

团 体 标 准

T/CSEE XXXX—YYYY

敏感用户电压暂降治理效果评价方法

Evaluation methods of voltage sag management effect for
sensitive user

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 发布

目 次

前 言.....	3
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语定义.....	4
4 符号和缩略语.....	5
4.1 符号.....	5
4.2 缩略语.....	5
5 评价原则.....	5
6 评价信息.....	5
6.1 系统侧信息.....	6
6.2 用户侧信息.....	6
7 评价指标.....	6
7.1 技术性指标.....	6
7.2 经济性指标.....	6
8 评价方法和流程.....	7
8.1 电压暂降治理效果技术性评价.....	7
8.2 电压暂降治理效果经济性评价.....	7
8.3 电压暂降治理效果综合评价.....	8
9 评价报告.....	9
附录 A 电压暂降严重性计算规则.....	11
附录 B 电压暂降治理效果评价信息收集表.....	12
附录 C 典型定制电力设备功能表.....	14
附录 D 电压暂降治理效果评价报告.....	15

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

敏感用户电压暂降治理效果评价方法

1 范围

本标准规定了敏感用户（下称：用户）电压暂降治理效果评价方法，包括评价原则、评价信息、评价指标、评价方法和流程、评价报告内容框架。

本标准适用于接入35kV及以下配电网待开展或已经开展电压暂降治理工程的敏感用户。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15543--2008 电能质量三相电压不平衡

GB/T 30137-2013 电能质量 电压暂降与短时中断

GB/Z 32880.1-2016 电能质量经济性评估 第1部分:电力用户的经济性评估方法

GB/T 39270-2020 电压暂降指标与严重程度评估方法

NB/T 41009-2017 定制电力技术导则

3 术语定义

GB/T 15543--2008、GB/T 30137-2013、GB/T 39270-2020、NB/T 41009-2017、TCPSS 1004—2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公共连接点 point of common coupling (PCC)

电力系统中一个以上用户的连接处。

[来源：GB/T 15543—2008，3.6]

3.2

电压暂降 voltage dip (sag)

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至0.1p.u.~0.9p.u.，并在短暂持续10ms~1min后恢复正常的现象。

[来源：GB/T 30137-2013，3.1]

3.3

定制电力设备 custom power devices; custom power controller

实现配电网特定电能质量和供电可靠性要求的电力电子设备或其他多种装置的组合。

注:常用的定制电力设备参见附录C。

[来源：NB/T 41009-2017，3.3]

3.4

电压暂降治理效果评价 voltage sag management effect evaluation

用户购置定制电力设备实现电压暂降治理的技术经济性。

3.5

电压暂降严重性 voltage sag severity

一定时间内PCC点电压暂降事件对敏感设备、生产过程或供电电源等影响程度的评价。

[来源:GB/T 39270-2020，3.12]

3.6

残余电压 residual voltage

电压暂降或者短时中断过程中记录的电压方均根值的最小值。

[来源:GB/T 30137-2013, 3.9]

3.7

电压暂降持续时间 duration of a voltage sag

达到电压暂降阈值的电压暂降事件的持续时间。

[来源:GB/T 30137-2013, 3.4]

3.8

电压暂降阈值 voltage dip threshold

用于判断电压暂降开始和结束而设定的电压门槛值。

[来源:GB/T 30137-2013, 3.3]

3.9

电压暂降敏感设备 sensitive equipment under voltage sag

当电压暂降发生时,可直接导致运行中断、误动或故障的设备。

[来源:T/CPSS 1004—2022, 3.5]

3.10

电压暂降敏感用户 sensitive customer

在生产过程中使用敏感设备的电力用户。

[来源:T/CPSS 1004—2022, 3.7]

3.11

改善率 improvement rate

用于描述用户安装定制电力设备前后的电压暂降评价指标变化程度。

4 符号和缩略语

4.1 符号

无

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PCC: 用户侧与供电系统之间的连接点 (point of common coupling)

5 评价原则

5.1 电压暂降治理效果可分为 I、II、III、IV、V 等级,等级越高,电压暂降治理效果越佳。

5.2 用户电压暂降治理效果评价,应综合考虑系统侧技术性信息、用户侧经济性信息。

5.3 用户电压暂降治理效果评价过程中应遵循系统性、专业性和动态性原则。

a) 构建系统的评价指标体系,综合评价电压暂降治理效果,给予治理效果等级。

b) 发挥专业评价机构及专家作用,运用信息化技术手段,开展电压暂降治理效果评价。

c) 根据定制电力设备应用情况,电压暂降治理效果技术性评价结果和经济性评价结果动态更新。

5.4 对于待开展电压暂降治理工程的用户,所有涉及电压暂降治理后的信息,均依据当前系统侧与用户侧的实际情况进行预评估。

6 评价信息

6.1 系统侧信息

系统侧信息来源于 PCC 点的电能质量监测装置，监测装置与采样要求需遵守 GB/T 30137-2013 的要求。系统侧信息包括但不限于以下内容：

- a) PCC 点的电压暂降监测数据，例如，一定时间范围内的电压暂降事件频次、单次电压暂降事件的电压幅值和持续时间等。
- b) 若 PCC 点未安装电压暂降监测装置，选取 PCC 点母线或上级变电站的电压暂降监测数据。
- c) 若存在多个满足 5.1 中 b) 要求的监测装置，选取与用户电气距离最短的电压暂降监测点数据。

6.2 用户侧信息

用户侧信息包括但不限于以下内容：

- a) 用户在电压暂降事件治理前后的一定时间范围内，各次电压暂降事件下用户的废品损失、停工损失、生产补救费用、设备成本、减产的利润损失、次品的利润损失等。
- b) 用户购置定制电力设备参数：类型、品牌、规格、容量、接线方式等；
- c) 用户购置定制电力设备的使用寿命、购置费用、安装费用、年均运维检修费用等。

7 评价指标

7.1 技术性指标

根据 GB/T 39270-2020，PCC 点电压暂降严重性指标 S_{site} 的计算公式如下：

$$S_{site} = \sum_{i=1}^n S_{e-i} \quad (1)$$

式中：

i ——一定时间内 PCC 点电压暂降事件序号；

n ——一定时间内 PCC 点电压暂降事件数量；

S_{e-i} ——一定时间内 PCC 点第 i 次电压暂降事件的严重性。

其中， S_{e-i} 的计算公式如下：

$$S_{e-i} = \frac{1-U_i}{1-U_{curve}(d_i)} \quad (2)$$

式中：

$U_{curve}(d_i)$ ——参考曲线上与 PCC 点第 i 次电压暂降事件具有相同持续时间的电压幅值(p.u.)；

U_i ——PCC 点第 i 次电压暂降事件的电压暂降幅值(p.u.)

d_i ——PCC 点第 i 次电压暂降事件的持续时间。

注：IEEE Std 1564-2014 推荐参考曲线为 SEMI F47 曲线，计算规则见附录 A。

7.2 经济性指标

7.2.1 用户电压暂降经济损失

用户第 i 次电压暂降事件经济损失 C_{loss-i} 计算公式：

$$C_{loss-i} = C_{direct-i} + C_{indirect-i} \quad (3)$$

式中：

$C_{direct-i}$ ——用户第 i 次电压暂降直接经济损失费用；

$C_{indirect-i}$ ——用户第 i 次电压暂降间接经济损失费用；

根据 GB/Z 328801-2016，用户直接经济损失 $C_{direct-i}$ 由废品损失、停工损失、生产补救费用、设备成本构成，计算公式如下：

$$C_{direct-i} = C_{waste_i} + C_{stop_i} + C_{production_i} + C_{equipment_i} \quad (4)$$

式中：

C_{waste} ——用户第 i 次电压暂降废品损失费用；

C_{stop_p} ——用户第 i 次电压暂降停工损失费用；
 $C_{production_r}$ ——用户第 i 次电压暂降生产补救费用；
 $C_{equipment}$ ——用户第 i 次电压暂降设备成本；

根据 GB/Z 328801-2016，用户间接经济损失 $C_{indirect-i}$ 由减产的利润损失、次品的利润损失构成，计算公式如下：

$$C_{indirect-i} = C_{reduced_i} + C_{defective_i} \quad (5)$$

式中：

$C_{reduced_i}$ ——用户第 i 次电压暂降减产的利润损失费用；
 $C_{defective_i}$ ——用户第 i 次电压暂降次品的利润损失费用；
 一定时间内，用户电压暂降经济损失 C_{loss} 的计算公式如下：

$$C_{loss} = \sum_{i=1}^n C_{loss-i} \quad (6)$$

7.2.2 用户电压暂降治理成本

用户可通过安置定制电力设备来实现治理电压暂降，治理成本 C_{cost} 计算公式如下：

$$C_{cost} = C_{purchase} + C_{install} + C_{maintenance} \quad (7)$$

式中：

$C_{purchase}$ ——用户购置定制电力设备的费用；
 $C_{install}$ ——用户安装定制电力设备的费用，包括运装成本和人力成本；
 $C_{maintenance}$ ——装置全生命周期内用户支付定制电力设备日常运维和故障检修的费用；
 其中，电压暂降运维检修成本 $C_{maintenance}$ 计算公式如下：

$$C_{maintenance} = \sum_{z=1}^k z \cdot C_{main_average} \quad (8)$$

式中：

z ——定制电力设备使用年份；
 k ——定制电力设备全生命周期；
 $C_{main_average}$ ——定制电力设备年均运维检修费用；

8 评价方法和流程

8.1 电压暂降治理效果技术性评价

本节建议值计算中均为按照标么值。在一定时间周期内，电压暂降治理技术性改善率 IR_{tec} 计算公式如下：

$$IR_{tec} (\%) = \left(1 - \frac{S_{site-af}}{S_{site-bf}} \right) \times 100\% \quad (9)$$

式中：

$S_{site-bf}$ ——电压暂降治理前 PCC 点电压暂降严重性；
 $S_{site-af}$ ——电压暂降治理后 PCC 点电压暂降严重性；

若是进行电压暂降治理效果技术性预评价，根据定制电力设备配置方案，对已记录的电压暂降事件进行筛选，筛选超出定制电力设备治理能力的电压暂降事件信息，如频次、幅值和持续事件，采用式 (1)-(2)，计算 $S_{site-af}$ 值。

8.2 电压暂降治理效果经济性评价

在一定时间周期内，电压暂降治理经济性改善率 IR_{eco} 计算公式如下：

$$IR_{eco} (\%) = \left(1 - \frac{C_{loss-af} + C_{cost}}{C_{loss-bf}} \right) \times 100\% \quad (11)$$

式中：

$C_{loss-bf}$ ——电压暂降治理前用户电压暂降经济损失；

$C_{loss-af}$ ——电压暂降治理后用户电压暂降经济损失；

若是进行电压暂降治理效果经济性预评价，对 8.1 节中电压暂降治理效果技术性预评价筛选后的电压暂降事件信息，采用式(3)-(6)，计算 $C_{loss-af}$ 值。

8.3 电压暂降治理效果综合评价

电压暂降治理效果综合评价值 IR 见公式(11)。

$$IR = \lambda_1 \cdot IR_{tec} + \lambda_2 \cdot IR_{eco} \quad (12)$$

式中：

λ_1 ——电压暂降治理效果技术性评价权重，建议取值 0.5；

λ_2 ——电压暂降治理效果经济性评价权重，建议取值 0.5；

根据电压暂降治理效果综合评价值，结合表 1，获取电压暂降治理效果等级。

表 1 电压暂降治理效果等级

电压暂降效果治理综合评价值 IR	等级
$0 < IR \leq 0.2$	I 级
$0.2 < IR \leq 0.4$	II 级
$0.4 < IR \leq 0.6$	III 级
$0.6 < IR \leq 0.8$	IV 级
$0.8 < IR \leq 1$	V 级

电压暂降治理效果评价方法评价流程如图 1 所示。

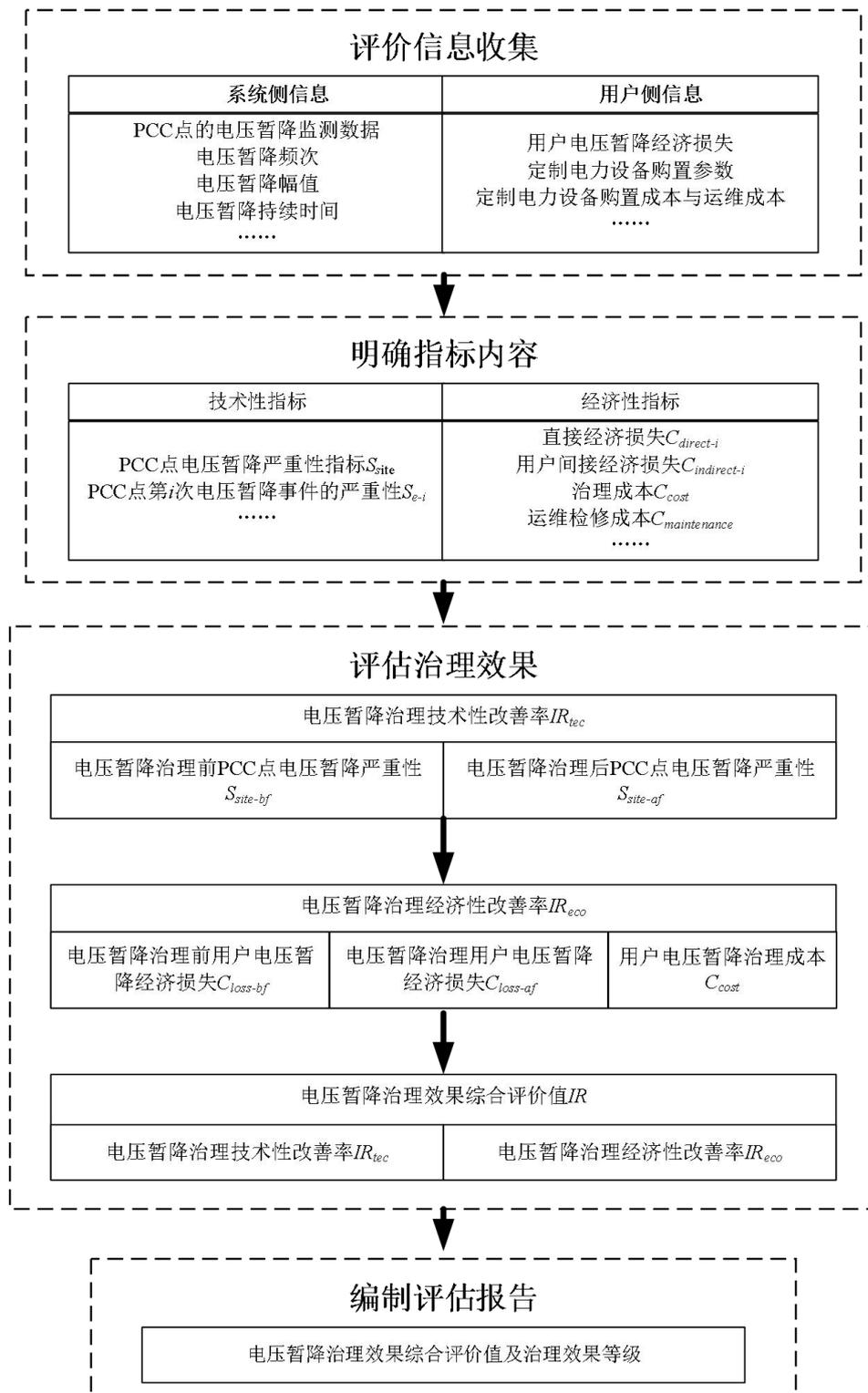


图 1 电压暂降治理效果评价方法评价流程图

9 评价报告

电压暂降治理效果评价报告宜包含能重现评价的全部信息：

——用户侧信息：

- 定制电力设备类型、品牌、规格、容量；
- 定制电力设备接线方式；

- 定制电力设备生命周期；
- 定制电力设备购置费用、安装费用、年均运维检修费用；
- 安装定制电力设备前后的单次电压暂降事件废品损失、停工损失、生产补救费用、设备成本；
- 安装定制电力设备前后的单次电压暂降事件减产利润损失、次品利润损失；
- 安装定制电力设备前后的单次电压暂降事件经济损失、直接经济损失、间接经济损失；

——系统侧信息：

- 安装定制电力设备前后PCC点监测的电压暂降事件频次及序号；
- 安装定制电力设备前后的各次事件电压幅值、各次事件持续时间；
- 安装定制电力设备前后的PCC点单次电压暂降严重性；
- 安装定制电力设备前后的PCC点电压暂降严重性；

——治理效果评价：

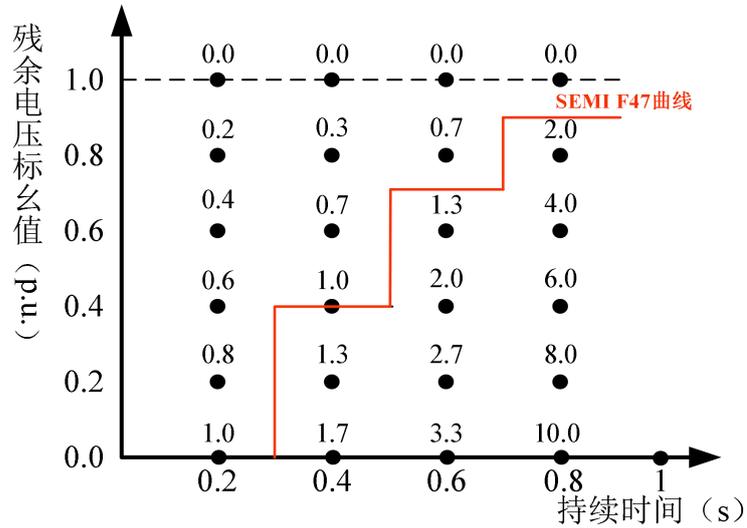
- 电压暂降治理技术性改善率 IR_{tec} ；
- 电压暂降治理经济性改善率 IR_{eco} ；
- 电压暂降治理效果综合评价值 IR ；
- 电压暂降治理效果等级；

电压暂降治理效果评价报告示例见附录D。

附录 A
(资料性)

电压暂降严重性计算规则

电压暂降严重性指标可依据用户电气设备的电压耐受曲线计算。IEEE 1564-2014推荐使用SEMI F47曲线进行电压暂降严重性指标计算，图A.1电压暂降严重性指标计算示例。



图A.1 电压暂降严重性指标计算示例

SEMI F47曲线上的电压暂降事件严重性指标值为1，SEMI F47曲线上方的电压暂降事件严重性指标值小于1，SEMI F47曲线下方的电压暂降事件严重性指标值大于1。残余电压越低，持续时间越长，电压暂降严重性指标值越大，电压暂降事件越严重。

附录 B
(资料性)

电压暂降治理效果评价信息收集表

电压暂降治理效果评价信息收集表示例见表B.1。

表 B.1 电压暂降治理效果评价信息收集表

第一部分：用户概况								
Q1.用户名称:								
Q2.用户类型:								
工业用户								
<input type="checkbox"/> 自动化制造	<input type="checkbox"/> 精密加工制造			<input type="checkbox"/> 半导体制造				
<input type="checkbox"/> 芯片制造	<input type="checkbox"/> 集成电路制造			<input type="checkbox"/> 光电子制造				
商业用户								
<input type="checkbox"/> 数据中心	<input type="checkbox"/> 金融交易系统			<input type="checkbox"/> 大型商场和超市				
医疗用户								
<input type="checkbox"/> 医院手术室	<input type="checkbox"/> 重症监护室			<input type="checkbox"/> 医疗影像设备				
交通用户								
<input type="checkbox"/> 地铁和轻轨系统				<input type="checkbox"/> 机场和火车站的控制系统				
公共服务用户								
<input type="checkbox"/> 供水和排水系统	<input type="checkbox"/> 燃气供应系统			<input type="checkbox"/> 热力供应系统				
<input type="checkbox"/> 其他行业								
第二部分:系统侧数据								
Q3.PCC 点的电压暂降监测数据(若 PCC 点未安装电压暂降监测装置,选取 PCC 点母线或上级变电站的电压暂降监测数据):								
时间范围: 年 月 日至 年 月 日								
残余电压 (p.u.)	持续时间 (s)							
	0.01<t≤0.1	0.1<t≤0.25	0.25<t≤0.5	0.5<t≤1	1<t≤3	3<t≤10	10<t≤20	20<t≤60
	0.9≥U≥0.8							
	0.8>U≥0.7							
	0.7>U≥0.1							
...								
注1: 表格内为在相应的残余电压和持续时间所对应的电压暂降次数。 注2: 对1 min内发生的数次电压暂降应归并为一次进行统计,如由于二次重合闸引发的两次电压下降应仅统计为一次电压暂降,其残余电压应取为1 min内数次电压暂降的最小残余电压,持续时间应取为1 min内最小残余电压所在那次电压暂降的持续时间。								
第三部分:用户侧数据								
Q4. 用户单次电压暂降经济损失:								
废品损失/万元				设备成本/万元				
停工损失/万元				减产的利润损失/万元				
生产补效费用/万元				次品的利润损失/万元				
Q5. 定制电力设备参数 (表格可自行添加):								
定制电力设备参数								
类型								
品牌								

规格	
容量/kVA	
接线方式	
生命周期/年	
购置费用/万元	
安装费用/万元	
年均运维检修费用/万元	

06.您对电压暂降相关问题的其他想要说明的内容或意见:

问卷结束，谢谢!

附录 C
(资料性)

典型定制电力设备功能表

典型定制电力设备功能见表 C.1。

表C.1 典型定制电力设备功能表

项目设备	动态电压恢复器 (DVR)	固态切换开关 (SSTS)	配电网静止同步补偿器 (DSTATCOM)	静止无功补偿器 (SVC)	统一电能质量调节器 (UPQC)	有源电力滤波器 (APF)	储能系统 (ESS)
电压暂降/暂升	●	●	※	※	●		●
电压短时中断		●					●
过电压	※	※	※	※	※		※
欠电压	※	※	※	※	※		※
电压波动和闪变			●	●	※		※
电压不平衡	※		●	●	●		
谐波	※		●	●	●	●	
功率因数			●	●	●	●	
注:●表示该设备的主要功能;※表示该设备可实现的功能							

附录 D

(资料性)

电压暂降治理效果评价报告

电压暂降治理效果评价报告见表D.1。

表 D.1 附录 D 电压暂降治理效果评价报告

第一部分：用户信息				
用户名称：				
用户类型：				
第二部分：技术性指标				
治理前 PCC 点电压暂降严重性：				
时间范围： 年 月 日至 年 月 日				
电压暂降事件序号	残余电压(p.u.)	持续时间(ms)	严重性 S_{site-i}	严重性 S_{site}
治理后 PCC 点电压暂降严重性：				
时间范围： 年 月 日至 年 月 日				
电压暂降事件序号	残余电压(p.u.)	持续时间(ms)	严重性 S_{site-i}	严重性 S_{site}
第三部分：经济性指标				
电压暂降治理前经济损失：				
时间范围： 年 月 日至 年 月 日				
电压暂降事件序号	直接经济损失 C_{direct}	间接经济损失 $C_{indirect}$	用户经济损失 C_{loss}	

总计			

电压暂降治理后经济损失：

时间范围： 年 月 日至 年 月 日

电压暂降事件序号	直接经济损失 C_{direct}	间接经济损失 $C_{indirect}$	用户经济损失 C_{loss}
总计			

电压暂降治理成本：

名称	购置与安装费用/万元	运维检修费用/万元	治理成本/万元
总计			

第四部分:电压暂降治理效果评价

评价指标	单位(%)
电压暂降治理技术性改善率 IR_{tec}	
电压暂降治理经济性改善率 IR_{eco}	
电压暂降治理效果综合评价值 IR	

电压暂降治理效果评分等级：

I级 II级 III级 IV级 V级

年 月 日