



275

中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 17625.5—2000
idt IEC 61000-3-7:1996

电磁兼容 限值 中、高压电力系统中波动负荷 发射限值的评估

Electromagnetic compatibility—
Limits—Assessment of emission limits for
fluctuating loads in MV and HV power systems

2000-04-03 发布

2000-12-01 实施



国家质量技术监督局 发布

目 次

前言	Ⅲ
IEC 前言	Ⅳ
IEC 引言	V
1 范围	1
2 引用标准	1
3 基本概念	2
4 基本原则	4
5 对发射水平评估的一般指南	6
6 合成的结果	7
7 MV 电力系统中波动负荷的发射限值	8
8 HV 电力系统中波动负荷的发射限值	10
9 快速电压变化的发射限值	12
附录 A(提示的附录) 预测闪烁严酷度的简化方法	14
附录 B(提示的附录) 不同母线处的 P_{st} 的相加	16
附录 C(提示的附录) 某些典型情况研究的例子	17
附录 D(提示的附录) 主要字母符号、下标和符号表	24
附录 E(提示的附录) 参考资料	27

前 言

本指导性技术文件等同采用国际标准 IEC 61000-3-7:1996《电磁兼容 第3部分:限值 第7分部分:中、高压电力系统中波动负荷发射限值的评估》。本指导性技术文件推荐了中、高压电力系统中波动负荷发射限值的评估方法。

本指导性技术文件是《电磁兼容 限值》系列国家标准之一,该系列标准目前包括以下标准:

GB 17625.1—1998 低压电气及电子设备发出的谐波电流限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)

GB 17625.2—1999 电磁兼容 限值 对额定电流不大于 16 A 设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

GB/Z 17625.3—2000 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

GB/Z 17625.4—2000 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中畸变负荷发射限值的评估

GB/Z 17625.5—2000 电磁兼容 限值 中、高压电力系统中波动负荷发射限值的评估

.....

本指导性技术文件仅供参考。有关对本指导性技术文件的建议和意见,向国务院标准化行政主管部门反映。

本指导性技术文件的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 为提示的附录。

本指导性技术文件由国家电力公司提出。

本指导性技术文件由全国电磁兼容标准化联合工作组归口。

本指导性技术文件负责起草单位:国家电力公司武汉高压研究所、广州电力工业局。

本指导性技术文件主要起草人:张文亮、徐达明、聂定珍、万保权、蒋虹。

IEC 前言

1) 国际电工委员会(IEC)是由所有参加国的国家电工委员会(IEC 国家委员会)组成的世界性标准化组织。其宗旨是促进电气和电子技术领域有关标准化的全部问题的国际一致。为此,除开展其他活动之外,还出版国际标准,标准委托由技术委员会制定。任何对制定项目感兴趣的 IEC 国家委员会均可参加。与 IEC 有联络的国际组织、政府和非政府机构也可参加这一工作。IEC 与国际标准化组织(ISO)按照两组织间的协商确定的条件密切合作。

2) 由于各技术委员会都有来自对相关制定项目感兴趣的所有国家的代表,所以 IEC 对有关技术内容作出的正式决定或协议都尽可能地表达国际一致的意见。

3) 所产生的文件可采用标准、技术报告或导则的形式出版,以推荐的方式供国际上使用,并在此意义上为各国家委员会所接受。

4) 为了促进国际上的一致,IEC 国家委员应尽可能最大限度地把 IEC 国际标准转化为其国家标准和地区标准,对相应国家标准或地区标准与 IEC 国际标准之间的任何分歧均应在标准中清楚地说明。

5) IEC 不对符合标准与否的争议表态,也不对任何声称符合某一标准的设备承担责任。

IEC 技术委员会的主要任务是制定国际标准。在特殊的情况下,技术委员会可以出版下列类型之一的技术报告。

- 类型 1,当尽管经过再三努力仍不能作为国际标准出版时;
- 类型 2,当这个主题仍处于技术发展阶段,或者由于任何其他原因在今后而现在不能马上同意作为国际标准时;
- 类型 3,当技术委员会在例行出版国际标准的过程中,搜集到各种资料,例如“科学发展动态”时。

第 1 类和第 2 类技术报告自出版时起到决定它们是否能够成为国际标准的三年内会受到复审。第 3 类的技术报告直到认为他们提供的资料不再有效或有用之前,没有必要进行复审。

IEC 61000-3-7 是第 3 类技术报告,是由以下委员会制定的:

IEC 技术委员会 77(电磁兼容)的 77A 分技术委员会(低频现象)。

该技术报告是 IEC 61000 的第 3 部分第 7 分部分,按照 IEC 导则 107,它具有基础 EMC 出版物的地位。

本标准文本基于下表中的文件:

委员会草案	表决报告
77A/136/CDV	77A/154/RCV

上表中的表决报告中可找到表决通过本技术报告的全部信息。

附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 仅作参考。

IEC 引言

本标准是 IEC 61000 系列标准的一部分,该系列标准的构成如下:

第一部分:综述

综合考虑(概述、基本原理)

定义、术语

第二部分:环境

环境的描述

环境的分类

兼容性水平

第三部分:限值

发射限值

抗扰度限值(由于它们不属于产品委员会的责任范围)

第四部分:试验和测量技术

测量技术

试验技术

第五部分:安装和减缓导则

安装导则

减缓方法和装置

第六部分:通用标准

第九部分:其他

每一部分又可分为若干分部分,它们作为国际标准或技术报告出版。



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

电磁兼容 限值 中、高压电力系统中波动负荷 发射限值的评估

GB/Z 17625.5—2000
idt IEC 61000-3-7:1996

Electromagnetic compatibility—
Limits—Assessment of emission limits for
fluctuating loads in MV and HV power systems

1 范围

本指导性技术文件给出了用于决定大型波动负荷(产生闪烁)接入公用电力系统的一些基本原则。其主要目的在于为工程实践提供指南,以保证对所有被接入系统的用户都有合适的供电质量。

因为本指导性技术文件所给出的指南必须要以某些假定为根据,所以并不保证这些方法对所有的闪烁问题总是能提供最优的解决方案。应该灵活地使用所推荐的方法,并应就工程实际情况决定何时全部或部分地采用给出的评估程序。

关于产生波动的设备能否接入电力系统的问题最终由供电公司决定。

与电压波动有关的问题分为两种基本的类型:

——来自光源的闪烁效应;

——电压幅值有超出可接受的容许范围的危险。

本指导性技术文件重点主要放在控制或限制闪烁,但也有一章涉及电压幅值的变化及其影响。

注

1 关于系统电压本指导性技术文件使用下列术语:

——低压(LV)指的是 $U_N \leq 1 \text{ kV}$;

——中压(MV)指的是 $1 \text{ kV} < U_N \leq 35 \text{ kV}$;

——高压(HV)指的是 $35 \text{ kV} < U_N \leq 230 \text{ kV}$;

——超高压(EHV)指的是 $230 \text{ kV} < U_N$ 。

本指导性技术文件中,网络的作用比它的标称电压更重要,例如:可能会对一个用于配电的高压系统给出一个“规划水平”(见第3章),这是一个位于中压系统和高压系统之间的水平。

2 负荷被理解为整个用户的设备。

2 引用标准

下列标准及指导性技术文件所包含的条文,通过在本指导性技术文件中引用而构成本指导性技术文件的条文。本指导性技术文件出版时,所示版本均为有效。所有标准及指导性技术文件都会被修订,使用本指导性技术文件的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 4365—1995 电磁兼容术语(idt IEC 60050(61):1990)

GB 17625.2—1999 电磁兼容 限值 对额定电流不大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制(idt IEC 61000-3-3:1994)

GB/Z 17625.3—2000 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的
国家质量技术监督局 2000-04-03 批准 2000-12-01 实施

电压波动和闪烁的限制 (idt IEC 61000-3-5:1994)

IEC 60868:1986 闪烁计——功能和设计规范

3 基本概念

闪烁计国际标准 (见 IEC 60868) 提出了两个表征闪烁严酷度的量: P_{st} (由每 10 min 一个周期所得到的值, “st” 表示 “短时”) 和 P_{lt} (由每 2 h 一个周期所得到的值, “lt” 表示 “长时”)。与电压质量标准有关的闪烁一般是用 P_{st} 和/或 P_{lt} 来表示的, 从一组 12 个连续的 P_{st} 值可以推导出 P_{lt} :

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3} \tag{1}$$

通常是在波动负荷的公共耦合点处 (PCC), 即在本标准中所述的 MV 级或 HV 级进行闪烁测量。然而, 应该记得有关限制的背景是由于 LV 用户可能受到的骚扰。假定给闪烁计接上照明灯的电压, 则不考虑 LV 配电系统的电压而采用相同的限值。这一点是重要的, 因为 120 V 的灯对电压波动的敏感性不及 230 V 的灯, 而 100 V 的灯则更不敏感 (见图 4)。

单台设备或一个用户的总负荷的发射限值应该在电压质量标准的基础上加以规定。在评估电压质量时要用到某些基本概念。为了使这些概念在评估方面是有用的, 要根据它们应用的地点 (位置) 以及它们是如何测量 (测量的周期, 采样时间, 平均持续时间, 统计方法) 和计算等方面来加以定义。这里描述了这些概念并在图 1 和图 2 中进行了说明。有关定义可参见 GB/T 4365。

兼容水平

兼容水平是用来协调供电网络组成部分的设备或由供电网络供电的设备的发射和抗扰性的参考值 (见表 1), 以便保证整个系统 (包括网络及所连设备) 的电磁兼容性 (EMC)。兼容水平利用以时间变量或空间变量表示的骚扰的分布, 一般以整个系统的 95% 概率水平为基础。考虑到供电公司不可能在所有时间对网络所有各点进行控制, 因此, 应该以整个系统为基础, 按兼容水平进行评估, 而不对某个特殊位置的评估提供评定方法。

表 1 给出了在 LV 和 MV 系统中关于闪烁的兼容水平。

表 1 在 LV 和 MV 系统中关于 P_{st} 和 P_{lt} 的兼容水平

	兼容水平
P_{st}	1.0
P_{lt}	0.8

规划水平

规划水平是在规划时评估所有用户负荷对供电系统的影响时用的水平。供电公司为该系统的所有各电压等级规定了规划水平, 并且规划水平可以认为是供电公司内部的质量目标。由于随着网络结构和环境条件的不同而有不同的规划水平, 所以只可能给出一些指示值。作为例子, 可以看到在表 2 中给出的 P_{st} 和 P_{lt} 的规划水平。

表 2 MV、HV 和 EHV 电力系统 P_{st} 和 P_{lt} 的规划水平的指示值

	规划水平	
	MV	HV-EHV
P_{st}	0.9	0.8
P_{lt}	0.7	0.6

注

- 1 这些值是根据假定 MV 或 HV 系统与 LV 系统之间的传递系数为 1 来选择的。
- 2 实际上, 从 HV 到 LV 的传递系数 (T_{PstHL}) 常常比 1 要小, T_{PstHL} 的典型值是 0.8。在这种情况下, HV 系统的规划水平指示值变为 $L_{PstHV} = 0.8/0.8 = 1.0$ 。

3 表 2 中的规划水平不用于控制诸如电力系统故障等不可控事件产生的闪烁。

本指导性技术文件的其余部分给出了利用这些规划水平评估每个要求接入系统的用户的程序。

评定程序

应按 IEC 60868 进行测量,持续测量时间最少为一个星期。根据一个星期观测期间测得的 P_{st} 值,将可以得到 P_{st} 和 P_{lt} 的累积概率函数(CPF)以及推导出百分值 $P_{st95\%}$ 、 $P_{st99\%}$ 、 $P_{lt95\%}$ 和 $P_{lt99\%}$:

—— $P_{st99\%}$ 不宜超过规划水平;

—— $P_{lt99\%}$ 不宜超过规划水平。

注

4 把 95% 到 99% 的百分数分布值进行比较可能是有用的。如果它们之间的比大于 1.3,就应该调查发生差异的原因。然后应该剔除可能异常的测量结果(例如由于雷暴引起的)。

5 值得注意,关于一个星期的观测周期,超过 $P_{st99\%}$ 的时间总计 100 min。从理论上讲,波动负荷可能在这段时间内连续地产生严重的闪烁并引起投诉。经验表明:与持续时间相类似的负荷循环在一星期内可能出现多次,而非。

普通的负荷循环(例如娱乐场所等)可能一星期有一次,通常持续时间长达 1.5 h~2 h。

图 1 和图 2 说明了上述的基本概念。它们力图强调这些基本变量之间最重要的关系。

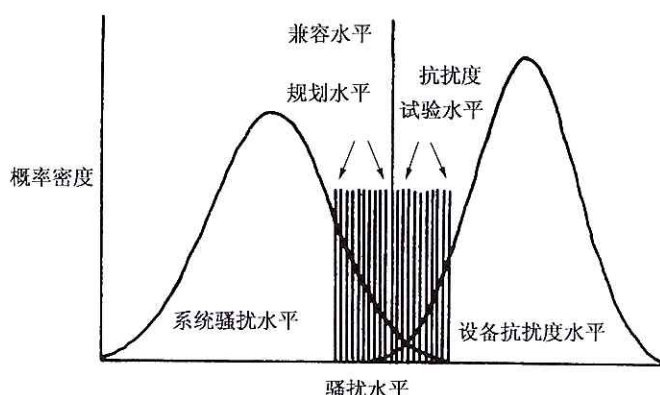


图 1 用包括整个系统的时间/位置的统计分布说明电压质量基本概念的图示

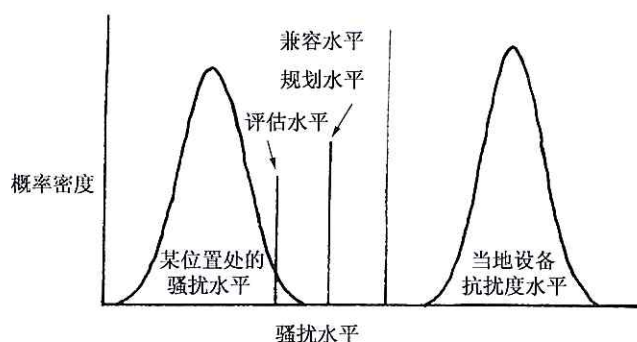


图 2 用关于整个系统中某处的时间统计分布说明电压质量基本概念的图示

在整个电力系统中(见图 1),在某些场合不可避免地会出现干扰,因此在骚扰水平的分布和抗扰度水平之间有明显的重叠。规划水平一般等于或小于兼容水平,它们是由网络的业主规定的,抗扰度试验水平是根据有关标准的规定或者是由制造商和用户之间商定的。

在电力系统的大多数地方(图 2 只是一个例子),骚扰水平的分布和抗扰度水平没有重叠或只有很少的重叠。因此干扰很小,设备能令人满意地执行其功能。

发射水平

来自某波动负荷的发射水平是假定没有其他波动负荷存在时,在电力系统中产生的闪烁水平。为了

把用户总负荷的闪烁发射与发射限值比较,最小的测量周期应为一个星期。

根据观测期间测量的 P_{st} 值,将可得出 P_{sti} 和 P_{lri} 的累积概率函数(CPF)并推导出百分值 $P_{st99\%}$ 和 $P_{lri99\%}$ 。

—— $P_{st99\%}$ 不宜超过发射限值 E_{Psti} ;

—— $P_{lri99\%}$ 不宜超过发射限值 E_{Plri} 。

实际上,这些发射水平一般可从得到的与负荷和系统有关的数据来评估,它们也可能直接测量。

在背景骚扰低的情况下($P_{st} \leq 0.5$)在 PCC 处的闪烁水平应该按下列两种情况进行测量:

——接有用户的波动负荷;

——不接入用户的波动负荷和任何补偿设备。

应该利用立方求和法则从第一种情况下的闪烁值减去第二种情况下的闪烁值(见图 6)。这种方法给出了用户的一般闪烁发射值:

当在 PCC 处现有的 P_{st} 值大于 0.5 时,由于以前的方法会导致显著的误差,所以应该使用更精确的方法。例如,通过模拟把用户的负荷注入到供电系统的模型中可以估算出只由用户发出的闪烁发射。也可以采用某些其他的方法。

4 基本原则

所提出的关于接受波动负荷的估算方法取决于用户的协议功率,产生闪烁的设备的功率和引起闪烁的设备的功率和系统特性。其目标在于把来自各用户的负荷总注入水平限制到不致超过规划水平。本指导性技术文件确定了一种三级评估法,这三个等级可以按顺序使用或单独使用。

第 1 级:骚扰发射的简化估算

对于用户安装的小型电气设备一般是可以接受的,而不必经供电公司进行专门的闪烁发射的评估。这些小型设备的发射一般由制造商负责限制。例如 GB 17625.2—1999《电磁兼容 限值 对额定电流不大于 16 A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制》是一个产品类标准,这个标准对连接到 LV 系统的设备规定了闪烁发射的限值。由于下列原因,当前还没有关于 MV 设备的发射标准:

——中压等级的电压在 1 kV 和 35 kV 之间变动;

——国际上对中压系统还没有规定基准阻抗。

即使没有基准阻抗,也有可能规定关于 MV 系统(甚至 HV 系统)拟自行地接受用户设备的准则。假如总波动功率或用户的协议功率相对于在 PCC 处的短路容量较小,就没有必要进行详细的估算。

第 7 章说明了关于采用第 1 级评估的特殊准则。

第 2 级:与用户协议功率成比例的发射限值

如果某负荷不满足第 1 级准则,则应该结合系统吸收闪烁的能力来评估产生闪烁的设备的特殊性。系统的吸收能力是根据规划水平导出的,并且按照每个用户对系统总容量的需求分摊给各用户。在中压系统,当把规划水平分摊给各用户时,也应当考虑从高压系统导出的骚扰水平。

这个方法的基本原则是:如果一个系统是满负荷的,并且所有用户最多都只注入各自的限值,那么总的骚扰水平将等于规划水平。在第 7 章给出了把规划水平分摊给各用户的一个程序。

第 3 级:在特殊和根据不充足的情况下,接受高的发射限值

在特殊情况下,用户可能请求接入骚扰发射超过第 2 级中允许的基础限值的设备。在这种情况下,可以商定容许接入畸变负荷特殊的条件。为了确定这些特殊的条件,必须对现有和将来的系统特性进行仔细地研究。

注:按应用第 7 章、第 8 章推荐的方法所得到的发射限值是力图使闪烁水平低于规划水平。应用第 9 章推荐的另一

种方法是为了限制快速电压变化的幅值。

责任范围

用户应负责保证在 PCC 处的发射低于由供电公司规定的限值。供电公司应遵照国家的要求负责在正常运行条件下完全控制骚扰水平。

供电公司必须提供用于评估用的网络数据,评估程序(见图 3)是按照这样一种方式来设计的,即来自用户的闪烁发射不致引起整个系统的闪烁水平超过规划水平和兼容水平。然而,所推荐的方法并不保证总是不超过这些水平。

最后,当有必要鉴定减少骚扰发射的最佳方法时,供电公司和用户应相互配合。用户有责任选择减少这种发射的方法的设计。

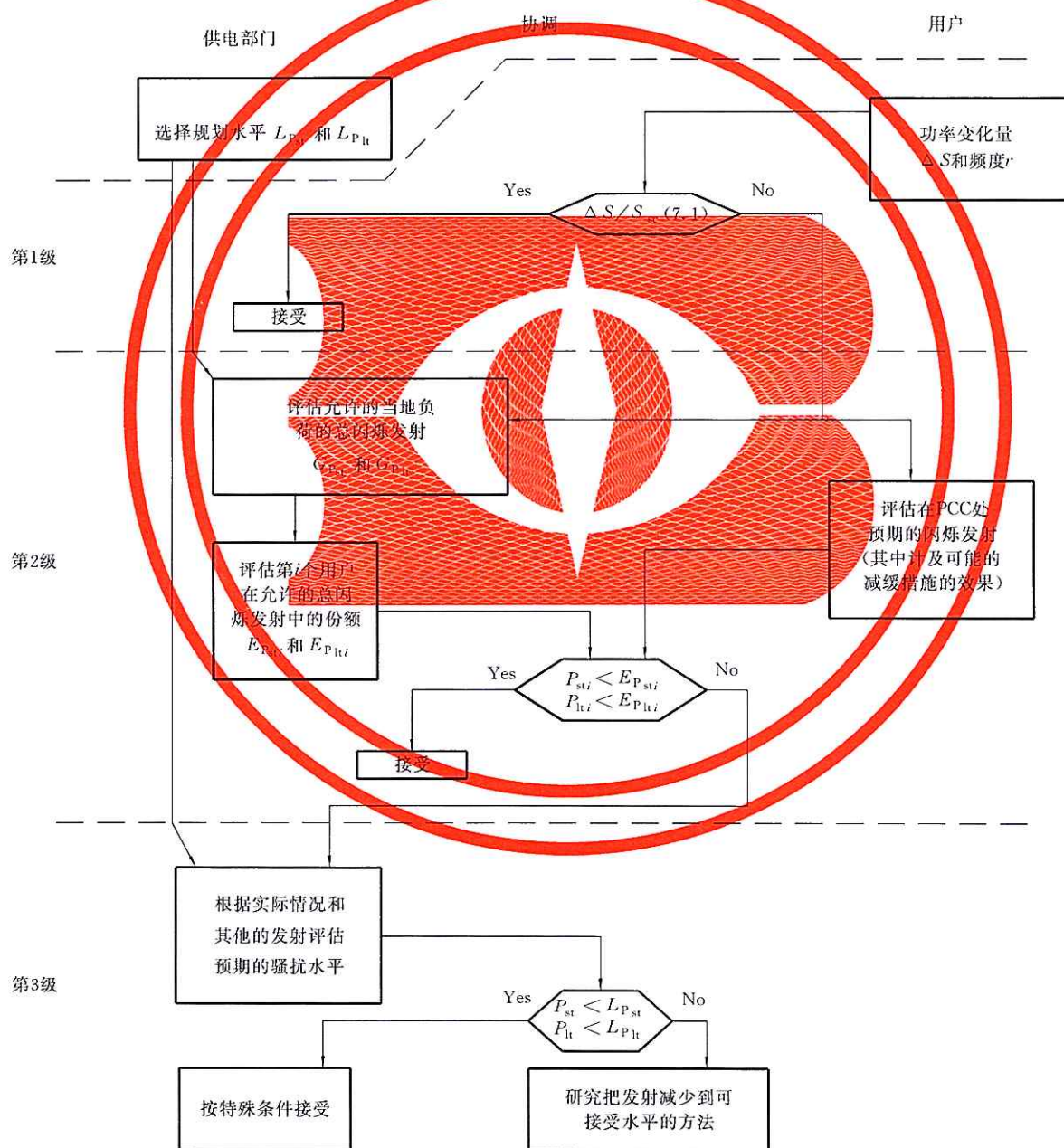


图 3 评估程序框图

5 对发射水平评估的一般指南

应该在正常运行条件下对最不利的情况预测闪烁水平,对于每天和每季度的生产和负荷预报情况允许有些变化,因为将来对网络会有增加或改变以及某些计划停电的情况可能会持续很长一段时间。关于评估工业企业供电系统内发射水平更详细的资料可参见另一份 IEC 出版物[1]¹⁾

然而,在本指导性技术文件中给出了一些预测闪烁严酷度的简化方法,见附录 A。这些方法是以“ $P_{st}=1$ 曲线”(图 4 和表 3)为基础的。它们对规则矩形的电压变化是有效的,并且相应于所感兴趣的 LV 配电系统的电压有不同的特性曲线[2]。

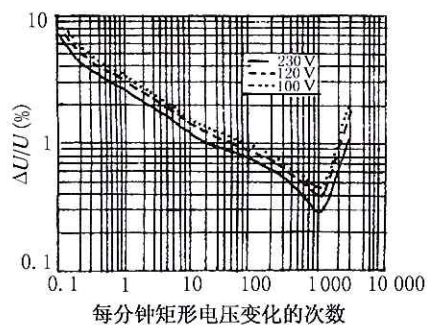


图 4 $P_{st}=1$ 曲线(关于规则矩形的电压变化)

注:两次连续的电压变化(一次正方向,一次反方向)组成一个“循环”,即每秒钟两次电压变化表示为 1 Hz 的电压波动。

表 3 规则矩形的电压变化($P_{st}=1$)

r, min^{-1}	$\Delta U/U, \%$		
	230 V	120 V	100 V
0.1	7.364	8.905	9.488
0.2	4.545	5.501	5.889
0.4	3.537	4.216	4.596
0.6	3.155	3.814	4.095
0.84	2.894	3.454	3.751
1	2.724	3.283	3.57
2	2.211	2.659	2.859
3	1.95	2.334	2.523
5	1.64	1.957	2.115
7	1.459	1.741	1.887
10	1.29	1.536	1.674
22	1.02	1.212	1.337
39	0.906	1.077	1.193
48	0.87	1.032	1.147
68	0.81	0.967	1.076
110	0.725	0.868	0.964
176	0.64	0.764	0.841
273	0.56	0.671	0.728
375	0.5	0.611	0.661
480	0.48	0.576	0.629
585	0.42	0.517	0.575
682	0.37	0.461	0.523
796	0.32	0.409	0.472
1 020	0.275	0.37	0.431
1 055	0.28	0.372	0.434
1 200	0.29	0.393	0.463
1 390	0.34	0.464	0.554
1 620	0.402	0.581	0.701
2 400	0.81	1.171	1.41
2 875	1.04	1.602	1.905

1) 方括号内的数字指的是附录 E 中参考书目的序号。

6 合成的结果

可从下面的公式求出由各种负荷引起的短时闪烁严酷度的一般合成关系,式中 P_{st} 是要进行合成的各单个闪烁严酷度的水平:

$$P_{st} = \sqrt[m]{\sum_i P_{sti}^m} \quad (2)$$

早期研究表明:系数 m 所采用的值取决于主要波动源的特性,并且可以分成如下的 5 种类型:

—— $m=4$:只用于由电弧炉,尤其是为了避开同时进行熔炼所引起的电压变化的求和;

—— $m=3$:这适用于大多数类型的电压变化,在这种情况下,同时发生电压变化的危险率是小的。对不相关的骚扰的合成分析绝大多数都属于这一类。当对同时发生电压变化的危险率的大小有怀疑时,就要用这个系数;

—— $m=3.2$:这种选择是与 $P_{st}=1$ 曲线的直线部分的斜率相配合的;

—— $m=2$:在可能出现重叠的随机噪声时用这个系数,例如几台电弧炉同时进行熔炼的阶段;

—— $m=1$:在电压变化同时出现率很高的情况下,合成的 P_{st} 将会达到用这个系数算出的值。

最近的研究指出:与测量结果最符合的求和法则取决于 P_{st} 的百分值,这个百分值通常是供评估用的。例如在有两台电弧炉的实例中,分析表明,对于 $P_{st90\%}$, $m \approx 1$; 对于 $P_{st75\%}$, $m \approx 2$; 对于 $P_{st50\%}$, $m \approx 3$; 对于 $P_{st99\%}$, $m \approx 4$ 。同一实例还表明:对于 $P_{st99.9\%}$, $m \approx 3$ 。

一般地,广泛使用 $m=3$ 这个值(立方和法则)已经有多 years 了。虽然已经发现给出了保守的结果,但一般地还是可以接受的。本标准中对 P_{st} 和 P_{lt} 的求和用的就是这个值¹⁾。

$$P_{st} = \sqrt[3]{\sum_i P_{sti}^3} \quad (3)$$

1) 由于采用立方和法则,常常习惯于用等效的严酷度指示值 A_{st} 代替 P_{st} ,譬如令 $A_{st} = P_{st}^3$,以简化计算。某些国家为了简化起见,系统地采用 A_{st} 代替 P_{st} 。这种替换的结果对于估算由多个闪烁源产生的总骚扰 A_{st} 时给出一个线性的关系式: $A_{st} = \sum_i A_{sti}$ 。此外,考虑到长时闪烁严酷度是由观察周期内发生的 P_{st} 值立方和的平均值的立方根得出的,所以,长时闪烁严酷度也可以用等效的严酷度指示值 A_{lt} 来表示: $A_{lt} = P_{lt}^3 = \sum_i P_{sti}^3 / N = \sum_i A_{sti} / N$ 。由于使用等效的严酷度指示值,从而简化了长时闪烁严酷度的计算。因此,计算变成成为短时闪烁严酷度的简单平均,并在估算由多个闪烁源产生的等效长时闪烁严酷度也可以采用线性相加: $A_{lt} = \sum_i A_{lti}$ 。应当记住:因为 P_{st} 是非线性的,所以 A_{st} 和相对电压变化之间的关系也不是线性的。因此,相应于所考虑问题把两个严酷度指示值互换是有用的。以下给出用 A_{st} 和 A_{lt} 表示的兼容水平和规划水平。

表 1' LV 和 MV 电力系统中用 A_{st} 和 A_{lt} 表示的兼容水平

	兼容水平
A_{st}	1.0
A_{lt}	0.5

表 2' LV、MV 和 EHV 电力系统中用 A_{st} 和 A_{lt} 表示的规划水平指示值

	规划水平	
	MV	HV-EHV
A_{st}	0.75	0.5
A_{lt}	0.3	0.2

注:在选用这些值时,假定 MV 和一侧的 HV 之间以及 MV 和另一侧的 LV 之间的传递系数约等于 1。

$$P_{li} = \sqrt[3]{\sum_i P_{li}^3} \quad (4)$$

7 MV 电力系统中波动负荷的发射限值

7.1 第 1 级: 骚扰发射的简化估算

在第 1 级, 可以批准小负荷接入, 而不必对发射特性或供电系统的响应进行详细的计算。

注: 对于低压设备, 见 GB 17625.2 (每相输入电流 ≤ 16 A) 或者 GB/Z 17625.3 (每相输入电流 > 16 A)。

如果在 PCC 处的功率变化 ΔS 在下列限值的范围内, 则可以不必要作进一步的分析, 即可接受波动负荷接入系统。这些限值与每分钟电压变化的次数 r 有关 (在发生一次电压降落后, 紧接着又恢复, 则意味着有两次电压变化):

表 4 与每分钟电压变化次数有关的相对功率变化的第 1 级限值

每分钟电压变化次数 r	$K = (\Delta S / S_{sc})_{\max}, \%$
$r > 200$	0.1
$10 < r \leq 200$	0.2
$r < 10$	0.4

注: 功率变化 ΔS 可能低于、等于或高于被考虑设备的额定功率 S_N (例如, 对于电动机应该取起动时的视在功率, 即它可能是 $\Delta S = (3 \sim 8) S_N$)。

7.2 第 2 级: 与用户协议功率成比例的发射限值

第 2 级能够使接在公用供电系统上的用户之间分配允许的总的闪烁发射。

闪烁骚扰在辐射型电力系统中的传播遵从十分简单的规律:

——在某给定电压等级, 给出的闪烁值将以一个带有一些衰减的较低的电压传送到系统的各部分 (传递系数稍微小于 1, 例如 0.8)¹⁾。

——由于故障水平随着电压等级的升高而增加以及电压变化的同时率低, 所以, 实际上不考虑从电压等级较低的系统向较高电压等级的系统提供的闪烁 (传递系数等于 0)。

7.2.1 用户之间对总发射的分摊

首先, 必须应用式 (3) 或式 (4) 来确定由本 MV 系统供电的所有波动负荷提供的总的闪烁水平。在 MV 系统中的实际闪烁水平是由于来自上一级 HV 系统的闪烁水平和连接到该 MV 系统的所有波动负荷所引起的总闪烁水平合成的结果。这个实际的闪烁水平不应超过该 MV 系统的规划水平。

令: G_{PstMV} 为本地负荷在 MV 系统中提供的最大的总闪烁水平, (用 P_{st} 表示);

L_{PstMV} 为 MV 系统中闪烁水平的规划水平;

L_{PstHV} 为上一级 HV 系统中闪烁水平的规划水平;

T_{PstHM} 为上一级 HV 系统到 MV 系统的传递系数。

应用式 (3) 得出:²⁾

$$G_{PstMV} = \sqrt[3]{L_{PstMV}^3 - T_{PstHM}^3 \cdot L_{PstHV}^3} \quad (5)$$

类似地, 从 (4) 得:

$$G_{PltMV} = \sqrt[3]{L_{PltMV}^3 - T_{PltHM}^3 \cdot L_{PltHV}^3} \quad (6)$$

为了举例说明, 在一实际的 MV 系统中应用了式 (5) 和式 (6), 假设来自上一级 HV 系统的传递系

1) 一个用于 P_{st} 或 P_{li} 的传递系数 0.8 意味着对于 A_{st} 和 A_{li} 来说传递系数为 $0.8^3 = 0.5$ 。

2) 对于 A_{st} 或 A_{li} , 同样的式子是线性的:

$$G_{AstMV} = H_{AstMV} - T_{AstHM} \cdot L_{AstHV} \quad (5')$$

$$G_{AltMV} = H_{AltMV} - T_{AltHM} \cdot L_{AltHV} \quad (6')$$

数是 0.8,并假定 HV 和 MV 系统的规划水平如表 2 所示。表 5 给出了计算结果。¹⁾

表 5 假定 HV 系统的传递系数为 0.8,可接受的 MV 负荷提供的 MV 闪烁水平的例

G_{PstMV}	G_{PltMV}
0.79	0.63
注: P_{st} 或 P_{lt} 用的传递系数 $T_{\text{HM}}=0.8$,这是常用的数量级,而 T_{ML} 通常保持接近于 1 ($T_{\text{ML}}=0.95$)。	

7.2.2 各用户的发射限值

对一给定的供电系统内的每一个用户,所允许的发射只是可接受的总发射中的一部分,这是由于还存在着其他的用户。在该系统满载时,根据用户的协议功率 S_i ($S_i=P_i/\cos\varphi_i$) 和直接以 MV 供电的负荷的总功率之间的比,可以确定其分配的部分。之所以选择这种判据是由于协议功率代表了供电的用途,而且与它在电力系统投资费用中相应所占的比例也是有关系的。

当沿着配电系统的线路前行时,在正常情况下,供电容量和网络等值阻抗之间的关系不是恒定的,但在供电变压器的母线上容易确定这种关系。因此,比值 S_i/S_{MV} 看来是对每一个用户分配允许的闪烁发射的一种合理的判据。

按照这种概念,将允许分配给一个用户的不仅是网络供给他的负荷的容量,而且还有接受最高达规划水平的骚扰发射的能力以及可能的发射的协调。

此外,所有的 MV 波动负荷可能不同时使用,故可引入同时率 $F_{\text{MV}} \neq 1$ (F_{MV} 的典型值是 0.2~0.3)。

考虑到推荐的求和法则(式(3)和式(4)),因而各用户的发射限值为:²⁾

$$E_{\text{Psti}} = G_{\text{PstMV}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_{\text{MV}}} \cdot \frac{1}{F_{\text{MV}}}} \quad (7)$$

$$E_{\text{Plti}} = G_{\text{PltMV}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_{\text{MV}}} \cdot \frac{1}{F_{\text{MV}}}} \quad (8)$$

注

- 1 背景水平 (B_{PstMV}) 偶而也会出现比正常分摊的要高(“正常分摊”与 $\sqrt[3]{S_{\text{MV}} - S_i/S_{\text{MV}}}$ 成比例);应该加以考虑,以免超过规划水平。因此,在式(5)中(或类似的在关于长时闪烁的式(6)中) L_{PstMV} , 用 $\sqrt[3]{L_{\text{PstMV}}^3 - B_{\text{PstMV}}^3}$ 代替³⁾。
- 2 对于兼容水平低于协议功率的用户,上述方法可能会得出过于严格的限制。为了克服这个问题,建议某些最小的发射水平总是应该大于短时和长时闪烁严酷度。这些基本的值如表 6 所示:⁴⁾

表 6 基本的发射水平

E_{Psti}	E_{Plti}
0.35	0.25

- 1) 对于 A_{st} 或 A_{lt} , 相应的传递系数是 $T_{\text{HM}}=0.5$, 并且表 5 变为:

表 5' 假定 HV 系统的传递系数为 0.8,可接受的 MV 负荷提供的 MV 闪烁水平的例

G_{AstMV}	G_{AltMV}
0.50	0.25

- 2) 对于 A_{st} 或 A_{lt} , 这些式子变成:

$$E_{\text{Asti}} = G_{\text{AstMV}} \cdot \frac{S_i}{S_{\text{MV}}} \cdot \frac{1}{F_{\text{MV}}} \quad (7')$$

$$E_{\text{Alti}} = G_{\text{AltMV}} \cdot \frac{S_i}{S_{\text{MV}}} \cdot \frac{1}{F_{\text{MV}}} \quad (8')$$

- 3) 或者更简单地,用 $(L_{\text{AstMV}} - B_{\text{AstMV}})$ 代替 L_{AstMV} 。

- 4) 若折算成 A_{st} 或 A_{lt} , 则这个表变为:

表 6' 基本的发射水平

E_{Asti}	E_{Alti}
0.05	0.02

7.3 第3级:在特殊情况和数据不足的条件下接受较高的发射水平

应当指出:很多用户因为没有大的波动负荷,所以,并不产生显著的闪烁,而且电网的某些有效的供电容量在很长的时间里从未被利用。

因此,若只采用第1级和第2级的评估方法,就可能导致把闪烁过分地限制到低于规划水平,从而出现了一个裕量。

为了维护本标准的基本原则和允许灵活的解释,供电公司可以在适当的时候使用这个可用的裕量。然而,只有在特殊的环境和在根据不足的情况下,才能接受高于正常发射限值的用户。

为了取消那些也许是根本不必要的投资,第3级评估是重要的。这就意味着在计及现有的背景波动的条件下应当对所考虑设备的接入和预期的发射情况进行仔细的研究,并要考虑将来扩建补偿设备的可能性。

8 HV 电力系统中波动负荷的发射限值

8.1 第1级:骚扰发射的简化评估

第1级的目标是提供一个简单判断波动负荷接入的准则,从而避免了详细的计算,对于HV和EHV系统,把波动负荷需要的最大视在功率($S_{\max i}$)和在公共耦合点处的网络短路功率(S_{sc})联系起来是合理的。例如,建议取下列值作为第1级的限值:

$$S_{\max i}/S_{sc} \leq 0.1\% \quad (9)$$

8.2 第2级:与用户协议功率成比例的发射限值

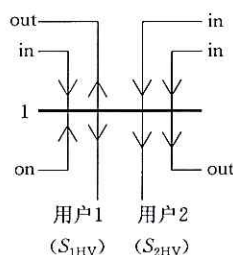
基本上与评估MV用户时所用的方法相同(见7.2)。但是,对现有HV用户中每一用户的发射限值的分配应该与所有用户的总可用功率相联系,而与系统的总供电功率无关;已经确定可以忽略MV和LV系统对HV系统提供的闪烁水平,因此,在总供电功率中不考虑它们的份额。

8.2.1 总可用功率的评估

令 S_i 为第 i 个设备的额定视在功率(MVA), S_{iHV} 为在公共耦合点处网络的总可用功率(总供电容量),则 S_i/S_{iHV} 是以下第2级评估中决定发射限值过程的一个基本量。

第一种近似估算法

估算 S_{iHV} 可能是困难的。建议用如下的估算方法:



对给定HV变电站,所需要的基本资料是估算最大需求自由变电站供给HV用户的功率 S_{iHV} (或者考虑将来网络发展时的预测值)。可以简单的估算为:

$$S_{iHV} = \sum S_{iHV} \quad (10)$$

第二种近似估算法

如果在所考虑的变电站或在其周围可能有大型的波动设备,那么这种简化估算方法可能是不正确的。若有怀疑,建议按下述方法处理:

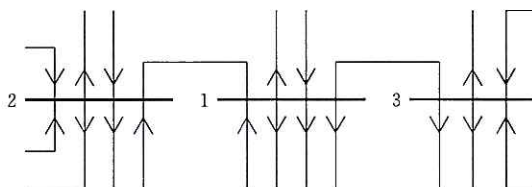
——令节点1为所考虑的节点,节点2,3,...为位于第1个节点附近的其他节点, $S_{iHV1}, S_{iHV2}, S_{iHV3} \dots$ 的值按式(10)进行计算。

——在工频下,计算影响系数 $K_{2-1}, K_{3-1}, \dots$ (影响系数 K_{j-i} 是当在第 j 节点处施加 1p.u (标么值) 的电压时在第 i 节点处产生的电压,通常利用计算机程序来计算 K_{j-i} 。但是,在附录 B 中给出了一个在很多情况下可以用来进行快速估算的简化方法)。

——式(10)将由下式代替:

$$S_{\text{tHV}} = S_{\text{tHV1}} + K_{2-1} S_{\text{tHV2}} + K_{3-1} S_{\text{tHV3}} + \dots \quad (10')$$

只要 $K_{j-i} S_{\text{tHVj}}$ 与 S_{tHV1} 相比较仍然是有意义的,就可将其加到 S_{tHV1} 上。



8.2.2 单个用户的发射限值

考虑到推荐的求和法则(式(3)和式(4)),则单个用户的发射限值为¹⁾:

$$E_{\text{Pst } i} = L_{\text{PstHV}} \cdot \sqrt[3]{S_i / S_{\text{tHV}}} \quad (11)$$

$$E_{\text{Plt } i} = L_{\text{PltHV}} \cdot \sqrt[3]{S_i / S_{\text{tHV}}} \quad (12)$$

式中: $E_{\text{Pst } i}$ 是第 i 个用户的 P_{st} 发射限值;

L_{PstHV} 是 HV 系统的规划水平;

$S_i = P_i / \cos \varphi_i$ 是第 i 个用户的协议功率;

S_{tHV} 是 HV 变电站提供给 HV 用户的一部分总供电功率。

注

- 1 背景水平(B_{PstHV})偶尔也会出现比正常分摊的要高(“正常分摊”与 $\sqrt[3]{(S_{\text{tHV}} - S_i) / S_{\text{tHV}}}$ 成比例),并且应该加以考虑,以免超过规划水平。因此,在式(11)中(或类似的在关于长时闪烁的式(12)中),用 $\sqrt[3]{L_{\text{PstHV}}^3 - B_{\text{PstHV}}^3}$ 代替 L_{PstHV} ²⁾。
- 2 对于兼容水平低于协议功率的用户,上述方法可能会得出过于严格的限制。为了克服这个问题,建议某些最小的发射水平总是应该大于短时和长时闪烁严酷度。这些基本的值如表 7 所示:³⁾

表 7 基本的发射水平

$E_{\text{Pst } i}$	$E_{\text{Plt } i}$
0.35	0.25

- 3 第二种近似估算的另一个方法在于进行传统的研究以评估不同波动负荷的影响时,考虑了 EHV/HV 系统的发展,负荷的分布和预期波动负荷所占的百分数。

EHV/HV 负荷的发射限值将由供电公司根据下列条件确定:

- 关于 EHV/HV 系统采用的规划水平(取决于系统特性);
- 按如上所估算的系统中预期的波动增量,其中包括背景水平;
- 安全裕度,(假如有的话);
- 国家的有关规定(尤其是有关电弧炉接入的规定)。

- 1) 对于 A_{st} 或 A_{lt} , 这些式子变成:

$$E_{\text{Ast } i} = L_{\text{AstHV}} \cdot S_i / S_{\text{tHV}} \quad (11')$$

$$E_{\text{Alt } i} = L_{\text{AltHV}} \cdot S_i / S_{\text{tHV}} \quad (12')$$

- 2) 或者,更简单地用 $(L_{\text{AstHV}} - B_{\text{AstHV}})$ 代替 L_{AstHV} 。

- 3) 若折算成 A_{st} 或 A_{lt} , 则这个表变为:

表 7' 基本的发射水平

$E_{\text{Ast } i}$	$E_{\text{Alt } i}$
0.05	0.02

8.3 第3级:在特殊情况和根据不足条件下接受较高的发射水平

应当指出:很多用户因为没有较大的波动负荷,所以,并不产生显著的闪烁,而且电网的某些有效的供电容量在很长的时间里从未被利用。

因此,若只采用第1级和第2级的评估方法,有可能导致把闪烁过分地限制到低于规划水平,从而出现了一个裕量。

为了维护本标准的基本原则和允许灵活的解释,供电公司可以在适当的时候使用这个可用的裕量。然而,只有在特殊的环境和在根据不足的情况下,才能接受高于正常发射限值的用户。

为了取消那些也许是根本不必要的投资,第3级评估是重要的。这就意味着在计及现有的背景波动的条件下应当对所考虑设备的接入和预期的发射情况进行仔细的研究,并要考虑将来扩建补偿设备的可能性。

9 快速电压变化的发射限值

注:总是应该首先检查闪烁限值,本章给出了一些附加的要求。

由于灯光闪烁造成的视觉不适是限制起因于波动负荷的电压变化最常见的理由。为此,供电公司不得不把电幅值的变化维持在很窄的限值范围内,并且每个用户也不应该引起过大的电压变化,即使从闪烁的观点来看这些电压变化是允许的。

实际上,若干个快速的电压变化同时出现的可能性很小,由于这个原因,不考虑使用求和法则。



图5 稳态电压变化和动态电压变化

可以按如下方法简单地评估相对电压变化(见图5、图6)[1]:

$$\Delta I = \Delta I_p - \Delta I_q \quad (13)$$

$$Z_L = R_L + jX_L \quad (14)$$

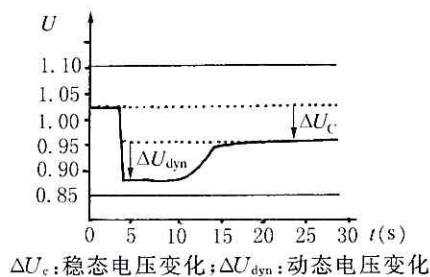


图6 稳态和动态电压变化

对单相负荷和对称的三相负荷:

$$\Delta U_{dyn} \approx \Delta I_p \cdot R_L + \Delta I_q X_L \quad (15)$$

在PCC处的发射限值需要根据实际的电压对 ΔU_{dyn} 加以限制:

$$U_o - \Delta U_c \pm \Delta U_{dyn} \quad (16)$$

表8给出了某用户在正常运行条件下可能引起的取决于电压变化重复频度的最大电压变化 $\Delta U_{dyn}/U_N$ (用实际电压的百分数来表示)。这里没有包括很少出现的电压变化(例如每天少于1次),但是,它们对于某些系统可能是重要的。

表 8 电压变化发射限值与每小时变化次数的关系

每小时电压变化次数 r	$\Delta U_{\text{dyn}}/U_{\text{N}}, \%$	
	MT	HT
$r \leq 1$	4	3
$1 < r \leq 10$	3	2.5
$10 < r \leq 100$	2	1.5
$100 < r \leq 1000$	1.25	1

附录 A

(提示的附录)

预测闪烁严酷度的简化方法[3]

A1 相对电压变化 d 的计算

相对电压变化 d 可以按照负荷功率变化 (ΔS_i) 与短路功率 S_{sc} 的比来计算。对于平衡的三相负荷, 相电压 (U_Y) 的相对功率变化和线电压的相对功率变化等于:

$$d = \frac{\Delta U_Y}{U_{NY}} = \frac{\Delta U}{U_N} \approx \frac{\Delta S_i}{S_{sc}} \quad (\text{A1})$$

注: 例如, 电动机起动时的 ΔS_i 是从 $S_i=0$ 到 $S_i=S_{i,\max}$ (在起动期间的最大视在功率) 的变化, 因此, $\Delta S_i=S_{i,\max}$ 。

如果能够得到负荷变化的有功部分和无功部分, 那么就可以利用网络阻抗的电阻分量和感抗部分, 以更精确的方法来计算相对电压变化:

$$d = \frac{R_L \cdot \Delta P_i + X_L \cdot \Delta Q_i}{U_N^2} \quad (\text{A2})$$

由两相负荷 (例如电焊机) 引起的电压变化可以按下式计算:

$$d = \frac{\Delta U_Y}{U_N} = \frac{\sqrt{3} \Delta S_i}{S_{sc}} \quad (\text{A3})$$

A2 闪烁严酷度的计算

如前所述, 图 4 的曲线表示电压变化的兼容水平。按照定义, 曲线上每一点的闪烁严酷度 P_{st} 都等于 1。

如果电压波动的时间可能超过 30 min, 就必须检查计算的闪烁严酷度 P_{st} 和 P_{lt} 。对于较短的时间, 要求检查的主要是 P_{st} 。

例如, 如果在典型的 2 h 间隔内工作时间不超过 30 min, 那么必须就 P_{st} 检查由电焊机引起的闪烁严酷度。对于较长的工作周期, 则要求检查的主要是 P_{lt} 。

由用户负荷引起的电压波动在电网内有下列的影响:

——接入到高压网络的负荷会 100% 地扰乱公共耦合点处的电压质量。在邻近高压母线上的扰动较低。对由公共耦合点供电的中压网络和低压网络的影响约为 70% 到 100%。在中压或低压网络内有电动机或发电机时就是低于 100% 的例子, 这是由于它们具有稳定电压幅值变化的作用。

——接入到中压网络的负荷会 100% 地在公共耦合点处引起扰动。在网络上游的其他母线处, 干扰随着短路功率的增加而成比例的减小。

这就意味着上游的那些点受到的扰动较弱。主要是由于在高压供电网络中有较大的短路功率, 所以通常情况下可以不考虑高压供电网络中的闪烁骚扰。在中压网络下游的那些点会 100% 地受到电压波动的骚扰。这个结论对于连接到这些点处的低压网络也是适用的。

利用所谓的闪烁时间 t_f (在以前的一些标准中也称为记忆时间) 可以计算由单个阶跃电压变化引起的闪烁严酷度:

$$t_f = 2.3(100 \cdot d \cdot F)^3 \quad (\text{A4})$$

式中: d ——相对电压变化 (例如, 对于 $d=0.03$ p.u., $100d=3$);

F ——关于图 A1、图 A2 或图 A3 的波形因数 (对于阶跃电压变化: $F=1$)。

时间 2.3 只是一个系数, 以便达到与闪烁曲线相符合 (见图 4)。

闪烁严酷度是按在给定时段内的闪烁时间之和与该时段的时间之比的立方根来计算的:¹⁾

$$P_{st} = \sqrt[3]{\sum t_i / 10 \text{ min}} \quad (\text{A5})$$

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum t_i / 120 \text{ min}} \quad (\text{A6})$$

在评定闪烁的影响时,利用波形因数 F ,可以把特殊形状的电压变化转换成等值的阶跃电压。图 A1,图 A2 和图 A3 给出了关于某些典型波形的波形因数。

对于没有采取特殊减缓措施减少起动电流的电动机, F 的值通常约取为 1。图 A1 给出了频率在 1 Hz 至 25 Hz 范围内周期性电压波动的波形因数,其中考虑了快速电压变化对视觉的重迭效果。

例如,具有 1 Hz 的方波电压波动是由在 1 s 内双阶跃电压变化组成的,或者说在 10 min 的时间间隔内有 1 200 次变化。对于按式(A5)计算的 P_{st} , t_i 的总和是 $1\,200 \times t_i$ 。

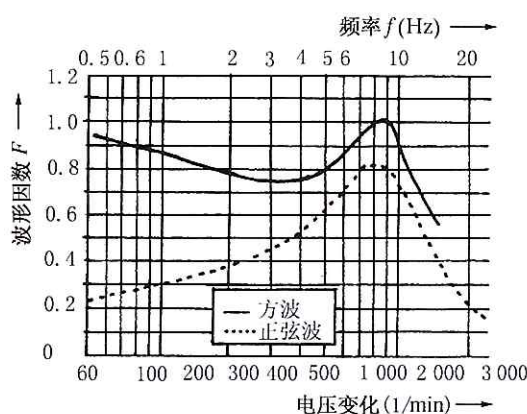


图 A1 预报电压波动所用的波形因数

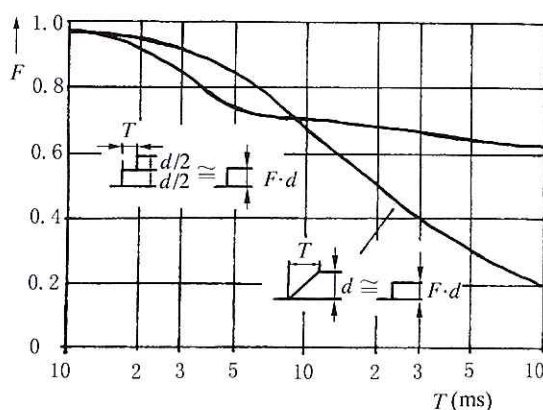


图 A2 斜坡波和双阶跃波所用的波形因数

1) 若折算成 A_{st} 和 A_{lt} , 则式(A5)和式(A6)变成:

$$A_{st} = \sum t_i / 10 \text{ min} \quad (\text{A5}')$$

$$A_{lt} = \sum t_i / 120 \text{ min} \quad (\text{A6}')$$

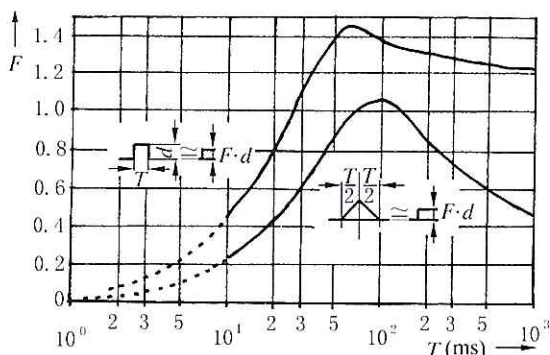


图 A3 方波和三角波所用的波形因数

附录 B

(提示的附录)

不同母线处的 P_{st} 的相加

假若要求评估波动源对那些由供电网络其它点供电的设备的影响,可能会出现以下的情况:

- 这些设备的位置彼此可能相距很远(从电气的观点来看),所以不必考虑相互间的影响;
- 这些设备的位置彼此可能相距很近,所以可简单等效地划归成一组;

——从电气上来说,这些设备的位置相距并不是很远,以致会相互有影响。将各波动源在它们自己的 PCC 处的 P_{st} 值组合起来之前,有必要考虑电气上的互相联系。下面考虑了这种情况。

以下给出的是位于不同母线上的两台电弧炉的例子。



图 B1 由电气上不同的母线给两台电弧炉供电的例子

如果在母线 A 和母线 B 处短路容量大部分的来源,在电气上可以认为是独立的,那么下面的简化方法是正确的。

由 A 炉单独在 A 母线上引起的波动电压是简单地以当地的故障水平 500 MVA 为基础的。类似地,由 B 炉单独在 B 母线上引起的波动电压是以当地的故障水平 6 000 MVA 为基础的。

首先,假定只研究 A 母线处的情况,并评估由 B 炉在 A 处引起的电压波动的增量。

假定对两个电弧炉测得的 P_{st} 值为:

- A 炉单独工作时在 A 母线处引起的 P_{st} 为 P_{stA} ;
- B 炉单独工作时在 B 母线处引起的 P_{st} 为 P_{stB} 。

处理过程是在 A 处放置一个尺寸适当减小了的“等效炉”B¹来代替 B 炉。

然后在 A 处对 B¹ 测量的 P_{st} 得:

$$\begin{aligned}
 P_{stB^1} &= P_{stB} \cdot \frac{S_{sc}(\text{在 B 处由 A 提供的})}{S_{sc}(\text{A 处的水平}) - S_{sc}(\text{在 A 处由 B 提供})} \\
 &= P_{stB} \cdot \frac{2\,000}{5\,000 - 2\,000} = 0.8 P_{stB}
 \end{aligned}$$

为了给出在 A 处的总的闪烁效应,可以按式(3)对 P_{stA} 和 P_{stB^1} 求和。

按同样的方法可以计算在 B 处的总的闪烁效应。

附录 C

(提示的附录)

某些典型情况研究的例子

C1 轧钢机负荷

一般认为,当把装备有沃特-勒奥那多驱动控制的轧钢机接到供电点时,预期在带有其他用户的公共耦合点处会出现下列形式的电压变化:

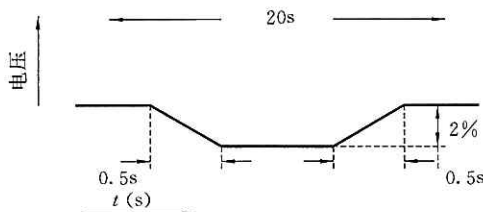


图 C1 来自轧钢机的影响的例子

在电压变化的平均次数(r/min)为 6(2/20 s)和 $\Delta S/S_{sc}=2\%$ 的情况下,该负荷将不满足表 4 给出的第 1 级限值的要求。

因此,按第 2 级评估该负荷的可接受性。利用当地负荷对 MV 网络闪烁水平最大总贡献: $G_{PstMV}=0.72$,系统容量为 30 MVA,用户的协议功率为 3 MVA,同时率为 0.3,应用式(7)可推导出用户的 $P_{st}=0.5$ 时的发射限值。

根据表 4 给出的 230 V $P_{st}=1.0$ 的曲线,把用百分数表示的电压变化值乘以 0.5 得到 $P_{st}=0.5$ 时的电压变化极限值。

从图 A2 可以推导出一个 0.5 s 的斜坡波的波形因数为 0.3。当应用到 0.2% 的斜坡电压变化时,这个因数把它转换成 0.6% (0.3×2%) 的等值方波电压变化。

根据图 4 推导出 $P_{st}=0.5$ 时 0.6% 的方波电压变化的最大变化率为每分钟变化 9 次。

当轧钢机引起的平均电压变化次数为 6 次/min 时, P_{st} 将小于 0.5,因此可以接入该负荷。

C2 汽车压碎机负荷

并不是一开始就采用第 2 级评估,因为高的电压变化值是与现有的负荷和增加的负荷联系在一起的。因此按第 3 级接入来评估用户的负荷。

现有一个 11 kV 供电站为一台拖动汽车压碎机的 900 kW 大型感应电动机供电。用户要求增加接入拖动另外一台汽车压碎机的一台 1 500 kW 的感应电动机。

a) 现有供电电源的特性

在公共耦合点处的阻抗: $(37.5+j82)\%$ (基准功率为 100 MVA)

b) 现有电动机的特性

起动:每天一次,直接接入线路,在功率因数为 0.3 时,起动功率为 3.3 MVA。

运行:负荷在空载到功率因数为 0.9 的满载之间变化。

c) 拟接入的电动机的特性

这是一台与现有 900 kW 电动机同一系列的电动机。电动机拖动的波动负荷在运行期间引起出现复杂的电压变化,因此,必须用闪烁计测量法来评估可能引起的闪烁的严酷度。但是,首先暂不考虑闪烁严酷度,而是按照在正常接入系统的情况下,起动时的电压变化应在 4% 的限值范围以内进行检查(见表 8)。这种初步的评估是按与现有电动机的特性成比例来进行的,因此,先计算现有电动机的起动时的

电压变化。

$$\text{电压变化} = \frac{3.3}{100} \times (37.5\% \times 0.3 + 82\% \times 0.95) = 2.94\%$$

为了计算拟接入电动机在起动时的电压变化,可考虑是与现有电动机的计算值成比例的,因此:

$$\text{电压变化} = 2.94\% \times \frac{1\,500}{900} = 4.9\%$$

这个结果是不能接受的。在没有放宽第1级正常的限值4%时,这台电动机是不能接入现有的供电系统的。

d) 采取的对策

随着系统某些局部的结构的调整,PCC可能会转移到一个有两台33/11 kV变压器的变电站的11 kV母线上。在这个母线上正常的系统阻抗是:(1.3+j48.8)% (基准功率为100 MVA)。

对于这种供电方式,拟接入电动机起动时的电压变化为:

$$\text{电压变化} = \frac{3.3}{100} \times \frac{1\,500}{900} \times (1.3\% \times 0.3 + 48.8\% \times 0.95) = 2.57\%$$

这个结果是可以接受的,并且现在需要评估在这种接入位置处的起动和运行时的闪烁影响。

e) 闪烁测量(见表C1)

闪烁计读数是按下列条件取得的:

- 1) 电动机不运行,在900 kW电动机现有的接入点测试 P_{st2} (背景水平);
- 2) 电动机起动,在900 kW电动机现有的接入点位置测试;
- 3) 电动机正常运行,在900 kW电动机现有的接入点测试 P_{st1} ;
- 4) 在33/11 kV变电站的11 kV母线上测试 P_{st0} (背景水平);

f) 研究中使用的系统阻抗的选择

在d)中给出了回路中有两台33/11 kV变压器时的阻抗(1.3+j48.8)% (基准功率为100 MVA)。当这两台变压器中有一台计划停运时,11 kV母线阻抗将增加到(2.5+j85.6)% (基准功率为100 MVA),即几乎为正常运行情况时的两倍。大多数变压器的故障可能要花几个月的时间来进行修理,这就意味着用带有高的系统阻抗继续运行时会产生危险。然而,在本例中由于原先的一台汽车压碎机主要在白天进行工作,在这段时间内使用的钨丝灯不是很多,因此决定不考虑计划停运的情况,而使用正常运行时的系统阻抗。但是,应该注意:在这些计划停运的情况下,电动机起动时的电压阶跃变化大约是5.2%。

g) 求和公式(2)中 m 值的选择

现有的电动机和拟增加的电动机相互之间是独立地运行的,所以在求总的闪烁影响时通常采用的值为 $m=3$ 。由于预计两台电动机不会精确地同时起动,所以对这种情况还是选用 $m=3$ 。

h) 起动时的闪烁影响

下面的10 min严酷度值 P_{st} 是从现有的900 kW电动机在当前的供电电源处得到的(见表C1):
起动时(包括背景水平): $P_{st}=0.56$ (试验2)

典型的背景读数: $P_{st}=0.3$ (平均值,试验1)

只有900 kW电动机起动时: $P_{st} = \sqrt[3]{(0.56^3 - 0.3^3)} = 0.53$

为了把这个值转移到d)中给出的11 kV母线上,必须要确定这两种位置之间的电压变化幅值的比。

在现有的供电位置处,现有的电动机的起动电压变化为2.94% (见c)。

在11 kV母线上,起动电压变化将为: $\text{电压变化} = \frac{3.3}{100} \times (1.3\% \times 0.3 + 48.8\% \times 0.95) = 1.54\%$

因此,在11 kV母线处,900 kW电动机起动时引起的严酷度为:

$$0.53 \times \frac{1.54}{2.94} = 0.28 (P_{st7}, \text{见表 C1})$$

拟增加的 1 500 kW 电动机是与现有的 900 kW 电动机成比例的,因此,它所引起的严酷度值为:

$$0.28 \times \frac{1\,500}{900} = 0.47 (P_{st8}, \text{见表 C1})$$

i) 正常运行时的闪烁影响

1) 900 kW 电动机

为了确定单独由 900 kW 电动机产生的闪烁影响,必须从电动机和背景骚扰联合作用的读数中(测试 3)减去背景骚扰的影响(测试 1)。

这个结果给出了 900 kW 电动机单独在现有供电位置处的影响。为了把这些影响转移到 4) 中提议的 11 kV 母线上,则严酷度的值必须要与这两个位置处的电压变化幅值的比成比例。假如运行期间出现功率摇摆时的功率因数为 0.9,则这个比值为:

$$\text{比值} = \frac{1.3\% \times 0.9 + 48.8\% \times 0.44}{37.5\% \times 0.9 + 82\% \times 0.44} = 0.32$$

2) 拟增加的 1 500 kW 电动机

这是一台与 900 kW 电动机同型号的大型电动机,所以它的可能的严酷度值是那台 900 kW 电动机的严酷度乘以(1 500/900)。

3) 在 11 kV 母线处的总的影响

把 11 kV 母线的背景骚扰严酷度(测试 4))与两台电动机的严酷度相加得到总的严酷度。此外,考虑到电动机在白天开始时起动,在第一个位置处的严酷度值也应该包括两台电动机起动时的严度。利用公式(1),从 P_{st} 的求和公式中推导出长时严酷度值 P_{lt} 。

j) 总结

1) 拟接入的 1 500 kW 电动机在 33 kV/11 kV 变电站 11 kV 母线处的起动电压变化为 2.6% 时是可以接受的。

表 C1 例 C2 的闪烁测量,正常运行时的闪烁影响

	在 2 h 内连续测得的短时严酷度 P_{st}											
试验 i 900 kW 电机 + 背景 (P_{st1})	0.54	0.78	0.81	0.84	0.87	0.84	0.81	0.75	0.75	0.81	0.81	0.66
试验 i 背景 (P_{st2})	0.27	0.27	0.24	0.48	0.48	0.27	0.24	0.27	0.27	0.24	0.27	0.30
900 kW 电机 $\sqrt[3]{P_{st1}^3 - P_{st2}^3} (P_{st3})$	0.52	0.77	1.80	0.78	0.82	0.83	0.80	0.74	0.74	0.80	0.80	0.64
换算到另一位置的 900 kW 电机 $P_{st3} \times 0.32 (P_{st4})$	0.17	0.25	0.26	0.25	0.26	0.27	0.26	0.24	0.24	0.26	0.26	0.21
1 500 kW 电机 $P_{st4} \times (1\,500/900)$ (P_{st5})	0.28	0.41	0.43	0.42	0.44	0.45	0.43	0.40	0.40	0.43	0.43	0.34
试验 iv 背景 (P_{st6})	0.24	0.24	0.69	0.69	0.45	0.48	0.36	0.24	0.36	0.36	0.21	0.66
900 kW 电机启动 (P_{st7})	0.28											
1 500 kW 电机启动 (P_{st8})	0.47											
$\sqrt[3]{\sum_{n=4}^8 (P_{stn})^3} (P_{st9})$	0.55	0.46	0.75	0.75	0.58	0.60	0.53	0.45	0.50	0.53	0.47	0.70
$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (P_{sti})^3}$	0.59											

2) 把现有的电机转移到 11 kV 母线上及把拟增加的 1 500 kW 电机接到 11 kV 母线上时,将会导出下列闪烁严酷度值:

$$P_{st}(\text{最大})=0.75$$

$$P_{st}=0.59$$

这两个值都在表 2 的限值范围内,所以这台拟增加的电动机是可以接受的。

C3 计划接入多台矿井卷扬机负荷的研究

在本例中计划把三台 5 MW 的矿井卷扬机接入到公共耦合点的故障水平为 400 MVA 的供电系统中。在下面的图 C2 中给出了卷扬机无功功率水平的分布图。问题是这三台卷扬机一起工作时(采用类似的、但不相同的约 60 s 的循环时间)如何影响闪烁水平。

电压变化近似地与无功功率分布成正比,在 4 Mvar 时的电压变化等于 1%,在 2.5 Mvar 时等于 0.63%。从图 C2 看出:时间约大于 1 s 的斜坡与类似时间的阶跃变化相比影响是小的。因此,来自卷扬机的闪烁主要是在开关闭合后第 6 s 时的 4 Mvar 变化引起的,并延伸到开关开断时一个更小的 2.5 Mvar 的阶跃无功功率变化。

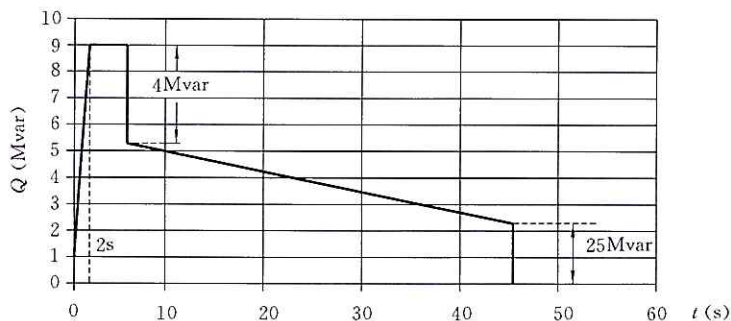


图 C2 卷扬机无功功率分布示例

因此,如果只有一台卷扬机,则可以从图 4 推导出重复率为 60 s 时的 P_{st} (假设最大的阶跃无功功率在 PCC 处产生 1% 的电压变化)。

根据图 4 (230 V 的那条曲线),在重复率为 60 s 时, $P_{st}=1.0$ 则最大的电压变化是 2.7%。

因此,对于 1% 的电压变化, $P_{st}=1/2.7=0.37$,对于 0.63% 的电压变化, $P_{st}=0.37 \times 0.63=0.23$,对于两次阶跃变化合成的 $P_{st}=\sqrt[3]{0.37^3+0.23^3}=0.40$ 。

(因为 P_{st} 与电压变化的大小成正比,所以对其他 PCC 处具有不同电压变化的 P_{st} 是容易计算的)。

如果假定这些卷扬机的工作是互相独立的,那么利用公式(3)的立方根法则,即从对于三台卷扬机的 $P_{st}=\sqrt[3]{3 \times 0.4^3}=0.58$ 也可以得到由一台以上的卷扬机引起的闪烁影响。这种假定忽略了由不同卷扬机同时发生阶跃变化可能导致的更加严重的闪烁效应。研究表明:若是出现明显的闪烁效应,则这些阶跃变化同时出现的时间必须要接近 0.1 s。以每次循环时间为 60 s 工作的三台卷扬机在 0.1 s 内两台同时出现阶跃变化的频率大约是每小时一次。而三台卷扬机同时出现阶跃变化的频率大约是两星期一次。

注意到这样一个事实也是很有意义的,如果阶跃变化相互之间出现的时间,譬如说不在 0.5 s~1 s 的范围之内,那么闪烁计并不管这些阶跃变化是规则的还是随机的,而是根据平均出现的频率给出关于 P_{st} 的评估结果。

从这里的分析可以看出:如果第 2 级的限值是 $P_{st}=0.5$,但由于拟安装的卷扬机的最大的 P_{st} 为 0.58,因此这是不能够接受的,而必须考虑采用第 3 级评估方法。

这个问题的另一种评估方法是使用类似于 A2 中给出的闪烁时间法。此外,两种斜坡波变化对闪烁的作用可以忽略,因为斜坡上升或下降的时间超过 1 s。

根据图 4(230 V 的那条曲线),对于一规定的限值 $P_{st}=0.5$ 将允许每 23 s 有一次在循环内的第 6 s 时的 4 Mvar 阶跃变化和 1% 的电压变化,在图 4 的 $P_{st}=1$ 曲线上,2% 的电压变化与 $P_{st}=0.5$ 曲线上的 1% 的电压变化等效。

在循环内的第 45 s 时,容许每 5 s 有一次 2.5 Mvar 的阶跃变化和 $1\% \times 2.5/4 = 0.63\%$ 的电压变化。

因此,总的闪烁时间是 $23+5=28$ s。

对于这样三台平均循环时间为 63 s 的机器,闪烁时间将是 $3 \times 28 = 84$ s,这已超过了 63 s 的循环时间,因此,按照第 2 级评估方法,这些机器是不可以被接入的。

C4 多台点焊机负荷

某制造厂希望接入点焊机负荷,这负荷由工作循环时间分别为 0.2 s,1 s 和 2.5 s 的三台点焊机组成。这些电焊机在 PCC 处给出的电压降分别为 0.5 V,0.4 V 和 0.25 V,并且停顿时间分别为 0.1 s,0.2 s 和 0.3 s。

三台电焊机的波形如图 C3 所示。

可以如 C3 的例那样利用图 4 计算每台电焊机单独工作时的严酷度值。然后再用第 6 章中的方法进行相加。但是,如果在小于 0.1 s 的时间间隔内出现电压变化,则有很高的同时出现电压变化的危险率,并且也不清楚在求和公式(2)中 m 采用什么样的值。在这种情况下,最好是利用闪烁计模拟程序[4]对所有工作的三台电焊机一起进行评估。

假设被分析的电压变化的波形有最大的同时率,且严酷度值 $P_{st}=1.48$,如果电压变化不精确地同时出现,那么可得到略为低一些的值(最小 1.42)。

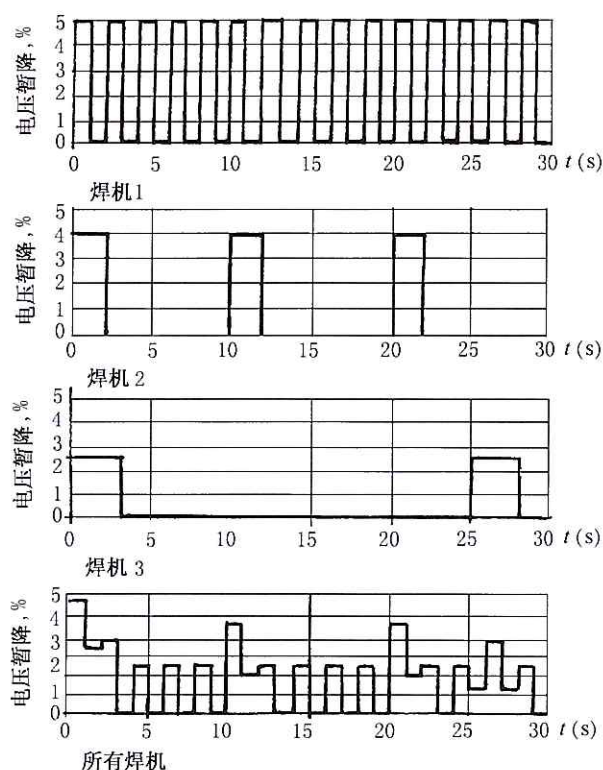


图 C3 多台点焊机负荷的影响示例

C5 60 t 交流电弧炉的接入

在一个 63 kV 变电站内有两段 HV 母线:

- 第一段母线为 MV 配电网供电；
- 第二段母线为钢铁厂供电。用户的协议功率 S_i 为 47 MVA。有 3 条 63 kV 线路从命名为 #1、#2 和 #3 站的 225/63 kV 变电站接入到这个变电站。

a) 正常的网络结构

- 母线联络断路器是断开的；
- 钢铁厂由 #1 站供电；
- 由 #2 站和 #3 站并列为配电网供电；
- 静止无功补偿器(SVC)投入运行。

在图 C4 中, PCC 标记在 #1 站的 63 kV 母线处。短路功率为 1 790 MVA。 $S_i/S_{sc}=0.03$ 。不采用第 1 级评估方法。

考虑第 2 级评估方法, 选择规划水平 $L_{PstHV}=1$ 。该用户是附近唯一的波动负荷; $S_{iHV}=47$ MVA。因此:

$$E_{Psti} = L_{PstHV} \cdot \sqrt[3]{\frac{47}{47}} = 1$$

测得的 $P_{st99\%}$ 值为:

- 5 (在钢铁厂 HV 母线处, A 点);
- 0.7 (在 #1 变电站 HV (63 kV) 母线处, B 点);
- 0.2 (在 #2 变电站 HV (63 kV) 母线处 C 点);
- 0.3 (在 LV 配电系统内)。

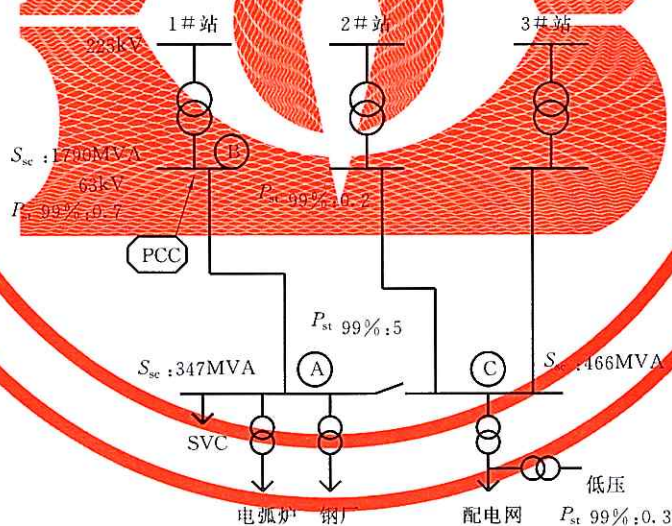


图 C4 正常的网络结构

所以, 正常的网络结构按第 2 级评估的要求是可以被接受的。

对另外的三种网络结构也进行了研究。

测量了 HV、MV、LV 之间 P_{st} 的衰减系数, 并已确定: 从 HV 到 MV, $T_{FHM}=0.97$, 从 MV 到 LV, $T_{FML}=0.95$ 。这些值是很高的, 因为在钢铁厂周围的地区是乡村, 在 MV 级很少有工业负荷提供短路功率。在 #1 站和 #2 站没有测量衰减系数, 由于环境情况是类似的, 所以 #1 站和 #2 站的 HV 和 LV 之间的衰减系数假定为 $T_{FHL}=0.92$ 。因此, 对 P_{st} 的限值采用 HV 的值。

b) 两母线并列运行

在图 C5 中所示的网络结构中包括了测量的结果。

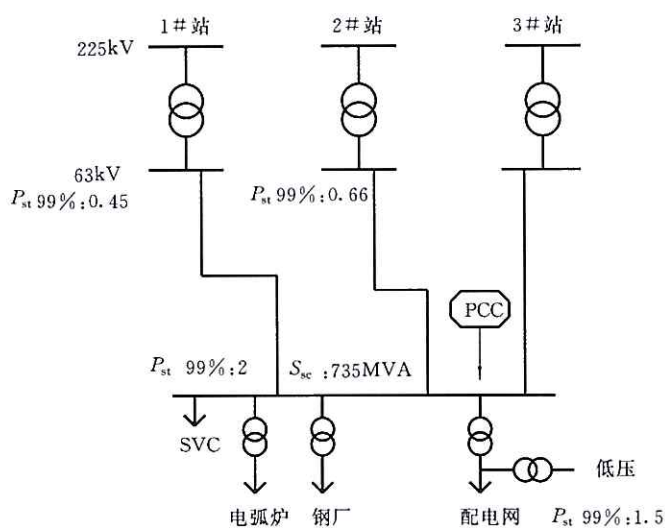
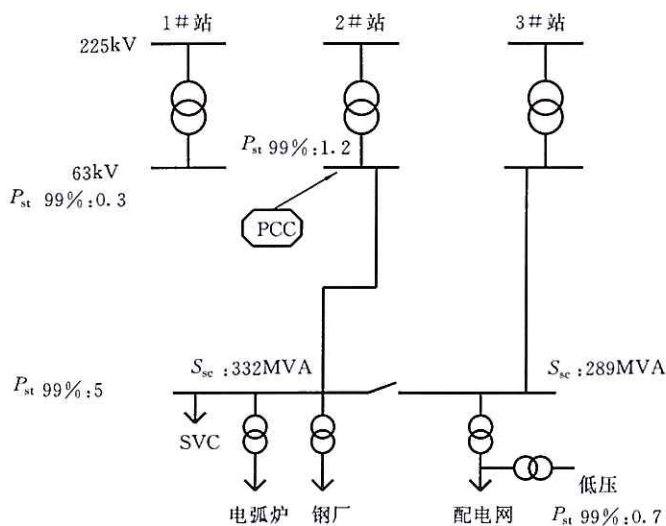


图 C5 母线并列运行

这种网络结构导致在新的 PCC 处有不可接受的高的 P_{st} 值。其主要原因是由于 PCC 的改变减少了钢铁厂和配电网之间电气距离。

c) #1 变电站的线路停运

如果断开#1变电站和钢铁厂之间的线路,即如图C6所示的“ $n-1$ ”网络结构。

图 C6 $(n-1)$ 网络结构

在#2变电站处 $P_{s,99\%}$ 的值太高,而这个网络结构不能认为是正常的网络结构。然而,由于传递系数 T_{PstHL} 的关系,在连接到#2变电站的低压网络中, $P_{s,99\%}$ 的值等于 1.1,对于非正常网络结构,可能被接受一个短的时间。因此,必须要考虑在这种状态时的概率。但这种情况下的概率是很低的。因而,按第 2 级评估条件将可以不加限制地接受该用户。

d) SVC 停运

如果 SVC 不投入运行,则 P_{st} 值要乘以 1.5~2 之间的某一个系数,该系数与网络结构有关。当考虑正常的网络结构时,在图 C7 中给出 P_{st} 的测量值。

下标表

1BB	母线处的基波(阻抗)
1PCC _i	第 i 个用户的 PCC 处的基波(阻抗)
FHM	HV/MV 闪烁(传递)
FML	MV/LV 闪烁(传递)
h	谐波次数
h HM	HV/MV 第 h 次谐波电压(传递)
h LM	LV/MV 第 h 次谐波电压(传递)
h ML	MV/LV 第 h 次谐波电压(传递)
i	第 i 个用户或负荷
$I_{hi}MV$	MV 系统第 i 个用户的 h 次谐波电流(A, r. m. s)
$I_{hi}MV\%$	MV 系统第 i 个用户的 h 次谐波电流(协议电流的百分数)
j	第 j 个装置
LM	在 LV 和 MV 负荷之间
LV	LV 负荷
ML	在 MV 和 LV 负荷之间
MV	MV 负荷
N	标称的
scBB	在母线处三相短路
scPCC _i	在第 i 个用户的 PCC 处三相短路

主要符号表

(显明的符号没有引入)

C_{PstLV}	LV 的短时闪烁兼容水平
C_{UhiLV}	LV 的 h 次谐波电压兼容水平
D_{Uh}	谐波电压响应(由于一组基准电流的注入自然,在所考虑的系统等级内某处出现的最大 h 次谐波电压)(%)
E_{IhiMV}	以 MV 直接供电的第 i 个用户的 h 次谐波电流的容许发射限值(A, r. m. s)
$E_{IhiMV\%}$	直接以 MV 供电的第 i 个用户 h 次谐波电流容许的发射限值(协议电流的百分数)
E_{PstMV}	直接以 MV 供电的第 i 个用户短时闪烁容许的发射限值(p. u)
E_{UhiLV}	直接以 LV 供电的第 i 个负荷 h 次谐波电压容许的发射限值(%)
E_{UhiMV}	直接以 MV 供电的第 i 个负荷 h 次谐波电压容许的发射限值(%)
F_{ML}	MV 和 LV 配电系统总畸变负荷中的同时率
F_{MV}	MV 负荷同时发生畸变的同时率,其值取决于负荷和系统的特性(平均值=0.4)
G_{PstMV}	所有直接以 MV 供电的负荷总的短时闪烁发射(p. u)
G_{hHV}	所有直接以 HV 供电的负荷总的 h 次谐波电压发射限值(%)
G_{hMV}	所有直接以 MV 供电的负荷总的 h 次谐波电压发射限值(%)
I_{scBB}	母线处的三相短路电流
I_{scPCCi}	沿供电线路的第 i 户的 PCC 处的三相短路电流
K_{zi}	Z_{1PCCi}/Z_{1BB} 或 I_{scBB}/I_{scPCC1} (按附录 D 中 D2 的定义)
L_{PstHV}	HV 的短时闪烁规划水平

I_{PstMV}	MV 的短时闪烁规划水平
$I_{\text{U}h\text{HV}}$	HV 的 h 次谐波电压规划水平
$I_{\text{U}h\text{MV}}$	MV 的 h 次谐波电压规划水平
N	假定被考虑的 MV 配电系统 MV 负荷的数量(由同一母线供电的负荷数)
PCC 或 PCC_i	第 i 个用户的公共耦合点
P_i	第 i 个用户的协议有功功率
P_{stHV}	HV 的短时闪烁
P_{stiMV}	MV 的第 i 个用户的短时闪烁
P_{stMV}	MV 的短时闪烁
Q_c	容性无功功率
S_{dwi}	第 i 个用户的加权畸变功率
S_i	第 i 个用户的协议视在功率($P/\cos\varphi$) (kVA)(对大型的畸变负荷用功率因数代替 $\cos\varphi$)
S_{LV}	通过 HV/MV 配电变压器直接以 LV 供电的负荷总功率(在供电系统满载时), 以 HV/MV 变压器额定容量为 1p. u 值表示时, 平均值=0.6
S_{MV}	通过 HV/MV 配电变压器直接以 MV 供电的负荷总功率(在供电系统满载时), 以 HV/MV 变压器额定容量为 1p. u 值表示时, 平均值=0.4
S_{SC}	短路功率
T_{FHM}	HV/MV 闪烁传递系数, 其值取决于负荷和系统特性(平均值=0.8) ^[1]
T_{FML}	MV/LV 闪烁传递系数, 其值取决于负荷和系统特性(平均值=0.8) ^[1]
$T_{h\text{HM}}$	HV/MV h 次谐波电压传递系数, 其值取决于负荷和系统特性, 负荷级别和谐波次数(平均值=1)
$T_{h\text{ML}}$	MV/LV h 次谐波电压传递系数, 其值取决于负荷和系统特性, 负荷级别和谐波次数(平均值=0.95)
U_h	h 次(谐波次数通用代号)谐波电压
$U_{h\text{HV}}$	HV h 次谐波电压
$U_{h\text{MV}}$	MV h 次谐波电压
$U_{hi\text{MV}}$	第 i 个 MV 用户 h 次谐波电压
U_{N}	配电系统标称电压
$Z_{1\text{BB}}$	母线处基波阻抗
$Z_{1\text{PCC}i}$	沿供电线路第 i 个用户的 PCC 处的基波阻抗(Ω)
Z_h	第 i 个用户在 PCC 处提供配电系统的 h 次谐波阻抗(在谐波频率下的欧姆数)
Z_i	第 i 个用户在 PCC 处的阻抗

附 录 E

(提示的附录)

参 考 资 料

- [1] IEC 1000-2-6, 1995, Electromagnetic compatibility-Part 2: Environment-Section 6: Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances.

- [2] Strategy for worldwide applicability of the UIE/IEC flickermeter (M Sakulin et al, PQA 94, Paper C-1.06).
 - [3] Grundsätze für die Beurteilung von Netrückwirkungen (VDEW, 92).
 - [4] Connection of fluctuating loads (UIE DWG, July 88).
 - [5] IEC 1000-2-2, 1990, Electromagnetic compatibility—Part 2: Environment—Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems.
 - [6] IEC 1000-2-1, 1990, Electromagnetic compatibility—Part 2: Environment—Section 1: Description of the environment—Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems.
 - [7] Assessing voltage quality with relation to harmonics, flicker and unbalance (A Robert and J Marquet on behalf of WG CC02, CIGRE 92—Paper 36-203, CIRED Bulletin No 16 Nov 92).
-

中 华 人 民 共 和 国
国家标准化指导性技术文件
电磁兼容 限值
中、高压电力系统中波动负荷
发射限值的评估

GB/Z 17625.5—2000

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

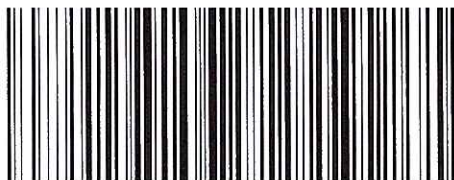
开本 880×1230 1/16 印张 2¼ 字数 62 千字

2000年12月第一版 2000年12月第一次印刷

印数 1—2 000

*

书号: 155066·1-17191 定价 30.00 元



GB/Z 17625.5—2000