

新一代NovaCor在南方电网的部署 和工程应用

Deployment and Engineering Application of New Generation NovaCor in CSG

Qi Guo

CSG Electric Power Research Institute

Oct. 2019



- 1. NovaCor在南方电网的部署和应用**
Deployment and Application of NovaCor in CSG
- 2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验**
Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control
- 3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用**
Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System
- 4. CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组**
CIGRE Working Group B4.74
- 5. 实时仿真新技术工具的开发应用**
New Real Time Simulation Technology and Application

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- 2004年-2017年建立了南方交直流复杂大电网实时仿真系统

From 2004 to 2017, the real-time simulation system of the AC-DC complex large power grid was established in CSG.

- ◆ 37个Racks (PB5/GPC) , 77个PB5、129个GPC , 计算能力达5328个节点、2500支路、400台发电机、380变压器
- ◆ 南方电网五省区220kV及以上交直流网架 , 交流三相节点1350 , 线路2000 , 发电机250 , 500kV主变160台
- ◆ 西电东送 “八交十一直” 交直流电网仿真



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

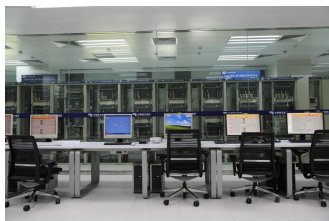
Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

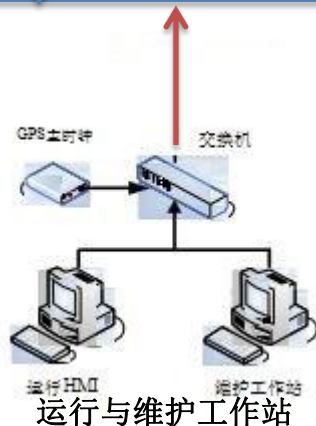
Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- (特) 高压直流控制保护实时仿真试验平台
(U)HVDC Control & Protection RTDS Platform

11套实际直流控制保系统



紧凑化直流控保装置CPros



RTDS仿真系统

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- **电网安全稳定控制实时仿真试验平台**
Power System Security and Stability Control RTDS Platform

安全稳定控制平台

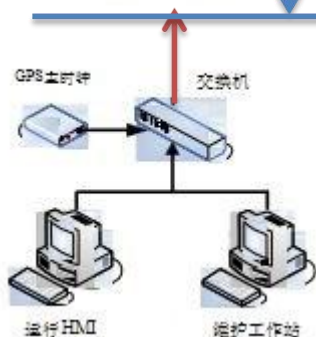


广域协调控制平台



- **FACTS电力电子实时仿真试验平台**
Power Electronics Integrated Technology RTDS Platform

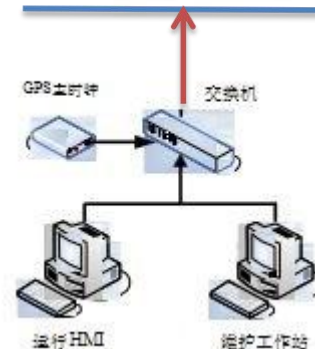
STATCOM、SVC、储能平台



运行与维护工作站



RTDS仿真系统



运行与维护工作站



RTDS仿真系统

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- **机网协调控制实时仿真试验平台**
Generator-Grid Coordinated Control
RTDS Platform

调速、励磁和监控

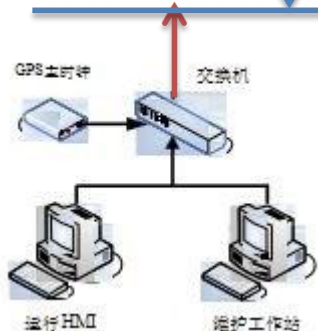
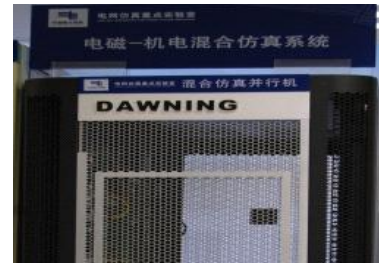


水轮机实时仿真
装置HYRTS



- **电磁机电暂态混合实时仿真研发平台**
Real-time Hybrid Simulation Platform

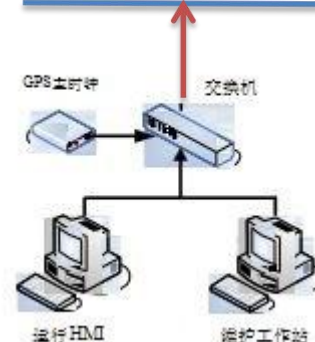
电磁机电混合仿真



运行与维护工作站



RTDS仿真系统



运行与维护工作站



RTDS仿真系统

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- 南方交直流复杂大电网运行控制实时仿真系统

Real-time simulation system for complex AC/DC power grid in CSG

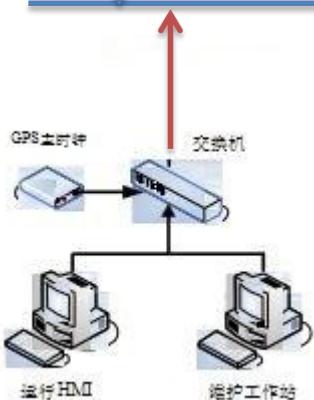
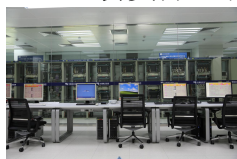
(特) 高压直流控制保护平台

电网安稳控制平台

电力电子集成装置

11套实际直流控制保系统

紧凑化直流控保装置CPros



运行与维护工作站

37个PB5/GPC Rack组成的RTDS仿真系统

机网协调控制平台

水轮机实时仿真装置HYRTS

电磁机电混合仿真

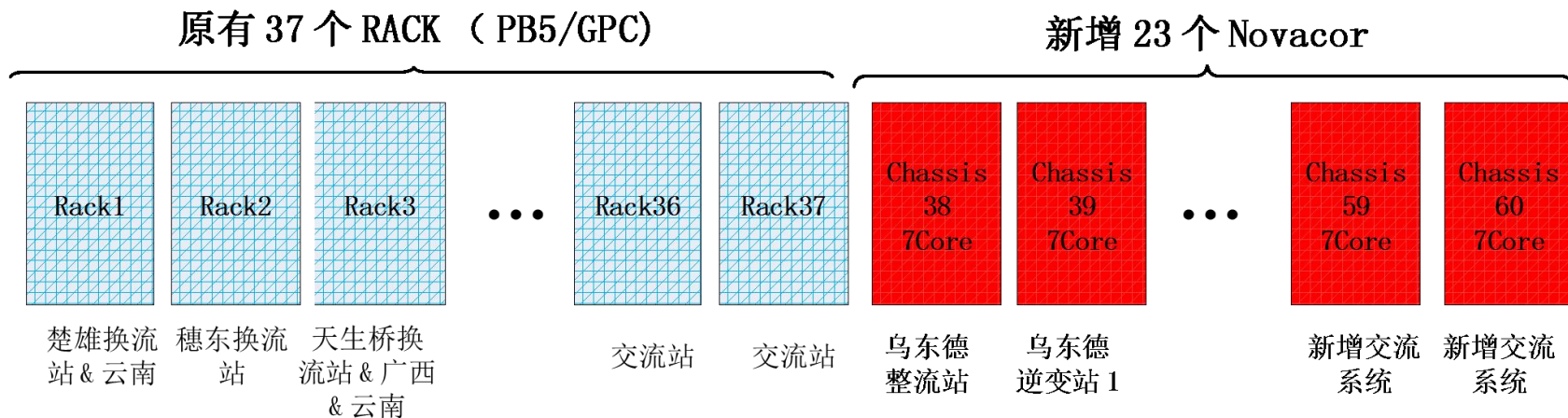
1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.1 南方电网RTDS实时仿真情况

Situation of RTDS Real-time Simulation in CSG

- 南方电网RTDS仿真需求
RTDS Simulation Requirements in CSG
- ◆ 随着南方电网的发展，现有RTDS资源不能满足运行需要
- ◆ 南方电网于2016年开始策划RTDS升级扩建，在原有Rack上升级扩建23个最新一代NovaCor（下图红色部分）



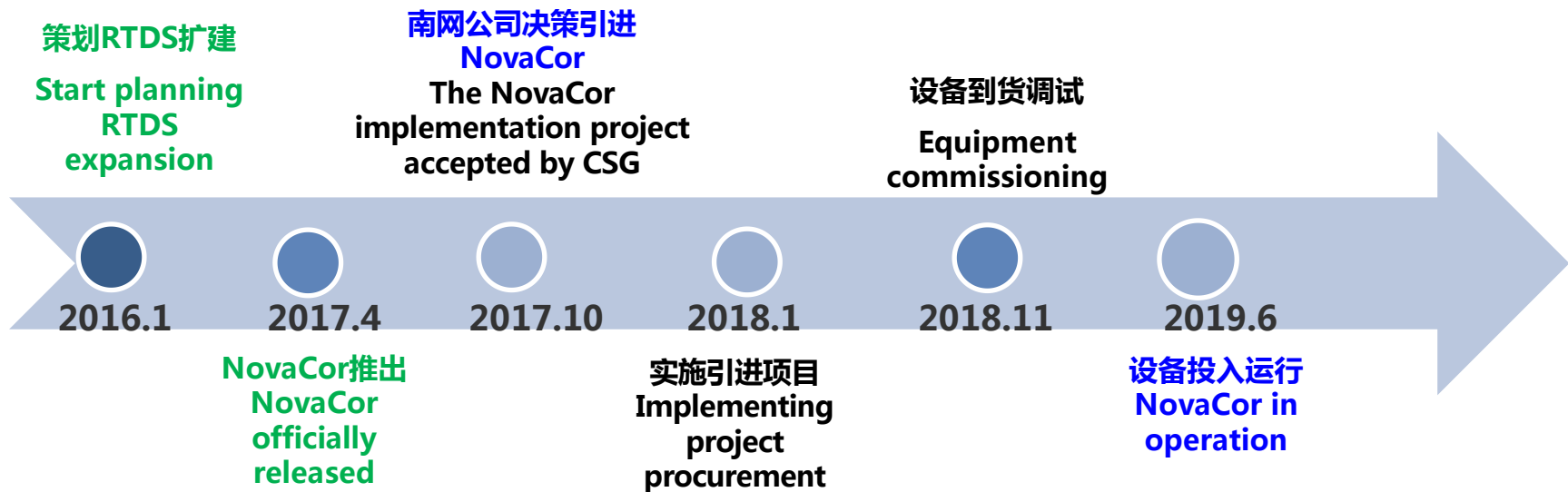
1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.2 新一代NovaCor在南方电网的部署

Deployment of New Generation NovaCor in CSG

- NovaCor引进历程
NovaCor Introduction of CSG



- ◆ 南方电网还迅速跟进GTNET、GTFPGA、MMC技术，通过应用促进RTDS技术发展
In addition, CSG also rapidly followed up the GTNET, GTFPGA and MMC simulation, applications to effectively promote the development of RTDS technology

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.2 新一代NovaCor在南方电网的部署

Deployment of New Generation NovaCor in CSG

- NovaCor计算能力
NovaCor Capability
 - ◆ **23**NovaCor+**37** Racks(PB5/GPC)计算能力可达**19,000**节点、5,500支路、800台发电机、860台变压器
Over 19,000 nodes / 5,500 lines,
800 generators / 860 transformers
 - ◆ 西电东送8交13直全电磁暂态仿真
All-electromagnetic transient simulation of "**eight AC and eleven HVDC**" from west to east



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.2 新一代NovaCor在南方电网的部署

Deployment of New Generation NovaCor in CSG

● NovaCor扩建成效测试 Extension Effectiveness Testing of NovaCor

从多个维度来验证NovaCor的扩建成效

- ◆ **功能测试 (Functional Tests)** : NovaCor硬件及功能测试, 包括点对点仿真测试、IRC-Switch及GBH仿真模式测试、GT系列卡闭环测试
- ◆ **性能测试 (Performance Tests)** : 测试NovaCor的仿真能力、准确性和稳定性等, 包括控制保护平台闭环测试、大系统测试、比对测试、长时间拷机测试、极限测试

测试结果表明 :

Novacor与PB5/GPC兼容运行, NovaCor仿真能力更强、步长更短, 仿真结果与PB5/GPC平台一致



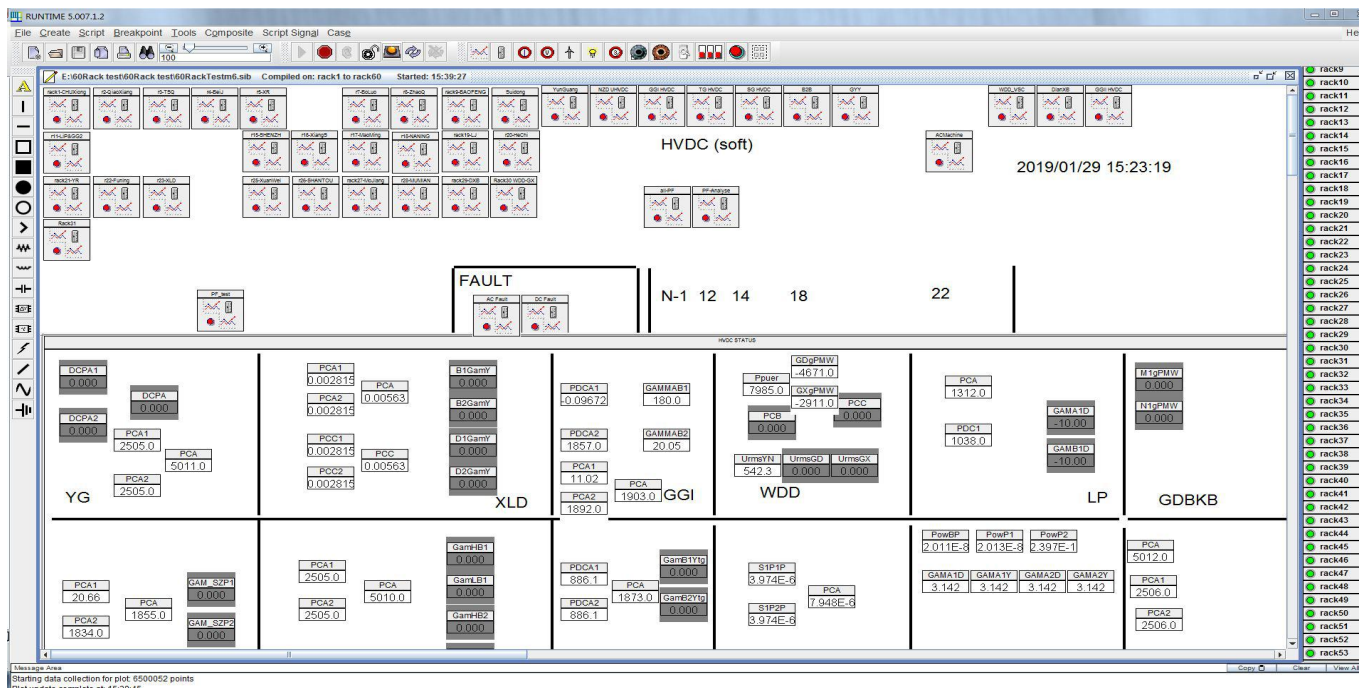
1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.2 新一代NovaCor在南方电网的部署

Deployment of New Generation NovaCor in CSG

- 23个Novacor和37个PB5/GPC Rack混合运行测试
 - ◆ 23 NovaCor昆柳龙工程试验模型+37Rack (PB5/GPC) 昆柳龙工程前期研究模型
 - ◆ Rack间、Novacor间、Rack与Novacor间均有数据交互
 - ◆ > 12小时连续稳定运行



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.2 新一代NovaCor在南方电网的部署

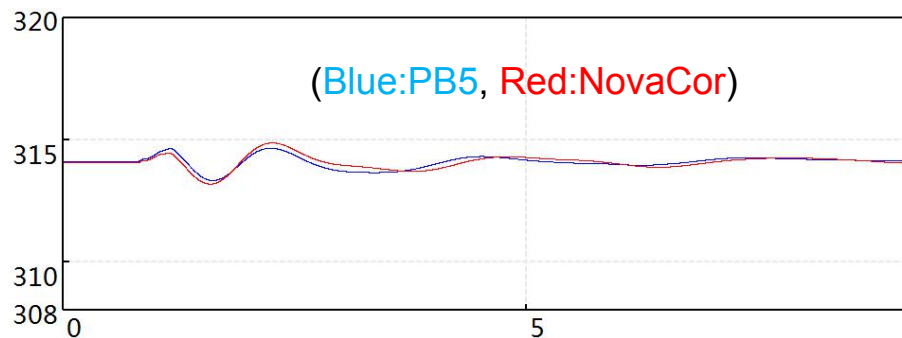
Deployment of New Generation NovaCor in CSG

- NovaCor与PB5/GPC大系统比对测试
Comparison Test of NovaCor and PB5/GPC Large System

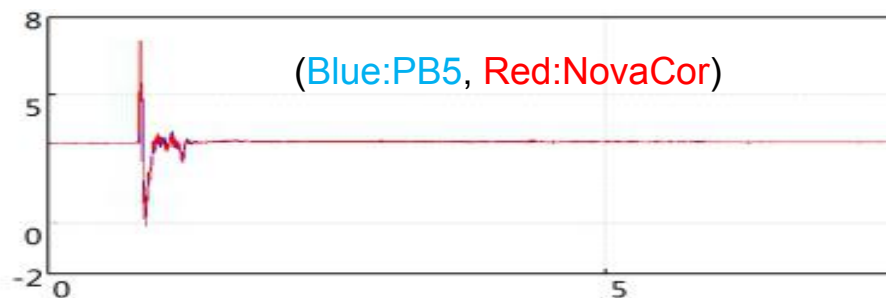
大系统使用资源和步长对比

No.	Category	Core/card No.	Time Step(μ s)
1	NovaCor	154	55
2	PB5/GPC	184	92

NovaCor 仿真能力提升17%以上，仿真步长缩短40%以上。



Frequency contrast chart in AC Fault and Switch Rejection



HVDC Line Current Contrast Diagram

1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.3 Novacor在南方电网的应用情况 Application of NovaCor in CSG

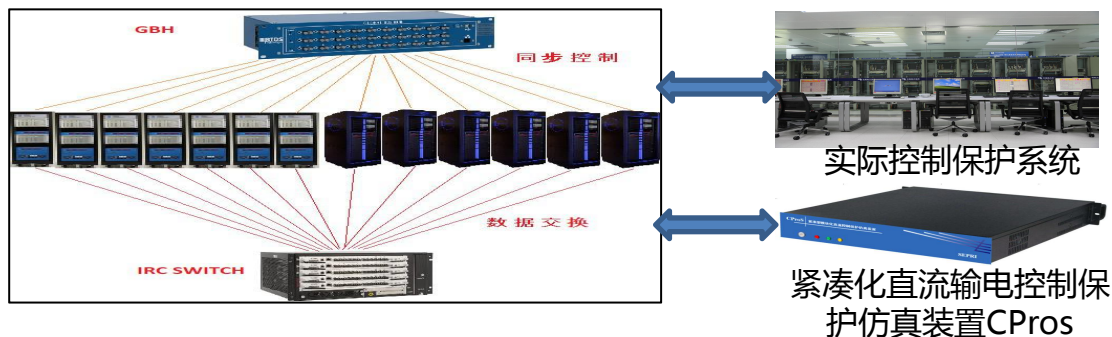
● RTDS应用模式

RTDS Application Mode

◆ 实现多套大系统并行运行、应用方式较为灵活

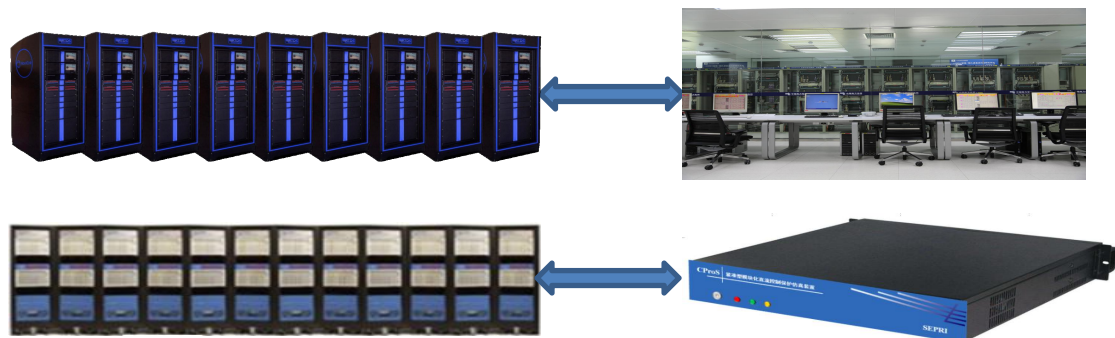
模式1:

NovaCor+PB5/GPC
混联运行



模式2:

NovaCor与PB5/GPC
并行独立运行



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.3 NovaCor在南方电网的应用情况 Application of NovaCor in CSG

● 案例一：南方电网年度运行方式的计算

Case1: Annual critical risk analysis in CSG with Novacor

◆ 单个子系统内元件数量显著提升

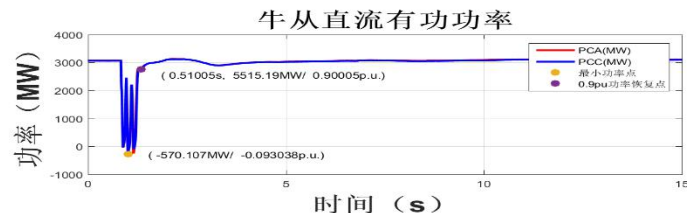
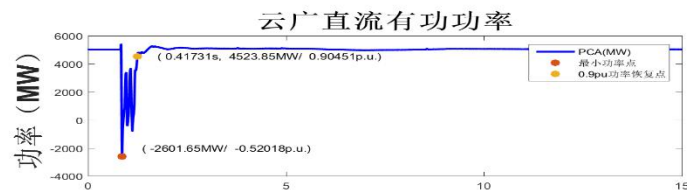
核间通信、主频提高等因素，使南网大系统仿真模型仅采用了23个子系统，比PB5/GPC建模少用10个子系统

◆ 仿真计算能力提升

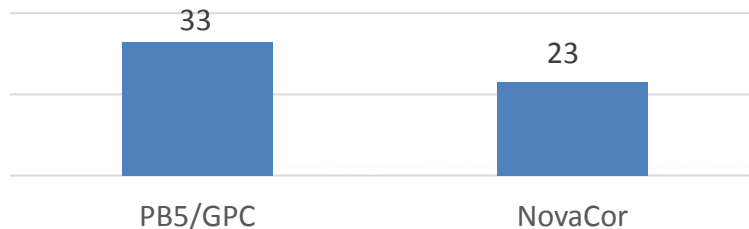
研究受端电网运行特性时负荷模型由ZIP优化为“50%感应电动机+50%恒阻抗”模型

◆ 更大规模外设接入

具备研究考虑网省两级超大规模复杂稳控系统和更大规模直流接入大系统仿真分析能力



HVDC commutation failure due to AC fault



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.3 NovaCor在南方电网的应用情况 Application of NovaCor in CSG

● 案例二：特高压多端混合直流控制保护试验(MMC)

Case 2: Hybrid MMC based Multi-terminal UHVDC simulation

◆ 计算能力更强和步长更小

NovaCor仿真步长缩短24% (88us->67us)

◆ 小步长仿真能力更强规模更大

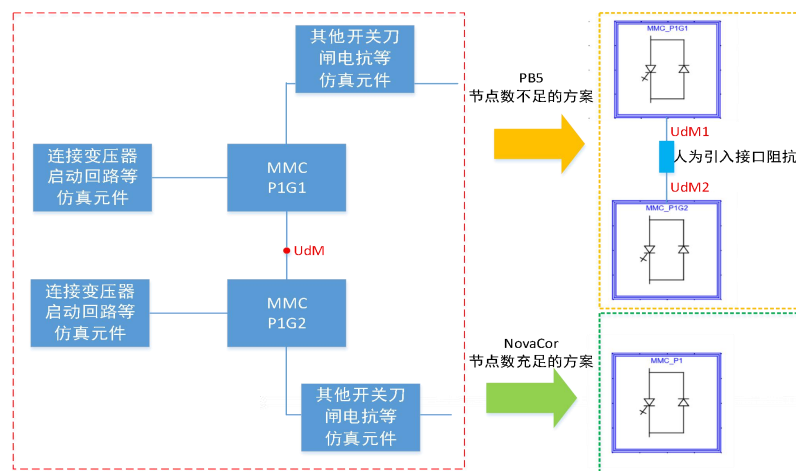
NovaCor处理器的小步长仿真节点数从**30**提升到**45**个，一个Core即能模拟特高压柔性直流双阀组MMC，降低两个阀组经大小步长接口互联导致的仿真误差

◆ 实现高速采样数据传输

NovaCor平台GTFPGA HDCL卡实现**高速传输**，可用于工程中模拟桥臂电流光CT高速测量和采样 (100kHz)

小步长仿真能力对比

序号	对比内容	NovaCor	PB5/GPC
1	仿真节点	45/处理器	30/处理器
2	观测量	96/处理器	24/处理器
3	开关器件数量	10/处理器	7/处理器
4	大步长输入信号	47/处理器	16/处理器



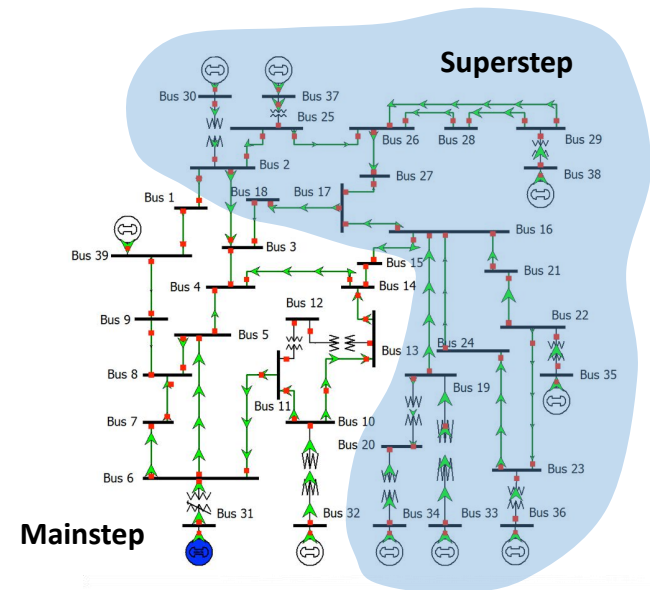
1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

1.4 NovaCor的下一步应用计划

Next Application Plan of NovaCor

- RTDS公司Superstep新技术
Introduction of Superstep New Technology
- **Superstep** is an alternative approach for system equivalence to model a large remote network. Traditionally an ideal source with an impedance has been used to model such equivalents.
- **Advantages for User:**
 - 1) The detail of EMT simulation is retained for the equivalent.
 - 2) A remote network's control elements can be modeled.
 - 3) Generator dynamics can be modeled so frequency deviations due to the load/generation imbalance can be observed.



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

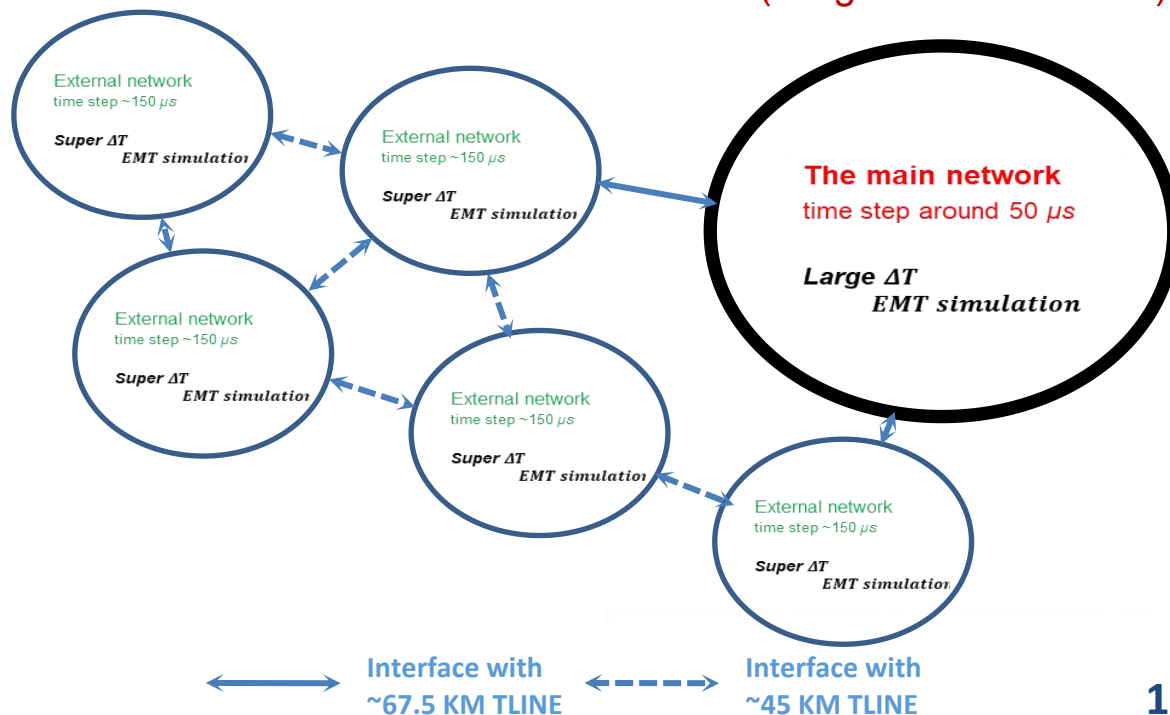
1.4 NovaCor的下一步应用计划

Next Application Plan of NovaCor

- 南方电网使用RTDS新技术提升仿真能力的下一步计划
The Next Plan of Improving Simulation Capability by Using RTDS Technology in CSG

采用RTDS新的
Superstep技术，逐步
替代FDNE，提升模型
仿真精度和仿真能力

Multi-rate Boxes Connected with TLINES (Bergeron or FD Lines)



1. NovaCor在南方电网的部署和应用

Deployment and Application of NovaCor in CSG

2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

4. CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组

CIGRE Working Group B4.74

5. 实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.1 交直流电网运行分析与决策支持

Operation Analysis and Verification of AC/DC Power System



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

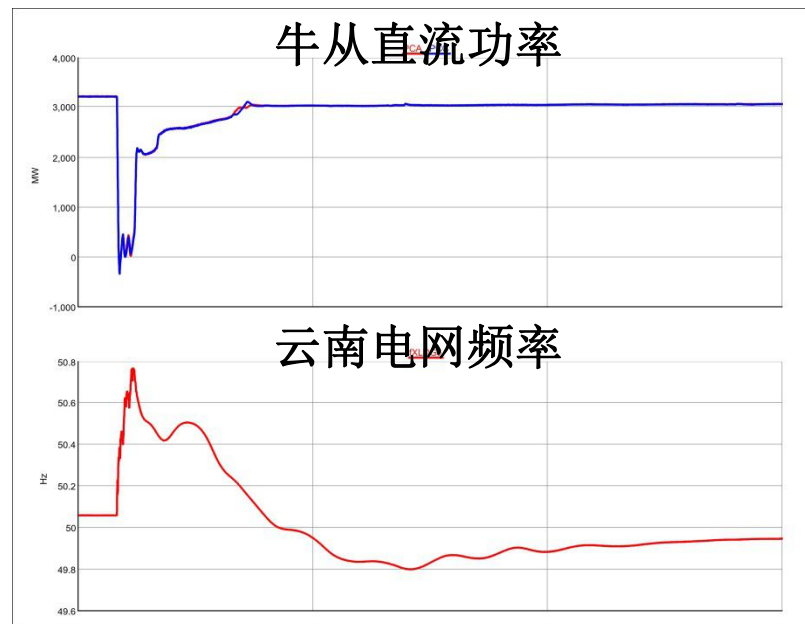
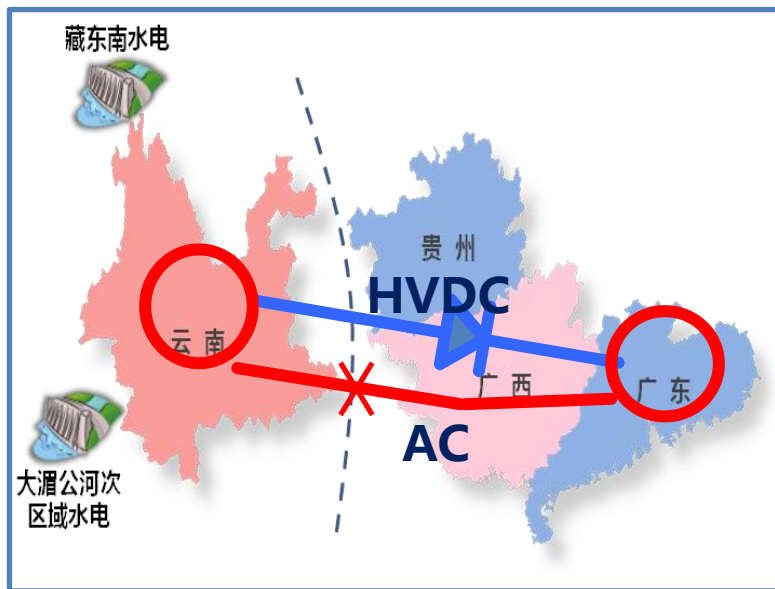
2.1 交直流电网运行分析与决策支持

Operation Analysis and Verification of AC/DC Power System

(1) 年度典型方式风险校核

Verification of Power System Major Security for Annual Traditional Operation

2016年云南电网与南方主网异步运行后，广东电网重要厂站发生单相短路中开关拒动等严重故障造成多回直流换相失败，导致云南电网频率升高，存在高周切机动作风险。



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.1 交直流电网运行分析与决策支持

Operation Analysis and Verification of AC/DC Power System

(2) 检修等特殊运行方式风险评估与控制措施

Risk Assessment and Solution for Power System Maintenance Operation

- **网架薄弱**

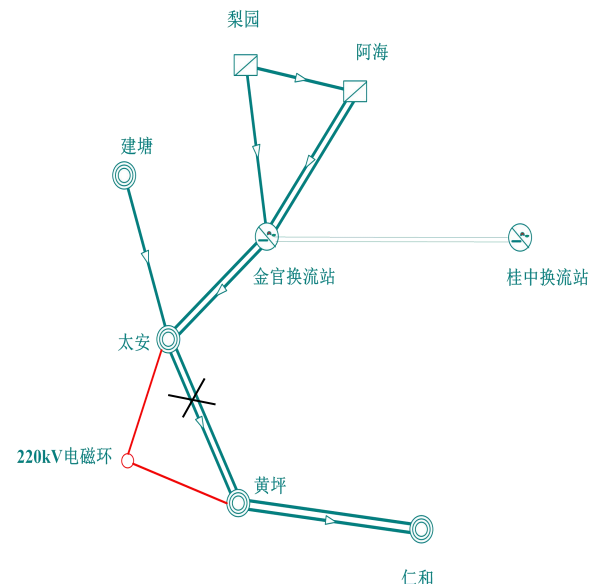
金中直流送端太安站与黄坪站仅通过两回220kV线路相连

- **“卡脖子”问题**

云南电网频率、黄坪主变过载、220KV交流通道过载、滇西北地区电网阻尼特性

- **交直流紧密耦合**

滇西北地区电网运行特性与金中直流控制特性、金中直流闭锁潮流转移特性（有/无稳控措施）、滇西北地区小水电消纳情况等密切关联



2017年云南500kV黄太双线安
排停电检修

2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

■ 安稳技术的**研究**

□ 原理研究

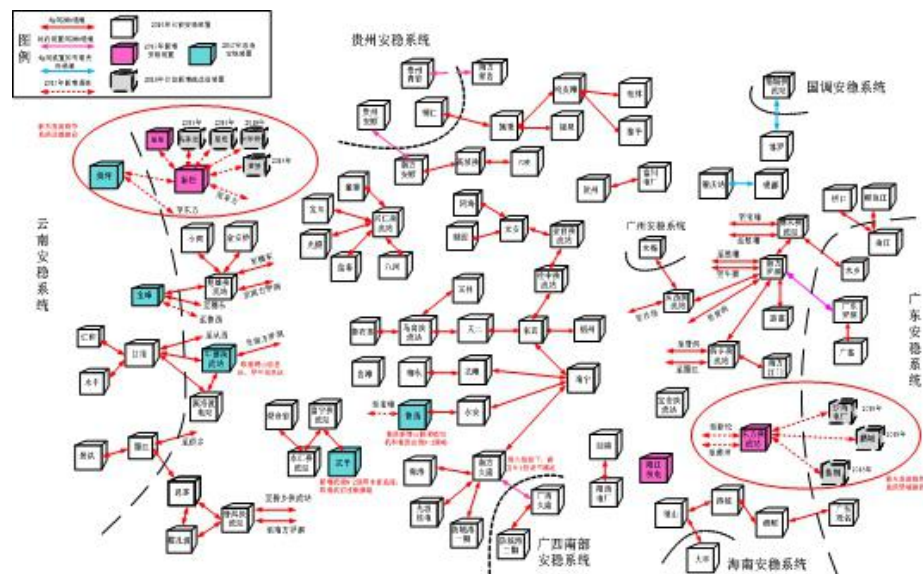
□ 方案研究

■ 安稳系统的**设计**

■ 安稳系统的**生产**和调试

■ 安稳系统的**可靠性**综合**试验**

■ 安稳系统的**运行**分析



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

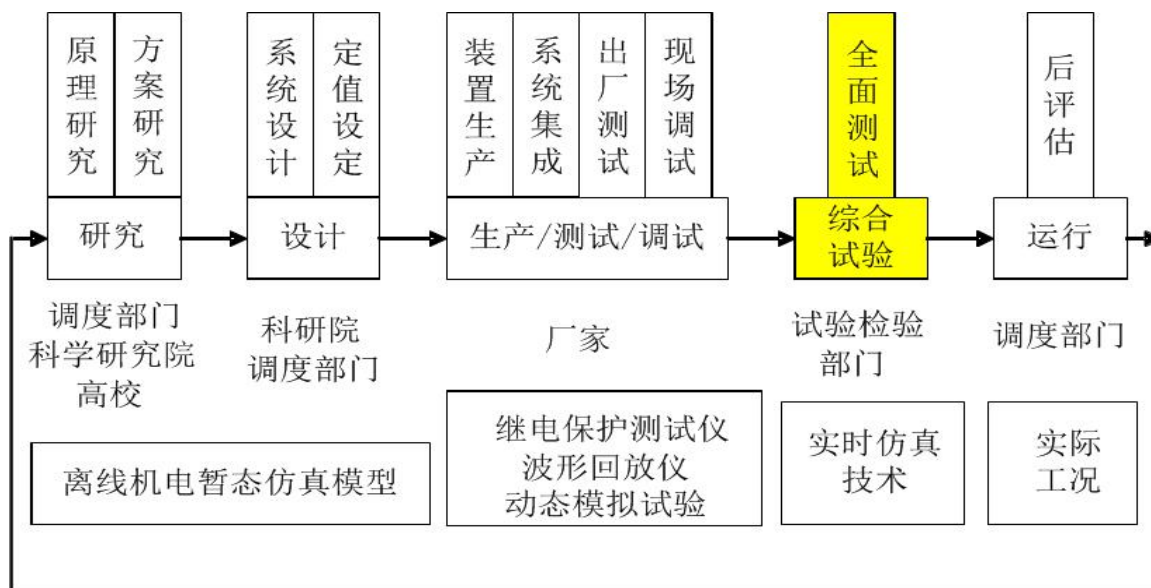
2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

实时仿真技术在安稳控制系统体系中的应用拓展

- 安稳技术原理**正确性**检验
- 安稳系统结构设计**合理性**检验

- 控制策略**适应性**检验
- 安稳装置软硬件**可靠性**检验



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

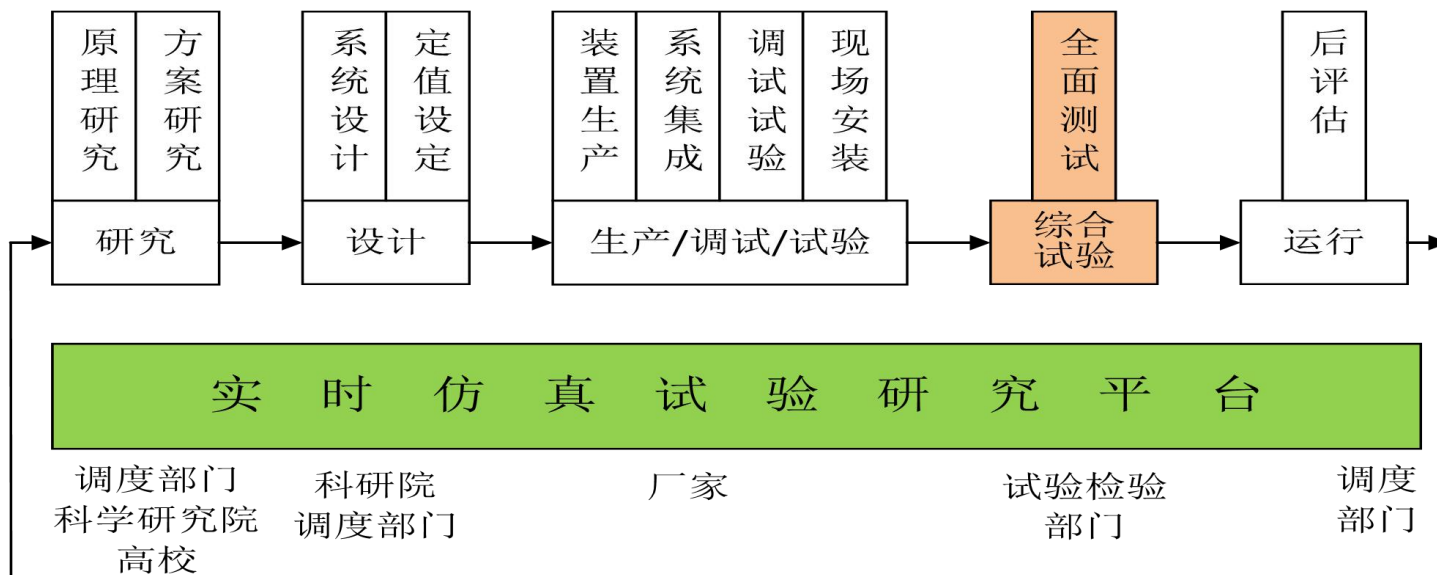
Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

实时仿真技术在安稳控制系统体系中的应用拓展

- 安稳技术新原理研发
- 控制策略计算和适应性检验
- 安稳系统设计 and 出厂检验
- 安稳系统综合检验及运行支持



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

已建成南方电网直调全部稳控系统和部分省级电网稳控系统

- ✓ 十回直流配套稳控系统
- ✓ 贵州交流北通道送出稳控系统
- ✓ 广西钦防地区稳控系统
- ✓ 云南多直流协调稳控系统
- ✓ 云南黄坪区域稳控系统
- ✓ 海南电网丘海区域稳控系统

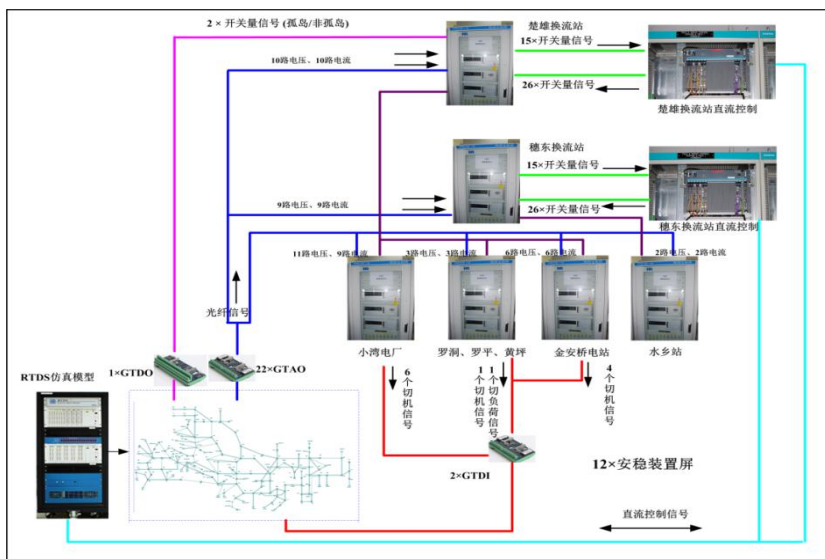
平台规模

第二道防线:

- ✓ PCS-990
- ✓ RCS-992
- ✓ SCS-500E
- ✓ CSS-100BE

第三道防线:

- ✓ RCS-993
- ✓ PCS-993



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

应用拓展

——从只面向南网主网稳控系统的技术支撑发展到全面对省级电网、涉网发电集团、稳控生产厂家等的技术支撑

A

技术层面

- ❖ 研发了可满足三道防线各种稳定控制技术试验要求的实时仿真平台
- ❖ 提出了完善的稳控仿真试验标准化设计方案，确保试验质量
- ❖ 稳控仿真装置类型完备、规模庞大，实现了安稳系统试验平台的快速灵活切换
- ❖ 研发南方电网第二三道防线实时仿真模型，实现大规模执行站的精确模拟

B

应用模式

- ❖ 直调稳控试验发现并解决了大量的缺陷，进一步拓展至省级和地区电网，将RTDS试验纳入稳控体系
- ❖ RTDS仿真平台的不断扩充完善实现了灵活的并行工作，支撑多项工作同步开展；
- ❖ 制定了企标《电力系统安全稳定控制系统实时仿真试验技术规范》，推动安稳仿真试验推广应用
- ❖ 专业支撑团队由3人发展至13人

2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

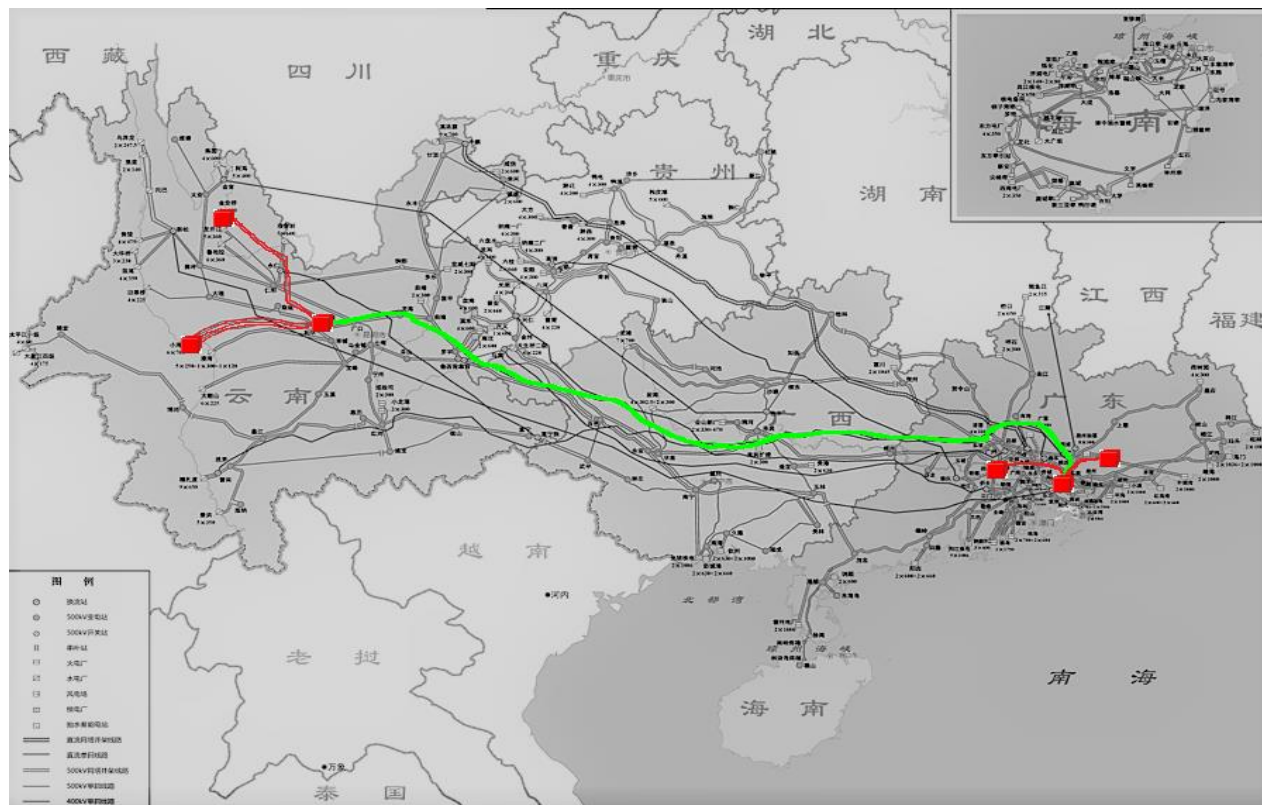
Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

安稳控制系统实时仿真试验 在电网应用范围的延伸

2009年

——单一直流工程配套稳控系统的仿真试验

云广特高压直流稳控系统：
楚雄、穗东、
小湾、金安桥、罗洞、惠蓄



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

安稳控制系统实时仿真试验 在电网应用范围的延伸

2014年

——主网直调交/直流 稳控系统仿真试验

楚穗直流稳控系统:

楚雄、穗东、
小湾、金安桥、罗洞、惠蓄

普侨直流稳控系统:

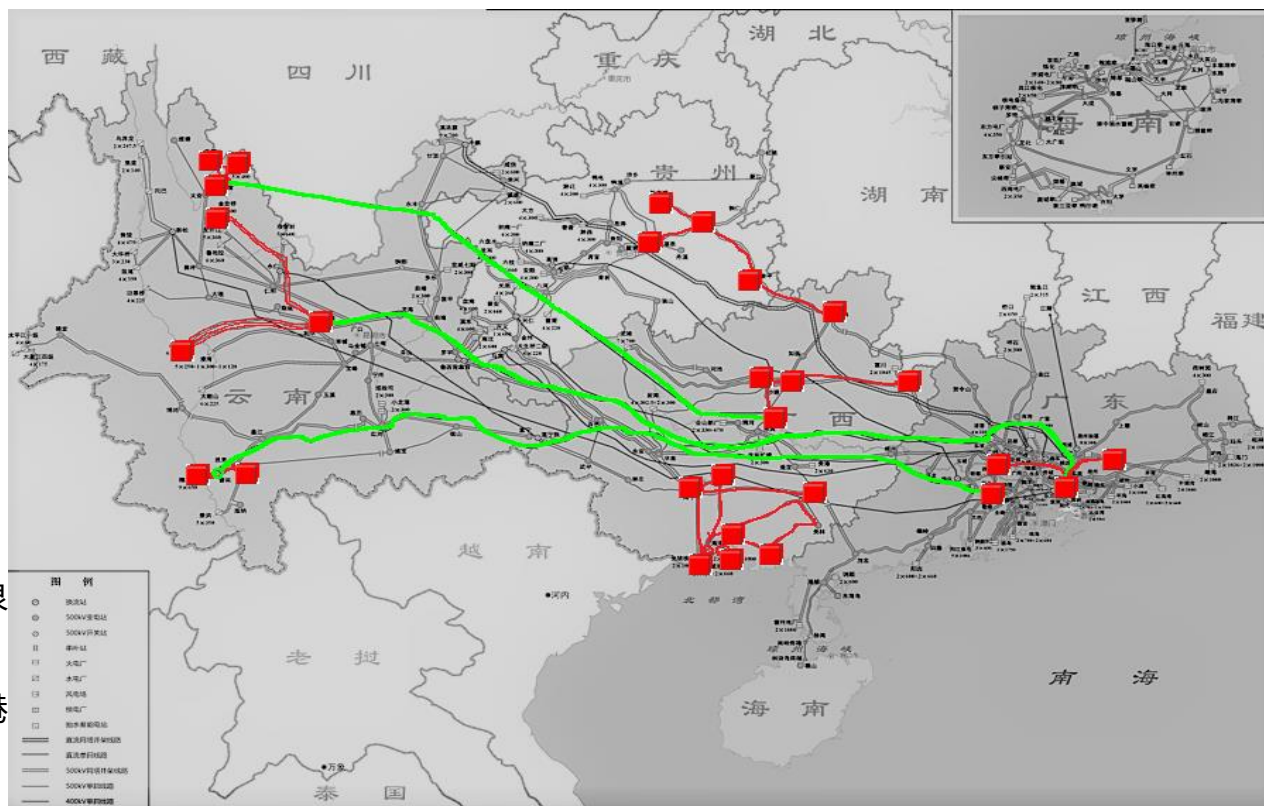
普洱、侨乡、
糯扎渡、思茅、罗洞、惠蓄

交流北通道稳控系统:

构皮滩、黎平、桂林、施秉、福泉

钦防稳控系统:

南宁、久隆、光坡、海港、防城港



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

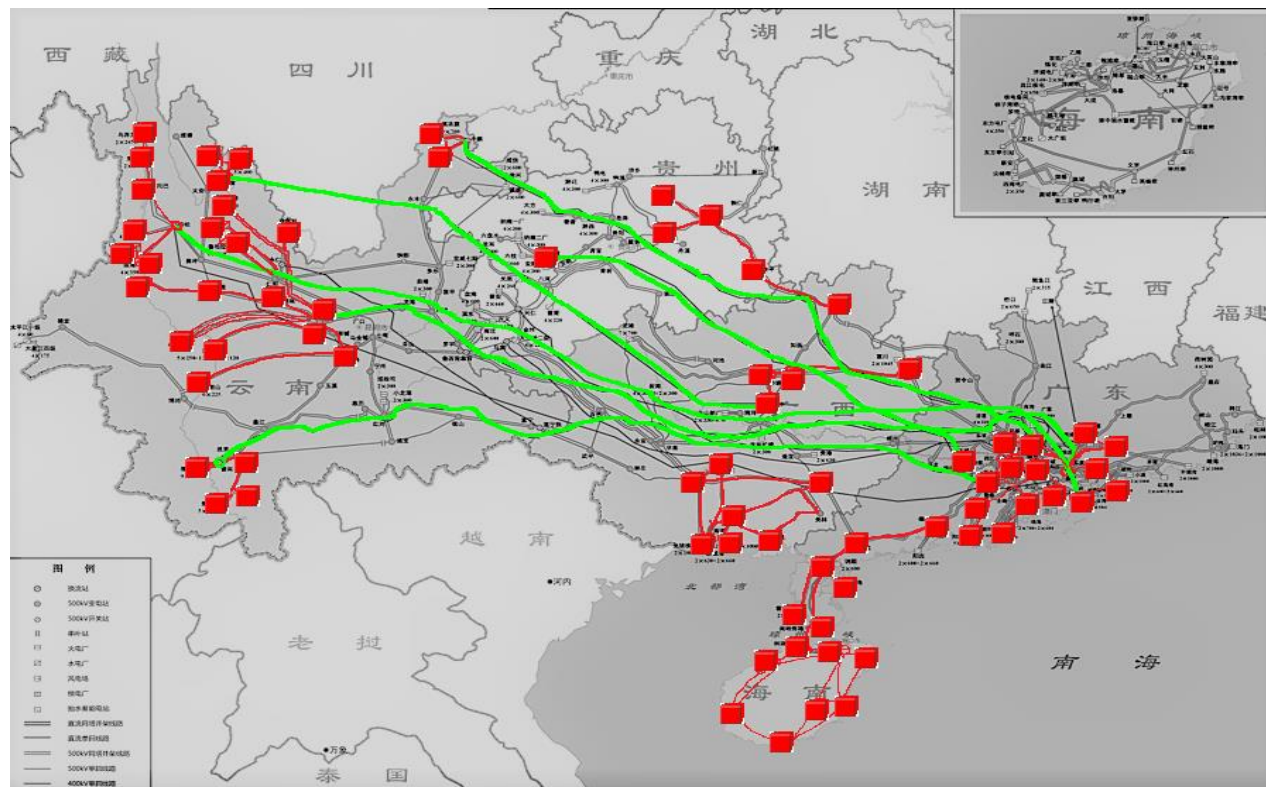
Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

安稳控制系统实时仿真试验 在电网应用范围的延伸

2019年

- 送端多直流协调稳控系统仿真试验
- 云南电网稳控系统仿真试验
- 海南电网稳控系统仿真试验

云南多直流协调稳控系统：
2个主站，6大直流，17个电厂
(包含在建厂站)



2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验

Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control

2.2 交直流电网稳定控制与试验技术

Stability Control and Test Technology of AC/DC Power System

南方电网安稳系统的实时仿真试验

被试对象	测试工程	
交直流电网安稳系统	楚穗直流安稳系统（2011、2012、2014、2016） 普侨直流安稳系统（2013、2014、2016） 牛从直流安稳系统（2013、2014、2017） 兴安直流安稳系统（2015） 天广直流安稳系统（2015） 贵州交流北通道安稳系统（2015） 永富直流安稳系统（2016、2017）	金中直流安稳系统（2016、2017） 鲁西直流安稳系统（2016、2017） 高肇直流安稳系统（2016） 广西钦防区域安稳系统（2016） 深圳电网安稳系统（2013、2014） 阳江核电安稳系统（2017） 新东直流安稳系统（2016、2017）
南方电网失步解列控制系统	贵州送出、云南送出和两广断面等失步解列控制系统（2013-2019）	
直流孤岛机网协调控制系统	楚穗直流、普侨直流、牛从直流、金中直流、永富直流等孤岛安稳系统	
基于新型安全稳定控制技术的三道防线控制系统	南方电网基于广域信息的多直流协调控制系统（2007、2011） 云南小水电群广域振荡解列系统（2010） 交直流互联电网的广域协调阻尼控制（2014） 基于广域信息的多回直流紧急功率控制系统（2014） 基于广域信息的大电网自适应失步解列与控制系统（2015、2019） 基于广域信息的在线稳定预判及紧急控制系统（2015） 南方电网云南多直流协调稳控系统（2019）	

1. NovaCor在南方电网的部署和应用
Deployment and Application of NovaCor in CSG
2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验
Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control
- 3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用**
Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System
4. CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组
CIGRE Working Group B4.74
5. 实时仿真新技术工具的开发应用
New Real Time Simulation Technology and Application

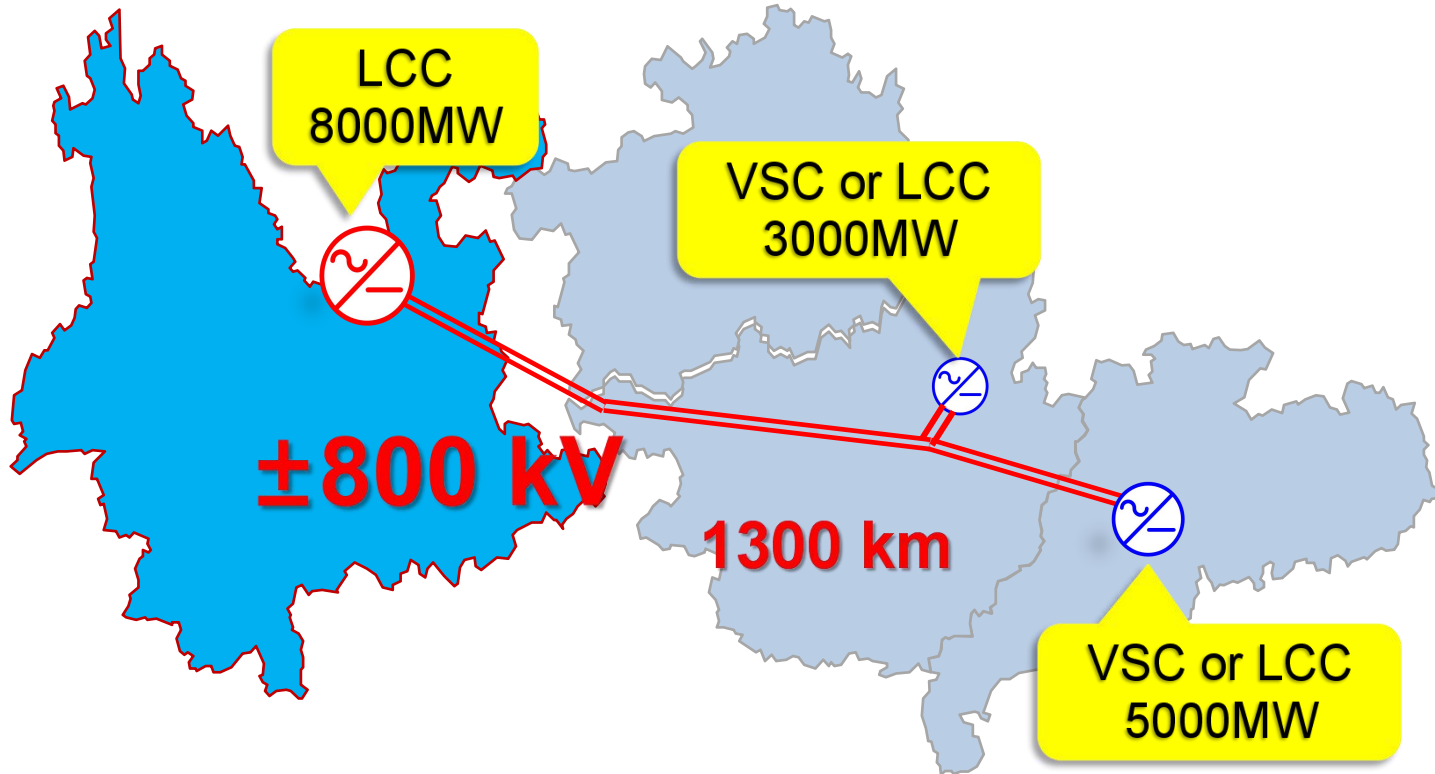
3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

3.1 工程背景与输电系统方案验证

Background and Verification

乌东德水电站送电广东广西直流输电工程



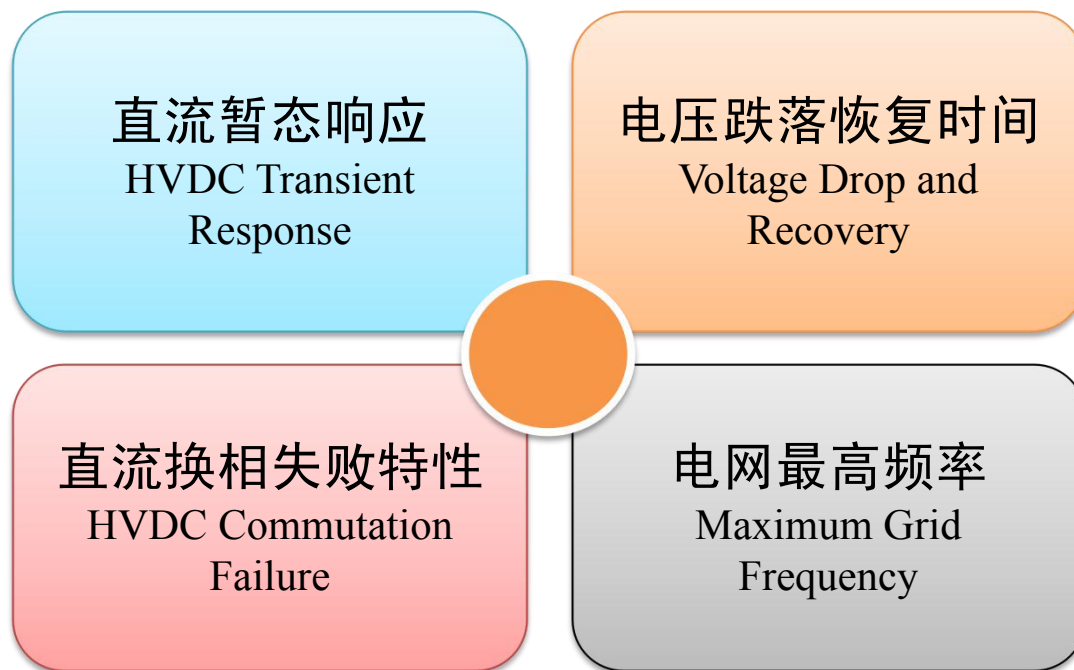
3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

3.1 工程背景与输电系统方案验证

Background and Verification

通过实时仿真试验，验证多端直流受端采用VSC输电的可行性。与受端采用为LCC的多端常规直流输电方案，在应对电网严重故障时，更有利于电网的安全稳定运行，并分别四个指标进行了对比



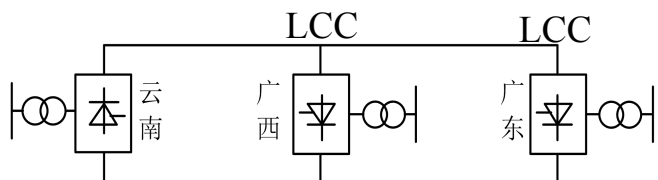
3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

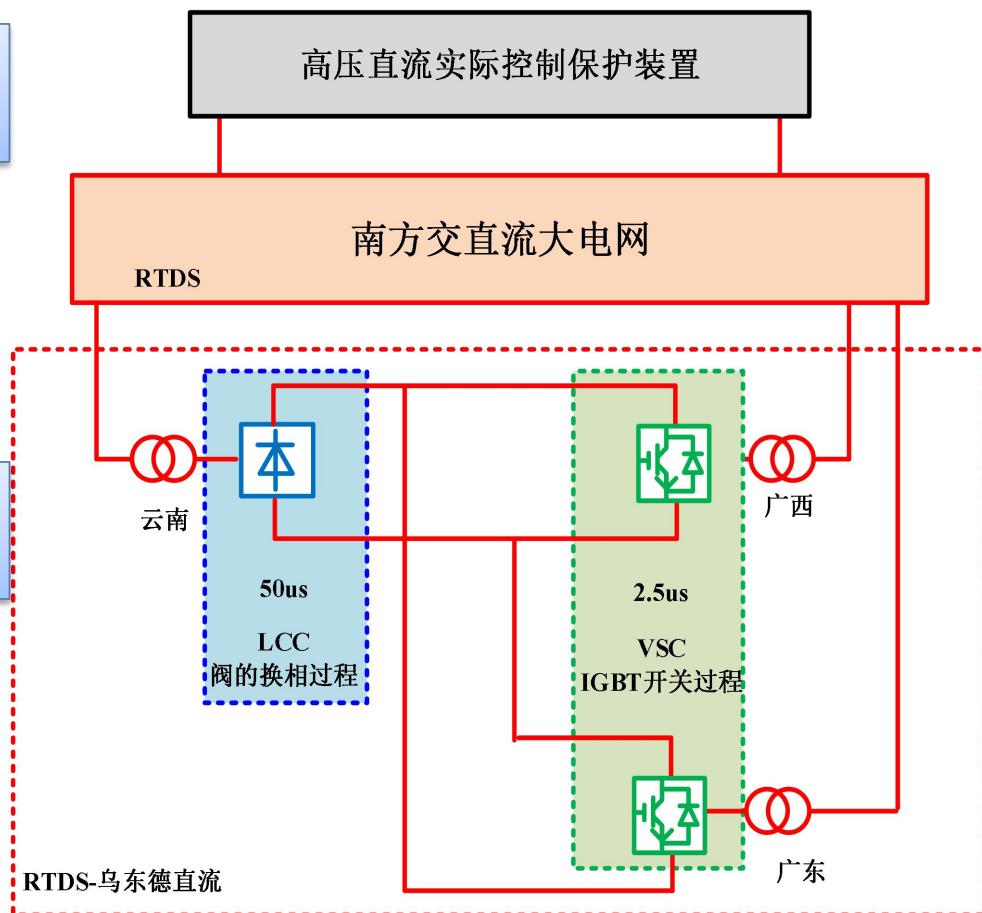
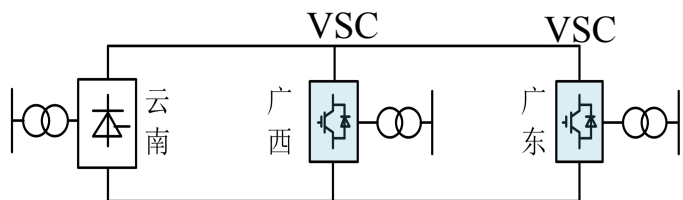
3.1 工程背景与输电系统方案验证

Background and Verification

□ 受端为LCC的三端常规直流
3-terminal conventional DC with LCC



□ 受端为VSC的三端混合直流
3-terminal conventional DC with VSC



3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

3.3 混合直流关键控制参数优化研究

Research on Improvement of Control Parameter

受端暂态电压控制 Transient Voltage Control

- VSC提供快速无功功率
- 对交流电压的恢复支持

送端直流电压裕度控制 Voltage Margin Control in Rectifier Station

- 定直流电压控制的受端VSC在故障期间失去控制
- 直流电压后备控制策略

直流线路故障重启 DC Line Fault and Recovery

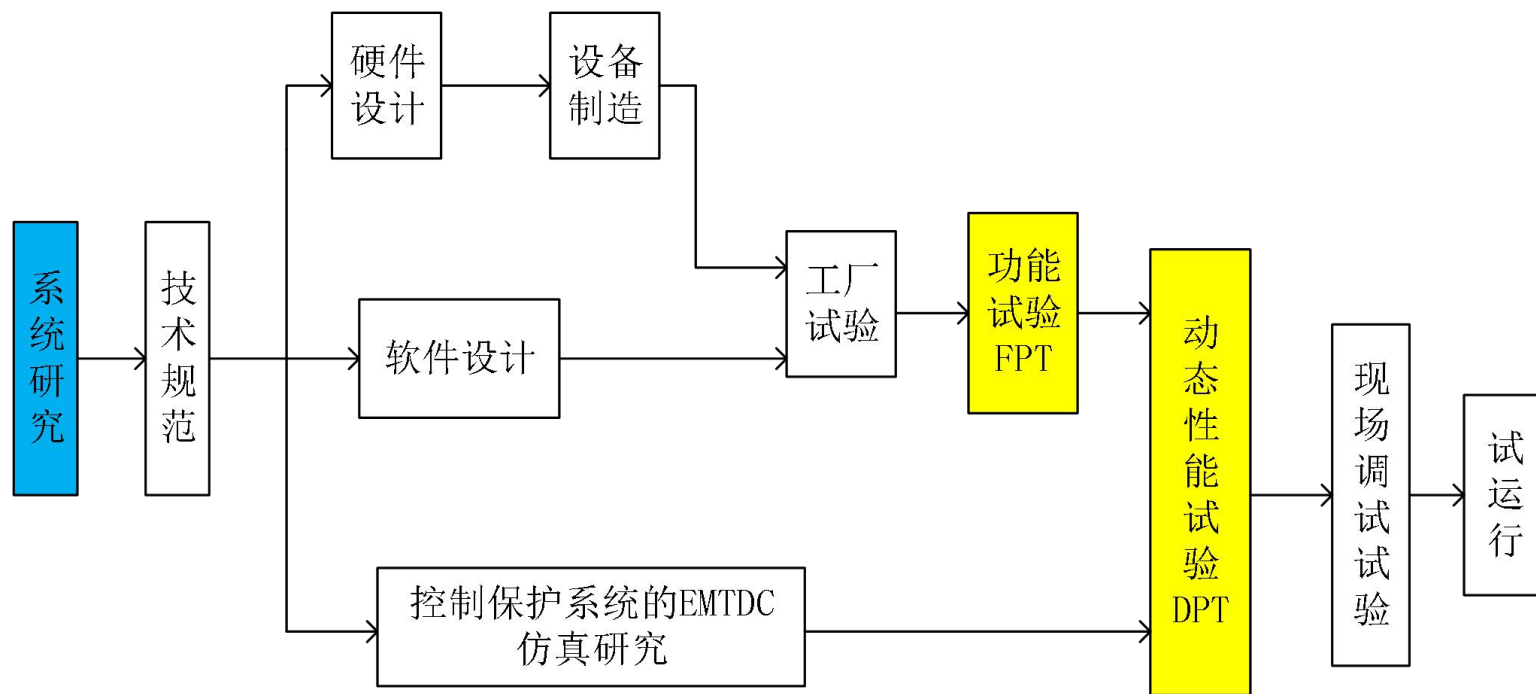
- 全桥拓扑特性，实现直流降压并清除故障
- 快速恢复直流电压输送功率

3.乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用

Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System

3.5 小结与探讨

Summary and Discussion



实时仿真试验不仅可以在工程的功能试验/FPT/DPT试验阶段，为工程控制保护系统提供了有效的测试手段，也为工程前期系统方案和技术路线的选择，提供了精确仿真分析的平台，为工程的技术路线选择和控制保护参数优化提供了重要仿真技术支持

1. NovaCor在南方电网的部署和应用
Deployment and Application of NovaCor in CSG
2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验
Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control
3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用
Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System
4. **CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组**
CIGRE Working Group B4.74
5. 实时仿真新技术工具的开发应用
New Real Time Simulation Technology and Application

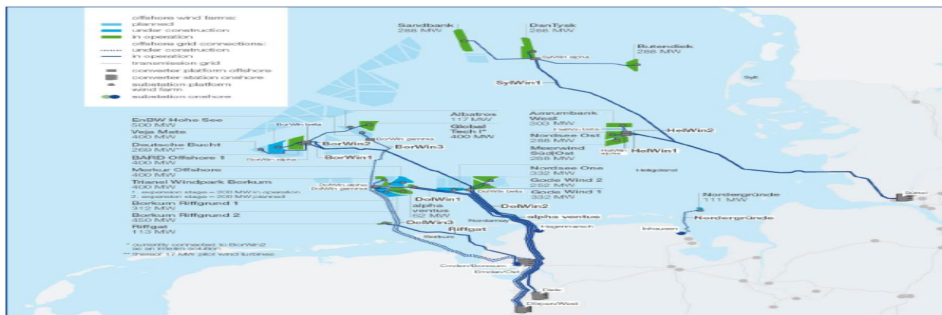
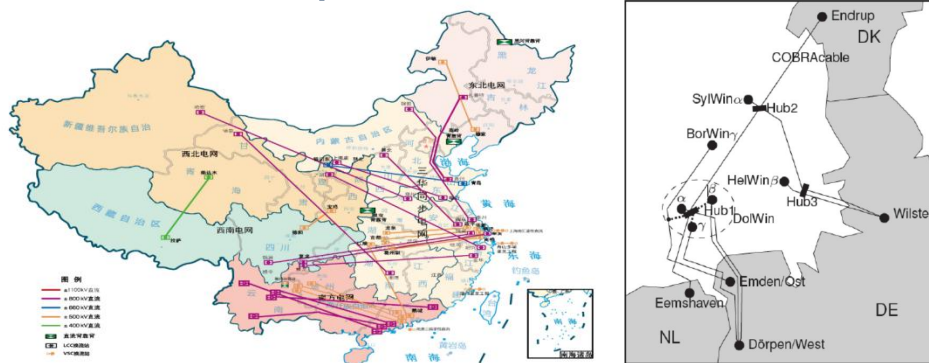
4.CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组

CIGRE Working Group B4.74

4.1 工作组基本情况

Brief Introduction

- 研究内容——Guide to Develop Real-Time Simulation Modelling for HVDC Operational Studies



中国/巴西：大容量、远距离、（特）高压的交直流互联大电网，多直流集中馈入
China/Brazil: Large-capacity, long-distance and (ultra-)high voltage AC/DC interconnected grid with multi concentrated infeed DC.

4.2 Chapter design

Chapter 1 gives a brief introduction of the background, purpose and scope of this brochure (**Overall introduction**)

Chapter 2 briefly introduces the scope and RTS requirements of the main RTS tests and studies.

Chapter 3 is on the modelling of HVDC equipment

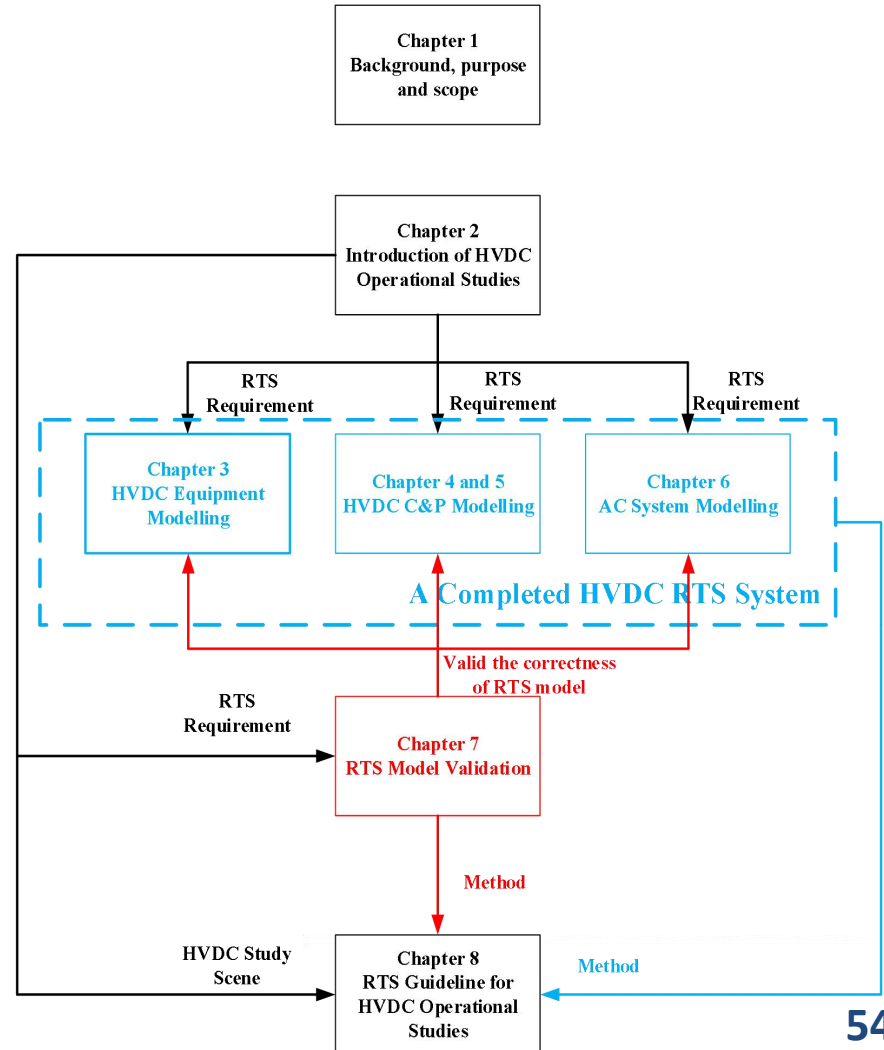
Chapter 4 is about the replica

Chapter 5 is about HVDC C&P software model(**New experience**)

Chapter 6 covers the AC system modelling

Chapter 7 covers the model validation

Chapter 8 is the guideline of RTS for the main HVDC operation studies



4.CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组

CIGRE Working Group B4.74

4.3 Review of work

Five face to face meeting completed

No.	Date	Place	Task
1	October, 2017	Winnipeg	Kick off meeting
2	April, 2018	Guangzhou	TOC discussion of each chapter
3	August, 2018	Paris	First Draft discussion
4	April, 2019	Erlangen	Draft discussion
5	September, 2019	Johannesburg	Draft discussion

Major coordinated work

- 5 Face to face meetings
- 8 Chapter leaders
- 12 Teleconferences
- Ongoing Review - Comments - Discussion

1. NovaCor在南方电网的部署和应用
Deployment and Application of NovaCor in CSG
2. RTDS应用于复杂电网分析和安全稳定控制仿真试验
Application of RTDS in Power System Analysis and Stability Control
3. 乌东德多端混合直流工程中RTDS的应用
Application of RTDS in Wudongde UHV Hybrid MTDC System
4. CIGRE B4.74 直流输电实时仿真技术国际工作组
CIGRE Working Group B4.74
5. 实时仿真新技术工具的开发应用
New Real Time Simulation Technology and Application

5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.1 高效——自动化辅助建模工具

High Efficiency——Automatic Modeling Tool

建模速度慢：

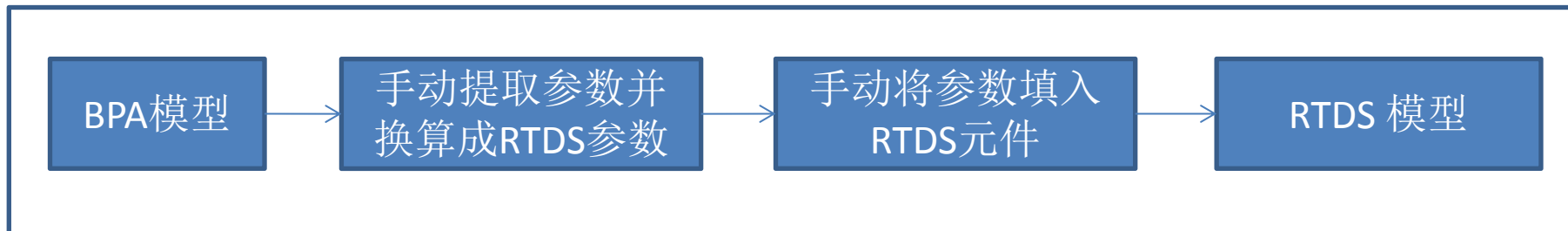
BPA和RTDS的模型参数不一样，需要手动转换，人工转换参数速度慢。

容易出错：

以发电机为例，包含的参数上百个，手工转换和填写参数容易出错。

培训周期长：

手动建模需要建模者拥有同时了解BPA和RTDS软件以及扎实的电力系统知识才能完成，培养一名熟练的RTDS建模工作人员需要较长时间。



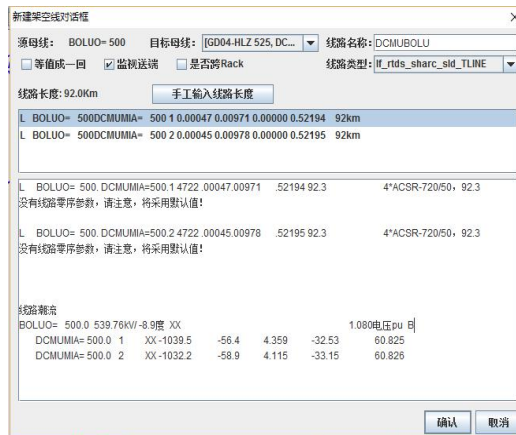
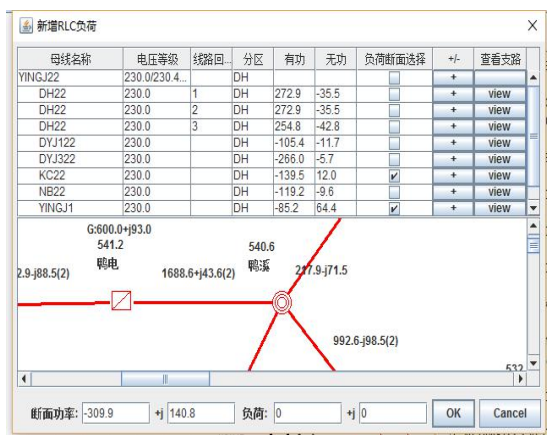
5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.1 高效——自动化辅助建模工具

High Efficiency——Automatic Modeling Tool

建模工具在后台关联BPA、PSS/E文件，根据BPA与RTDS模型差异自动进行**参数换算**并生成模型，同时具备**参数正确性自检**与**预编译功能**，具有**建模速度快、出错概率低**等特点，且学习成本低，一天就可以掌握，对建模者的要求低。



BPA模型

辅助建模工具

RTDS模型

5.实时仿真新技术工具的开发应用

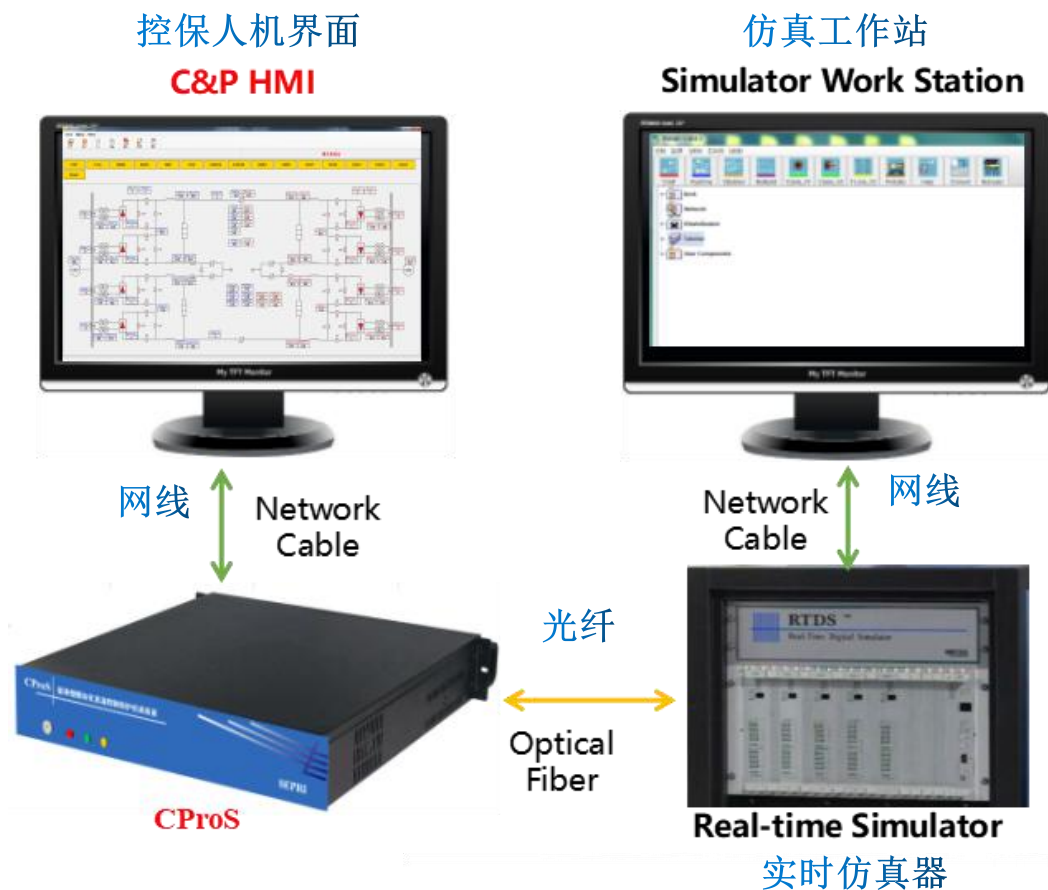
New Real Time Simulation Technology and Application

5.2 灵活——紧凑型模块化直流控制保护系统

Flexibility——Compact Modular HVDC Control and Protection System

CProS是一种精确模拟国内外常见直流控制保护功能和性能的紧凑型仿真装置：

- ✓ 控制保护特性更精确
- ✓ 模块化功能配置
- ✓ 紧凑型结构占地小，经济性好
- ✓ 接口及接线简单方便
- ✓ 友好的人机界面，支持自动顺控操作等，提高试验效率



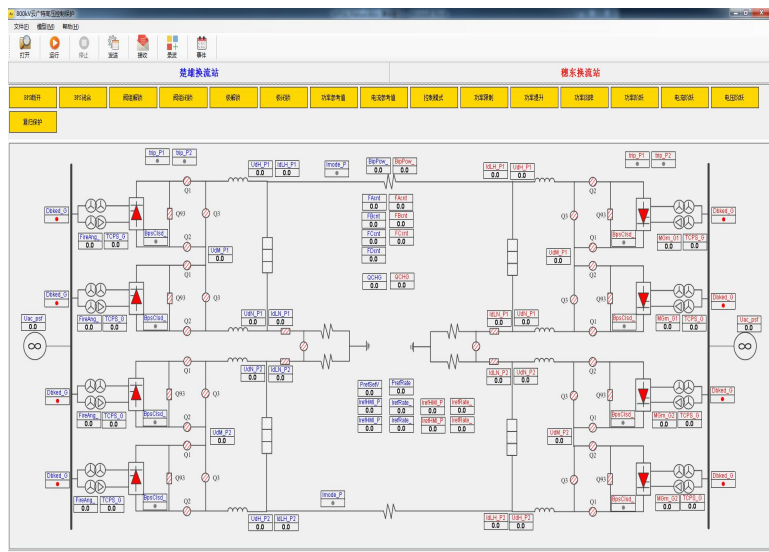
5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.2 灵活——紧凑型模块化直流控制保护系统

Flexibility——Compact Modular HVDC Control and Protection System

- ✓支持接入交直流复杂电网的实时仿真系统，精确模拟交直流复杂电网运行特性，为交直流复杂电网研究提供支撑
- ✓支持外接安稳装置，开展安稳控制装置测试
- ✓支持关键控制保护参数的修改，用于高压直流关键控制参数优化研究
- ✓支持定制化功能接口，实现自定义控制和保护策略的优化测试



系统界面

对比项目	本技术 超调量 (%)	本技术 时间 (ms)	实际控保 超调量 (%)	实际控保 时间 (ms)
电流下阶跃 0.08pu	18.59	51.8	21.37	58.3
电流上阶跃 0.08pu	25.03	48.7	31.09	51.7
电流下阶跃0.5pu	17.79	46.3	19.48	50.6
电流上阶跃0.5pu	6.03	93.1	4.59	92.9

电流阶跃响应比对

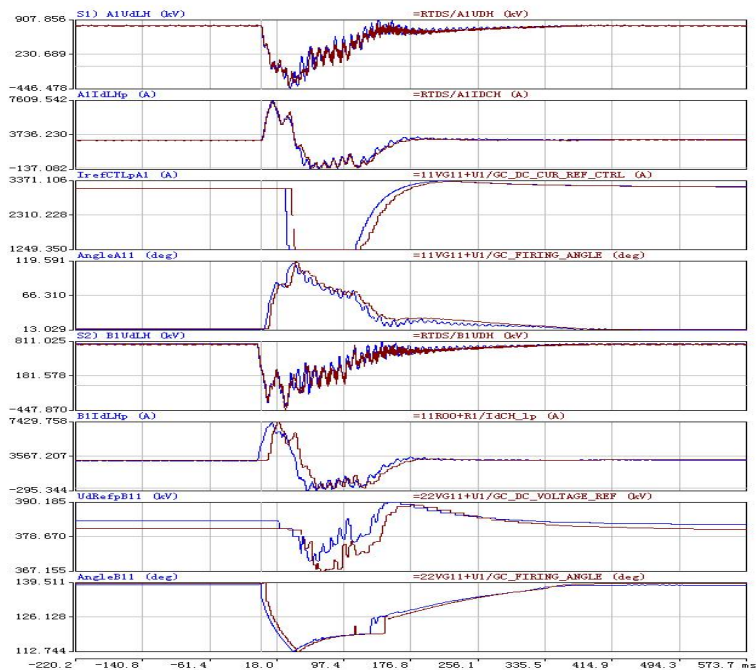
5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

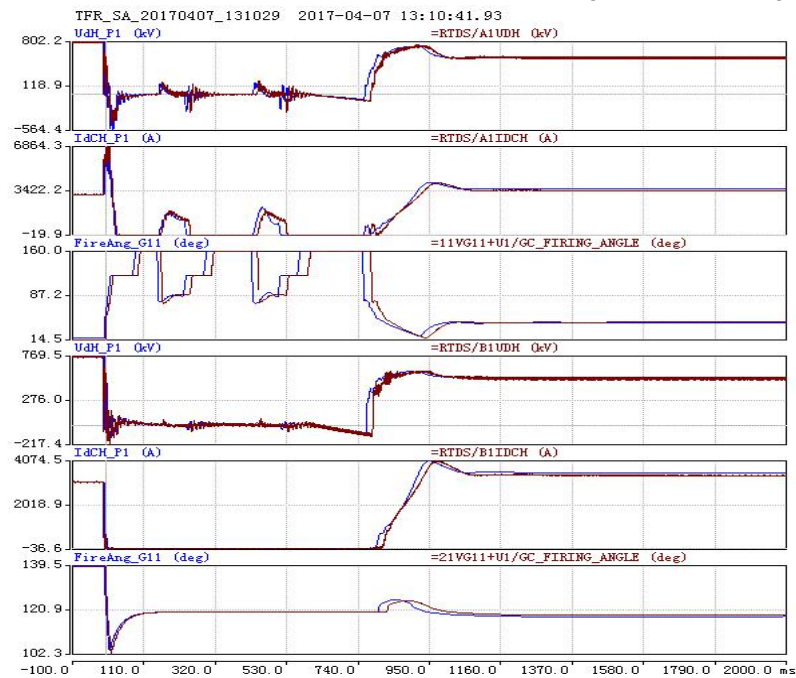
5.2 灵活——紧凑型模块化直流控制保护系统

Flexibility——Compact Modular HVDC Control and Protection System

受端单相接地短路故障比对



直流保护功能比对-线路故障 (3次重启)



蓝色为本技术仿真波形 红色为实际控保TFR波形

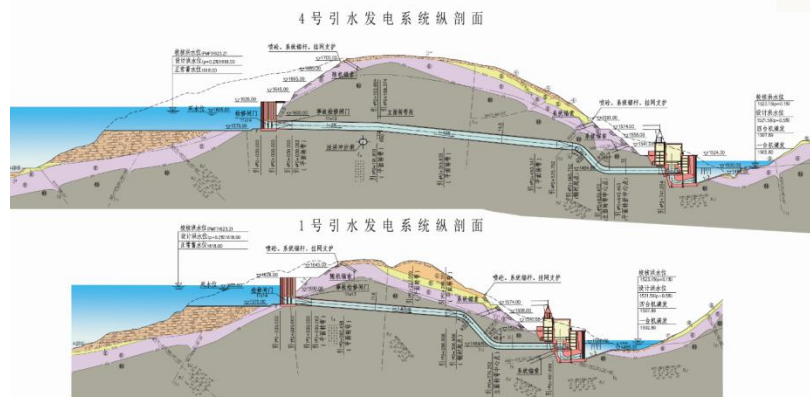
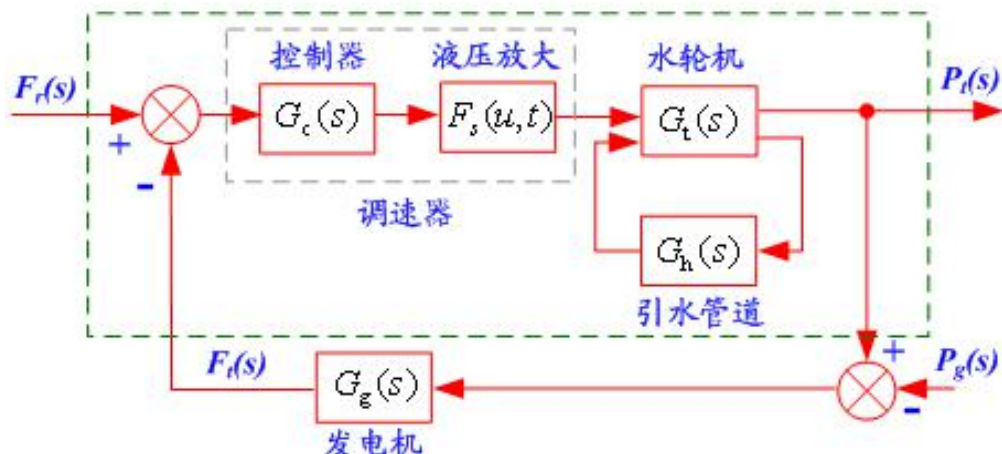
5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.3 精确——水轮机调节系统实时仿真装置

Accuracy——Real-time Simulation Device for Hydraulic Turbine Regulating System

为满足大水电送端异步电网频率稳定分析需求，研发水轮机调速系统精确仿真技术



- 水轮机调速器物理、数字等多模式仿真
- 执行机构分段关闭特性建模
- 宽阔运行工况下的引水系统及水轮机仿真技术



水轮机调速系统
实时仿真器

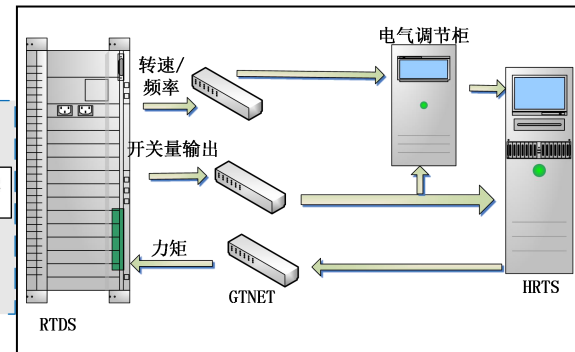
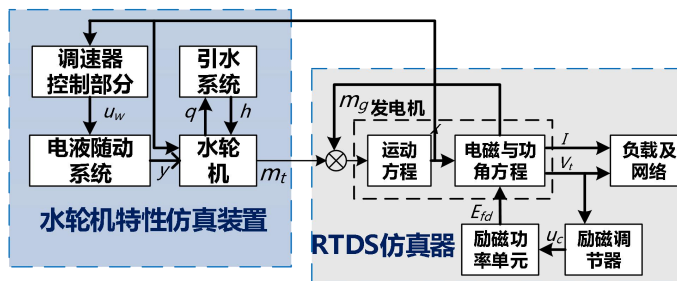
5. 实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.3 精确——水轮机调节系统实时仿真装置

Accuracy——Real-time Simulation Device for Hydraulic Turbine Regulating System

- 满足多种运行工况下调速器、执行机构以及压力引水管道与水轮机控制与物理动态响应全过程的调速系统实时仿真器

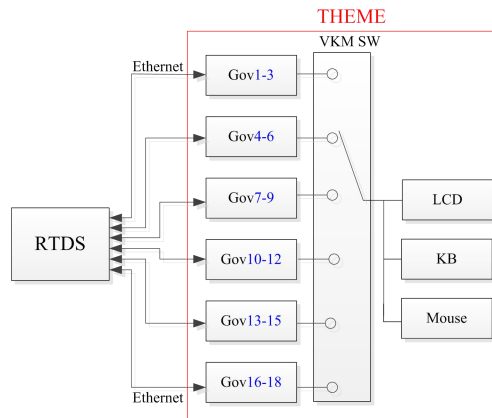


灵活的实时仿真模式

- 连接物理的调速器装置
- 调速系统仿真装置

良好软硬件人机环境：

- 采用高可靠性的工业控制计算机
- 基于Windows环境

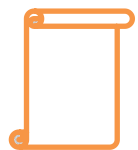


5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.4 强大——超长录波高精度实时回放装置

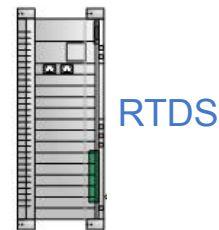
Powerful——Long-recording high-precision real-time playback Device



多种录波文件格式
多个录波文件融合



超长时间、高采样率、实时回放



录波回放装置实时、完整、准确地再现电网或电力设备运行过程中发生的各种状况是十分必要的，对电力生产运行、相关电力设备制造与研发，具有现实意义。

本产品可将录波文件实时回放至RTDS.

优点:

- 支持多种录波文件格式，多录波文件融合
- 支持多达64路录波通道
- 支持循环回放和单次回放并保持模式
- 支持高达100kHz的录波回放采样率
- 支持至少连续4小时回放时长

特点	GH-6403	SEPRI
单个文件大小	100MB	4GB
通道个数	10	64
回放模式	No cycle play	循环回放/单次回放并保持
文件格式	仅COMTRADE	COMTRADE、CSV等
采样率	最高1kHz	最高100kHz
时长	≤ 20 分	≥ 4 小时

5.实时仿真新技术工具的开发应用

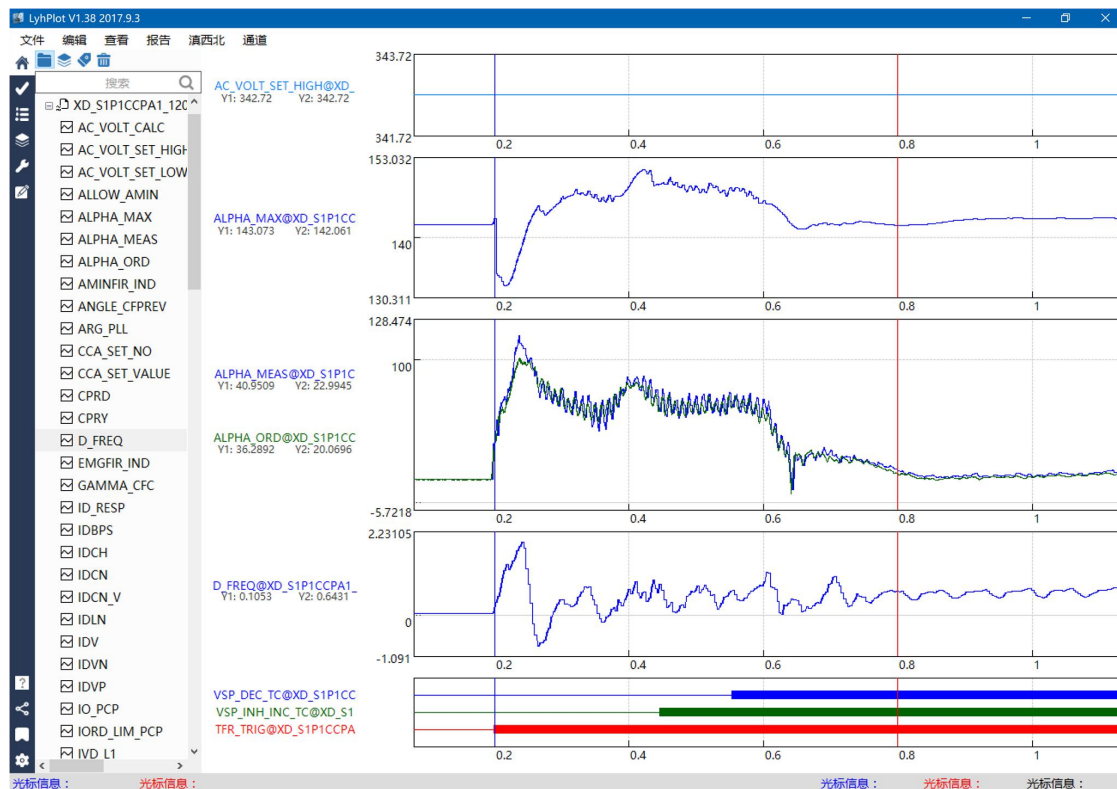
New Real Time Simulation Technology and Application

5.5 便利——分布式多源录波分析软件

Convenience——SPlot Waveform Analysis Software



- ✓ 便利的操作方式，丰富的展示
- ✓ 支持**多种录波文件格式**
(Comtrade/csv/pscad/dyn/osc等)
- ✓ 支持**多时间尺度、采样频率的多个录波文件**同时载入与**对比分析**
- ✓ 支持对录波曲线进行包括**时间偏移**在内的丰富数学运算
- ✓ 对多个直流工程，支持**动态电路**显示等高级分析功能，支持自动分析试验数据并**生成报告**



5.实时仿真新技术工具的开发应用

New Real Time Simulation Technology and Application

5.5 便利——分布式多源录波分析软件

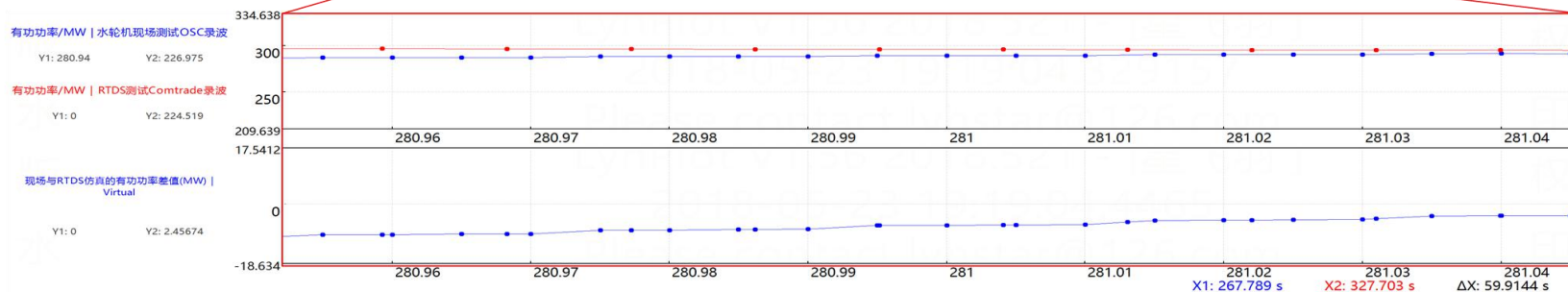
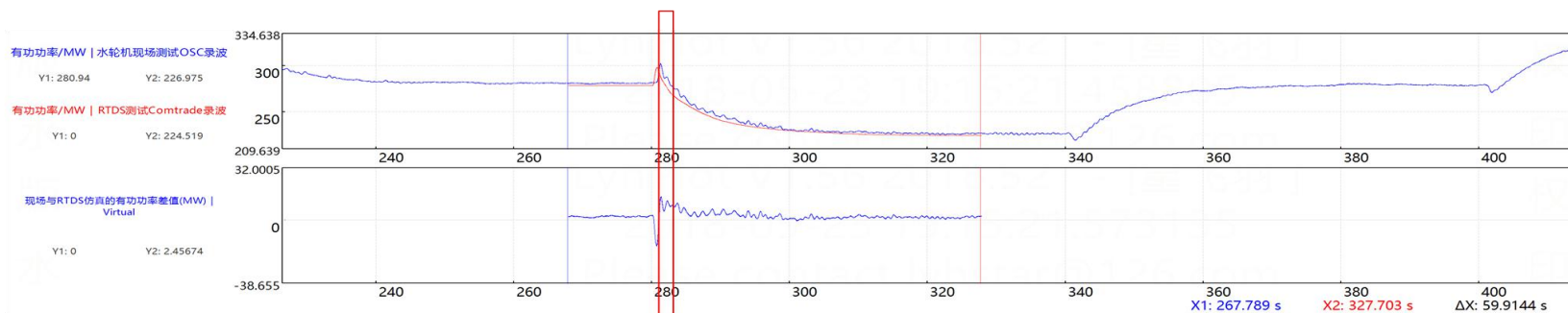
Convenience——SPlot Waveform Analysis Software



蓝色曲线1为水轮机现场示波器录波，osc格式，200Hz，时长200s

红色曲线2为RTDS仿真测试录波，Comtrade格式，100Hz，时长60s

蓝色曲线3为上述2条曲线相减的数学运算结果。



5.实时仿真新技术工具的开发应用

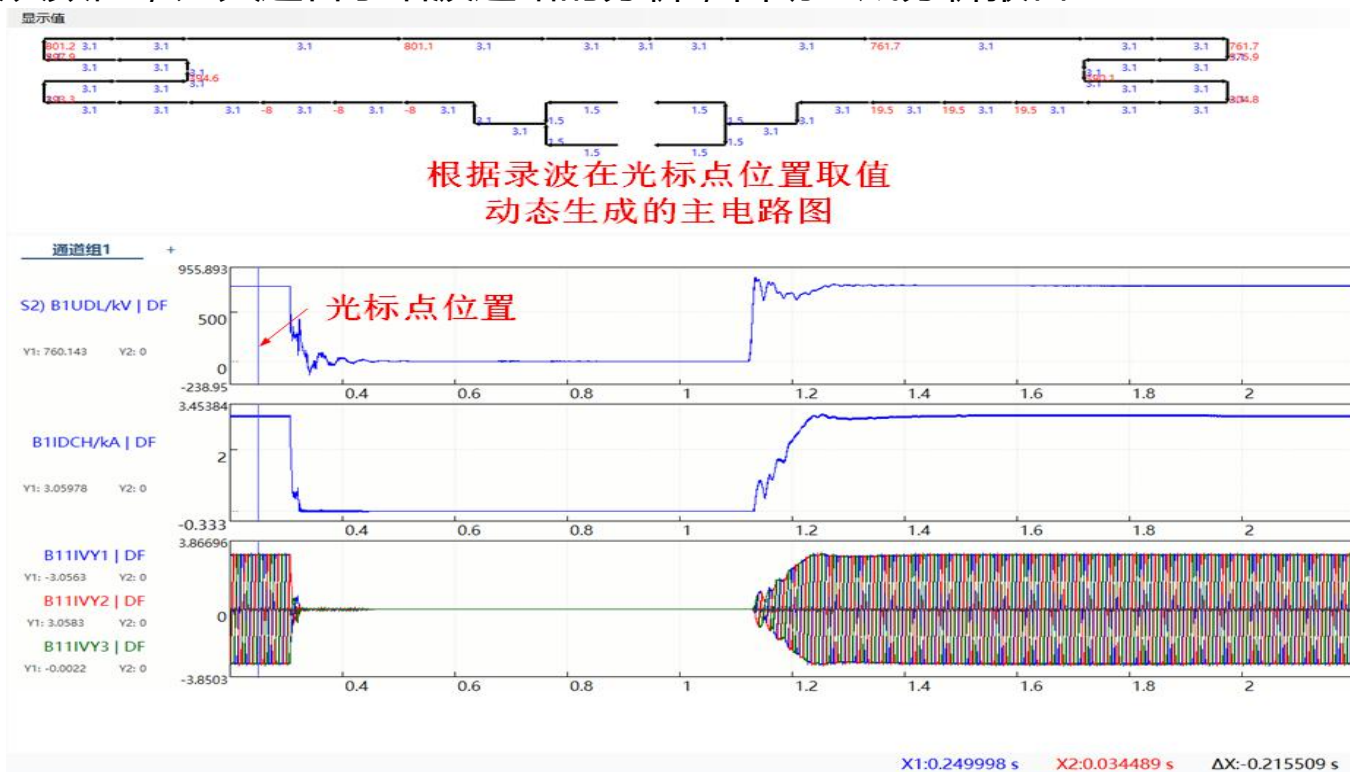
New Real Time Simulation Technology and Application

5.5 便利——分布式多源录波分析软件

Convenience——SPlot Waveform Analysis Software



- ✓根据HVDC仿真试验的录波在“动态电路”上进行录波分析，包括瞬时值、平均值、指定的谐波次数值，尤其适合于谐波通路的分析，自动生成分析报告



Thank you for attention!



万家灯火
南网情深
A Myriad of Twinkling Lights
Great Rapport of CSG