

# 电力系统中的电能质量问题及 典型治理方案

南网能源新型电力系统核心装备技术实验室



# 课程内容

1

电力系统中的电能质量问题概述

2

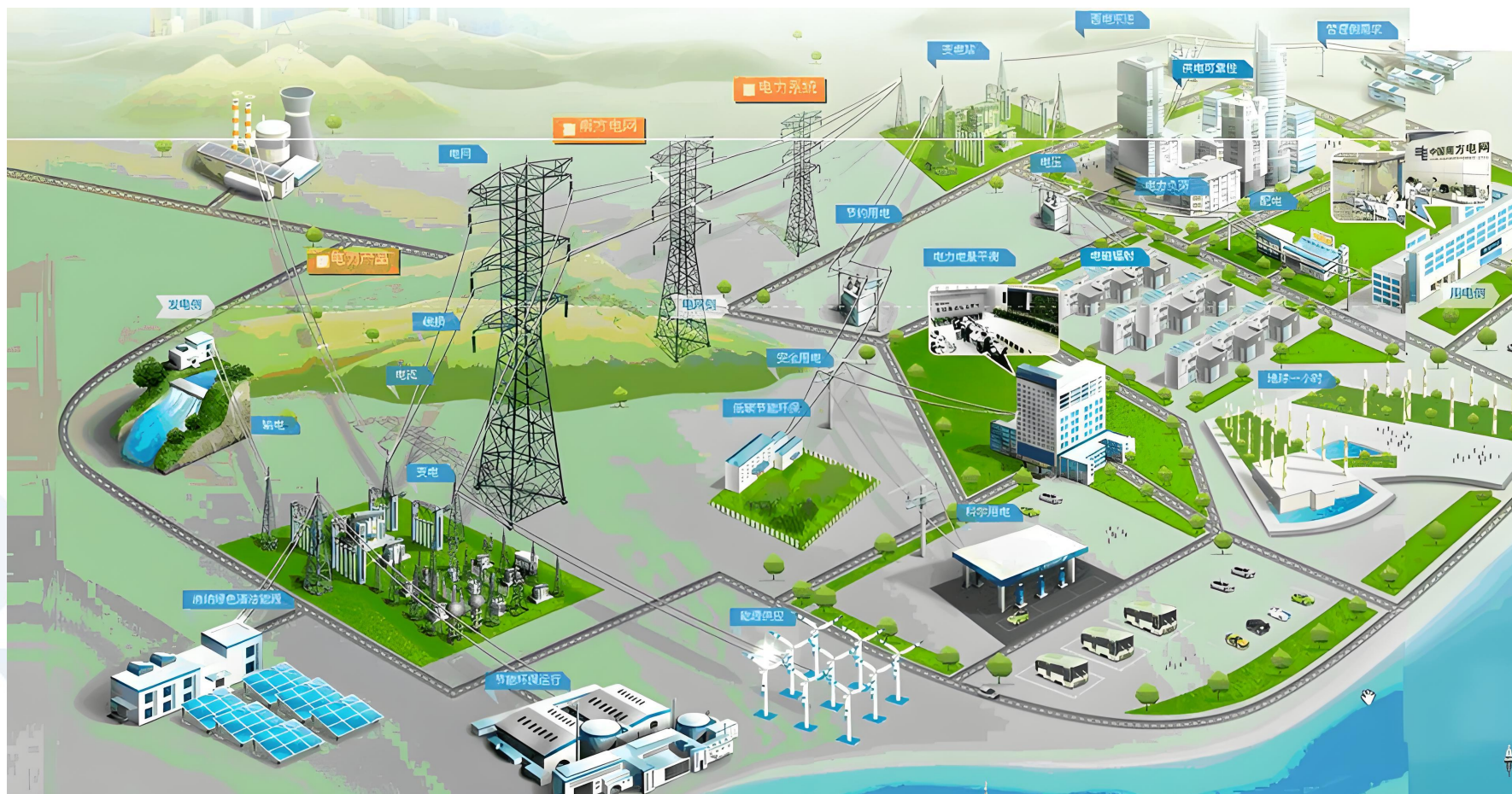
各种电能质量问题的典型治理措施

3

电压暂降治理案例介绍

# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 1、什么是电能质量问题



电能质量问题的本质是**电磁兼容**问题，提出电磁兼容概念的目的在于要在电力系统中构建一个“**电气和谐社会**”。

中国电力系统的规矩是先把供电质量定为标准，然后针对这个标准，对用户侧的设备提出电磁兼容“**抗扰度**”和“**发射**”的要求。



# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 2、都有哪些电能质量问题

### 2.1、供电质量问题，也就是电压质量问题（规定了用户设备的抗扰度）

《GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差》、《GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差》、《GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡度》、《GB/T 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变》、《GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波》、《GB/T 24337-2009 电能质量 公用电网间谐波》、《GB/T 30137-2013 电能质量 电压暂降与短时中断》、《GB/T 18481-2001 电能质量 暂时过电压和瞬态过电压》

### 2.2、用电质量问题，也就是电流质量问题（规定了用户设备的发射）

《GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波》、《GB/T 24337-2009 电能质量 公用电网间谐波》、《GB/T 40427-2021 电力系统电压和无功电力技术导则》、《全国供用电规则》



# 第一章：电力系统中的电能质量问题概述

## 3、我国现行法律对电能质量问题都有哪些规定

**1、电力法第二十八条：**供电企业应当保证供给用户的**供电质量符合国家标准**。对公用供电设施引起的供电质量问题，应当及时处理。用户对供电质量有特殊要求的，供电企业应当根据其必要性和**电网的可能**，提供相应的电力。

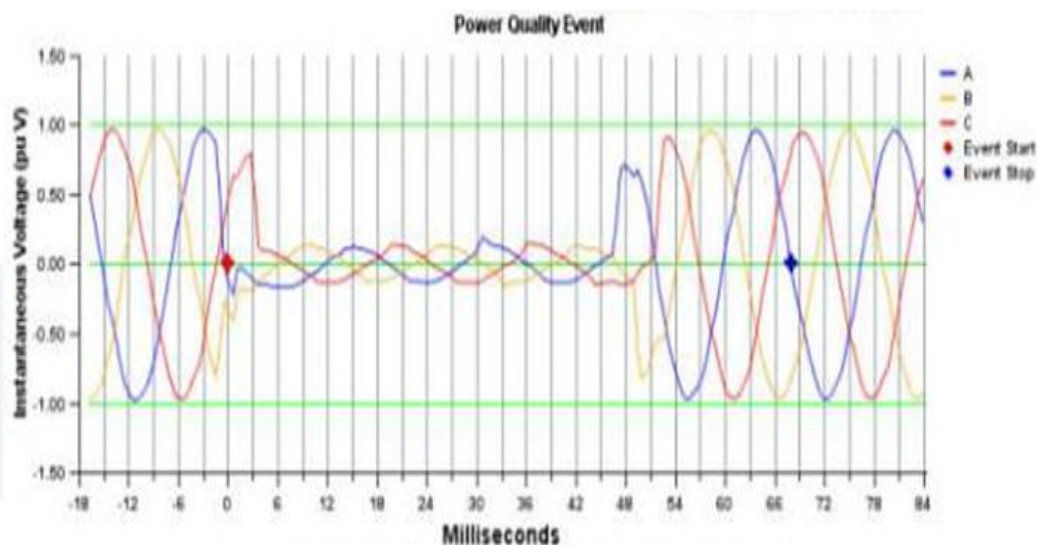
**2、民法典第三编：**合同；第二分编：典型合同：第十章：供用电、水、气、热力合同：供电人应当按照国家规定的**供电质量标准和约定**安全供电。供电人未按照国家规定的供电质量标准和约定安全供电，造成用电人损失的，应当**承担赔偿责任**。

**3、供用电合同解读：**（一）电力既是生产生活中的必需品，**又是特殊商品**，法律必须对其予以**特别的规制**；（二）因此，供用电合同是**定型化、格式化合同**，条款由供方单位拟定，用方**只能决定是否同意订立合同，而不能决定合同内容**；（三）如发生供电质量偏差，供方**只按偏差电量的部分进行赔偿**，不赔偿由于供电质量偏差引起的生产损失。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

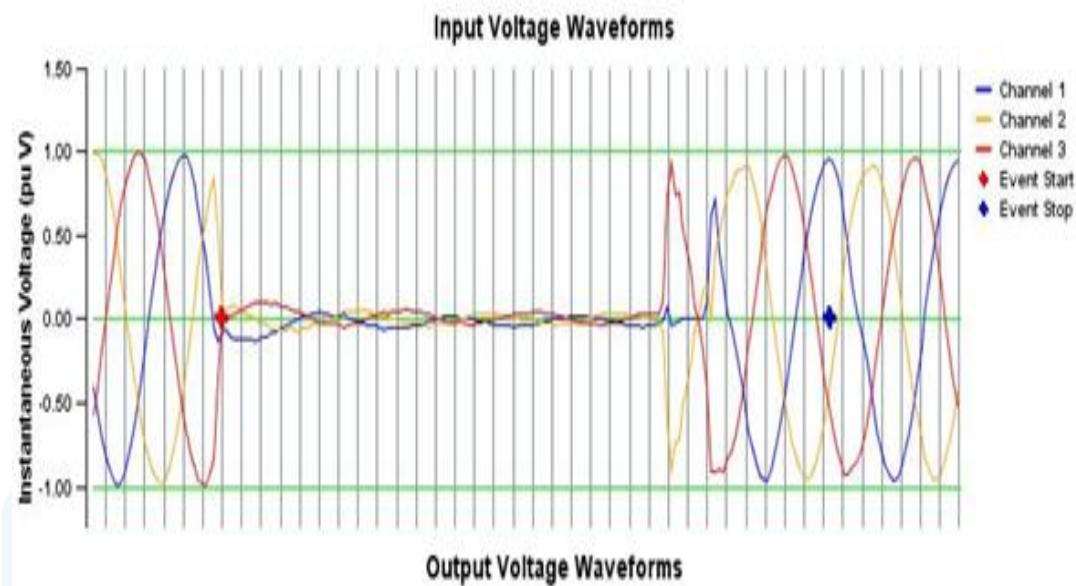
### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断定义与波形特征

**国标中的定义：**电压暂降是指电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至 $0.1\text{p.u.}\sim 0.9\text{p.u.}$ ，并在短暂持续 $10\text{ms}\sim 1\text{min}$ 后恢复正常的现象。电压短时中断是电压方均根值突然降至 $0.1\text{p.u.}$ 以下，并短暂持续 $10\text{ms}\sim 1\text{min}$ 后恢复正常的现象



RMS Voltage During The Event

电压暂降的录波



Output Voltage Waveforms

电压短时中断的录波

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2、电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



#### ■ 大气事件

- 雷电、暴风雨、冰雪
- 空气污染、空气漂浮物

#### ■ 机械性干扰破坏

- 车辆、建筑挂碰，施工，树障
- 蓄意破坏，小动物触碰

#### ■ 电网和设备故障

- 设备老化、破损、制造或施工缺陷

#### ■ 电网事故和误操作

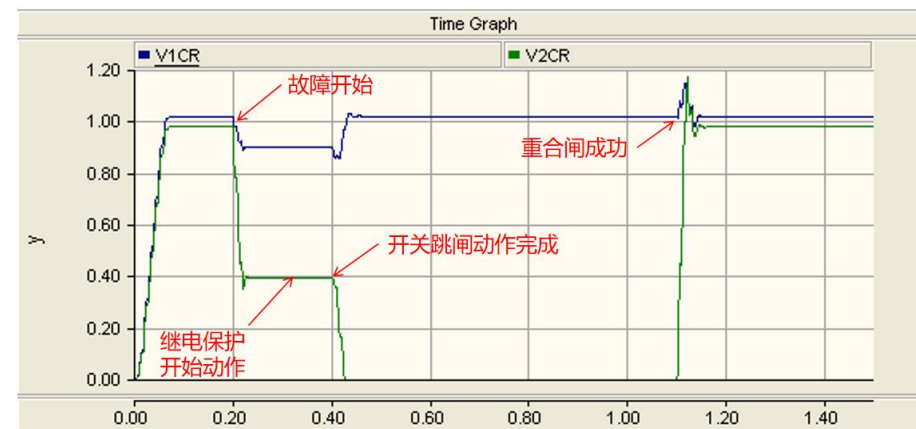
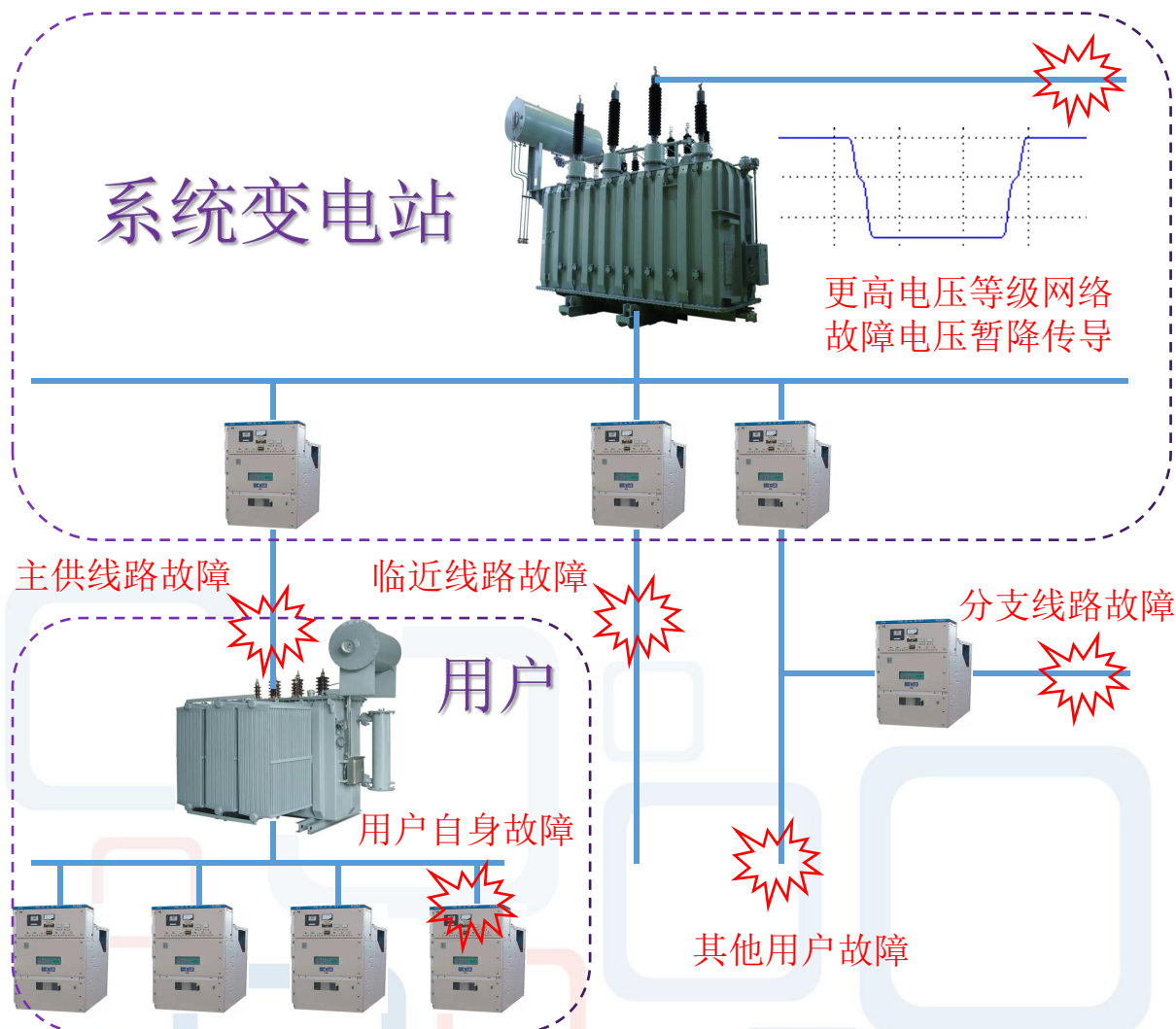
#### ■ 自然灾害

- 洪水、滑坡、地震、雪崩



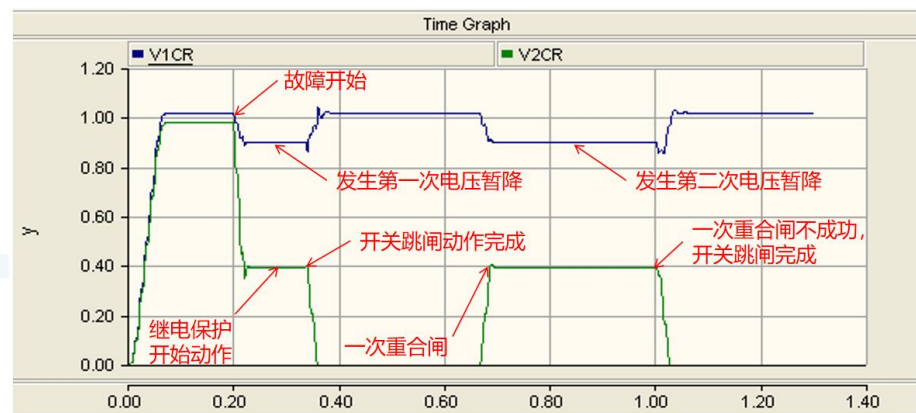
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2、电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



故障线路的电压有效值曲线 附近正常线路的电压有效值曲线

(一次重合闸成功的电压波形)

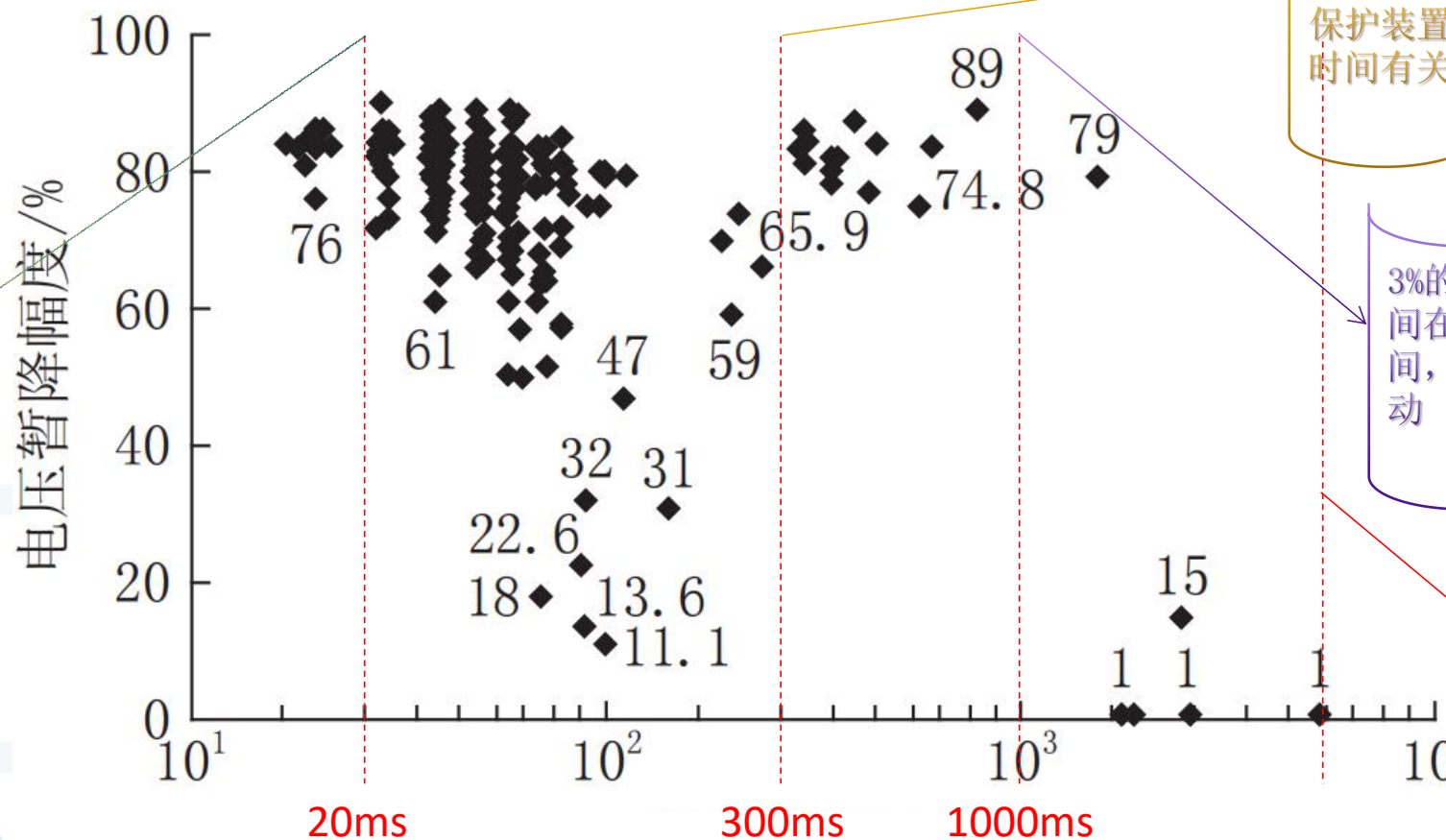


故障线路的电压有效值曲线 附近正常线路的电压有效值曲线

(一次重合闸不成功的电压波形)

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 2、电压质量：电压的暂降与短时中断的成因和危害特征量



6%的电压暂降持续时间小于20ms，起因是变压器励磁涌流、电容器合闸涌流

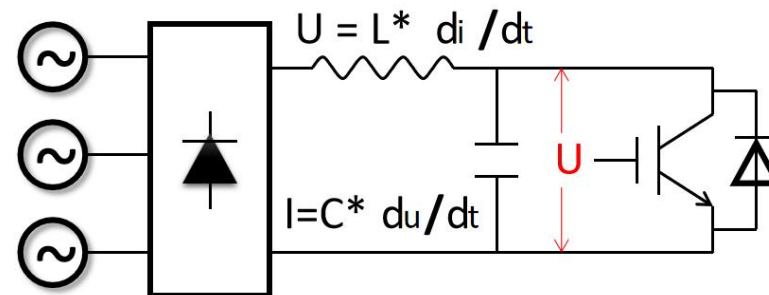
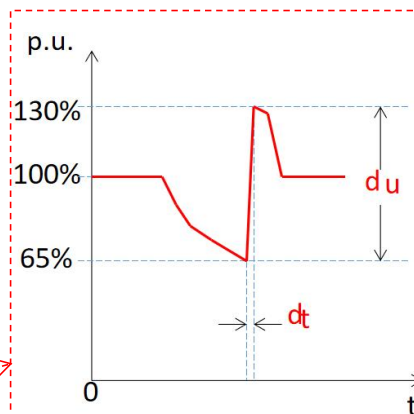
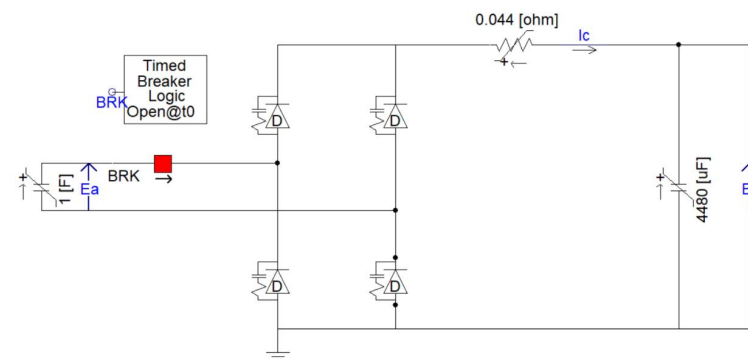
90%的电压暂降持续时间小于300ms，与继电保护装置切除故障的时间有关

3%的电压暂降持续时间在300ms~1000ms之间，起因是大负荷启动

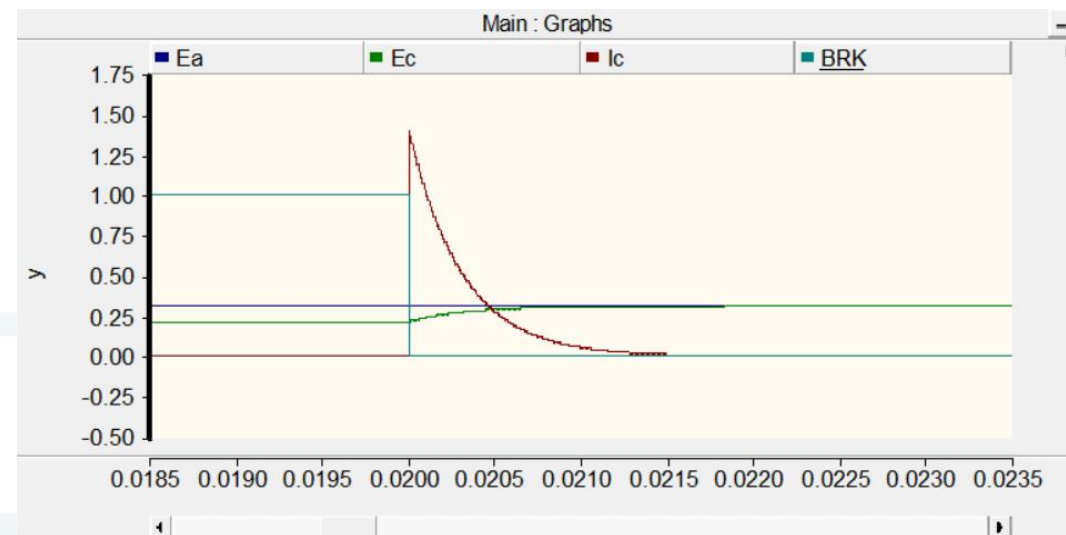
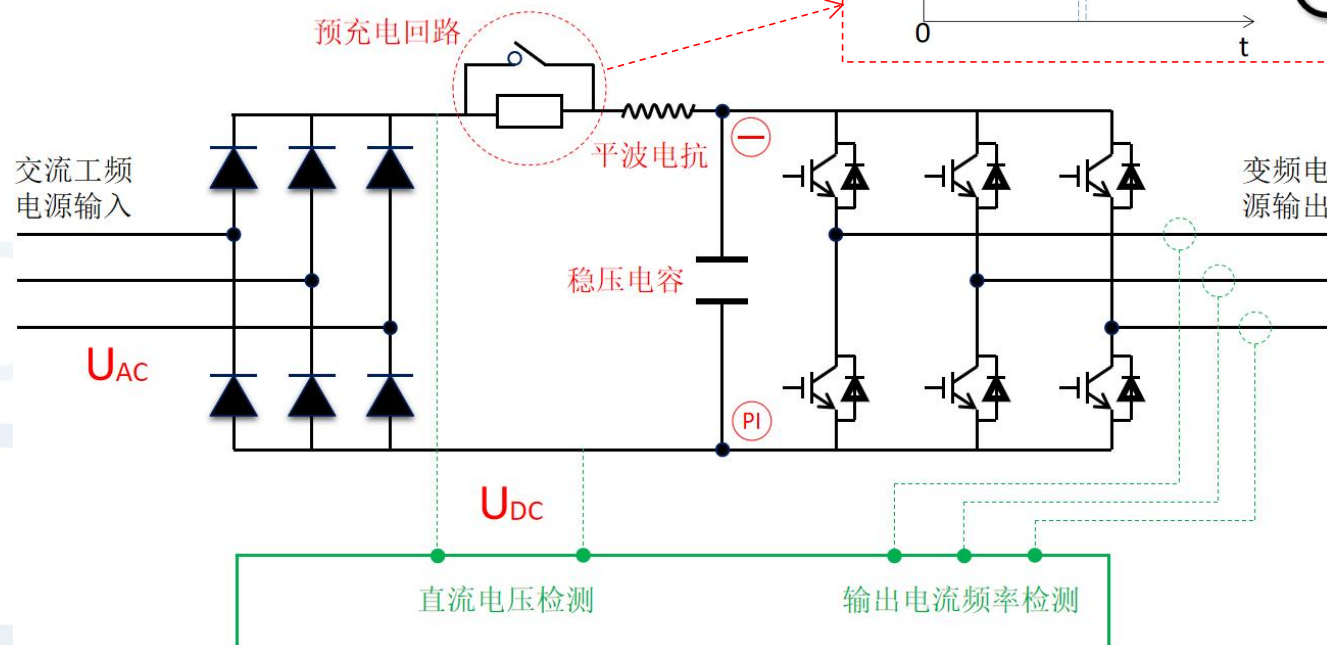
1%的电压短时中断持续时间大于1秒，起因是本级线路故障的重合闸

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 3、电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——变频器、伺服控制器



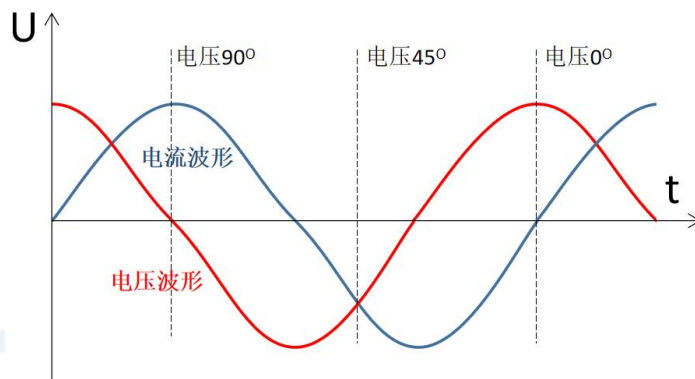
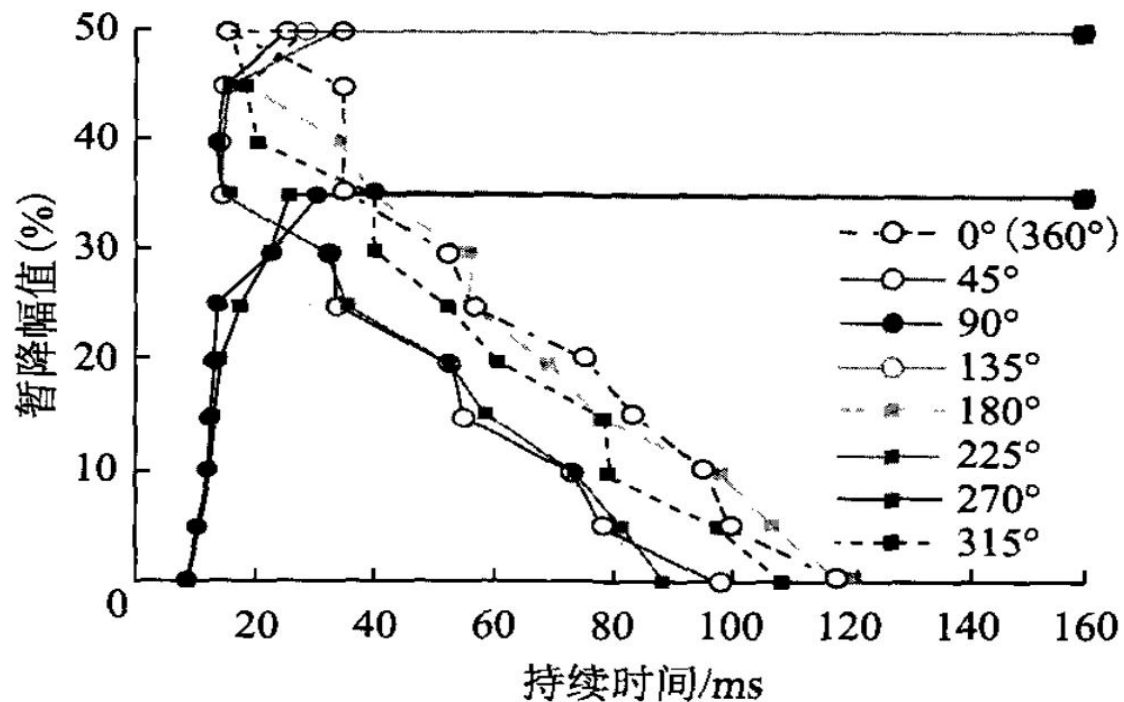
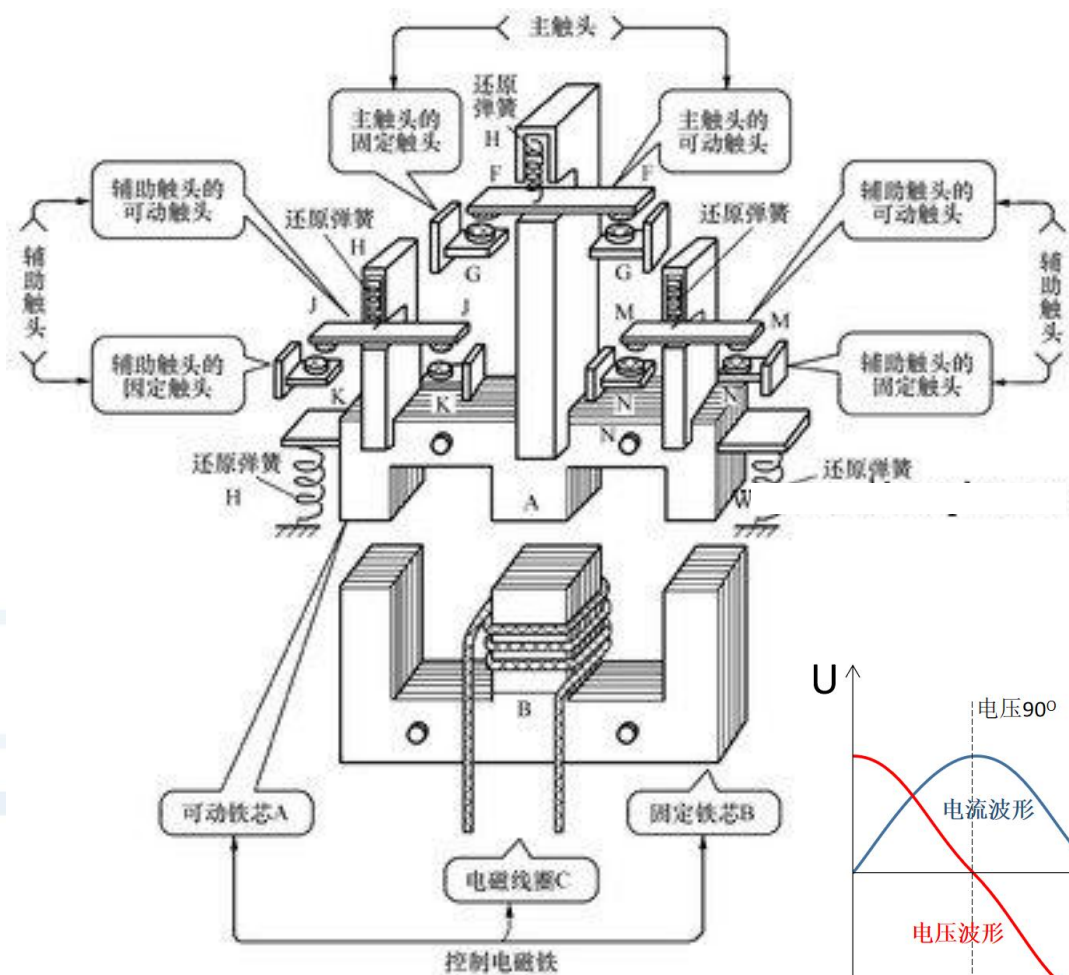
电压暂降不但会使变频器停机，还有可能损坏变频器





## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

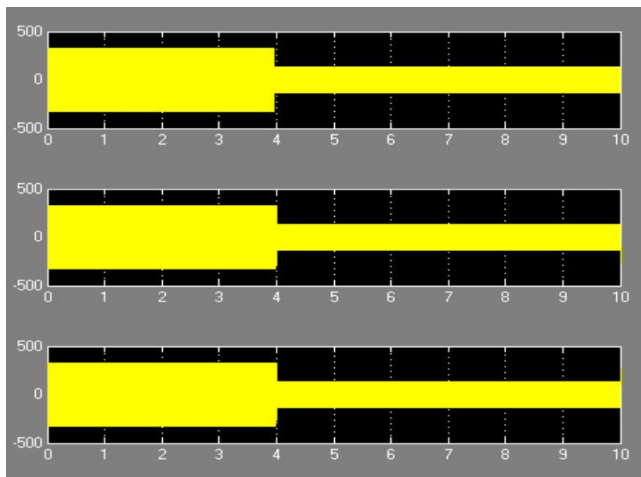
### 4、电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——交流接触器



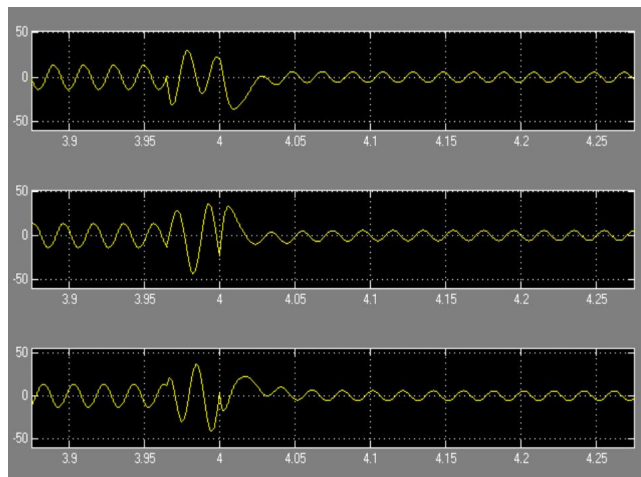
电压暂降的幅值、持续时间和暂降发生的起始点，对交流接触器的电压抗扰度都有非常大的影响。最短2ms，最长120ms就会发生跳闸。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

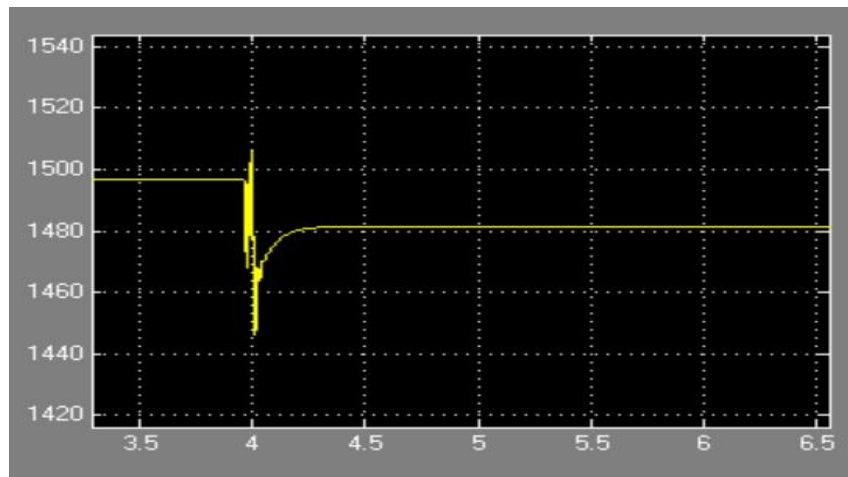
### 5、电压质量：电压的暂降与短时中断对设备的影响——交流异步电动机



电压



电流



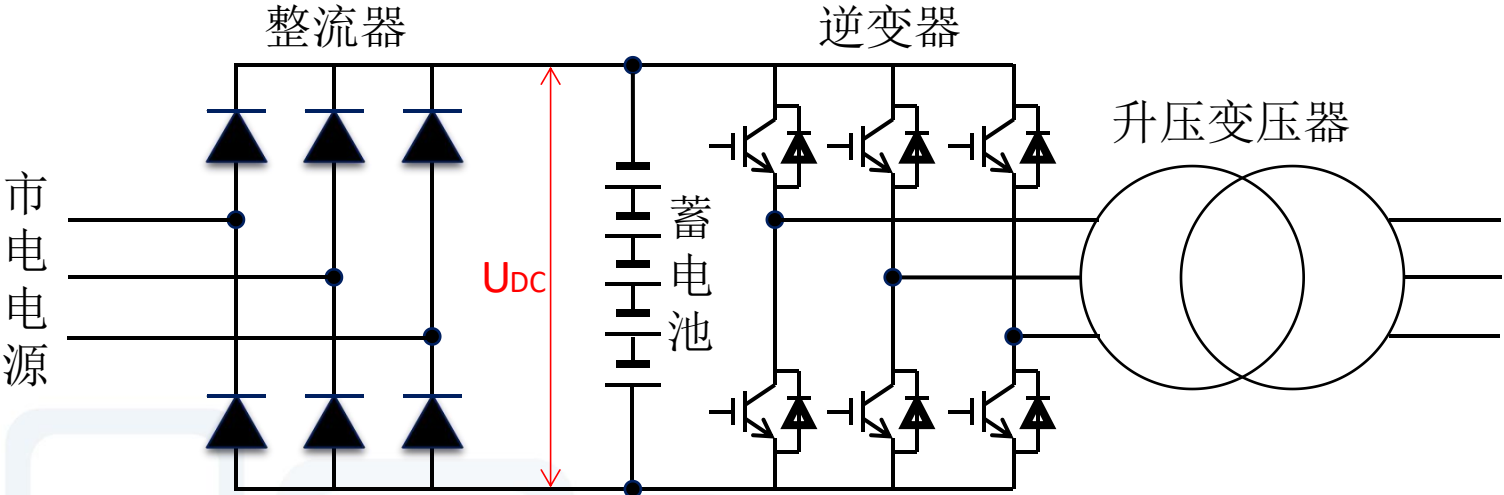
转速

根据交流三相异步电动机转速公式： $N=60F_1/P*(1-S)$ ，其中转差率 $S=E/E_2$ ，当输入电压下降的瞬间，异步电动机因为转子电势 $E$ 未来得及改变，会产生一个反电势，电机电流有几个周波的突然增加，随后电机转速开始降低，并稳定运行。需要特别指出的是，短时的电压降低并不会造成异步电动机停机，但长时间的电压降低，除非带的是平方性负载，否则将引起电动机热保护动作。

# 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

### 1.1、不间断电源UPS（工频机）



**工作原理：**市电正常时，通过整流器将交流市电变为直流，再通过逆变器逆变为交流输出，两次转换导致电压损失，再通过升压变压器恢复到额定电压。当市电电源电压发生暂降或中断时，蓄电池的端电压并不会发生改变，所以逆变器的输出电压就不会发生改变。

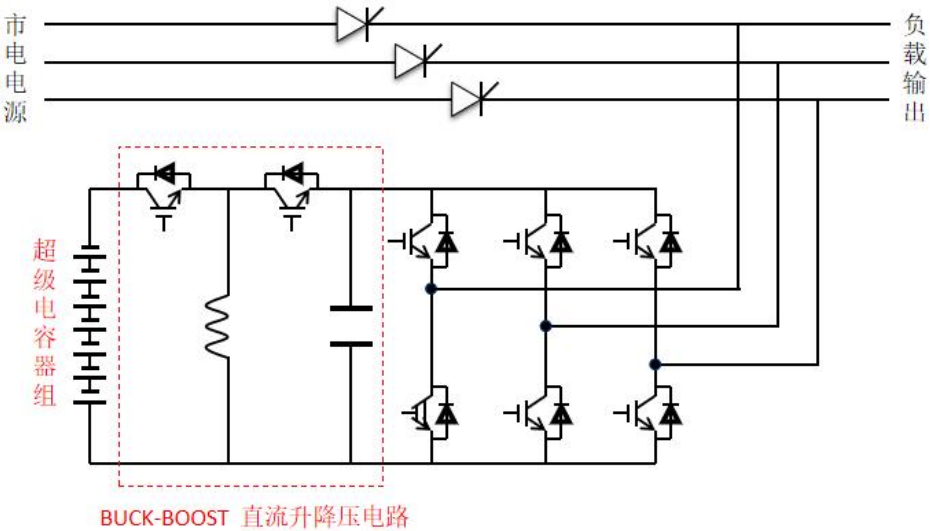
适用场合	优点	缺点
数据中心、通信服务器、继电保护电源等无冲击性负荷的场所	输出电压精度高、持续供电时间长、技术成熟稳定	体积庞大、能耗高（15%左右）、蓄电池对环境温度有要求且使用寿命一般不超过5年、不适合带电动机等有冲击性的工业负载



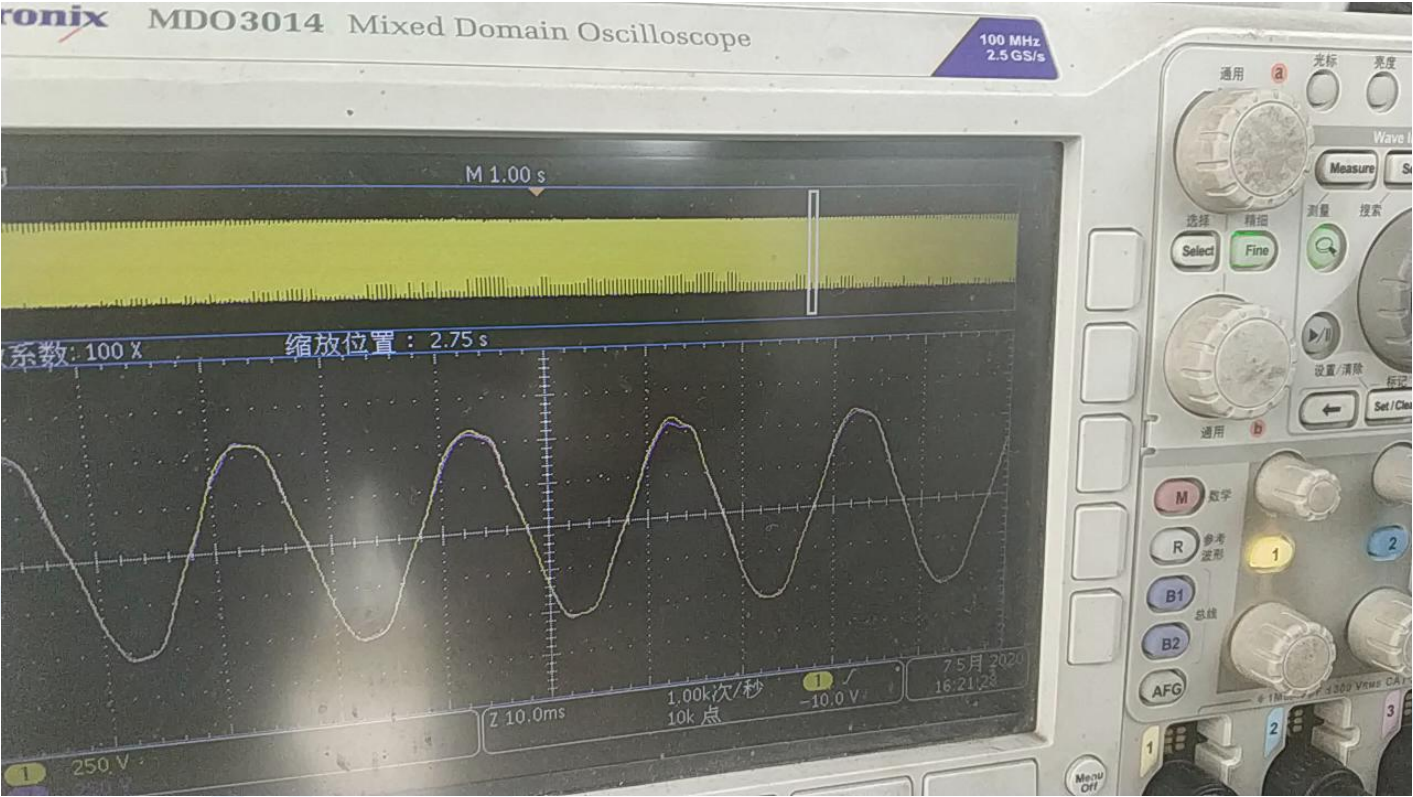
# 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

### 1.2、动态电压恢复器 (DVR)



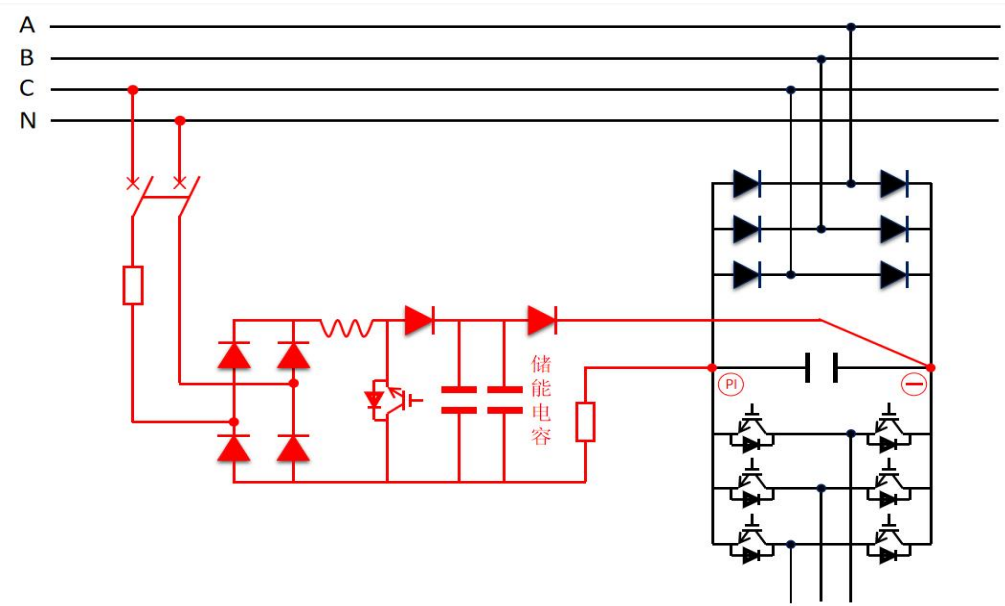
适用场合	优点	缺点
全场合	能耗低、占地面积小、使用寿命长	昂贵



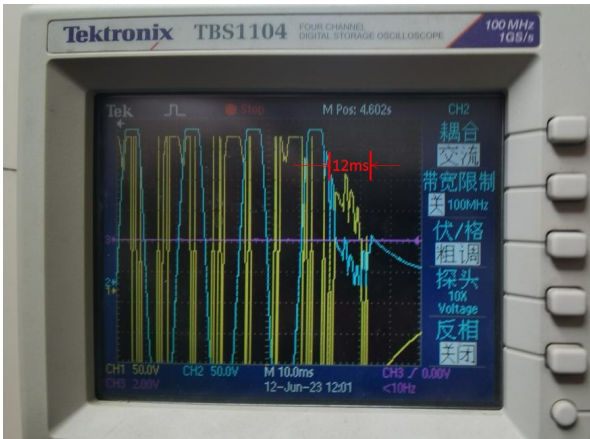
# 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

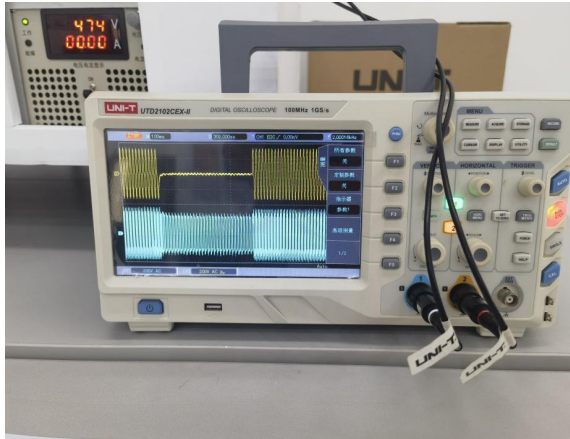
### 1.3、短时能量源 (STPS)



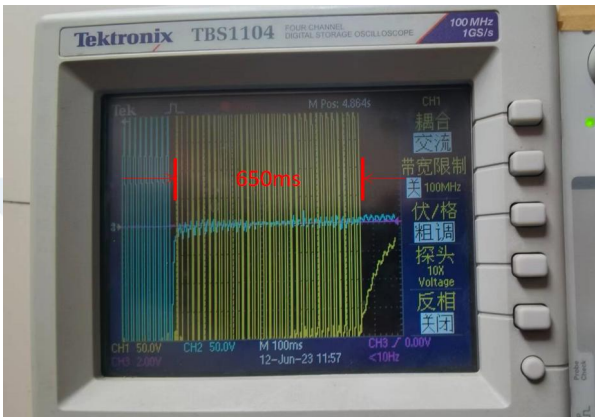
适用场合	优点	缺点
变频器、伺服控制器等有直流段的设备	价格便宜、可靠性高、环境适应性强	应用范围窄



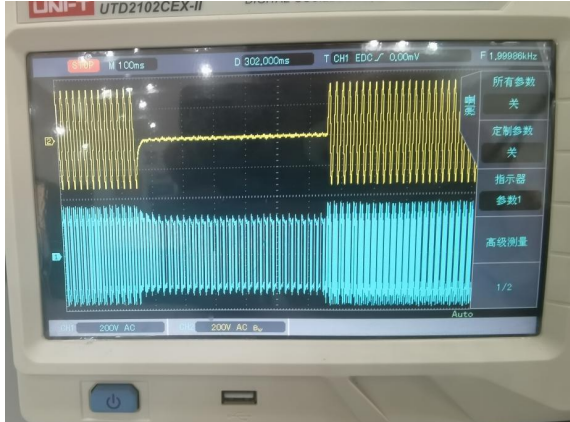
变频器自身的低电压耐受能力



2000次断电补偿试验录波



短时能量源实测补偿时间



2000次断电补偿试验录波



## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

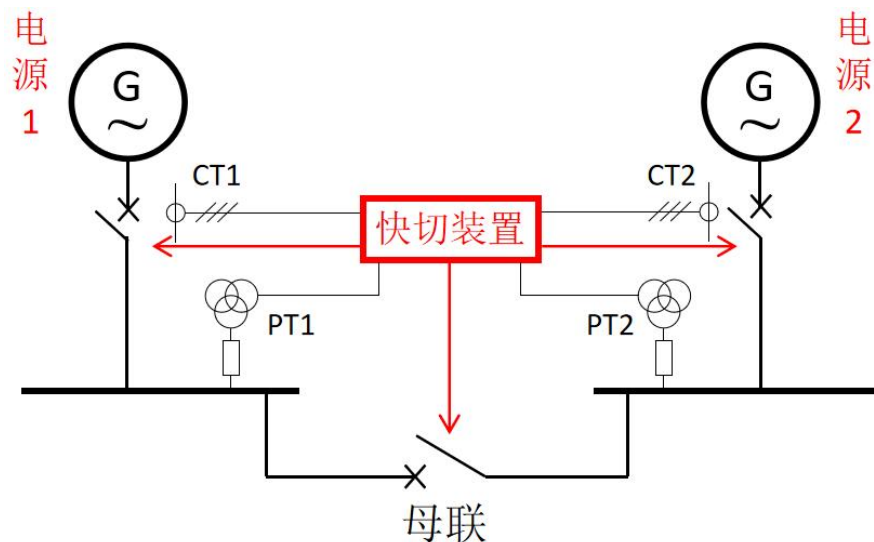
### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.4、10kV快切系统

备自投装置



快切装置



《DL/T 478-2001 静态继电保护及装置通用技术条件》

**备自投动作**要满足**4个条件**：

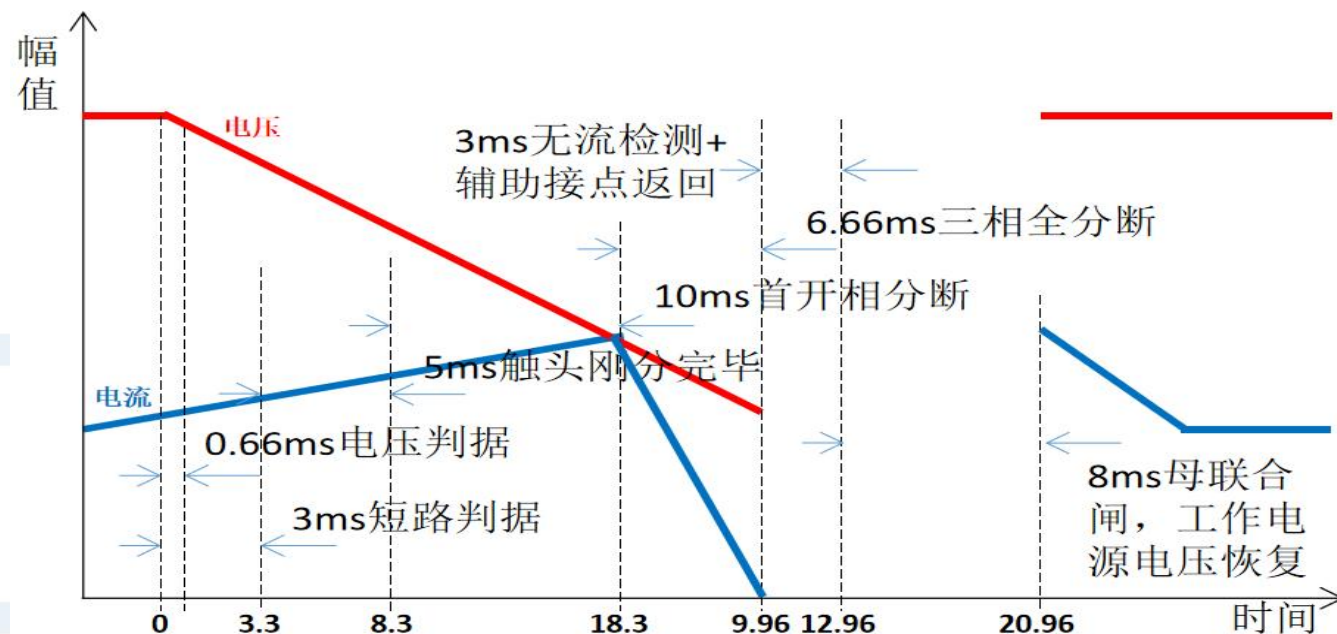
- (1) 工作电源电压小于无压定值；
- (2) 工作电源电流小于无流定值；
- (3) 备用电源电压大于有压定值；
- (4) 无其他闭锁条件。

《DL/T 1073-2007 电厂厂用电源快速切换装置通用技术条件》

**快切动作**只要满足**3个条件中的任意一个**就可以动作：

- (1) 频率差小于 $2.0\text{Hz} \sim 3.0\text{Hz}$ ，且相位差小于 $20^\circ \sim 40^\circ$ ；
- (2) 电压矢量差的幅值小于 $40\text{V} \sim 60\text{V}$ ；
- (3) 电压矢量差与频率差之积小于 $80\text{V} \cdot \text{Hz} \sim 80\text{V} \cdot \text{Hz}$ ；

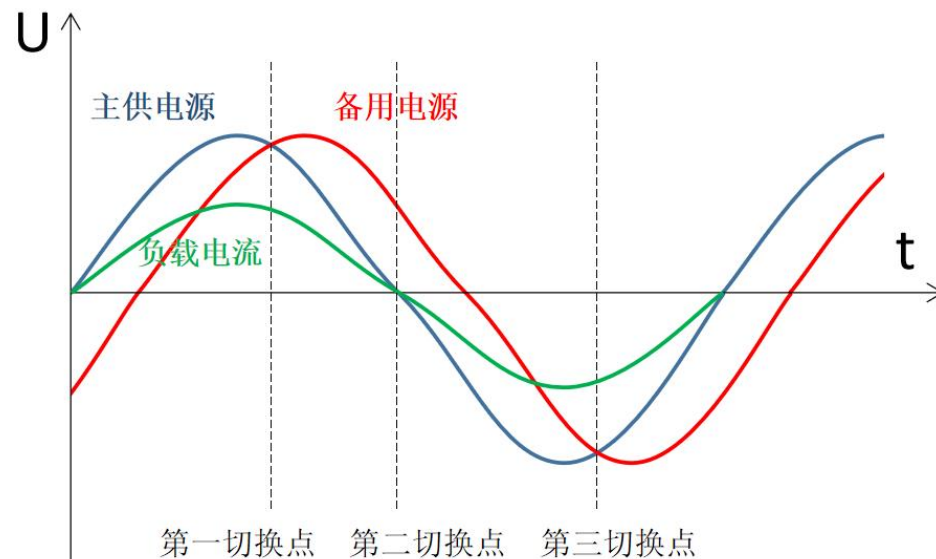
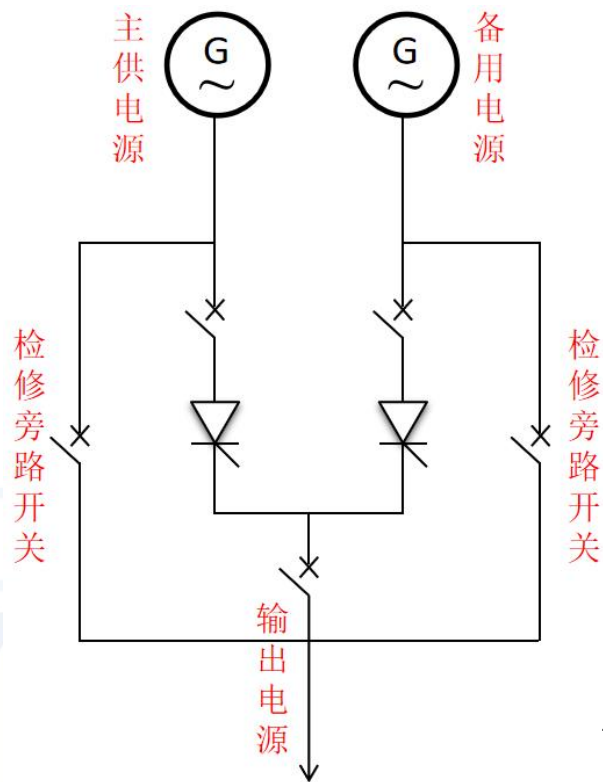




## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.5、双电源静态转换开关 (SSTS)

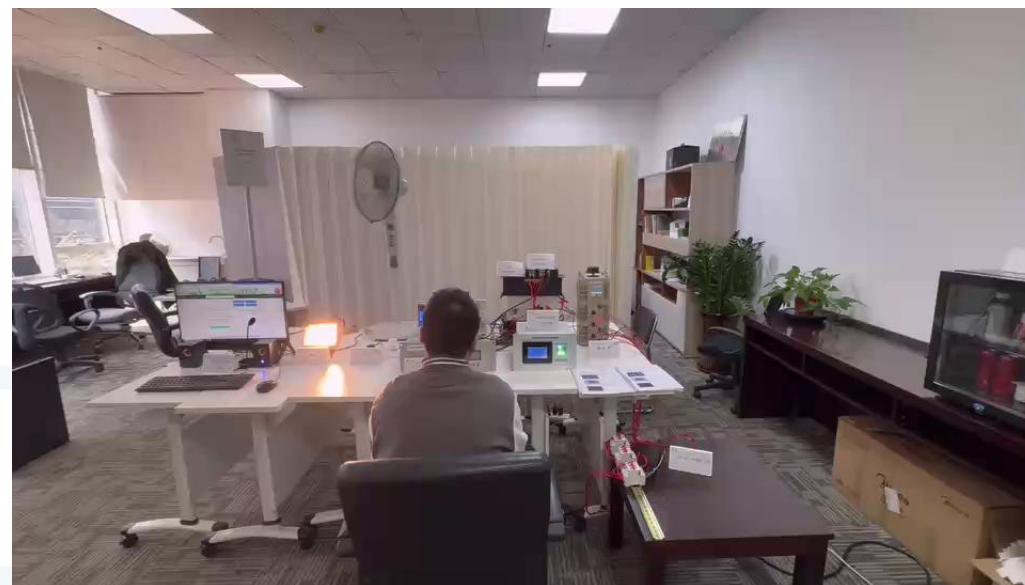
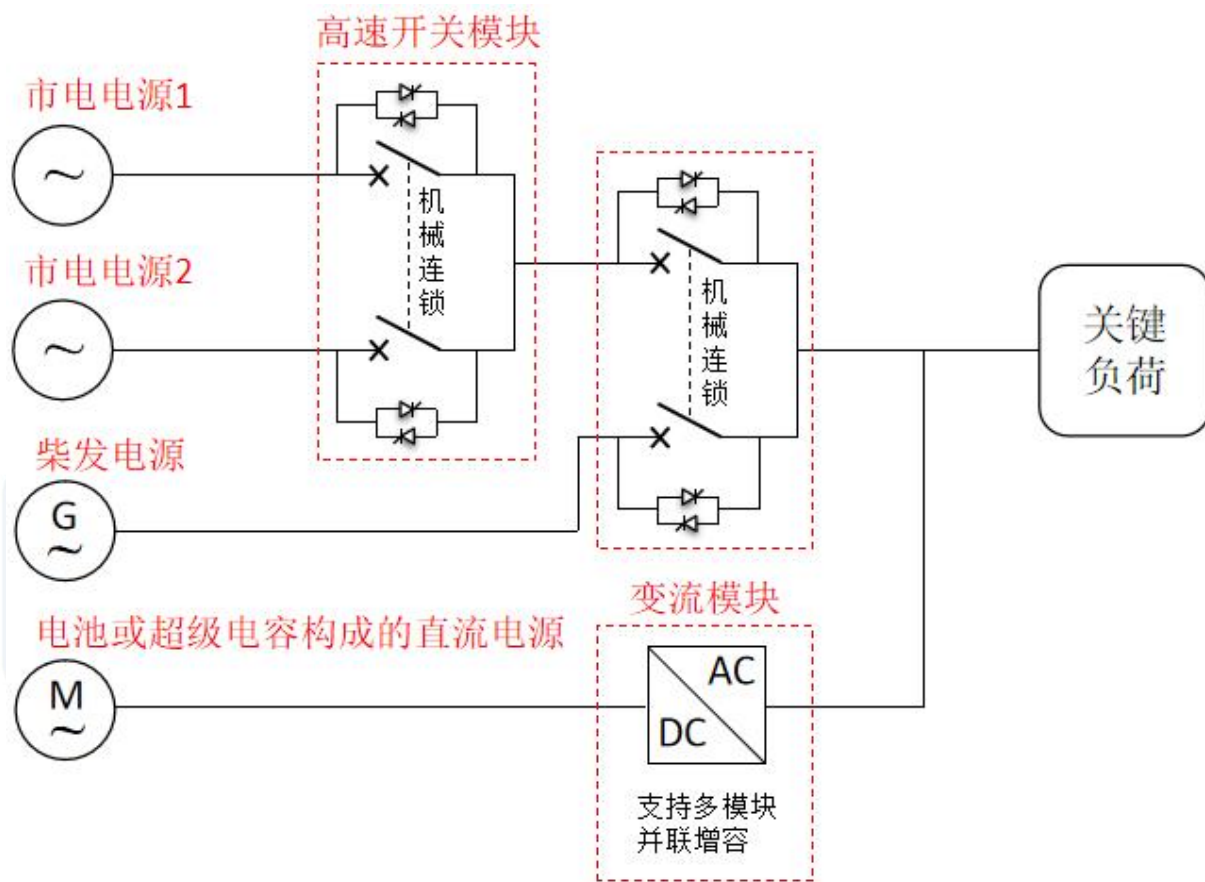


SSTS采用电压趋势算法，电压暂降判据速度最长0.66ms，晶闸管导通纳秒级，1个周波以内有三次切换机会，整机响应速度小于8ms。缺点是如果两个电源同时发生暂降，SSTS无效，负载发生强烈短路时，有可能烧毁晶闸管。

## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.6、机械式高速双电源转换开关

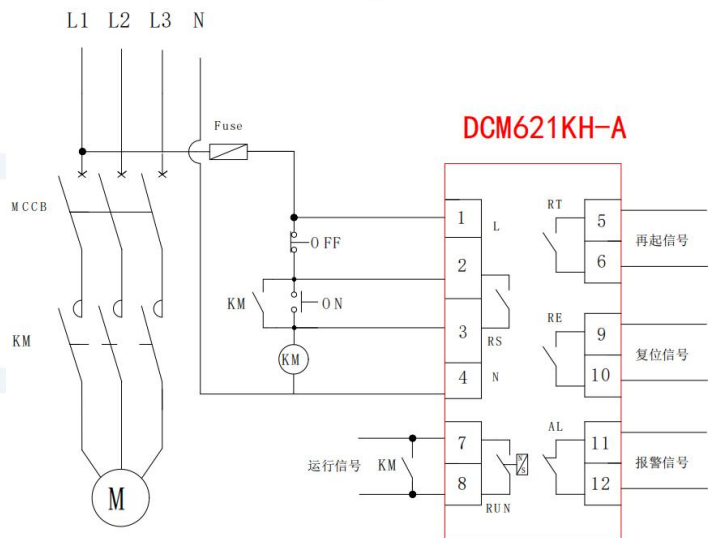
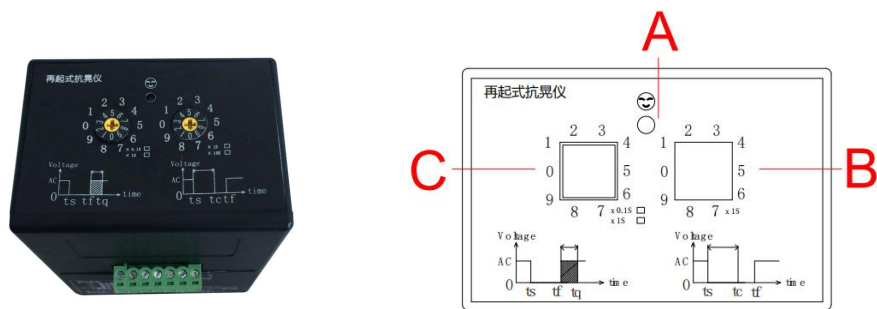




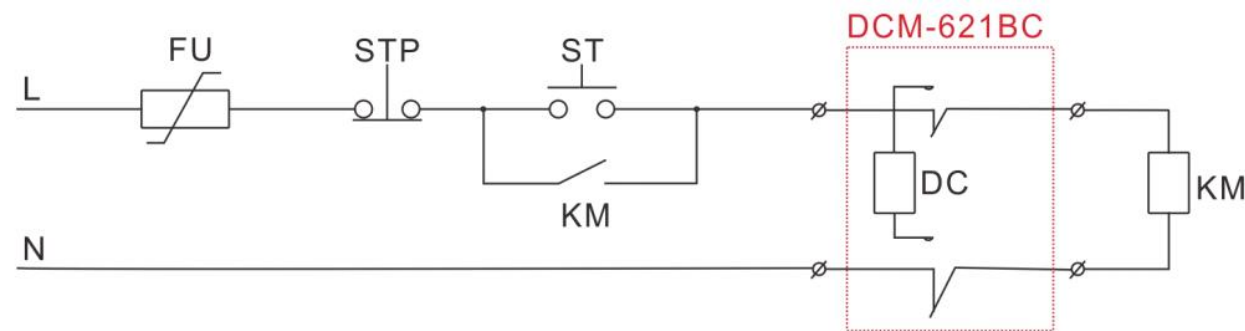
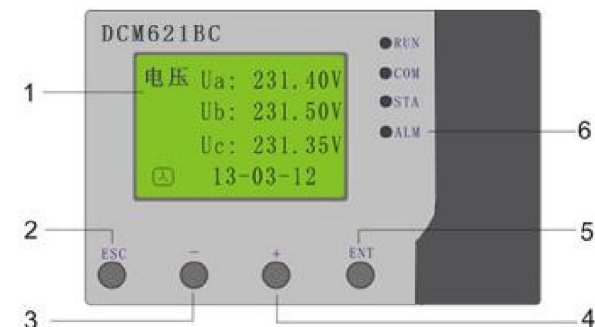
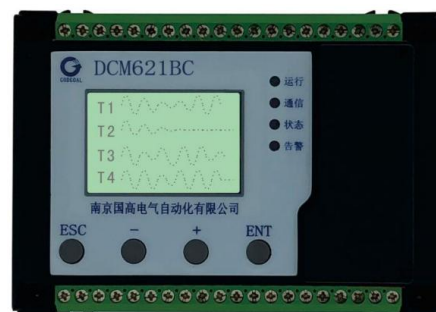
## 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

### 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

#### 1.7、抗晃电交流接触器



断电再启动型



直流不间断电源型

# 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

### 1.8、高低压开关欠压保护的设置



设备名称	20BH03#2增压风机		保护型号	MMPR-610Hb
序号	整定项目	单位	设计值	实际整定值
2	散热时间常数		9	9
3	$K_1$		0.2	0.2
4	$K_2$	s	1	1
5	热告警系数	%	70	70
(五)	低电压保护			
1	低电压定值	V	60	60
2	低电压延时	s	0.5	0.5

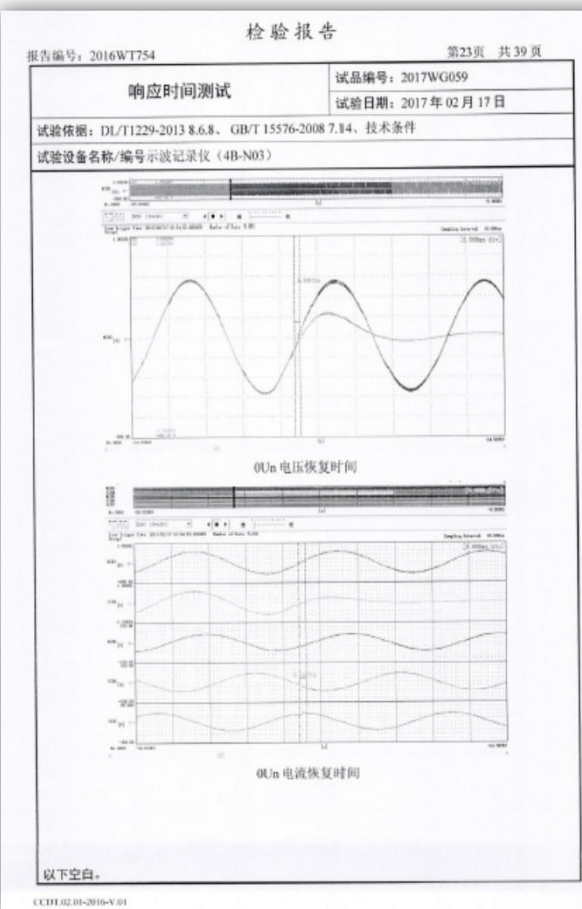
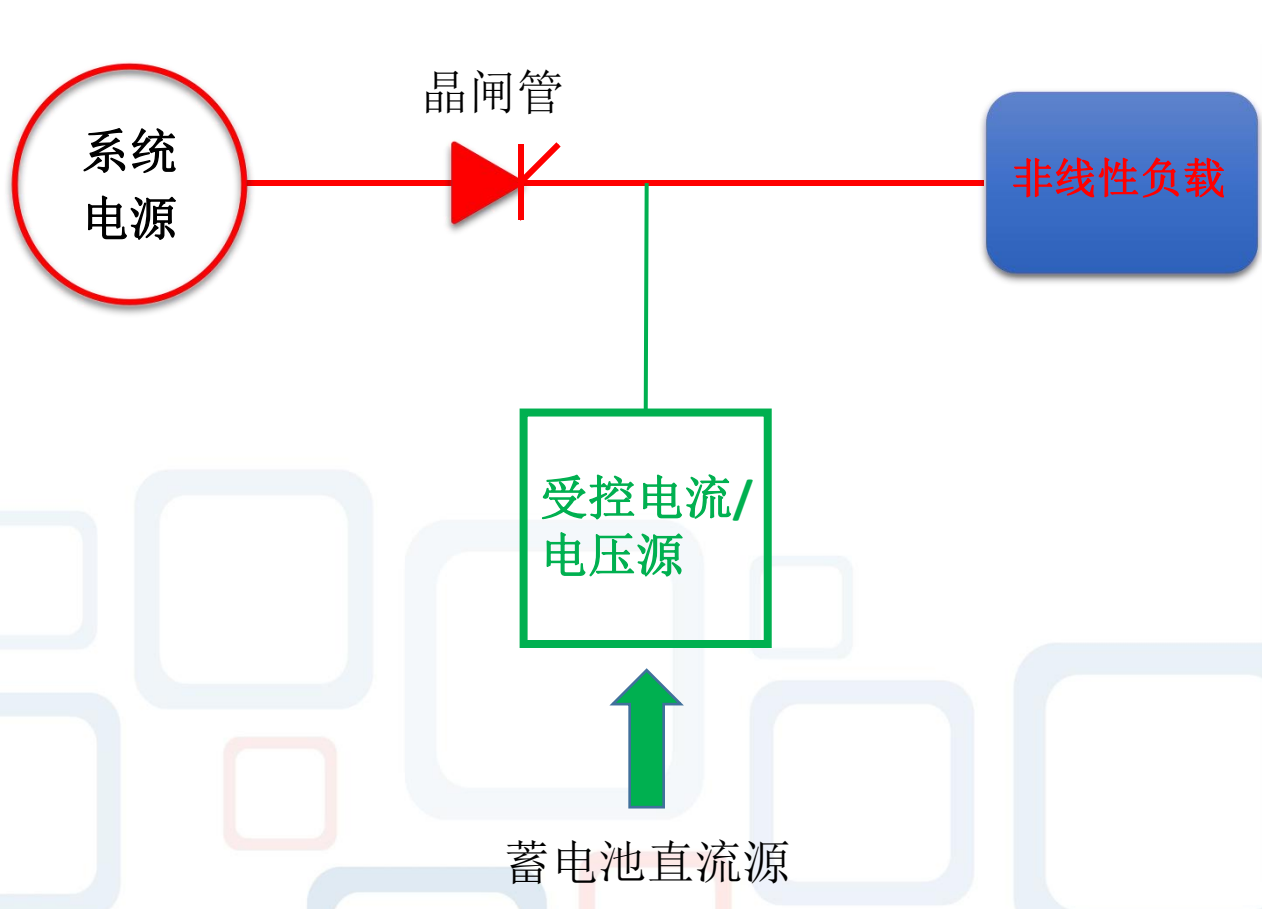
**欠压保护：**是为了避免电源恢复后，突然的电压对负载造成冲击而设置的一个保护。因此建议保留，对于低压断路器，在增加欠压保护模块的同时，必须增加延时模块，对于高压断路器，在继电保护设置时应增加延时。一般0.5s的延时即可躲过一次电压暂降。

	设备名称	额定容量(KW)	额定电流(A)	保护装置种类	门限值	动作电流(电压)	动作时间(秒)	
1	锅炉补给水 MCC B		307A	瞬时短路保护	1.96	1237A	0	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
2	锅炉补给水 MCCII 电源一		329A	瞬时短路保护	1.66	1050A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
3	循环水泵房 MCC B		94.3A	瞬时短路保护	1.4	561A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸
4	循环水处理 MCC B		150A	瞬时短路保护	0.56	225A	500''	跳闸
				低电压保护		0.45 Ue	0.5''	跳闸

# 第二章：各种电能质量问题的典型治理措施

## 1、电压质量：电压的暂降与短时中断的典型治理措施

### 1.9、储能设备峰谷套利的同时治理电压暂降



检验报告 第17页 共39页

报告编号: 2016WT754

响应时间测试 试品编号: 2017WG059

试验日期: 2017年02月17日

试验依据: DL/T1229-2013 8.6.8, GB/T 15576-2008 7.14, 技术条件

试验设备名称/编号示波记录仪 (4B-N03)

一、试验情况:

装置按实际使用情况接入电路, 将系统补偿目标电压设定为  $U_n=400V$ , 通过给定系统不同电压幅值记录装置输入电压和装置补偿电压波形如下:

电压输入值 (V)	1.3Un	1.2Un	0.8Un	0.5Un	0.1Un	0Un
520	480	320	200	40	0	
电压恢复时间允许值 (ms)	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
电压恢复时间 (ms)	0.545	0.390	0.850	0.430	0.620	0.730
电流恢复时间允许值 (ms)	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
电流恢复时间 (ms)	0.385	0.600	0.890	0.420	0.740	0.930

波形图见第18~23页。

二、结论: 合格。





# 第三章：电压暂降治理案例介绍

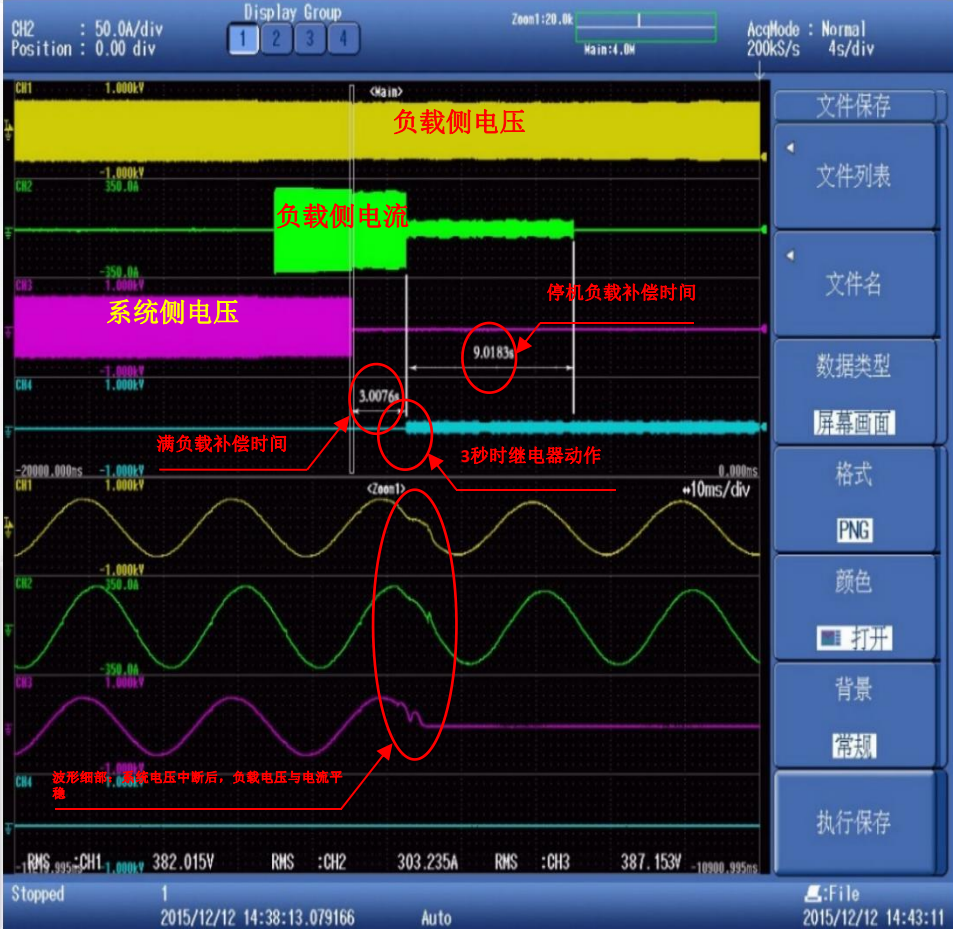
## 1、中航工业成飞歼20生产线电压暂降治理

中航工业成都飞机制造公司，  
歼20生产线电源保障项目

概况：一期工程于2015年3月投运，总容量315kVA；二期工程于2018年5月投运，总容量400kVA；三期工程于2019年10月投运，总容量400kVA  
目前全厂共计投运：总容量1115kVA。

一期工程获得中航工业科学技术进步二等奖。

成飞公司歼20生产线电能质量治理





## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 2、中央电视台北京转播塔电压暂降治理

#### 广电总局中央广播电视转播塔，转播电源保障项目

概况：一期工程于2019年8月投运，总容量400kVA；同期在云南安宁501转播台、西藏602转播台、陕西咸阳594转播台投运设备22套。

目前广电总局共计投运：总容量1455kVA.





## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 3、佛山本田发动机生产线电压暂降治理

本田汽车（佛山）零部件有限公司，汽车发动机生产线电源保障项目

概况：工程于2019年4月投运，总容量2275kVA，至今已动作50余次，为用户挽回巨额经济损失，获得日方的高度评价。



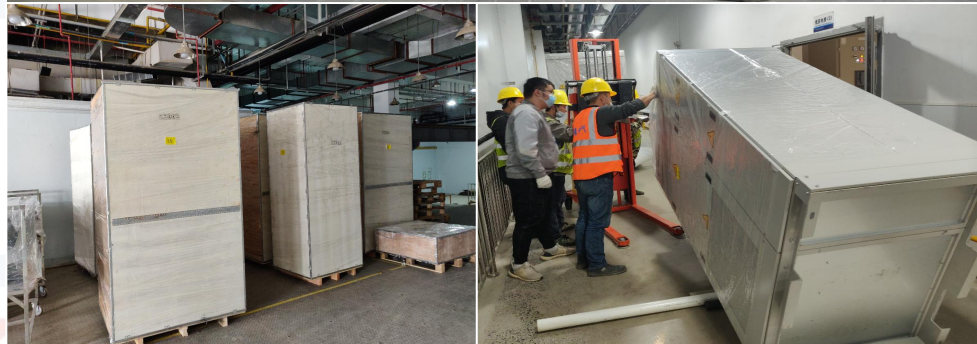


## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 4、珠海英诺赛科第四代半导体生产线电压暂降治理

英诺赛科（珠海）半导体有限公司，第四代共生半导体生产线电源保障项目

概况：工程于2019年4月投运，  
总容量1000kVA





## 第三章：电压暂降治理案例介绍

### 5、文昌卫星发射基地发射区电压暂降治理

#### 文昌卫星发射中心，发射区 燃料加注系统电源保障项目

概况：一期工程于2020年10月投运，总容量150kVA；二期工程根据发射任务进度，现拟定于2021年投运，总容量6750kVA。覆盖文昌发射中心发射区全部关键用电负荷。





**THE END**

**感谢倾听，请多指教！**

主讲：白老师

电话：13847\*\*\*\*\*

