



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



中国2010年上海世博会全球合作伙伴  
Global Partner of Expo 2010 Shanghai China

# 智能电网与新能源接入对动态无功补偿装置的要求与发展

中国电力科学研究院中电普瑞科技有限公司

张振环

2010年4月21日



1. 动态无功补偿技术的发展现状

2. 智能电网与新能源发电接入系统

3. 智能电网与新能源接入对动态无功补偿装置的要求

4. 动态无功补偿装置的发展



# 目前应用的动态无功补偿装置

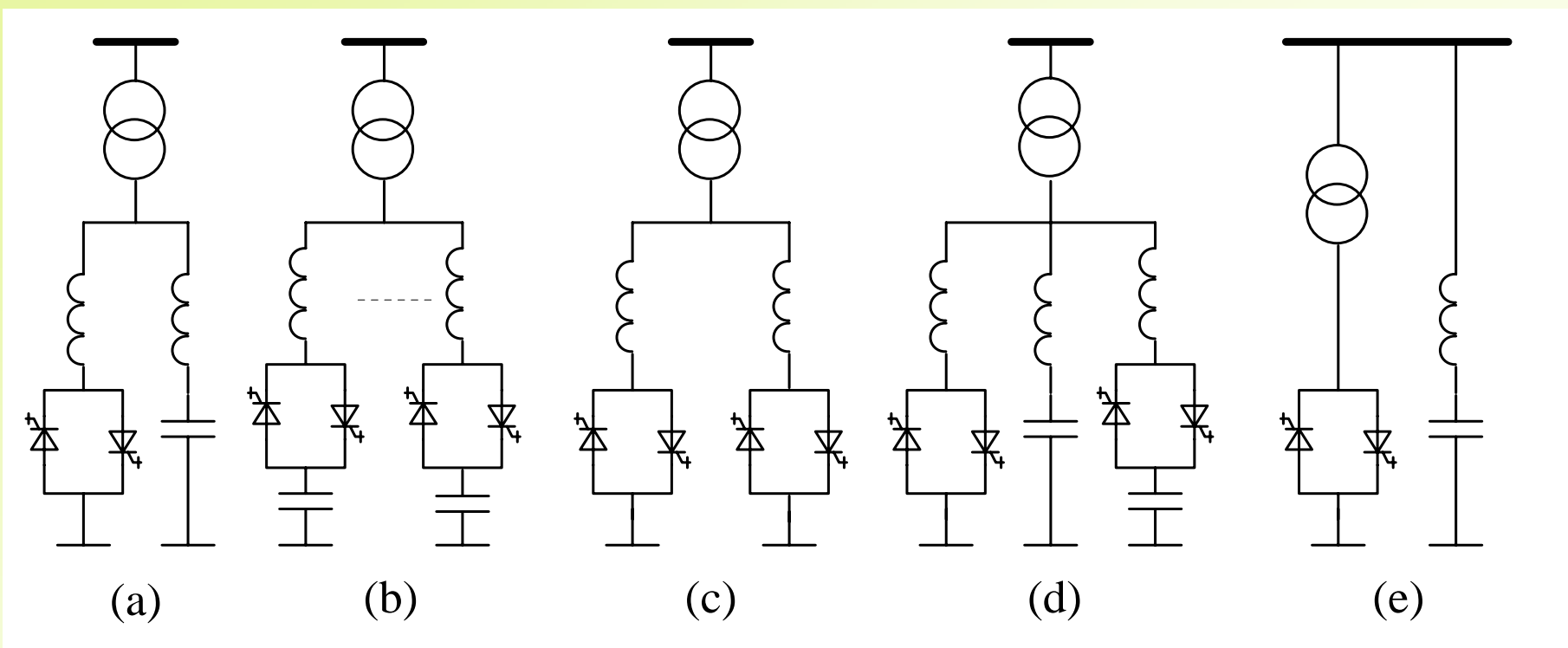
传统的无功补偿设备，如固定电容器和固定电抗器，无法根据系统的运行方式变化动态改变输出无功。为实现无功的动态调节，需要应用动态无功补偿装置。

目前在电力系统中应用的动态无功补偿装置主要包括：

- 静止无功补偿器（SVC）
- 静止无功发生器（SVG）
- 新型动态无功补偿装置
  - 可控并联电抗器（CSR）
  - 统一潮流控制器（UPFC）



# SVC装置



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(a) FC-TCR型

(b) TSC型

(c) TSR型

(d) TCR+TSC型

(e) TCT型

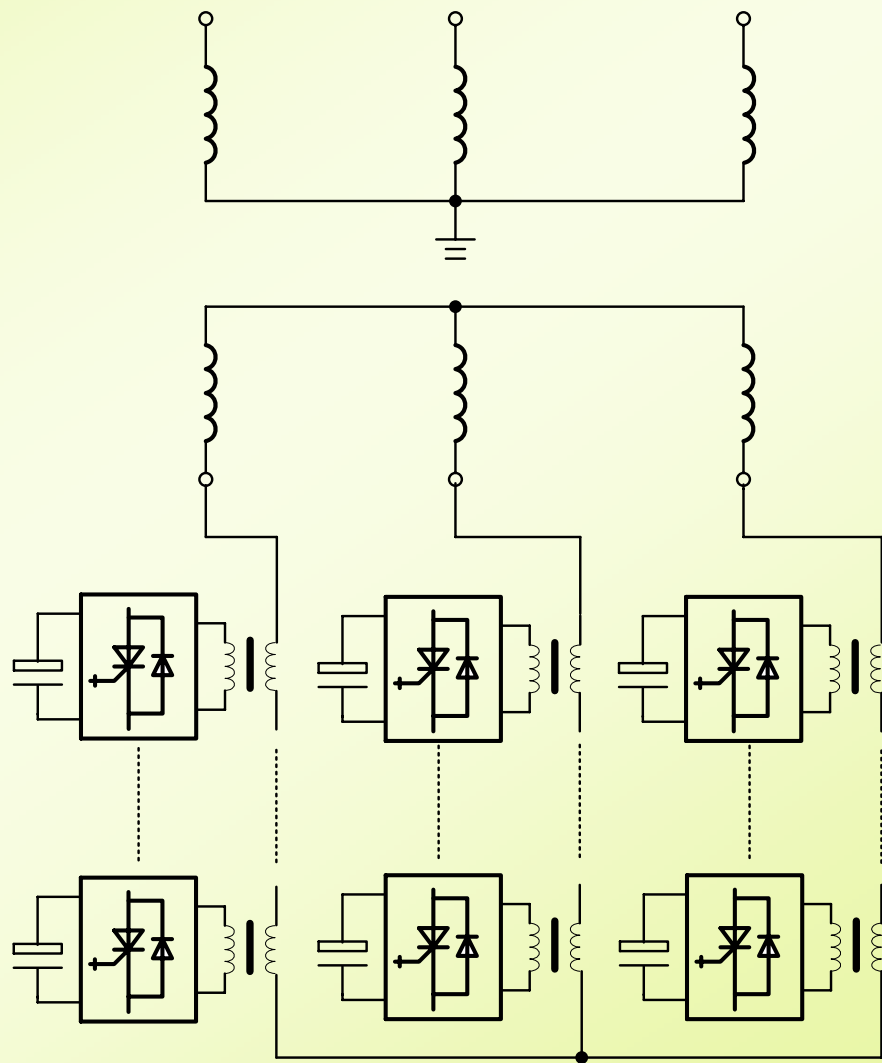




中国电科院研制的鞍山红一变SVC装置



•SVG是采用GTO、IGBT、IGCT等可关断器件构成的自换相变流器，通过电压源逆变技术提供超前和滞后的无功，进行无功补偿。SVG通常采用多电平逆变器结构，主要的结构形式包括：中点嵌位型(NPC)、浮动电容器型(Flying Capacitor)、级联型(Cascaded)。



级联型结构SVG主电路



## 可控并联电抗器主要功能

可控并联电抗器（**CSR**）是一项新的动态无功补偿技术，其无功出力可以连续或分级快速调节，主要功能包括：

- ❖ 调节系统无功，维持电压稳定
- ❖ 提高线路输送能力
- ❖ 平衡无功分布，减小系统网损
- ❖ 抑制工频过电压
- ❖ 配合中性点电抗器抑制潜供电流和降低恢复电压
- ❖ 提高系统稳定性



## 可控并联电抗器的基本类型

高阻抗变压器型可控并联电抗器

分级式可控并联电抗器

晶闸管控制变压器型 (TCT)

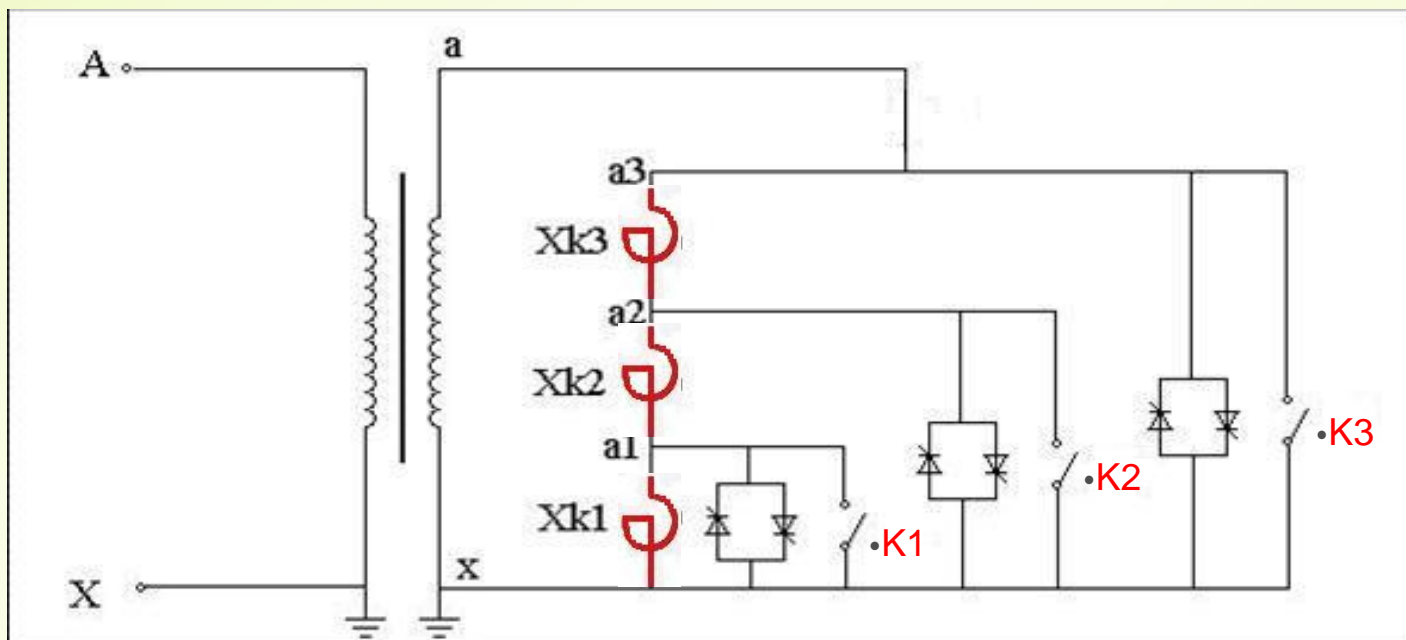
磁控式可控并联电抗器





## 分级式可控并联电抗器的基本原理

通过晶闸管阀组以及复合快速切换开关**K1**、**K2**和**K3**，改变接入副边绕组的电抗器大小，实现可控电抗器容量的分级调节。







国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

# 可控并联电抗器的国内应用



中国电科院技术集成的忻州500kV分级式可控电抗器，容量150MVar

中国电科院技术集成的荆州500kV磁控式可控电抗器，容量100MVar

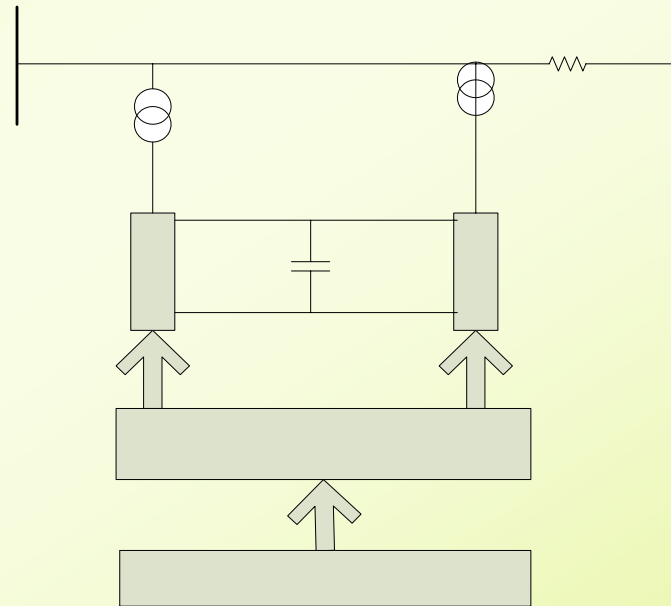




- 统一潮流控制器（**Unified Power Flow Controller, UPFC**）是一种采用可关断器件实现的新型电力电子装置，具有无功补偿、电压调节、相角调节、线路阻抗补偿、动态潮流控制等5种基本功能以及由这些基本功能组合起来的综合作用。



UPFC工程照片



UPFC整体结构示意图





1. 动态无功补偿技术的发展现状

2. 智能电网与新能源发电接入

3. 智能电网与新能源接入对动态无功补偿装置的要求

4. 动态无功补偿装置的发展





# 中国特色坚强智能电网的发展目标

- **总体发展目标**：以特高压电网为骨干网架，以各级电网协调发展的坚强电网为基础，利用先进的通信、信息和控制技术，构建以信息化、数字化、自动化、互动化为特征的自主创新、国际领先的坚强智能电网。
- **主要特征**：技术上实现信息化、数字化、自动化、互动化；管理上实现集团化、集约化、精益化、标准化
- **基本内涵**：坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动
- **基本构架**：电网基础、技术支撑、智能应用、标准规范
- **应用环节**：覆盖发电、线路、变电、配电、用户、调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合



## 坚强智能电网建设涉及输配电到用电的各个领域：

- 发电：**大型能源基地、大规模可再生能源、分布式电源/微网、抽水蓄能
- 线路：**特高压交直流输电网、电网规划技术、运维检修、输电设备、电力电子
- 配电：**配电网、配电设备、配电线路、配电终端、分布式电源(微网)并网/保护/隔离等带来的变化
- 用电：**分布式电源(微网)并网/保护/隔离等带来的变化、储能技术、用电信息采集、双向互动
- 调度（运行控制、生产管理）：**安稳、调度业务、支持平台
- 变电：**数字化变电站、变电设备、状态检修及全寿命管理
- 信息通信：**信息体系与架构、信息一体化统一建模（物理、数据、逻辑、业务）、信息安全；通信体系与架构、通信安全



## 推进新能源发电的重要意义

- 大力发展新能源发电，是发展绿色和低碳经济，推进节能减排和可持续发展战略的重要步骤。
- 大力发展新能源发电，是我国社会经济发展、能源安全与环保约束的客观要求。

## 新能源发电接入系统的方式

- 分布式发电：直接接入配电网。
- 集中式新能源发电：一般通过超/特高压、远距离、大容量输电通道接入负荷中心。

新能源发电主要包括风力发电、太阳能发电、潮汐发电、生物质能发电等

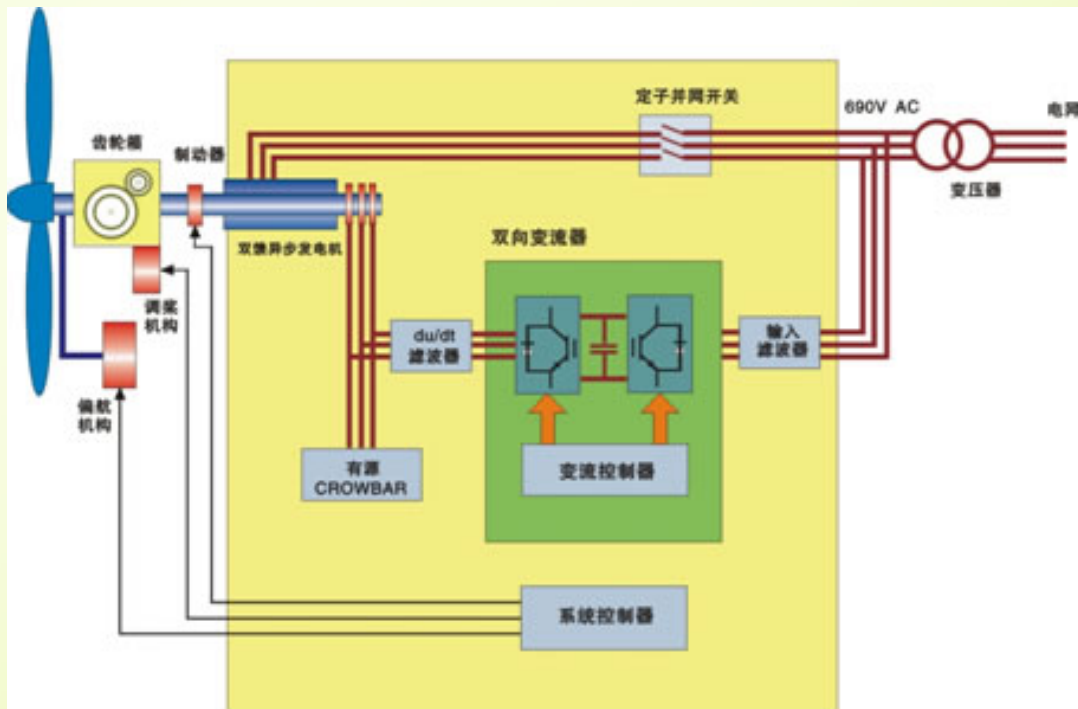


# 新能源发电——风力发电



正在运  
行的风  
电场

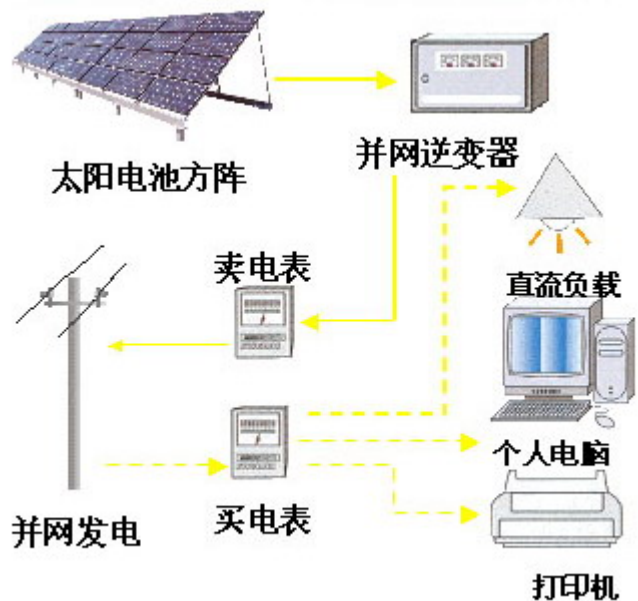
双馈式风力  
发电机及其  
接入系统框  
图







# 新能源发电——光伏发电



已经建设完成的光伏发电系统

光伏发电及其接入系统框图





1. 动态无功补偿技术的发展现状

2. 智能电网与新能源发电接入

3. 智能电网与新能源接入对动态无功补偿装置的要求

4. 动态无功补偿装置的发展



# 新能源发电接入对电网的影响

- 风能、太阳能等可再生能源发电具有间歇性、随机性、可调度性低等特点，集中式新能源发电大规模接入电网后对电网的适应性、安全稳定控制水平、统一调度控制提出了更高的要求。
- 集中式新能源发电大规模接入系统要采用大量的电力电子电源，直接接入可能造成谐波污染。
- 相比于传统电源，集中式新能源发电接入系统故障概率与检修频率较高。受端电网应具备应对短时间缺失大容量输入电源的能力。
- 分布式发电接入配电网后将带来电压波动、闪变、谐波等电能质量问题。



# 坚强智能电网对动态无功补偿装置的新要求

## 新要求1:

**动态无功补偿装置必须适应特高压电网的要求。**特高压输电系统巨大的充电无功功率、频繁的潮流变化、较高的绝缘水平对适用于特高压电网的无功补偿装置提出了新的挑战。

## 新要求2:

**动态无功补偿装置控制灵活性、响应速度要求提高。**风能、太阳能等可再生能源发电具有间歇性、随机性、可调度性低等特点。大规模接入电网势必会使输电系统的无功、有功变化更加频繁，对动态无功补偿装置控制灵活性、响应速度要求较高。

## 新要求3:

**动态无功补偿装置具有综合协调控制能力。**坚强智能电网以通信信息平台为支撑，需要实现无功在全网或区域电网的优化配置，适用于坚强智能电网的无功补偿装置应具有综合协调控制能力。



1. 动态无功补偿技术的发展现状

2. 智能电网与新能源发电接入

3. 智能电网与新能源接入对动态无功补偿装置的要求

4. 动态无功补偿装置的发展



适应坚强智能电网的动态无功补偿装置应着重在以下几方面进行发展和改进

**(1) 适应特高压电网的动态无功补偿装置的研制。**研制特高压电网SVC装置、特高压电网CSR装置、特高压电网直流融冰兼SVC装置，并对装置的阀体、控制保护策略等关键技术进行专门的研究。



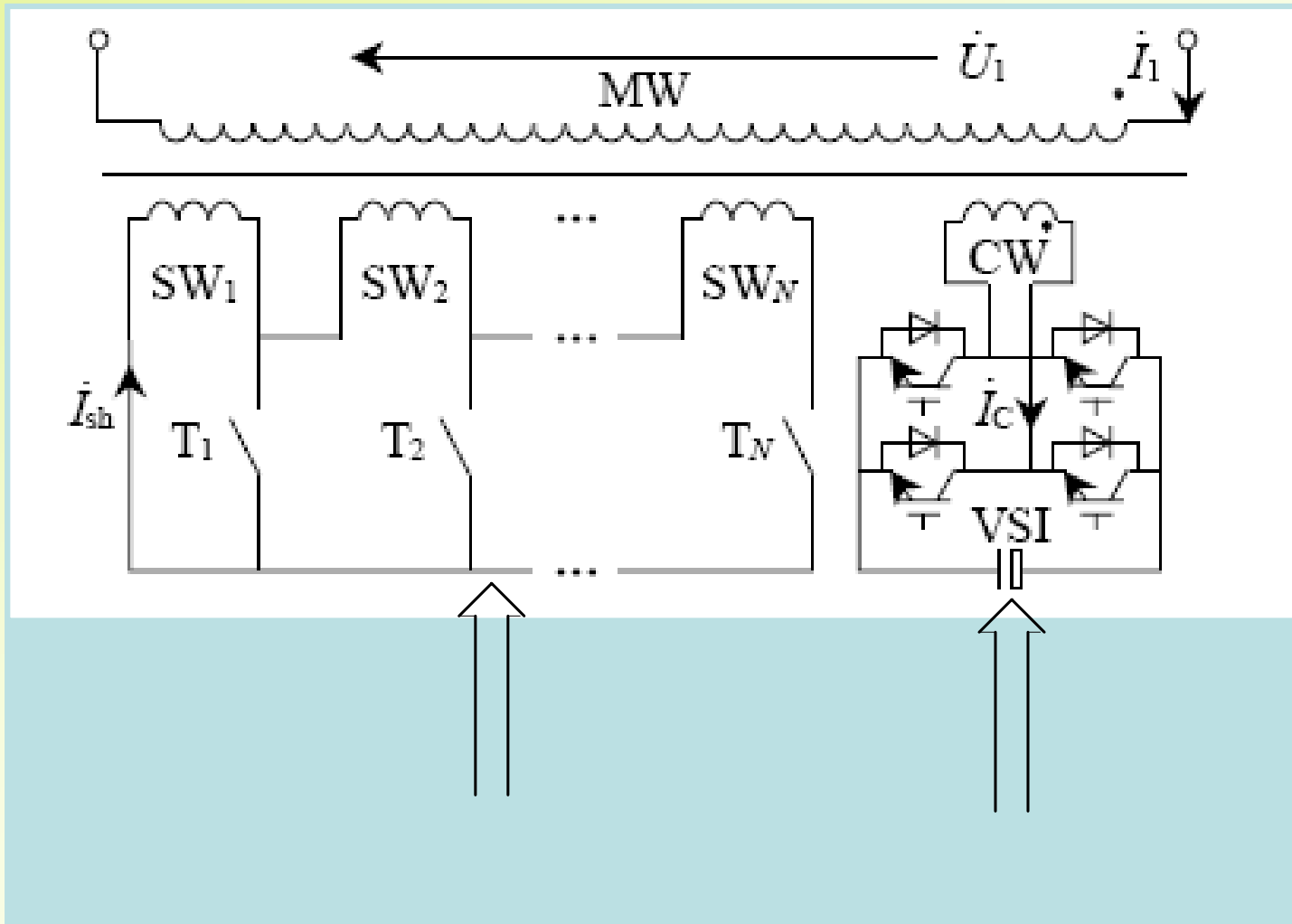


## (2) 基于可关断器件实现的新型无功补偿装置的研制。

- ✓ 基于可关断器件实现的动态无功补偿装置（如SVG、UPFC等）具有控制方式灵活、响应速度快、无谐波污染、占地面积小等优点。未来需要加快对SVG、UPFC等装置的研制，提高装置的容量和适用性，降低成本，加快在输电网和配电网的推广和应用。
- ✓ 在传统SVC、CSR拓扑结构基础上进行扩展，引入可关断器件，构成大容量半控器件和小容量可关断器件组成的混合无功补偿装置（如新型混合可控电抗器）。



# 适应坚强智能电网的动态无功补偿装置的发展



新型混合可控电抗器结构框图，  
其中 $T_1$ - $T_N$ 代表双向晶闸管



## (3) 无功补偿装置的全面协调控制的研究

- ✓ 基于广域测量信息平台 and 综合信息支撑平台，开展SVC群的自适应协调控制的研究，实现多个SVC装置间无功补偿装置的协调控制和无功的优化配置。
- ✓ 开展静止无功补偿系统（SVS）协调控制的研究，充分发挥各无功补偿装置的作用。SVS中包括TCR、TSC、MSC（机械投切电容器）等装置。
- ✓ 基于广域测量信息平台 and 综合信息支撑平台，开展无功补偿装置的全面协调控制研究，实现区域电网乃至全网内无功的优化配置。



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



中国2010年上海世博会全球合作伙伴  
Global Partner of Expo 2010 Shanghai China

汇报结束  
谢谢!

