见》中，到2020年装机规模达到**5000万千瓦**的目标差距很大。

## 目 录

1 分布式能源

**2 东方电气分布式能源解决方案**

3 RTDS在分布式能源中的应用

## 2 东方电气分布式能源整体解决方案



项目投资

解决方案

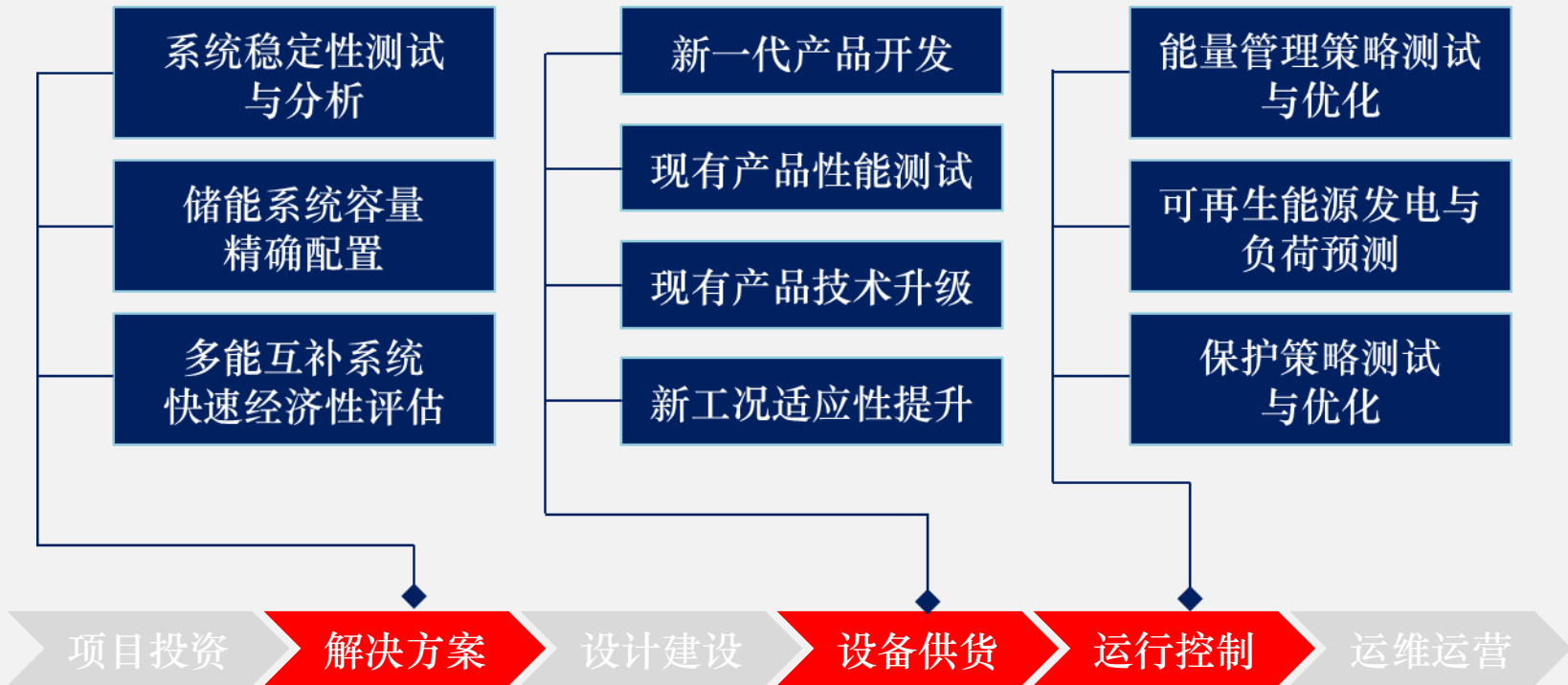
设计建设

设备供货

运行控制

运维运营





## 目 录

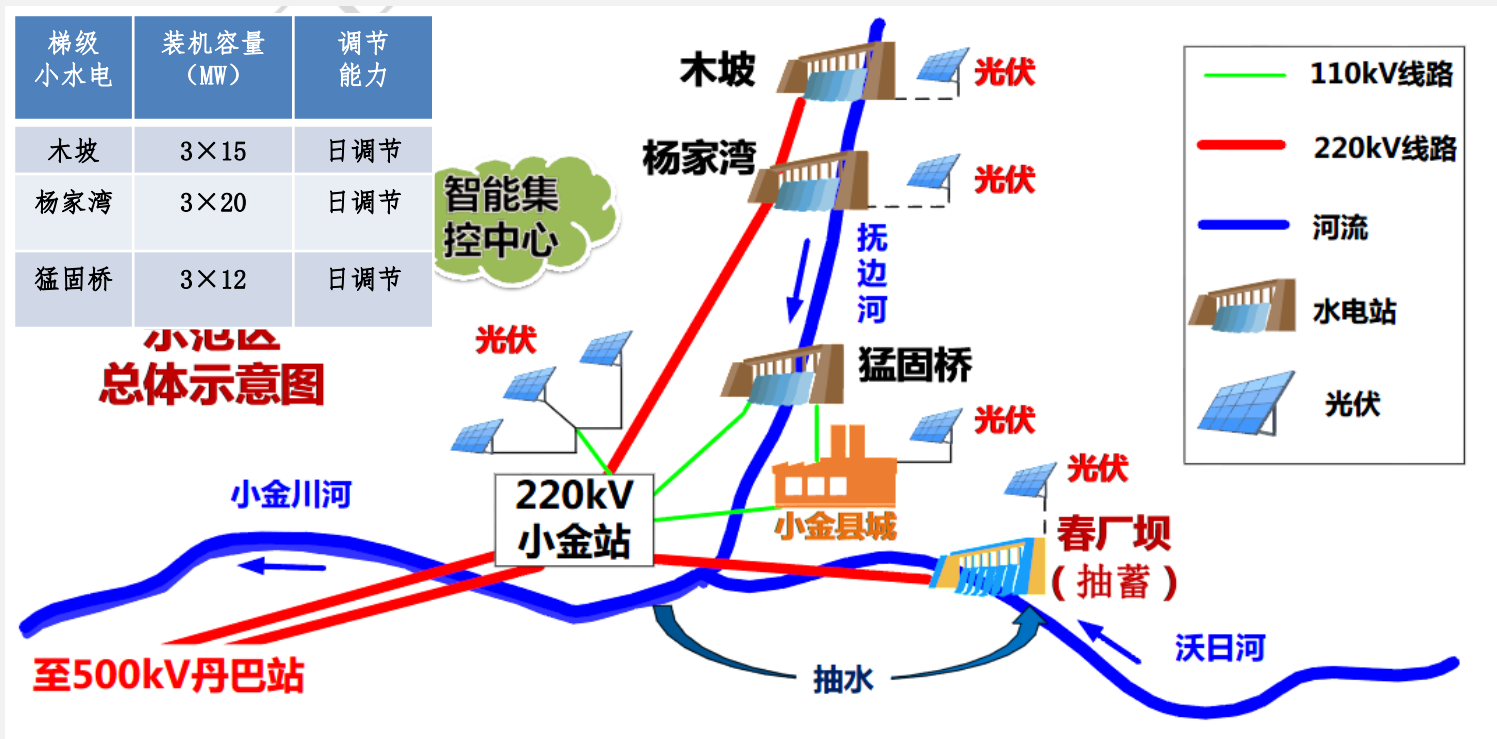
1 分布式能源

2 东方电气分布式能源解决方案

3 RTDS在分布式能源中的应用

### 3 应用案例

## (1) 变速抽蓄机组控制器测试验证平台

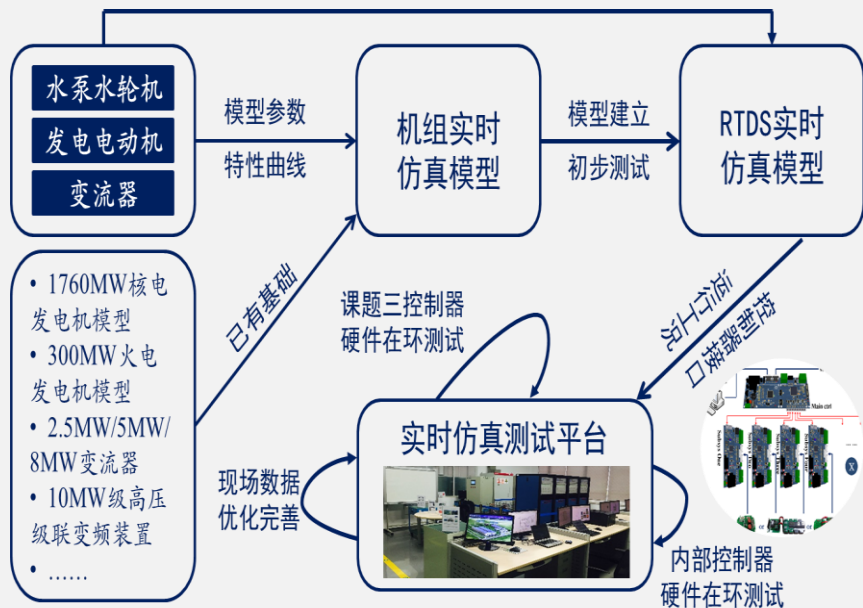


国家重点专项：分布式光伏与梯级小水电互补联合发电技术研究及应用示范



### 3 应用案例

## (1) 变速抽蓄机组控制器测试验证平台



- 机组内部控制复杂
  - 调速器
  - 励磁系统
  - 变流器机侧
  - 变流器网侧
- 机组控制目标多样
  - 快速电力电子装置与慢速机械旋转设备的协调控制
  - 多种运行工况的转换
  - .....
- 首次实现水泵水轮机、发电电动机、变流器、调速系统、励磁系统的实时仿真建模



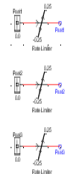
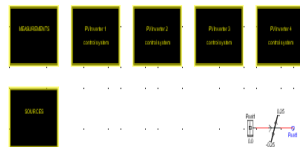
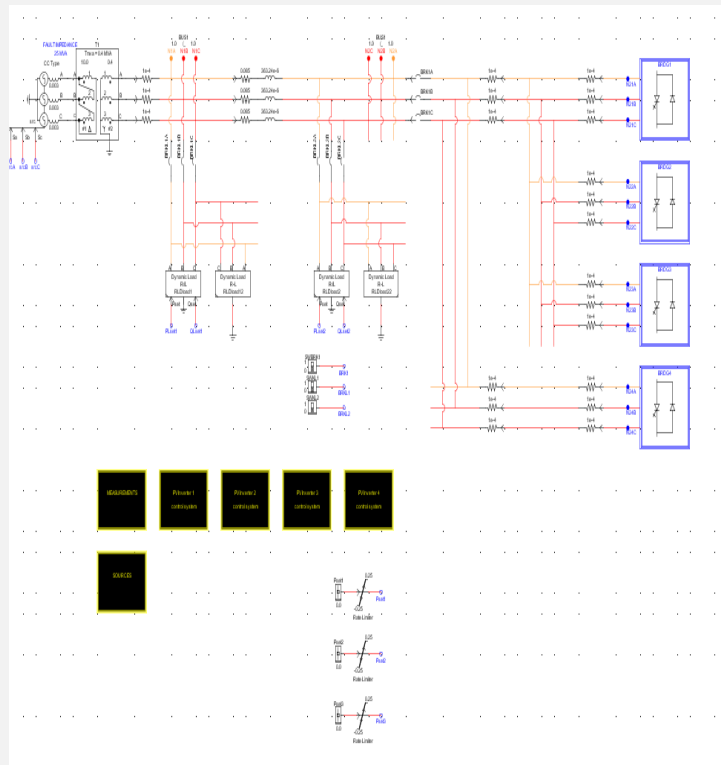
能量管理装置

### 管理场景

- 并网运行经济性管理
- 孤网运行稳定性与经济性管理
- 并网/孤网运行切换管理
- 微网黑启动管理

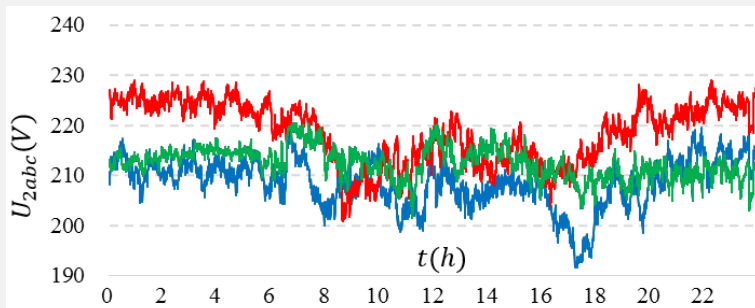
### 管理对象

- 可再生能源发电预测与发电管理
- 储能装置充放电管理
- 柴油机、小型燃机的调度管理
- 可调度负荷的投切管理

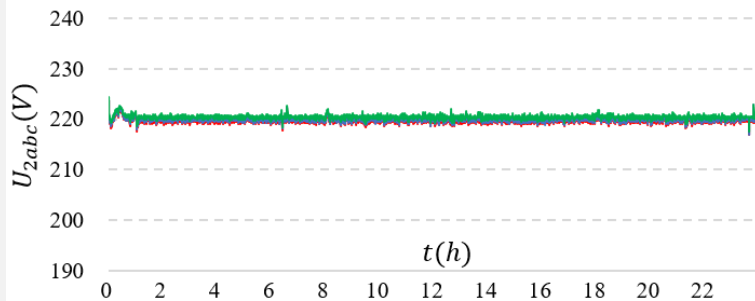




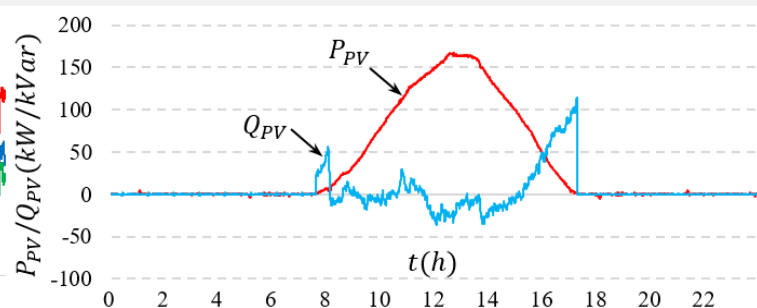
高速公路分布式光储电站



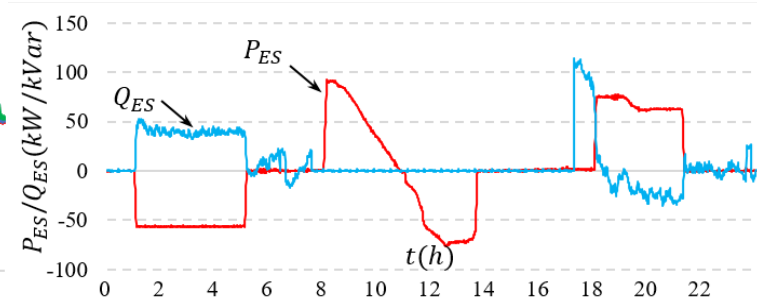
(a)



(b)



(c)

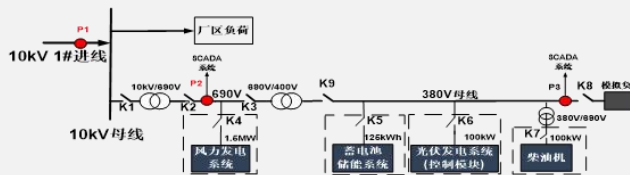


(d)

- 高渗透率可再生能源发电电压越限管理
- 用户端电压质量管理
- 储能装置经济效益最大化
- 可再生能源发电利用率优化

### 3 应用案例

## (2) 分布式发电/微电网能量管理



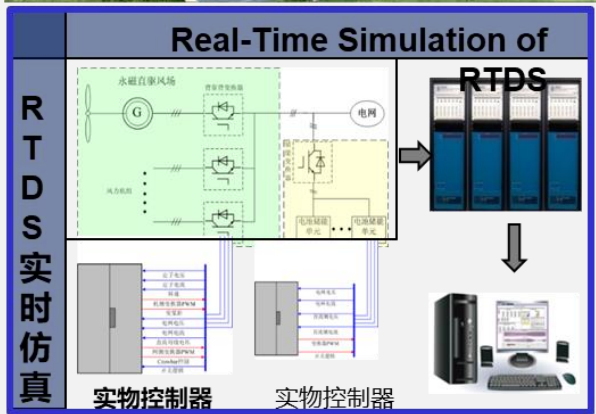
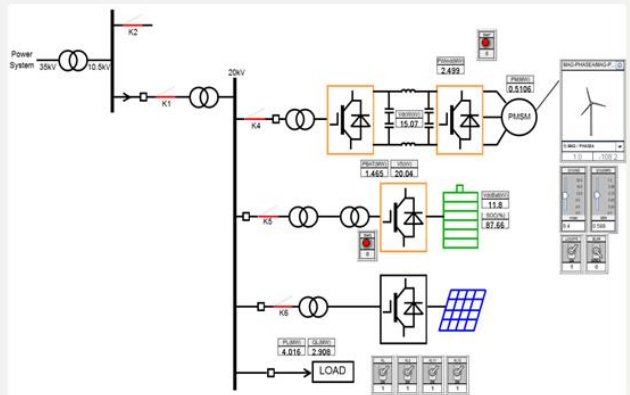
1.5MW 风电机组



100kW 光伏机组



125kWh 储能







- 融合厂区生产计划的可再生能源发电控制
- 储能装置经济效益最大化
- 关键设备端电压质量管理
- 可再生能源发电利用率优化

## 3 应用案例

## (3) 光伏逆变器技术升级

东方电气  
500kW光  
伏逆变器  
产品  
(DHSP3G  
C-500kW)



MPPT算法优化应用

并联谐振测试及抑制

低/零/高电压穿越算法优化

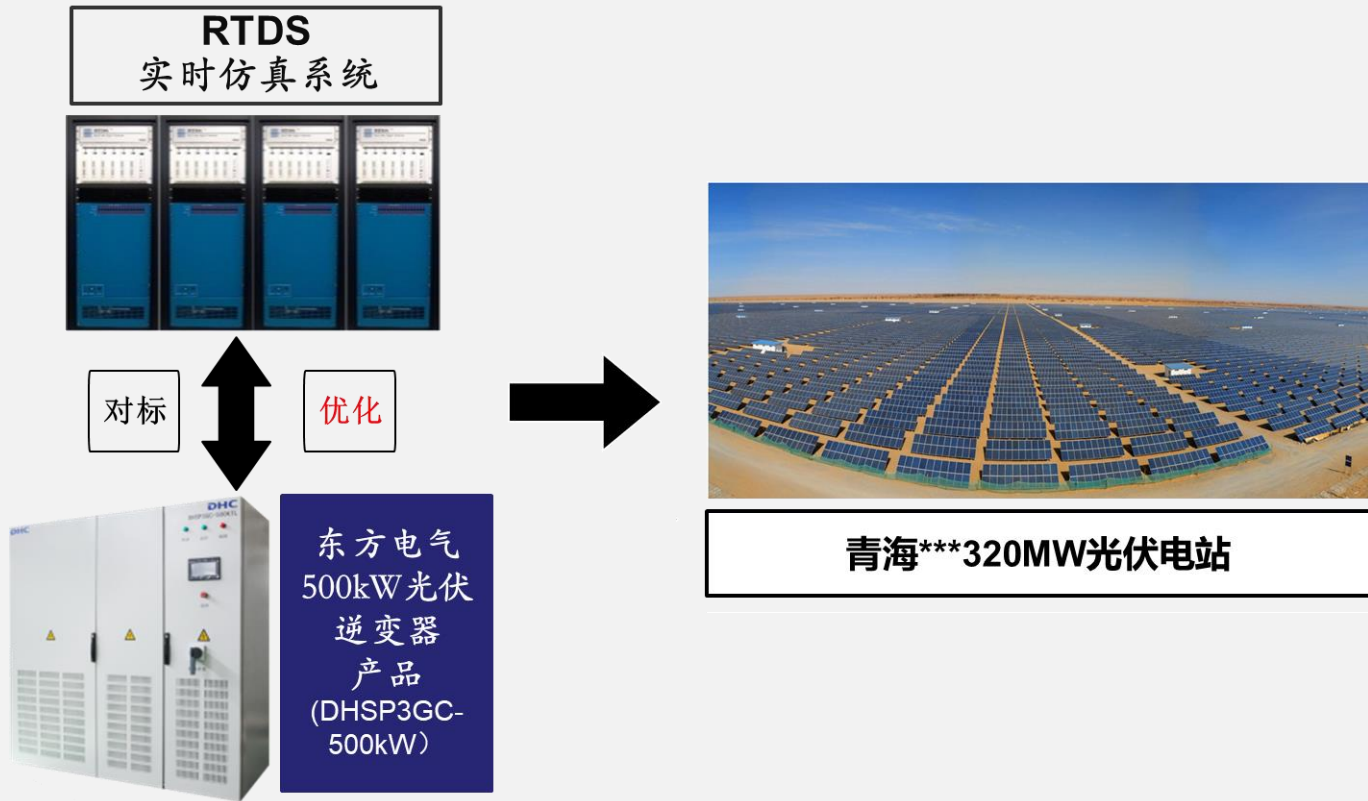
漏电流/环流分析抑制

多种控制算法功能对比



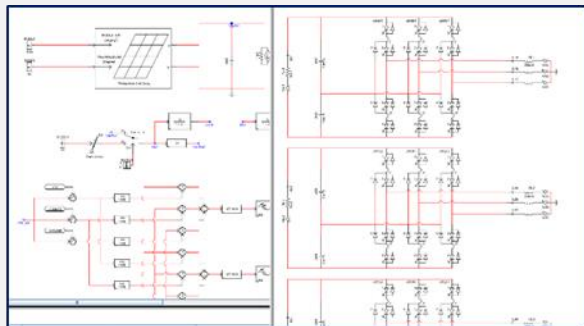
### 3 应用案例

### (3) 光伏逆变器技术升级

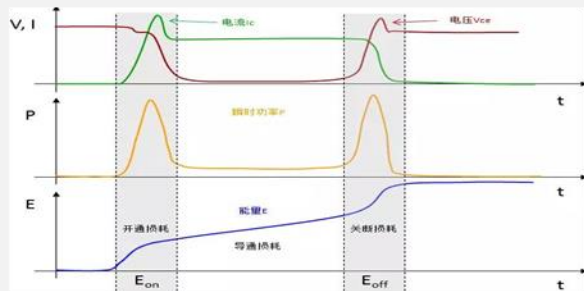




0.5MW~4MW  
通用高效率电能变换器

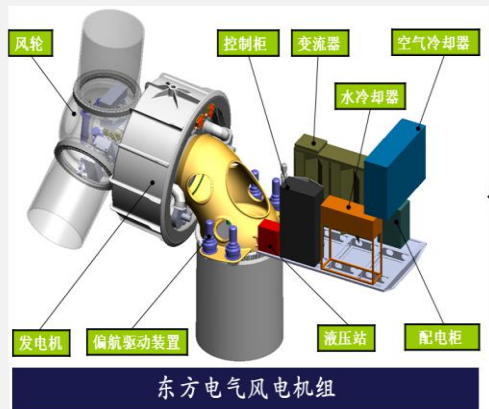


硬件在环实时仿真模型



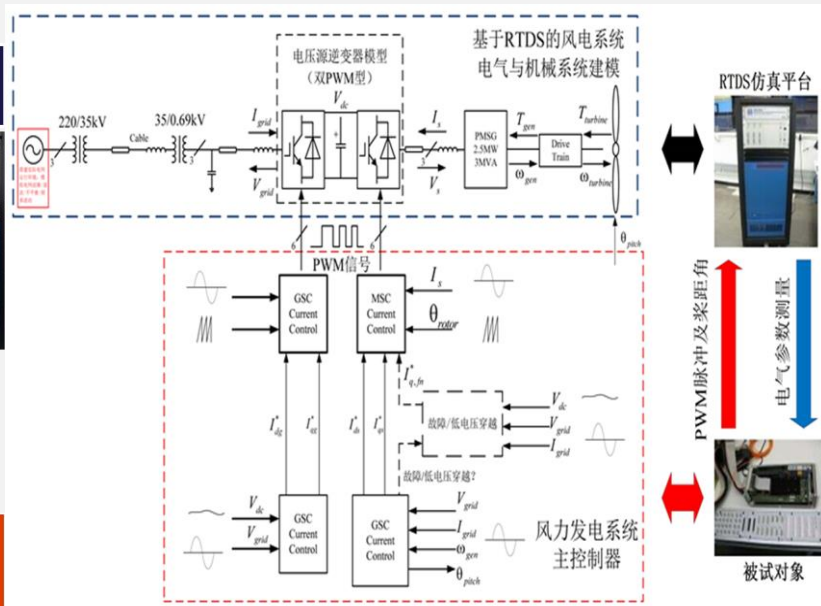
自定义功率器件损耗计算模块

实时评估不同控制算法下电力电子功率器件的开关损耗与导通损耗，为实现电能高效率变化奠定基础



东方电气风电机组

验证



具有工程精度风电机组装置级模型

### 3 应用案例

## (6) 储能PCS控制算法验证与仿真



50kwh 电池



100kW  
逆变器



主控制器RTDS  
硬件在环测试

完成主控制器调试

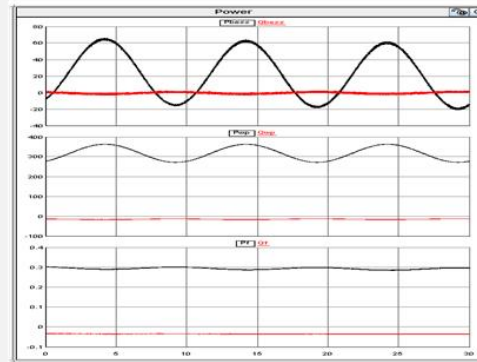
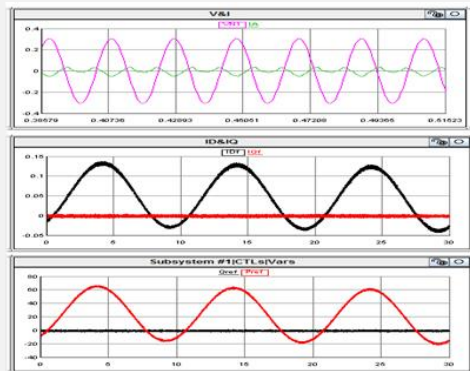
波动平抑

削峰填谷

低压穿越

独立电源

储能装置-RTDS仿真测试平台







**THANKS**