



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 17625.14—2017/IEC/TR 61000-3-14:2011

电磁兼容 限值 骚扰装置接入低压 电力系统的谐波、间谐波、电压波动和 不平衡的发射限值评估

Electromagnetic compatibility—Limits—Assessment of emission limits for
harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the
connection of disturbing installations to LV power systems

[IEC/TR 61000-3-14:2011, Electromagnetic compatibility (EMC)—
Part 3-14: Limits—Assessment of emission limits for harmonics,
interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of
disturbing installations to LV power systems, IDT]

2017-11-01 发布

2018-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 基本 EMC 概念	8
4.1 概述	8
4.2 兼容水平	8
4.2.1 概述	8
4.2.2 谐波	9
4.2.3 间谐波	9
4.2.4 电压波动	10
4.2.5 不平衡	10
4.3 规划水平	10
4.3.1 规划水平的指示值	10
4.3.2 基于规划水平的评估程序	10
4.4 EMC 概念说明	11
4.5 发射水平	12
5 一般原理	13
5.1 概述	13
5.2 第 1 阶段:骚扰发射的简化评估	13
5.3 第 2 阶段:与实际系统特性相关的发射限值	13
5.4 第 3 阶段:有条件地接受更高发射水平	13
5.5 责任	14
6 评估发射水平的通用导则	14
6.1 评估点	14
6.2 发射水平的概念	15
6.3 运行条件	15
6.4 系统阻抗特性	15
7 通用叠加定律	16
7.1 概述	16
7.2 谐波	16
7.3 闪变和快速电压变化	16
7.4 电压不平衡	17
8 低压系统中畸变装置的谐波发射限值	17
8.1 第 1 阶段:骚扰发射的简化评估	17
8.2 第 2 阶段:与实际系统特性相关的发射限值	18

8.2.1	概述	18
8.2.2	总发射值在用户装置间的分配	18
8.2.3	单个发射限值	19
8.2.4	第2阶段的替代方法	20
8.3	第3阶段:有条件地接受更高发射水平	20
8.4	间谐波的发射限值	21
9	低压系统中装置的电压波动发射限值	21
9.1	第1阶段:骚扰发射的简化评估	21
9.2	第2阶段:与实际系统特性相关的发射限值	21
9.2.1	概述	21
9.2.2	总发射值在用户装置间的分配	22
9.2.3	单个发射限值	22
9.3	第3阶段:有条件地接受更高发射水平	23
9.4	快速电压变化	23
9.4.1	一般考虑因素	23
9.4.2	发射限值	24
10	低压系统中不平衡装置的不平衡发射限值	24
10.1	概述	24
10.2	第1阶段:骚扰发射的简化评估	24
10.3	第2阶段:与实际系统特性相关的发射限值	24
10.3.1	概述	24
10.3.2	总发射值在不平衡源间的分配	25
10.3.3	单个发射限值	25
10.4	第3阶段:有条件地接受更高发射水平	27
11	评估程序框图	27
附录 A (资料性附录)	推导特定类型低压电网限值一般方法的算例	31
附录 B (资料性附录)	特定装置发射限值一般计算方法的算例	41
附录 C (资料性附录)	第2阶段的谐波发射限值	45
附录 D (资料性附录)	计算谐波和不平衡的衰减系数	55
附录 E (资料性附录)	第3阶段谐波发射限值分配方法的算例	64
附录 F (资料性附录)	附录 E 所述方法的应用示例	68
附录 G (资料性附录)	主要字母符号、下标和符号清单	72
参考文献		75

前 言

《电磁兼容 限值》由以下部分组成：

- GB 17625.1—2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)；
- GB/T 17625.2—2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、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；
- GB/Z 17625.6—2003 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谐波电流的限制；
- GB/T 17625.7—2013 电磁兼容 限值 对额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制；
- GB/T 17625.8—2015 电磁兼容 限值 每相输入电流大于 16 A 小于等于 75 A 连接到公用低压系统的设备产生的谐波电流限值；
- GB/T 17625.9—2016 电磁兼容 限值 低压电气设施上的信号传输 发射电平、频段和电磁骚扰电平；
- GB/Z 17625.14—2017 电磁兼容 限值 骚扰装置接入低压电力系统的谐波、间谐波、电压波动和不平衡的发射限值评估。

本部分为《电磁兼容 限值》的第 14 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC/TR 61000-3-14:2011《电磁兼容(EMC) 第 3-14 部分:限值 骚扰装置接入低压电力系统的谐波、间谐波、电压波动和不平衡的发射限值评估》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 18039.3—2003 电磁兼容 环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(IEC 61000-2-2:1990,IDT)；
- GB 17625.1—2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)(IEC 61000-3-2:2009,IDT)；
- GB/T 17625.2—2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制(IEC 61000-3-3:2005,IDT)；
- 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(idt 61000-3-6:1996)；
- 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(idt 61000-3-7:1996)；
- GB/T 17625.7—2013 电磁兼容 限值 对额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制(IEC 61000-3-11:2000,MOD)；
- GB/T 17625.8—2015 电磁兼容 限值 每相输入电流大于 16 A 小于等于 75 A 连接到公

用低压系统的设备产生的谐波电流限值(IEC 61000-3-12:2004,IDT);

——GB/T 17626.15—2011 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范(IEC 61000-4-15:2003,IDT)。

本部分做了下列编辑性修改:

——本部分的标准名称改为《电磁兼容 限值 骚扰装置接入低压电力系统的谐波、间谐波、电压波动和不平衡的发射限值评估》。

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本部分起草单位:中国电力科学研究院、南方电网超高压输电公司、广东产品质量监督检验研究院、中国电子技术标准化研究院、国家电网公司、云南电力试验研究院、贵州电网有限责任公司凯里供电局。

本部分主要起草人:万保权、李妮、李澍森、肖遥、尹婷、石光明、张业茂、刘健彝、陈世钢、李睿、周兵、王建华、曹敏。

电磁兼容 限值 骚扰装置接入低压 电力系统的谐波、间谐波、电压波动和 不平衡的发射限值评估

1 范围

《电磁兼容 限值》的本部分提供的原理指南可用作确定骚扰装置与低压公用电力系统连接要求的基础。对于本部分,骚扰装置指可产生骚扰(包括谐波和/或间谐波、电压闪变和/或快速电压变化,和/或电压不平衡)的装置(负载或发电装置)。本部分的主要目的是为系统运营商或业主的工程实践提供指导,以便为所有连接的用户装置提供足够的服务质量。在装置方面,本部分并不打算代替设备的发射限值标准。

注 1: 本部分中的低压指 $U_n \leq 1 \text{ kV}$ 。

本部分论述了用于吸收骚扰的系统容量分配,并未论述如何减缓骚扰,也不涉及如何提高系统容量。

本部分仅适用于接入向(或可能向)其他低压负载或装置供电的低压公用电力系统的装置。本部分主要针对超过某最小容量的大型装置,此最小容量($S_{\min}$)由系统运营商或业主根据系统特性规定。

注 2: 由于有最小容量的限制,本部分通常不适用于住宅用户装置。

本部分的目的在于为与低压系统相连的单个设备规定发射限值。已有适用的 IEC 产品类标准规定了低压设备的发射限值。这些标准确定发射限值是假设的与供电系统相连的装置中产生骚扰的设备数量、型号及用途,同时依据了 IEC 60725 中给出的参考阻抗,其被认为是代表性的小型住宅装置电源阻抗。该假设可能不适用于大型的低压装置,因此,本部分为大型装置提供确定发射限值的方法。

注 3: 符合本部分中方法所确定的发射限值,并不能免除遵守相关国家或地区法规中有关设备发射限值要求的义务。

本部分涉及低压装置产生的低频传导骚扰。考虑的骚扰为:

- 谐波及间谐波;
- 闪变及快速电压变化;
- 不平衡(负序分量)。

由于本部分概述的指南以某些简化的假设为基础,因此不能保证本方法在各种情况下始终能提供最佳解决方案,在全部或部分使用给出的评估程序时,应从工程角度作出判断,灵活合理地使用。

系统运营商或业主负责详细规定对骚扰装置与系统连接的要求。应将骚扰装置理解为用户的整体装置(即包括骚扰和非骚扰部分)。

本部分为大型低压装置确立发射限值提供推荐程序。为使任何电网运营商或业主充分应用本部分,专家可能需要获取针对特定类型低压运行电网的适用因素。

注 4: 在某些情况下,通过为所有低压电网绘制一组表格的方式简化发射限值的做法可能会使限值过于保守。

本部分的主要内容给出了为与低压电网相连的大型装置分配谐波、电压波动及不平衡发射限值的一般程序。

本部分的附录给出了附加信息,特别是:

- 附录 A 给出了配电专家或依据国家规范进行技术运用的实例,以便从一般方法中根据具体网络特性导出其自身的限值。
- 附录 B 在低压电网局部参数的基础上给出了配电运营商连接具体装置的运用实例。

——附录 C 和附录 D 给出了用于导出和了解本部分程序的理论基础的详情。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 4365—2003 电工术语 电磁兼容[IEC 60050(161):1990,IDT]

GB/Z 18039.5—2003 电磁兼容 环境 公用供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境(IEC/TR 61000-2-1:1990,IDT)

IEC/TR 60725 测定每相额定电流不大于 75 A 的电气设备骚扰特性的参考阻抗和公用供电网络阻抗的考虑(Consideration of reference impedances and public supply network impedances for use in determining disturbance characteristics of electrical equipment having a rated current ≤ 75 A per phase)

IEC 61000-2-2:2002 电磁兼容(EMC) 第 2-2 部分:环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-2: Environment—Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems]

IEC 61000-3-2 电磁兼容(EMC) 第 3-2 部分:限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤ 16 A)[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-2: Limits—Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)]

IEC 61000-3-3 电磁兼容(EMC) 第 3-3 部分:限值 对每相额定电流 ≤ 16 A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪变的限制[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-3: Limits—Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection]

IEC/TR 61000-3-6:2008 电磁兼容(EMC) 第 3-6 部分:限值 畸变装置与中压、高压和超高压电力系统连接的发射限值评估[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-6: Limits—Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems]

IEC/TR 61000-3-7:2008 电磁兼容(EMC) 第 3-7 部分:限值 波动负荷装置与中压、高压和超高压电力系统连接的发射限值评估[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-7: Limits—Assessment of emission limits for the connection of fluctuating load installations to MV, HV and EHV power systems]

IEC 61000-3-11 电磁兼容(EMC) 第 3-11 部分:限值 对额定电流 ≤ 75 A 且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪变的限制[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-11: Limits—Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems—Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection]

IEC 61000-3-12 电磁兼容(EMC) 第 3-12 部分:限值 每相输入电流 >16 A 且 ≤ 75 A 的设备接入公用低压供电系统产生的谐波电流限值[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-12: Limits—Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤ 75 A per phase]]

IEC/TR 61000-3-13:2008 电磁兼容(EMC) 第 3-13 部分:限值 不平衡装置与中压、高压和超高压电力系统连接的发射限值评估[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-13: Limits—As-

assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems]

IEC 61000-4-15 电磁兼容(EMC) 第 4-15 部分:试验和测量技术 闪变仪功能和设计规范 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-15: Testing and measurement techniques—Flicker meter—Functional and design specifications]

3 术语和定义

GB/T 4365—2003 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

周(日)95%(99%)概率值 95%(99%) probability weekly (daily) value
在一周(天)的 95%(99%)时间内不超出的数值。

3.2

协议容量 agreed power

用户、系统运营商或业主协商一致的骚扰装置的视在功率值。如果有若干个接入点,则每个接入点的协议容量可能不同。

3.3

用户 customer

通过系统运营商或业主连接至或有权连接至供电系统的装置的运营人员、公司或机构。

3.4

(电磁)骚扰 (electromagnetic) disturbance

电磁环境中任何可能引起电气设备偏离其预期性能的电磁现象。

3.5

骚扰水平 disturbance level

按规定的方法测量和评估的电磁骚扰的量级或幅值。

3.6

骚扰装置 disturbing installation

可能对接入的供电系统造成电压或电流骚扰的整体电气装置(包括骚扰和非骚扰部分)。

注:在本部分中,所有涉及的骚扰装置不仅包括负载,还包括发电设备。

3.7

电磁兼容性 electromagnetic compatibility; EMC

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

注 1:电磁兼容性指在任何一种情况下骚扰发射水平足够低且抗扰度水平足够高,使所有装置、设备和系统均能正常运行的电磁环境条件。

注 2:只有在发射和抗扰度水平受控,使任何一个位置的装置、设备和系统的抗扰度水平未被此位置因所有骚扰源和其他因素(例如:电路阻抗)的发射总量产生的骚扰水平超过的情况下,才能实现电磁兼容性。通常,如果偏离正常运行的概率足够小,可认为具有兼容性。见 GB/Z 18039.5—2003 中第 4 章。

注 3:根据上下文,兼容性可理解为特指单一骚扰或一类骚扰。

注 4:电磁兼容性也用于描述装置、设备和系统互相之间或因电磁现象而产生的负面电磁影响的研究领域。

3.8

(电磁)兼容水平 (electromagnetic) compatibility level

在特定环境中用作参考水平以协调确定发射和抗扰度限值的规定的电磁骚扰水平。

注:通常,选择的兼容水平应被实际骚扰水平仅以小概率(例如 5%)超出。

3.9

发射 emission

从电磁骚扰源向外发出电磁能的现象。

注 1: 改写 GB/T 4365—2003, 定义 161-01-08。

注 2: 本部分中, 发射指可造成供电电压畸变、波动或不平衡的现象或传导电磁骚扰。

3.10

发射水平 emission level

用规定方法评估和测得的由特定装置、设备、系统或整体骚扰装置发射的某给定电磁骚扰的水平。

3.11

发射限值 emission limit

针对特定装置、设备、系统或整体骚扰装置规定的最大发射水平。

3.12

发电设备 generating plant

任何产生电能的设备, 以及与之相连的设备或辅助设备(例如, 单元变压器或换流器)。

3.13

(对骚扰的)抗扰度 immunity (to a disturbance)

在存在电磁骚扰的情况下, 装置、设备或系统具有不降低其运行性能的能力。

3.14

抗扰度水平 immunity level

接入在特定装置、设备或系统上而其仍能正常工作并保持其声明性能等级的某给定电磁骚扰的最大水平。

3.15

装置容量 installation size

3.15.1

大型装置 large installation

协议容量大于或等于系统运营商或业主规定容量的装置。

注: 本部分中, 该规定容量定义为 $S_{\min}$ 。

3.15.2

小型装置 small installation

协议容量小于系统运营商或业主规定容量的装置。

注: 本部分中, 该规定容量定义为 $S_{\min}$ 。

3.16

正常运行条件 normal operating conditions

系统或骚扰装置的运行条件通常包括: 所有发电侧变化、负载变化和无功补偿或滤波器状态(例如, 并联电容器状态), 维护和建设工作期间的停运和安排, 所考虑系统或骚扰装置设计的非理想运行条件和正常偶发事件。

注: 正常系统运行条件通常不包括: 因超出系统安全标准计划的某种故障或一系列故障、异常情况和无法避免的情况(例如, 不可抗力、异常天气情况和其他自然灾害、公共机构行为和劳工行动)而产生的条件; 系统用户大大超出其发射限值或未遵守连接要求的情况; 为了在维护或建设工作期间向用户供应电力而采取的临时发电或供电安排, 否则供电会中断。

3.17

规划水平 planning level

在特定环境中, 用于特定系统作为确定装置发射限值的参考值的特定骚扰水平, 以便协调该限值与拟连接至供电系统的设备和装置的所有限值。

注: 规划水平被视为由相关区域负责规划和运营供电系统的人员规定的本地内在质量目标。

3.18

公共耦合点 **point of common coupling; PCC**

公用供电系统中电气上与所连装置距离最近的点,在这一点已接上或者可以接上其他装置。PCC 是位于所考虑装置上游的点。

注:供电系统在使用上被视为是公用的,但在所有权上不是公用的。

3.19

连接点 **point of connection; POC**

公用供电系统中所考虑装置已接上或可以接上的点。

注:供电系统在使用上被视为是公用的,但在所有权上不是公用的。

3.20

评估点 **point of evaluation; POE**

公用供电系统中的点,将按照发射限值在此点评估给定装置的发射水平。此点可以是 PCC 或 POC,或由系统运营商或业主规定或约定的任何其他点。

注:供电系统在使用上被视为是公用的,但在所有权上不是公用的。

3.21

公用低压电力系统 **public low-voltage power system**

向若干装置或用户供电或可能供电的低压电力系统。

注:供电系统在使用上被视为是公用的,但在所有权上不是公用的。

3.22

短路容量 **short circuit power**

供电系统中某点的对称三相短路容量的初始理论计算值,单位为兆伏安(MVA)。可以认为短路容量是对称短路电流初始值、标称系统电压与系数 $\sqrt{3}$ 的乘积,忽略非周期分量(DC)。

3.23

支线 **spur**

引自主馈线的馈线支线(通常用于中压和低压馈线)。

3.24

供电系统 **supply system**

由以各级电压运行的所有线路、开关设备和变压器组成,并与用户装置连接的输电系统和配电系统。

3.25

系统运营商或业主 **system operator or owner**

负责与那些寻求建立负载连接或向配电系统发电的用户达成技术连接协议的实体。

3.26

传递系数(影响系数) **transfer coefficient (influence coefficient)**

在各种运行条件下能在两母线之间或电力系统的两部分之间传输的骚扰的相对水平。

3.27

与现象相关的定义

谐波 **harmonics**

定义 3.27.1~3.27.9 与谐波相关。它们基于离散傅立叶变换法(DFT)对系统电压或电流的分析。这是 IEC 60050-101:1998 中定义 101-13-09 的傅立叶变换的应用实例。

注 1:时间函数(不管是否是周期函数)的傅立叶变换是频域中的函数,通常称为时间函数的频谱,或简称频谱。如果时间函数为周期函数,则频谱由离散线(或分量)组成。如果时间函数不为周期函数,则频谱是连续函数,以指示所有频率的分量。

注2: 为简单起见,本部分中的定义仅指(间)谐波分量。然而,这点不得视为对其他 IEC 文件中给出的其他定义的使用限制,例如 IEC 61000-4-7 中,(间)谐波群或子群更适合测量快速变化的信号。

3.27.1

基波频率 fundamental frequency

根据时间函数的傅立叶变换获得的频谱频率,指的是频谱的所有频率。在本部分中,基波频率与供电频率相同。

注: 如果是周期函数,基波频率一般等于与函数周期对应的频率。

3.27.2

基波分量 fundamental component

频率为基波频率的分量。

3.27.3

谐波频率 harmonic frequency

为基波频率整数倍的频率。谐波频率与基波频率之比为谐波次数(推荐符号: h)。

3.27.4

谐波分量 harmonic component

具有谐波频率的任何分量。为简洁起见,此分量可简称为谐波。

3.27.5

间谐波频率 interharmonic frequency

不为基波频率整数倍的任何频率。

注1: 从谐波次数扩展,间谐波次数是间谐波频率与基波频率之比。该比值不为整数(推荐符号: m)。

注2: 如果 $m < 1$,则可能会用到术语次谐波频率。

3.27.6

间谐波分量 interharmonic component

具有间谐波频率的分量。为简洁起见,此分量可简称为间谐波。

3.27.7

总谐波畸变 total harmonic distortion

THD

最高到指定谐波次数(H)的所有谐波分量之和的方均根值与基波分量的方均根值之比。

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{Q_h}{Q_1}\right)^2}$$

式中:

Q —— 电流或电压;

Q_1 —— 基波分量的方均根值;

h —— 谐波次数;

Q_h —— h 次谐波分量的方均根值;

H —— 通常为 40 或 50,根据应用而定。

3.27.8

畸变装置 distorting installation

可能会对所连接供电系统造成电压或电流畸变的整体电气装置(包括畸变和不畸变部分)。

注: 在本部分中,所有畸变装置不仅包括线性和非线性负载,还包括发电设备和任何非正弦电流发射源(例如,再生制动系统)。

3.27.9

非线性负载或设备(见畸变装置) non-linear load or equipment (see distorting installation)

在正弦电压供电下产生非正弦电流的任何负载或设备。

3.28

与现象相关的定义-闪变和快速电压变化

3.28.1

闪变 flicker

因亮度或光谱分布随时间波动的光刺激而引起的不稳定的视觉感觉。

注：闪变是白炽灯上呈现的效果。引起闪变现象的电磁现象被称为电压变化。

3.28.2

快速电压变化 rapid voltage changes

在几个周期内基波频率电压方均根值的变化。快速电压变化也可以周期变化的形式出现。

注：快速电压变化通常由启动、冲击电流或设备切换操作引起。

3.28.3

波动装置 fluctuating installation

具有重复或突然功率波动、或启动/冲击电流,且可以在所连接供电系统产生闪变或快速电压变化的整体电气装置(包括波动和不波动部分)。

注：在本部分中,所有涉及的波动装置不仅包括负载,还包括发电设备。

3.28.4

电压波动 voltage fluctuations

一系列电压变化或电压包络的周期性变化。

3.29

与现象相关的定义

不平衡 unbalance

下列与不平衡相关的定义是基于 Fortescue 变换矩阵和离散傅立叶变换法(DFT)对系统电压或电流的分析,旨在提取基波分量,用以计算不平衡度。

3.29.1

电压不平衡 voltage unbalance (imbalance)

多相系统中的一种状态,在这种状态下,相电压幅值或邻相之间的相位角不完全相等(基波分量)。

注 1: 改写 GB/T 4365—2003,定义 161-08-09。

注 2: 在三相系统中,不平衡度通常用负序、零序分量与正序分量的比值来表示。在本部分中,电压不平衡仅与三相系统和负序相关。

3.29.2

三相电压(或电流)正序分量 positive-sequence component of 3-phase voltages (or currents)

运用 Fortescue 变换矩阵得到的对称向量系统,按照 $\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_a + a \cdot \underline{U}_b + a^2 \cdot \underline{U}_c)$ 进行数学计算。

其中, $a = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$, $\underline{U}_a$ 、 $\underline{U}_b$ 、 $\underline{U}_c$ 是相电压(基波分量)。

注：也可以使用线电压。

3.29.3

三相电压(或电流)负序分量 negative-sequence component of 3-phase voltages (or currents)

运用 Fortescue 变换矩阵得到的对称向量系统,按照 $\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_a + a^2 \cdot \underline{U}_b + a \cdot \underline{U}_c)$ 进行数学计算。

其中, $a = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ 和 $\underline{U}_a$ 、 $\underline{U}_b$ 、 $\underline{U}_c$ 是相电压(基波分量)。

注：也可以使用线电压。

3.29.4

三相电压(或电流)零序分量 zero-sequence component of 3-phase voltages (or currents)

运用 Fortescue 变换矩阵得到的对称向量系统,按照 $\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_a + \underline{U}_b + \underline{U}_c)$ 进行数学计算。其中, $\underline{U}_a$ 、 $\underline{U}_b$ 、 $\underline{U}_c$ 是相电压(基波分量)。

注:此处不能使用线电压,因为若使用线电压计算,零序分量将为零。

3.29.5

电压不平衡度 voltage unbalance factor

u

基波频率电压的负序分量与正序分量的模的比值,用百分数(%)表示。

$$u = \frac{|\underline{U}_2|}{|\underline{U}_1|} \cdot 100 = \frac{|\underline{U}_a + a^2 \cdot \underline{U}_b + a \cdot \underline{U}_c|}{|\underline{U}_a + a \cdot \underline{U}_b + a^2 \cdot \underline{U}_c|} \cdot 100\%$$

注1:也可以使用线电压代替相电压。

注2:为简单起见,在本部分中,用 u (而非 u_2)代表电压不平衡度。IEC 61000-4-30 中列出了等效公式:

$$u = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\%, \text{ 其中 } \beta = \frac{|\underline{U}_{ab}|^4 + |\underline{U}_{bc}|^4 + |\underline{U}_{ca}|^4}{(|\underline{U}_{ab}|^2 + |\underline{U}_{bc}|^2 + |\underline{U}_{ca}|^2)^2}$$

3.29.6

电流不平衡度 current unbalance factor

IUF

基波频率电流的负序分量与正序分量的模的比值,用百分数(%)表示。

$$i_2 = \frac{|\underline{I}_2|}{|\underline{I}_1|} \cdot 100 = \frac{|\underline{I}_a + a^2 \cdot \underline{I}_b + a \cdot \underline{I}_c|}{|\underline{I}_a + a \cdot \underline{I}_b + a^2 \cdot \underline{I}_c|} \cdot 100\%$$

3.29.7

不平衡装置 unbalanced installation

根据其操作情况而具有不平衡线路电流(幅值和/或相位角),会导致供电系统电压不平衡的整体用户装置(包括平衡和不平衡部分)。

注:在本部分中,所有涉及的不平衡装置不仅包括负载,还包括发电设备。

4 基本 EMC 概念

4.1 概述

应根据发射限值对电压质量产生的影响来确定单台设备或用户装置的发射限值(电压或电流)。一些基本概念可用于评估电压质量。为了在特定位置评估时使用这些概念,将按照在何处使用(位置)、如何测量(测量持续时间、采样时间、平均持续时间、统计)以及如何计算等方面对其进行定义。这些概念将在下文中说明,并在图 1 和图 2 中予以解释。在 GB/T 4365—2003 中也可找到相关定义。本部分中的主要字母符号、下标和符号清单见附录 G。

4.2 兼容水平

4.2.1 概述

兼容水平是用于协调作为供电系统组成部分或由供电系统供电的设备的发射和抗扰度的参考值,旨在确保整个系统(包括系统和连接设备)的 EMC。兼容水平通常依据整个系统的 95% 概率水平,且

利用表示骚扰的时间和空间变化的分布而定。系统运营商无法一直控制系统所有点的情况是允许的。因此,兼容水平的评估应以系统为基础,不提供某一特定位置的评估方法。

公用低压供电系统低频传导骚扰的兼容水平由 IEC 61000-2-2 给出。

4.2.2 谐波

IEC 61000-2-2 中低压系统谐波电压的兼容水平应理解为与准稳态或稳态谐波相关,并作为长期效应和极短期效应的参考值。

——长期效应主要与电缆、变压器、电机、电容器等的热效应相关,由 10 min 或更长时间的谐波水平产生。

——极短期效应主要涉及电子装置的骚扰效应,可能受到 3 s 或更短时间谐波水平的影响。未考虑瞬态情况。

对于长期效应,电压各次谐波分量的兼容水平见表 1。总谐波畸变的兼容水平为 $THD=8\%$ 。

表 1 IEC 61000-2-2 低压电网中各次谐波电压的兼容水平(基波分量百分比)

奇次谐波,非 3 的倍数		奇次谐波,3 的倍数		偶次谐波	
谐波次数 h	谐波电压 %	谐波次数 h	谐波电压 %	谐波次数 h	谐波电压 %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.4	6	0.5
13	3	21	0.3	8	0.5
$17 \leq h \leq 49$	$2.27 \times \frac{17}{h} - 0.27$	$21 < h \leq 45$	0.2	$10 \leq h \leq 50$	$0.25 \times \frac{10}{h} + 0.25$

对于极短期效应(见 IEC 61000-2-2),电压各次谐波分量的兼容水平为表 1 中的值乘以系数 k_{hvs} 。其中, k_{hvs} 按式(1)计算:

$$k_{hvs} = 1.3 + \frac{0.7}{45} \times (h - 5) \quad \dots\dots\dots (1)$$

对于谐波的极短期效应,总谐波畸变的兼容水平为 $THD=11\%$ 。

4.2.3 间谐波

有关间谐波电压电磁骚扰的知识仍在不断发展。

IEC 61000-2-2 中,仅给出在接近基波频率(50 Hz 或 60 Hz)的频率下产生、导致会引起闪变的供电电压调幅的间谐波电压的兼容水平。在这种情况下,单个间谐波电压的兼容水平根据 $P_{st}=1$ 的闪变电平而定(见 IEC 61000-2-2 的图 2)。

IEC 61000-2-2 还提供了其他频率下间谐波的指示值。

——建议每个间谐波频率下的参考水平等于表 1 中下一更高偶次谐波的兼容水平。

——在含有纹波控制接收器的网络中,接收器的规定运行频率下的参考水平应为标称供电电压的 0.2%。

——对于从 50 次谐波至最高 9 kHz 的离散频率,建议的参考水平为基波分量的 0.2%。

——对于从 50 次谐波至最高 9 kHz 的频带,任何 200 Hz 带宽的建议参考水平为基波分量的 0.3%。

4.2.4 电压波动

IEC 61000-4-15 为表征闪变严酷度而提供了两个量： P_{st} （“st”指“短期”：每 10 min 获得一个值）和 P_{lt} （“lt”指“长期”：每 2 h 获得一个值）。闪变相关的电压质量标准一般用 P_{st} 和/或 P_{lt} 表示， P_{lt} 通常根据一组 12 个连续的 P_{st} 值得出，如式(2)所示：

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \cdot \sum_{j=1}^{12} P_{stj}^3} \dots\dots\dots (2)$$

对于低压系统中的闪变，兼容水平根据 IEC 61000-2-2 在表 2 中列出。

表 2 IEC 61000-2-2 低压电网中闪变的兼容水平

	闪变
P_{st}	1.0
P_{lt}	0.8

在本部分中，还假设闪变仪和相关严酷度系数已作修正，使其适用于在用的白炽灯类型（例如，120 V 或 230 V），以使得无论白炽灯的电压如何，闪变限值均保持不变。这一点很重要，因为与 230 V 白炽灯相比，120 V 白炽灯对电压波动比较不敏感，100 V 白炽灯对电压波动更不敏感。

在正常情况下，快速电压变化数值限制在低压系统标称供电电压的 3%，然而，公用供电网络上偶尔会发生超过 3% 的电压变化（见 IEC 61000-2-2）。

4.2.5 不平衡

IEC 61000-2-2 中给出的低压系统电压不平衡的兼容水平为负序分量与正序分量之比不大于 2%。在部分地区，特别是连接大型单相负载时，兼容水平可能高达 3%。

注 1：还值得注意的是，上述兼容水平指的是电压不平衡的稳态热效应。在短期内可能会记录到较高值（例如，短路时 100% 的电压不平衡），但是，这些短时高不平衡度不会对设备产生明显的热效应。

注 2：装置内的不平衡保护要求规定应考虑兼容水平和瞬时不平衡影响。

注 3：3% 的兼容水平一般出现在通过单相（或相间）连接而向更小型装置供电的低压网络和中压网络上。

4.3 规划水平

4.3.1 规划水平的指示值

这些值可用于规划目的，以评估所有骚扰装置对供电系统影响。系统运营商或业主针对所有系统电压等级确定相关的规划水平，并将这些规划水平作为其内部的质量目标。

规划水平等于或低于兼容水平，应允许进行不同电压等级之间骚扰水平的协调。考虑到电压特性（见下文的注）、谐振等，在规划水平和兼容水平之间设置一些裕度可能是合理的。规划水平取决于系统结构和环境，视情况而定，无法给出定值（兼容水平见 4.2）。

注：在有些国家存在准保证级别（例如 66 kV）的电压特性。这些特性宜与规划水平相互协调。在考虑这些时，应考虑系统的性质。

本部分的剩余部分概述了使用这些规划水平确定单个用户骚扰装置发射限值的程序。

4.3.2 基于规划水平的评估程序

所用测量方法为 IEC 61000-4-30 中定义的 A 类测量方法。应从评估中去掉根据标准所标记的数据。为清楚起见，如有标记数据，仅使用有效（未标记）的数据计算用于下文所定义指标计算的百分位数。

对于快速电压变化，不存在标准化的测量方法。因此，建议该情况下所用的评估程序依据所测方均

根电压值的变化,且仅考虑去除了瞬态分量的工频分量。实际上,应使用尽可能短的多周期窗口,以避免人为平滑掉预期方均根基波频率电压变化。

对于每种类型的骚扰,最小的测量周期是为期一周的正常业务活动。监控周期应包括预计最大骚扰水平周期的一些部分。

下列一个或多个指标可用于比较实际骚扰水平与规划水平。针对规划水平可能需要一个以上的指标,以便评估更短时间(例如,突发或启动状态)内所允许的更高发射水平的影响。

对于谐波电压,指标如下:

- $U_{h,sh}$ (10 min“短”周期的单次谐波方均根值)的周 95% 概率值不应超过规划水平。
- $U_{h,vs}$ (3 s“极短”周期的单次谐波分量方均根值)的最大日 99% 概率值不应超过规划水平乘以式(1)给出的涉及谐波极短期效应的系数 k_{hvs} 。

注 1: 根据应用情况,通常测量最高至 40 或 50 次谐波。

对于闪变,指数 P_{st} 和 P_{li} 如下:

- P_{st} 的周 95% 概率值不应超过规划水平。
- P_{st} 的周 99% 概率值不应超过规划水平乘以系统运营商或业主根据系统和负载特性所规定的系数(例如:1~1.5)。
- P_{li} 的周 95% 概率值不应超过规划水平。

注 2: 宜排除可能的异常结果(例如,由于电压暂降或其他瞬变引起的)。还建议利用一个滑动窗将每个新的 P_{st} 值纳入到修正的 P_{li} 计算中,即每 10 min 间隔将最新的 P_{st} 值替代最旧的 P_{st} 测量结果。该建议的 P_{li} 计算程序每天会产生 144 个 P_{li} 值。在某些情况下,可能需要对闪变仪的 P_{st} 输出结果进行后处理。

对于快速电压变化,由于其出现频率较低,所以不考虑统计指标。因此,快速电压变化的最大值不应超过规划水平。但是,应从评估中排除因异常骚扰(例如故障或异常开关操作)所引起的高值。

对于电压不平衡,指标如下:

- u_{sh} (10 min“短”周期的基波频率电压不平衡度)的周 95% 概率值不应超过规划水平。
- u_{vs} (3 s“极短”周期的基波频率电压不平衡度)的日 99% 概率值不应超过规划水平乘以系统运营商或业主根据系统和负载及其保护装置的特性所规定的系数(例如:1.25~2)。

注 3: 根据 IEC 61000-4-30,在评估电压不平衡度时,仅使用基波频率正序和负序分量(宜除去谐波,因为一些负序谐波会改变测量结果)。

4.4 EMC 概念说明

规划水平和兼容水平的基本概念见图 1 和图 2。它们旨在强调基本变量之间的重要关系。

整个电力系统中,在某些场合不可避免会发生一定水平的干扰,因此,骚扰水平和抗扰度水平分布之间会存在重叠的风险(见图 1)。通常规划水平值等于或低于兼容水平值;规划水平由系统运营商或业主规定。抗扰度试验水平根据相关标准,或制造商与用户的协商结果来确定。

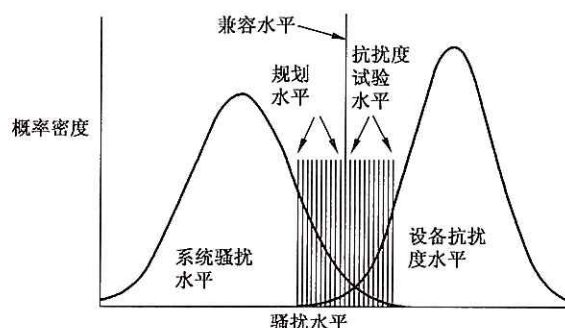


图 1 电压质量基本概念图解(含覆盖整个系统的时间/位置统计数据)

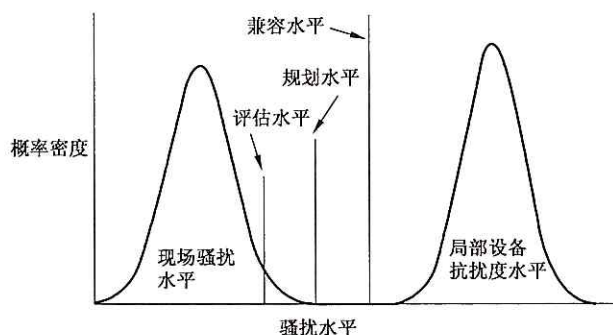


图2 电压质量基本概念图解(含涉及整个系统中一个现场的时间统计数据)

如图2所示,在任何现场的骚扰水平和抗扰度水平的概率分布通常都比在整个电力系统的分布窄,以至于在大多数位置很少有或几乎没有骚扰水平和抗扰度水平分布重叠的情况。因此,通常干扰并不是主要关心的问题,且预计设备会符合要求运行。所以,与图1显示的情况相比,表明更可能满足电磁兼容性。

4.5 发射水平

本部分建议的协调方法依赖于由规划水平得到的单个发射水平。因此,在根据发射限值和规划水平进行实际测量结果评估时,应使用相同的指标。

下列一个或多个指标可用于比较实际发射水平与用户发射限值。为评估更短时间(例如,突发或启动状态)内所允许的更高发射水平影响,可能需要一个以上的指标。

对于谐波发射,指标如下:

—— $U_{h,sh}$ (或 $I_{h,sh}$)(10 min“短”周期的单次谐波方均根值)的周95%概率值不应超过发射限值 E_{Uhi} (或 E_{Ihi})。

—— $U_{h,vs}$ (或 $I_{h,vs}$)(3 s“极短”周期的单次谐波分量方均根值)的日99%概率值不应超过发射限值乘以式(1)所给的系数 k_{hvs} 。

对于闪变发射,指标如下:

—— P_{st} 的周95%概率值不应超过发射限值 E_{Psti} 。

—— P_{st} 的周99%概率值不应超过发射限值 E_{Psti} 乘以系统运营商或业主根据系统和负载特性所规定的系数(例如,1~1.5)。

—— P_{li} 的周95%概率值不应超过发射限值 E_{Plii} 。

对于快速电压变化,由于其出现频率较低,所以不考虑统计指标。因此,快速电压变化的最大值(包括发生频率)不应超过发射限值。但是,应从评估中排除因异常骚扰(例如故障或异常开关操作)所引起的高值。

对于不平衡发射,指标如下:

—— u_{2sh} 或 i_{2sh} (10 min“短”周期的基波频率电压或电流不平衡度)的周95%概率值不应超过发射限值 E_{u2i} (或 E_{i2i})；

—— u_{2vs} 或 i_{2vs} (3 s“极短”周期的基波频率电压或电流不平衡度)的日99%概率值不应超过发射限值乘以系统运营商或业主根据系统和负载及其保护装置的特性所规定的系数(例如,1.25~2)。

为了对用户装置的骚扰发射水平与发射限值进行比较,最小测量周期应为一周时间。但是,可能还需要更短的测量周期,以便对特定情况下的发射进行评估。这种更短的周期应能体现出更长评估周期

(即一周)的预期运行状况。在任何情况下,测量周期必须具有足够的持续时间,以便捕捉预计发生的最高的骚扰发射水平。如果任何骚扰发射被一个大型设备所控制,测量周期应足够长,以便捕捉该设备至少两个完整的运行周期。如果发射是因为几个设备叠加所引起的,测量周期应至少为一个运行轮次。

所用测量方法为 IEC 61000-4-30 中定义的 A 类测量方法。应从评估中去掉根据标准所标记的数据。为清楚起见,如有标记数据,仅使用有效(未标记)的数据计算用于上文所定义指标计算的百分位数。

对于谐波,当被分析信号快速变化时(例如,电弧带出的电流),应使用 IEC 61000-4-7 所述的(间)谐波群和子群的测量,而不是谐波分量。

对于快速电压变化,不存在标准化的测量方法。因此,建议该情况下所用的评估程序依据所测方均根电压值的变化,且仅考虑去除了瞬态分量的工频分量。实际上,应使用尽可能短的多周期窗口,以避免人为平滑掉所需的基波频率电压方均根值的变化。

对于每种类型的骚扰,骚扰装置的发射水平是根据第 6 章中给出的其他指示评估得到的骚扰水平。

5 一般原理

5.1 概述

设置骚扰装置发射限值的推荐方法取决于用户装置的协议容量和系统特性。目的是限制所有骚扰装置的引入骚扰水平不会导致电压骚扰水平超过规划水平。评估分为 3 个阶段,可按顺序进行或独立进行。

5.2 第 1 阶段:骚扰发射的简化评估

通常,允许用户安装小型装置,且无需系统运营商或业主进行专门的骚扰发射评估。一般情况下,此类装置由制造商承担限制发射水平的责任。例如,IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12(针对谐波),以及 IEC 61000-3-11 和 IEC 61000-3-3(针对电压波动)都是产品类标准,其中规定了连接至低压系统的设备的发射限值。对于小型装置,例如住宅寓所,系统运营商或业主可以依靠针对单个设备的这些发射限值,来遵守规划水平的要求。

就更大型的装置而论,系统运营商或业主应更加注意,以确保不会超过规划水平。但是,仍有可能需要确定针对低压系统骚扰装置的准自动接受保守判据。的确,如果总的骚扰负载或用户协议容量相对于评估点的短路容量较小,则没有必要对骚扰发射水平进行详细地评估。

第 8 章~第 10 章中,制定了实施第 1 阶段评估的具体判据。

5.3 第 2 阶段:与实际系统特性相关的发射限值

如果某个装置未满足第 1 阶段的判据,应对骚扰装置的具体特性和系统的吸收能力一起进行评估。对于每种骚扰类型,系统吸收能力由规划水平得到,并且根据其相对于总体系统容量的需求分配到单个用户装置上。在将规划水平分配到单个用户装置时,还应考虑从供电系统上级电压等级传输到低电压等级的骚扰水平。

这种方法的原理是,如果系统在其全设计容量下运行,且所有用户装置的接入骚扰达到其单个限值,在考虑系统不同部分之间的传递系数以及各类骚扰负载的叠加效应时,总体骚扰水平应等于规划水平。将规划水平分配到单个装置的程序见第 8 章~第 10 章。

5.4 第 3 阶段:有条件地接受更高发射水平

在某些情况下,系统运营商或业主可能接受骚扰装置发出超过第 2 阶段所允许的基本限值的骚扰。尤其是当第 2 阶段的限值是由典型但保守的系统特性导出的一般限值时。在这样的情况下,用户和系

统运营商或业主可能会就便于骚扰装置连接的特殊条件达成一致意见。

下列因素可能会为系统留下裕度,以便允许更高的发射限值,例如:

- 某些装置不会产生明显骚扰水平,因为它们没有产生明显幅值的骚扰设备。因此,这些未使用的系统骚扰容量可供临时使用。
- 在某些情况下,通用叠加定律可能过于保守;某些骚扰装置可产生具有反相的骚扰;或者系统内的相移可能导致骚扰被部分抵消。
- 实际的低压系统特性可能允许比确定第2阶段一般发射限值而假设的发射更多(例如,更短的低压馈线)。
- 对于不平衡,如果低压装置中的所有设备都是单相的,可允许出现更高的不平衡水平,因为不平衡对设备影响不大。
- 在考虑某些局部现象,例如,特殊的衰减影响或没有某一电压等级的骚扰装置后,对低压和中压系统之间的规划水平重新分配,在低压可能有更高的总发射。

在所有情况下,适当时,系统运营商或业主可以决定在第3阶段进行更高发射限值的分配。应进行有关连接的细致研究,考虑现有的骚扰水平,以及所考虑装置对可能的不同运行条件的预期影响。可以在满足特定条件的前提下让用户装置获得高出正常发射限值的更高限值,系统运营商或业主可以规定相应的限制条件。例如,可以应用临时的第3阶段限值:

- 只要系统中备用供电容量保持可用,以允许更高的发射;
- 只要大多数其他用户未充分利用其正常第2阶段的发射限值;
- 需要对新装置实施额外修正措施时(当需要时)。

5.5 责任

从 EMC 的角度来看,本部分规定了如下责任:

- 用户负责维持其在规定的评估点上低于系统运营商或业主所规定的发射限值。
- 系统运营商或业主负责根据国家要求对正常运行条件下的骚扰水平进行总体协调。就评估目的而言,系统运营商或业主应提供相关的系统数据(如有要求),例如系统阻抗(见 6.4)或短路容量,以及现有骚扰水平。评估程序的设计应确保所有骚扰装置的骚扰发射不会导致总的系统骚扰水平超过规划水平。但是,考虑到专门的局部条件和本评估程序所需的假设条件,不能保证建议的方法始终可以避免超过规划水平,特别是当现有骚扰水平已经很高时。
- 最后,如果装置超过其发射限值,系统运营商或业主和用户应进行必要的合作,以便确定降低发射的最佳方法。此类降低方法的设计和选择属于用户的责任。

注:本部分主要涉及发射。但是,骚扰吸收也可能是个问题,例如,如果连接滤波器或电容器组,而没有考虑它们与电力系统中通常存在的谐波之间的相互作用时。如果设备连接没有考虑电力系统中正常存在的不平衡电压的背景值,那么负序电流的吸收也可能是个问题。因此,骚扰吸收问题也是用户责任的一部分。

6 评估发射水平的通用导则

6.1 评估点

评估点(POE)是评估特定用户装置的发射水平是否符合发射限值的点,也是所考虑电力系统中定义规划水平的点。该点可以是骚扰装置的连接点(POC)或公共耦合点(PCC),或者是系统运营商或业主规定或双方协定的任何其他点。

注1:宜注意到,对于发射限值的确定以及发射水平的评估,通常需要考虑评估点之外的系统参数。

注2:宜记住,电压特性或协定限值通常在连接点适用。在双方讨论过程中应考虑上述情况。

6.2 发射水平的概念

某一装置对电力系统的发射水平是该装置在评估点所引起的骚扰电压(或电流)矢量的幅值。对于谐波或不平衡,一旦接入装置,通常可以用图3中的矢量 U_d 及其对评估点处所测骚扰矢量 U_d 的影响(连同当所考虑的装置未连接至系统时由所有其他骚扰源引起的骚扰矢量 U_{d0})来说明。

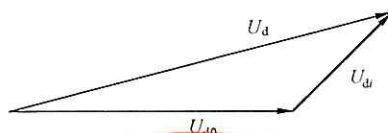


图3 发射矢量 U_d 及其对评估点处所测骚扰矢量 U_d 影响的图解

如果发射矢量导致电网中的骚扰水平上升(即 $|U_d| > |U_{d0}|$),那么上述定义的发射水平(即 $|U_d|$)需要小于根据本部分中相关章节内容所评估的发射限值。

对于谐波,供电系统和用户装置之间的相互作用在某些情况下可能会导致特定次数的谐波电压畸变水平的增大或减小(即,由于并联或串联谐振引起的叠加或抵消)。即使当装置本身不会产生该次数的谐波时,也可能出现电压畸变水平增大的情况。由于本部分说明的是电磁兼容性协调要求,因此,这类放大情况需要与此类实际发射水平一起考虑。

对于电压不平衡,供电系统和用户装置之间的相互作用可能会导致电压不平衡的下降(即,由于旋转机械的平衡效应引起)。在确定实际发射水平时要考虑这种情况。相反,如果装置本身是一个平衡负载(即,由于非换位线路的影响),装置与供电系统的连接在某些情况下会导致评估点处不平衡水平的增大。在这种情况下,平衡负载对评估点处不平衡水平的影响被认为是电力系统的不平衡发射水平,而不是装置的发射。

但是,对于闪变,骚扰几乎总是叠加的,不会抵消或降低。

6.3 运行条件

除非另有规定,建议在正常运行条件下评估发射水平。骚扰装置发射水平的评估应考虑最不利的正常运行条件,包括系统或用户装置设计运行中的偶发事件。

如果重要的话,也应考虑到下列因素。

- 供电系统和骚扰装置中可能存在非理想运行条件和不对称情况。
- 设备的正常开关操作,例如,随负载变化而投切的滤波器和电容器组。

工业场所供电系统发射水平评估的其他详细信息见 IEC/TR 61000-2-6。评估闪变严酷度指数的简单及高级预测方法见 IEC/TR 61000-3-7。

6.4 系统阻抗特性

供电系统特性信息是系统运营商或业主评估发射限值以及用户评估其发射水平的先决条件。

低压情况下,通常使用供电系统基波频率下的短路容量或戴维南阻抗(不包括与供电系统连接的电机或其他设备的影响)。如 6.3 所述,建议考虑最不利的正常运行条件,包括系统设计运行中的偶发事件。

系统特性可能随时间而发生显著变化。因此,当预计在现有及未来系统配置之间会出现重要变化时,应提供一套不同的系统阻抗数据,以便用户对两种情况下的发射水平进行评估,以及获得该设备的最佳设计。

对于谐波,本部分所列程序没有考虑低压条件下的所有谐振情况。对于可能出现谐振的情况,将需

要进行更详细地评估或模拟。需要注意的是,其他用户的设施也会影响系统阻抗。必须特别注意其电容器组,可能会改变谐振或产生额外的谐振(见 Robert 等人的文献)。

对于闪变,建议使用短路容量,包括功率因数信息,或者评估点处供电系统的戴维南等效阻抗。

为确定第 2 阶段的不平衡发射限值,假设评估点处的低压系统负序阻抗等于根据评估点处短路容量获得的正序阻抗。低压电网中其他用户装置里的三相电机负载可能会影响评估点处的实际负序阻抗。

通常,系统运营商或业主没有有关现有用户设施的完整信息,因此只能提供大致信息。

7 通用叠加定律

7.1 概述

传导骚扰的协调依据是假设各类骚扰装置产生的骚扰是叠加的。对于因随机骚扰负载所造成的谐波、闪变或不平衡骚扰,配电系统上任一点的实际总骚扰水平是各单一骚扰源矢量叠加的结果。

根据经验,通用叠加定律可用于供电系统:

$$D = \sqrt{\sum_i^{\alpha} D_i^{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

D ——表示所考虑的合成源的最终骚扰水平的幅值;

D_i ——表示待组合的一个骚扰源所产生的骚扰水平的幅值;

α ——表示一个指数,其取决于 3 个要素:

- 骚扰类型;
- 选择的实际值不超过计算值的概率;
- 单个骚扰在幅值和相位上随机变化的程度。

注 1: 通用叠加定律是许多随机源矢量叠加的统计近似法。专门用于发射限值在装置中的分配,以便确定系统运营商或业主允许的骚扰水平合理增长程度。

注 2: 显然,当考虑一个特定骚扰源时,矢量叠加实际上可能会导致骚扰水平的下降,虽然通用叠加定律只会导致骚扰水平的增加。

7.2 谐波

出于本部分的目的,当缺少进一步具体信息时,可以使用表 3 所列的这组指数。

表 3 谐波用叠加指数(指示值)

谐波次数	α
$h < 5$	1
$5 \leq h \leq 10$	1.4
$h > 10$	2

注 1: 当已知谐波很可能处于同相位(即相位角差别小于 90°)时,对于 5 次及以上谐波的情况,宜使用指数 $\alpha=1$ 。

注 2: 更高的叠加指数可用于不太可能同相的低阶偶次谐波。

7.3 闪变和快速电压变化

与测量结果最匹配的叠加定律取决于电压变化和评估用 P_{st} 的一致性程度,以及产生电压波动的设备技术。

总的来说, $\alpha=3$ 的值(“立方叠加定律”)多年来被大量使用, 如果额外信息不足以证明为 IEC/TR 61000-3-7 中所述的不同值时, 建议用于 P_{st} (或 P_{lt}) 叠加。

对于快速电压变化, 几种变化重合发生的概率非常低。无需使用叠加定律。

7.4 电压不平衡

对于电压不平衡, 根据现有可用信息, 在缺少更多的具体信息时(见下文注 1~注 3), 可以采用指数 α , 以便加入众多随机变化的不平衡源。

一般不平衡源的叠加指数指示值如下:

$$\alpha = 1.4$$

注 1: 叠加定律的目的仅在于评估各类随机或未受控不平衡源对系统的总体影响, 包括或多或少随时间随机波动的各类随机连接的单相装置的影响。当已知不平衡很可能处于同相位, 且时间重合时, 宜使用接近于 1 的指数 α 。

注 2: 对于采用选相技术连接的大型单相装置, 宜使用物理连接特性来评估其对系统的影响, 而非调整通用叠加定律的系数。

注 3: 叠加指数的指示值并非基于测量结果(但是 IEC/TR 61000-3-13 中推荐这类值), 而是基于随机矢量的均匀分布, 具有 360° 的随机相位变化量, 以及 $0.1 \text{ p.u.} \sim 1 \text{ p.u.}$ 的幅值范围。就不平衡而言, 不平衡矢量很可能处在 0° 、 60° 和 120° 等相位区域, 这取决于连接方式(即相间连接或相线-中性线连接)和不平衡源的功率因数。

对于大型单相负载可能是主要电压不平衡源的系统, 不应使用叠加定律来确定这些负载的总体不平衡。而是应考虑连接方案的具体特性和负载变化曲线。

8 低压系统中畸变装置的谐波发射限值

8.1 第 1 阶段: 骚扰发射的简化评估

对于小型装置, 例如在住宅中使用的装置, 系统运营商或业主通常依靠单个设备的谐波发射限值来达到规划水平。比如, IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12 产品类标准定义了与公用低压系统相连设备的谐波发射限值。

如果装置里所有设备都符合 IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12 规定的相关发射限值, 并且满足以下条件, 则可以不用核查而直接接入供电系统:

$$S_i < S_{\min} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

S_i ——用户装置 i 的协议容量;

$S_{\min}$ ——低压装置协议容量的最小值, 在本部分制定的用于定义发射限值的程序中使用。

本部分中应用的低压系统装置协议容量的最小值($S_{\min}$)是由系统运营商或业主根据其系统特性来规定的。

注: 为了考虑每一种骚扰类型的特性, 对于谐波、电压波动和电压不平衡, 可规定不同的最小协议容量($S_{\min}$)。

相反, 对于大型装置($S_i \geq S_{\min}$), 或者如果装置中的一些设备不符合 IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12 规定的相关发射限值, 系统运营商或业主应更加注意, 确保不超过其规划水平。

在这种情况下, 如果以下 3 种条件均满足, 则引起畸变的装置可在第 1 阶段被接受:

a) 用户不使用补偿电容或谐波滤波器;

b) 满足以下比率:

$$\frac{S_i}{S_{sc}} \leq 1\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

c) 根据电网特性, 对于单次谐波, 谐波电流发射小于电网运营商或业主规定的偏于保守的限值:

$$\frac{I_{hi}}{I_i} \leq E_{ih} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

S_i ——用户装置 i 的协议视在功率;

S_{sc} ——评估点处的短路容量;

I_{hi} ——引起畸变的装置 i 造成的 h 次谐波电流;

I_i ——与用户装置 i 的协议容量相对应的方均根电流(基波频率)($S_i/(\sqrt{3}U_N)$, 其中 U_N 为低压系统中的标称线电压);

E_{ih} ——由电网运营商或业主根据偏于保守的网络特性而规定的 h 次谐波电流发射限值, 以便对第 1 阶段中的装置做出评估。

8.2 第 2 阶段: 与实际系统特性相关的发射限值

8.2.1 概述

考虑到系统的实际吸收容量, 以及上级中压系统和本级低压系统间的传递系数、谐波电流的相位差、系统阻抗和未来的负荷等因素, 发射限值允许比第 1 阶段高。

为了规定本部分中所涉及装置(以下称为“大型装置”)在第 2 阶段的谐波电流发射限值, 有必要考虑大多数与低压公用供电系统相连接的符合设备标准的小型装置(以下称为“小型装置”)。此外, 小型装置和大型装置(就容量而言)的比例通常不会预先获知, 且很大程度上取决于所考虑的低压系统。

因此, 本部分关于大型低压装置所提议的方法应考虑单个设备的电流发射。此处假设设备的电流限值规定为: 如果低压系统以设计容量运行, 电压骚扰水平将不会超过规划水平。在此情况下, 第 2 阶段中的大型低压装置的电流发射限值的设置步骤如下:

——首先, 确定连接到给定低压系统的所有大型和小型装置对低压系统电压骚扰水平总体影响的允许值;

——然后, 以下述方式确定单个大型低压装置对总体电压骚扰水平的影响, 大型装置在低压系统中总电压骚扰水平低于或等于由一组等容量的小型装置替代时的骚扰水平。

这可以确保所有连接到系统的谐波源的总发射骚扰水平不会超过规划水平。

8.2.2 总发射值在用户装置间的分配

为了设置大型低压装置的谐波电流发射限值(见第 1 章), 第一步有必要确定所考虑低压系统电压畸变总影响的允许值。

首先, 有必要使用通用叠加定律[式(3)]来确定特定低压系统中所有谐波源的最大允许值。对于单次谐波, 低压系统中的实际谐波电压是以下两个部分的矢量和, 一部分来自上级中压系统的谐波电压, 另一部分来自所有接入本级低压系统的畸变源引起的谐波电压。总的谐波电压不应超过低压系统的规划水平。由此, 可分配给与所考虑低压系统相连接的所有装置的谐波电压总体水平为(更多信息见 C.3):

$$G_{hLV} = \sqrt[n]{L_{hLV}^n - (T_{hML} \cdot L_{hMV})^n} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

G_{hLV} ——由所考虑的供电系统供电的所有低压装置在低压系统 h 次谐波电压时的最大允许值(以基波电压的百分数表示);

L_{hLV} ——低压系统中 h 次谐波的规划水平;

L_{hMV} ——上级中压系统中 h 次谐波的规划水平;

T_{hML} ——在 h 次谐波的情况下, 从上级中压系统到本级低压系统的谐波电压畸变的传递系数(如

有必要,可通过模拟或测量来确定);

α ——叠加定律指数(表 3)。

注:为简单起见,本公式中的传递系数对各次谐波都一样。

为了简化评估,从中压系统到低压系统的传递系数 T_{hML} 可看作等于 1。但实际上,对于高次谐波,由于低压负载的阻尼效应,它可能小于 1;或者在低负载条件下,如果存在谐振,则可能大于 1(通常在 1 和 3 之间)。系统运营商或业主有责任根据系统特性确定相关的值。

8.2.3 单个发射限值

考虑如图 4 所示的典型低压系统。中压/低压变压器通过低压母线供 n 条馈线。目的是确定与某条馈线相连的用户装置 i 的发射限值。

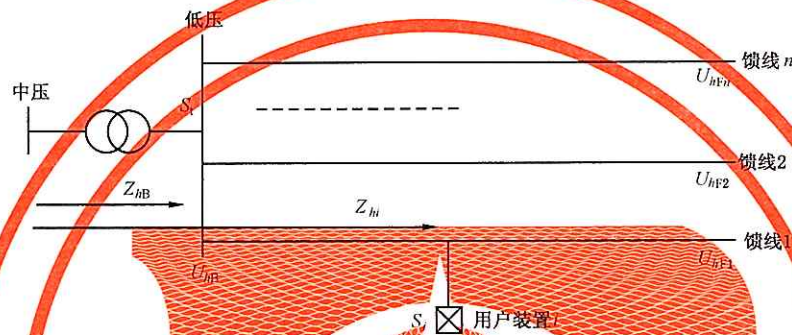


图 4 低压公用供电系统的谐波简化图

附录 C 中详细描述了确定接入低压公用供电系统的大型低压装置谐波发射限值的推荐方法。图 4 显示了用户装置 i 直接影响到馈线 1 上的谐波电压,同时它通过低压母线上所引起的谐波电压来影响其他馈线上的谐波电压。因此,需满足以下两个条件:

- 低压畸变装置对低压系统上任一处谐波电压的总影响将受限于 G_{hLV} 所允许的总影响。
- 低压畸变装置对低压母线上谐波电压的总影响将受限于与 G_{hLV} 有关的允许总影响 G_{hB} 的一部分,如下:

$$G_{hB} = K_{hB} \cdot G_{hLV} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

G_{hB} ——系统中的所有低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的允许总影响(以基波电压的百分比表示);

K_{hB} —— h 次谐波的衰减系数。这相当于由与所考虑的低压系统相连的所有装置产生的低压母线上的谐波电压水平与这些装置所产生的谐波电压最大水平的比值(通常在馈线的末端获得此最大水平)。此衰减系数并不取决于谐波发射水平,而是只取决于低压系统的结构(馈线的数量和长度、用户装置的分布等)以及叠加定律中的指数 α 。附录 D 给出了 K_{hB} 作为低压系统特性的函数信息,以及几个典型值。

另外,设备的发射限值(见 IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12)定义为用户与低压网络连接各点的电流限值。因此,本部分未涉及的小型低压装置谐波电流发射仅取决于这些装置的总容量。为了使用同样的方法,通过在低压系统中可能随处引起的最高谐波电压来考虑其影响时,大型低压装置的发射限值也将以谐波电流来表述。

注 1: 尽管此处低压装置发射限值依据电流而非电压来确定,但仍与 IEC/TR 61000-3-6 中的基本概念是一致的,因

为这些电流发射限值基于的效应与电压限值的相同。

结合以上考虑和附录 C 的相关内容,大型低压装置 i 的谐波发射限值以电流形式给出:

$$E_{hi} = \frac{U_N^2}{S_i} \cdot G_{hLV} \cdot \sqrt{\frac{S_i}{S_t}} \cdot \min\left(\frac{K_{hB}}{Z_{hB}}; \frac{1}{Z_{hi}}\right) \dots\dots\dots (9)$$

式中:

E_{hi} —— 低压中连接的装置 i 的 h 次谐波的电流发射限值[%:用与其协议容量相一致的装置的电流百分比表示, $S_i/(\sqrt{3}U_N)$];

U_N —— 低压系统的标称线电压(V);

G_{hLV} —— 接入低压供电系统的所有装置对系统任何节点 h 次谐波电压影响的最大允许值(%:以基波电压的百分数表示);

S_i —— 用户装置 i 的协议视在功率(VA);

S_t —— 低压系统的总供电容量,可包括未来负荷增长及分布式发电的影响(VA);

注 2: 在选择 S_t 时,系统运营商或业主应考虑可与网络连接的分布式发电的潜在量。例如,如果预计有与负载功率有关的 50% 分布式发电的接入容量(即,中压/低压变压器的额定功率), S_t 则应为中压/低压变压器额定功率的 1.5 倍。值得注意的是,在低压网络的情况下,100% 的接入容量实际上为一天中负载很大变化所导致的最大接入容量。

α —— 叠加定律指数(表 3);

$\min(x, y)$ —— x 和 y 的最小值;

注 3: 为了满足本章最开始列出的两个条件,宜考虑最小值。首项 K_{hB}/Z_{hB} 与低压母线上的谐波电压的情况有关。第 2 项 $1/Z_{hi}$ 与低压系统上任意一处的谐波电压的情况有关。见 C.4 和 C.8。

K_{hB} —— h 次谐波的衰减系数,如式(8)的定义;

Z_{hB} —— 低压变电站母线上系统的谐波阻抗的模(Ω);

Z_{hi} —— 装置 i 评估点处系统的谐波阻抗的模(Ω)。

有些位置上,可能发生已有的谐波电压水平高于现有装置的正常配额。在这种情况下,任何新装置的发射限值可能都会减小,并可重新考虑规划水平在不同电压等级之间的分配,或者增加系统吸收谐波的能力。

注 4: 可以在 PCC 或 POC 处进行评估。但宜注意,PCC 和 POC 间的谐波水平可能有所增加,尤其在一些大型装置有专用馈线的情况下,此时兼容性可在电源端实现,但在用户端或许不能实现。宜注意,电压特性或合同规定的使用限值针对的是连接点处。双方在讨论时宜考虑这些影响。

式(9)中给出的谐波发射限值取决于衰减系数 K_{hB} 。在一些低压系统中, K_{hB} 的典型值可能导致谐波限值过于宽松。在这些情况下, K_{hB} 的值应根据低压系统的实际特性来决定。附录 D 中讨论了估算 K_{hB} 的方法。

以上方法并未考虑低压等级的谐振。在谐振可能发生的情况下,对第 3 阶段考虑,也许需要结合先进的模拟方法。

8.2.4 第 2 阶段的替代方法

由于存在着各种各样的低压系统,所以上述第 2 阶段的简化方法有时会显得过于保守。在特定的地区,低压系统的类型通常远没有那么多。因此,可能在第 2 阶段的限值分配上使用其他方法,并且这些方法可能更适合特定的低压系统特点。

8.3 第 3 阶段:有条件地接受更高发射水平

4.3 中所考虑的因素适用于第 3 阶段中的谐波。

附录 E 中也描述了适用于第 3 阶段的一般方法。附录 F 为附录 E 所述方法的应用示例。

8.4 间谐波的发射限值

4.2.3 中所述的有关影响,保守的间谐波规划水平可设置为基波分量的 0.2%。

注:经验表明,某些情况下可接受更高的规划水平,例如当没有纹波控制系统时。

如果频率和相位角均相等,则总间谐波电压可用算术叠加的方式计算。偶尔短时间内会满足这些条件。因此,实际上不会出现超过 2 倍最高间谐波电压的值。

如果大型低压装置的间谐波电压低于 0.1%,则视为无扰动。

如果允许更大值,则间谐波频率不应超过闪变标准,且不应存在于使用纹波控制频率(以及在 2 倍基波频率距离范围内的边带频率,见 4.2.3)的区域内。

9 低压系统中装置的电压波动发射限值

9.1 第 1 阶段:骚扰发射的简化评估

对于小型装置,例如在住宅中使用的装置,系统运营商或业主通常依靠单个设备的电压波动发射限值来达到规划水平。比如,IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-3-11 产品类标准定义了与公用低压系统相连设备的电压波动发射限值。

如果装置里所有设备都符合 IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-3-11 规定的相关发射限值,并且满足以下条件,则可以不用核查而直接接入供电系统:

$$S_i < S_{\min} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

S_i ——用户装置 i 的协议容量;

$S_{\min}$ ——低压装置协议容量的最小值,在本部分制定的用于定义发射限值的程序中使用。

本部分中应用的协议容量最小值($S_{\min}$)是由系统运营商或业主根据其系统特性来规定的。

注 1:为了考虑每一种骚扰类型的特性,对于谐波、电压波动和电压不平衡,可规定不同的最小协议容量($S_{\min}$)。

相反,对于大型装置($S_i \geq S_{\min}$),系统运营商或业主应更加注意,确保不超过其规划水平。

在这种情况下,如果以下条件均满足,则波动装置的连接可在第 1 阶段被接受,而不用进一步分析。

- a) 装置中的所有设备均符合 IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-3-11 中规定的相关发射限值;
- b) 在 POE 处系统短路容量 S_{sc} 的视在功率变量 ΔS 百分比在表 4 的限值内。这些限值取决于每分钟电压变化的次数 r (电压下降紧接着又恢复意味着两次电压变化)。

表 4 第 1 阶段相对功率变量的限值作为每分钟电压变化次数的函数

r min^{-1}	$K = (\Delta S / S_{sc})_{\max} \%$
$r > 200$	0.1
$10 \leq r \leq 200$	0.2
$r < 10$	0.4

注 2:视在功率变量 ΔS 可能低于、等于或高于所考虑装置的协议容量 S_i 。(例如,对于装置中的电机,应考虑它刚启动时的视在功率,可能 $\Delta S \approx (3 \sim 8) S_N$,其中 S_N 为电机的额定功率。)

9.2 第 2 阶段:与实际系统特性相关的发射限值

9.2.1 概述

考虑到系统的实际吸收容量,发射限值允许比第 1 阶段高。

在本阶段,根据在与装置连接的供电系统的总供电容量(S_t)中所占的份额,将总骚扰水平的允许值分配给各独立装置。通常应确保所有用户装置接入系统后的总发射骚扰水平不会超过规划水平。

注: IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-3-11 产品类标准中定义限值的目的是,当系统阻抗等于参考阻抗或制造商声明的最大可允许系统阻抗的情况下,使 P_{st} 限定为 1.0。通常,设备在系统低阻抗处连接,便不会超过规划水平。然而,当附近存在一台或若干台符合 IEC 61000-3-11 的设备时,已有的闪变水平可能会高于其容量所对应的配额。这种情况下,可减少新装置的发射限值,或增加系统的闪变吸收能力。

9.2.2 总发射值在用户装置间的分配

为了设置低压系统中用户装置的发射限值,第一步有必要确定所考虑低压系统闪变水平总影响的允许值($G_{P_{st}LV}$ 或 $G_{P_{lt}LV}$)。

首先,有必要使用通用叠加定律[式(3)]来确定特定低压系统中所有闪变源的最大允许值。通常,低压系统中的实际闪变水平是以下两个部分的矢量和,一部分来自上级中压系统的闪变水平,另一部分来自低压系统的所有波动源产生的闪变水平。总的闪变水平不应超过低压系统的规划水平。由此,可分配给低压系统所有装置的闪变水平为:

$$G_{P_{st}LV} = \sqrt[\alpha]{L_{P_{st}LV}^{\alpha} - T_{P_{st}ML}^{\alpha} \cdot L_{P_{st}MV}^{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$G_{P_{lt}LV} = \sqrt[\alpha]{L_{P_{lt}LV}^{\alpha} - T_{P_{lt}ML}^{\alpha} \cdot L_{P_{lt}MV}^{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$G_{P_{st}LV}$ ——所有低压装置接入时系统任一点的最大闪变允许值(用 P_{st} 或 P_{lt} 表示);

$L_{P_{st}LV}$ ——低压系统中闪变(指标 P_{st} 或 P_{lt})的规划水平;

$L_{P_{st}MV}$ ——上级中压系统中闪变(指标 P_{st} 或 P_{lt})的规划水平;

$T_{P_{st}ML}$ ——从上级中压系统到低压系统的闪变(指标 P_{st} 或 P_{lt})传递系数(本系数通常非常接近于 1, 见 IEC/TR 61000-3-7);

α ——叠加定律指数(通常 $\alpha=3$)。

9.2.3 单个发射限值

对于每个用户装置,只允许占总发射限值 $G_{P_{st}LV}$ 和 $G_{P_{lt}LV}$ 的一部分。一个合理的方法是计算协议容量 S_i 和低压系统的总供电容量 S_t 的比率。此判据标准是基于装置的协议容量常与用户在电力系统投资成本中所占的份额有关这个事实的。

采用推荐的叠加定律[式(3)],式(13)和式(14)给出了单个发射限值($E_{P_{sti}}$ 和 $E_{P_{lti}}$)(通常 $\alpha=3$):

$$E_{P_{sti}} = G_{P_{st}LV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$E_{P_{lti}} = G_{P_{lt}LV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$E_{P_{sti}}$ ——直接由低压系统供电的用户装置 i 的允许闪变发射限值(P_{st} 或 P_{lt});

$G_{P_{st}LV}$ ——所考虑系统中所有低压装置对低压系统中任一处闪变水平的最大允许总影响(用 P_{st} 或 P_{lt} 表示);

S_i ——用户装置 i 的协议视在功率(VA);

S_t ——低压系统的总供电容量,可包括未来负荷增长及分布式发电的影响(VA)。

注 1: 在选择 S_t 时,系统运营商或业主宜考虑可与网络连接分布式发电的潜在量。例如,如果预计有与负载功率有关的 50% 分布式发电的接入容量(即,中压/低压变压器的额定功率), S_t 则宜为中压/低压变压器额定功率的 1.5 倍。值得注意的是,在低压网络的情况下,100% 的接入容量实际上为一天中负载很大变化所导致的最大接入容量。

对于协议容量低的用户,此方法可能会得出不切实际的低限值,因此发射限值应按照表 5 来设置。

表 5 低压系统的最小发射限值

$E_{Pst,i}$	$E_{Pth,i}$
0.30	0.25

有些位置上,可能发生已有的闪变水平高于现有装置对应的配额,尤其当附近存在若干台符合 IEC 61000-3-11 的设备时。在这种情况下,可减少新装置的发射限值,或者增加系统的闪变吸收能力。

注 2: 对于电压波动,没必要考虑衰减系数,因为发射限值是以大型装置和多台设备的电压骚扰来定义的。然而,根据很早以前做出的合理假设,现有的 IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-3-11 对设备的限值可能会导致超出兼容水平,因为每台设备所占的 P_N 水平值额都限定为 1.0。

9.3 第 3 阶段:有条件地接受更高发射水平

4.3 中所考虑的因素适用于第 3 阶段中的电压波动。

9.4 快速电压变化

9.4.1 一般考虑因素

之所以要限制因波动装置引起的电压变化,最常见的原因是灯光闪变会引起视觉不适。但是,系统运营商或业主必须将电压幅值在限值内维持较小的波动,各用户的装置不会产生大的电压变化,即使他们从闪变的角度可以容忍大的电压变化。在本部分中,快速电压变化被认为是在几个周期中基波电压方均根值的变化。



图 5 简化评估用的等效电路和矢量图

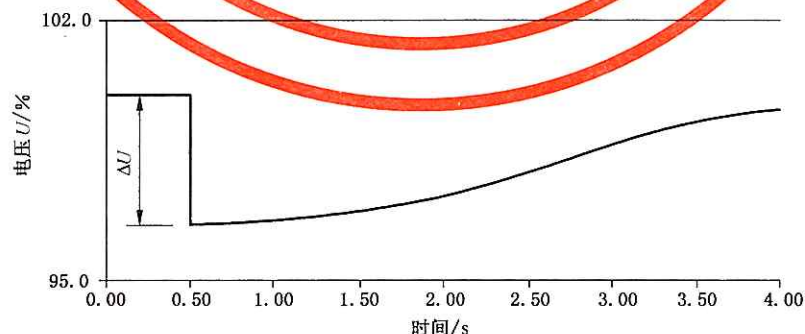


图 6 与电动机启动有关的快速电压变化示例

相对电压变化的简化评估方法如下(见图 5 和图 6)。

$$\underline{I} = I_p - jI_q \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\underline{Z}_L = R_L + jX_L \quad \dots\dots\dots (16)$$

对单相及对称三相装置：

$$\Delta U \approx \Delta I_p \cdot R_L + \Delta I_q \cdot X_L \quad \dots\dots\dots (17)$$

9.4.2 发射限值

本部分推荐的协调方法是通过规划水平推导出单个发射水平,进而维持总体的 EMC。由于可量化的规划水平由特定时间间隔内所允许发生的特定快速电压变化次数确定,所以单一用户的发射限值必须由系统运营商或业主根据具体情况确定,并考虑每个装置的可能引起相关系统的快速电压变化的特殊操作和冲击影响。所有装置的综合影响不应导致快速电压变化超过由系统运营商或业主所确定的规划水平。

10 低压系统中不平衡装置的不平衡发射限值

10.1 概述

本章中确定的发射限值仅适用于三相装置。由于系统运营商或业负责将所有装置与低压公用供电系统连接,所以其有责任对单相装置所产生的不平衡进行管理。

注：系统运营商或业主也可将本章中给出的协调方法用于单相装置与低压电力系统连接的管理工作。

10.2 第 1 阶段：骚扰发射的简化评估

在第 1 阶段中,用户小型装置的连接或仅有极少量不平衡负载的用户装置连接是可以接受的,而无需对发射特性或供电系统的响应进行详细评估。

如果满足下列条件,装置可以不用核查而直接接入供电系统：

$$S_i < S_{\min} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中：

S_i ——用户装置 i 的协议容量；

$S_{\min}$ ——低压装置协议容量的最小值,在本部分制定的用于定义发射限值的程序中使用。

本部分中应用的协议容量最小值($S_{\min}$)是由系统运营商或业主根据其系统特性来规定的。

注：为了考虑每一种骚扰类型的特性,对于谐波、电压波动和电压不平衡,可规定不同的最小协议容量($S_{\min}$)。

对于大型装置($S_i \geq S_{\min}$),如果满足下列标准,在第 1 阶段中可以连接不平衡装置,而无需进一步检查：

$$\frac{S_{ui}}{S_{sc}} \leq 0.2\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：

S_{ui} ——与装置 i 不平衡负载等效的单相功率；

S_{sc} ——评估点的短路容量。

10.3 第 2 阶段：与实际系统特性相关的发射限值

10.3.1 概述

考虑到系统的实际吸收容量,由于不平衡电流的同时系数和相位差以及系统阻抗和将来的负载,发射限值允许比第 1 阶段高。

与低压公用供电系统连接的大多数装置都是小型装置,不受本部分中所规定的发射限值的约束。

此外,需受限于本部分规定的装置的比例通常不会预先获知,且很大程度上取决于所考虑的低压系统。为了规定第2阶段范围内的装置(以下称为“大型装置”)的不平衡发射限值,有必要考虑低压公用供电系统中所有其他不平衡源所产生的不平衡发射。这里假设,如果低压系统在连接不属于本部分应用的装置(以下称为“小型装置”)时满设计容量运行,不平衡的总体水平将不会超过规划水平。鉴于此,第2阶段中的大型低压装置的发射限值的设置步骤如下:

- 首先,确定连接到给定低压系统的所有大型和小型装置对低压系统总不平衡水平总体影响的允许值;
 - 然后,以下述方式确定单个大型低压装置对总不平衡水平的影响:大型装置在低压系统中的总不平衡水平低于或等于由一组等容量的小型装置替代时的水平。
- 这可以确保所有连接到系统的不平衡源的总发射骚扰水平不会超过规划水平。

10.3.2 总发射值在不平衡源间的分配

为了设置大型低压装置的不平衡发射限值(见第1章),第一步有必要确定所考虑低压系统电压不平衡总影响的允许值。

首先,有必要使用叠加定律[式(3)]来确定特定低压系统中所有不平衡源的最大允许值。事实上,低压系统中的实际电压不平衡是以下两个部分的矢量和,一部分来自上级中压系统的电压不平衡,另一部分来自接入所考虑低压系统的所有不平衡装置的电压不平衡。总的电压不平衡不应超过低压系统的规划水平。由此,可分配与所考虑低压系统相连接的所有装置的电压不平衡总体水平为:

$$G_{uLV} = \sqrt[\alpha]{L_{uLV}^{\alpha} - (T_{uML} \cdot L_{uMV})^{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

- G_{uLV} ——由所考虑的供电系统供电的所有低压装置对低压系统中任一点的电压不平衡的最大允许值(用电压不平衡度 u 表示);
- L_{uLV} ——低压系统中电压不平衡的规划水平;
- L_{uMV} ——上级中压系统中电压不平衡的规划水平;
- T_{uML} ——从上级中压系统到所考虑低压系统的电压不平衡传递系数(如有必要,可通过模拟或测量来确定);
- α ——叠加定律指数(见7.4)。

注:与低压不平衡负载造成的电压不平衡相比,由于低压线路阻抗不对称所引起的电压不平衡通常可以忽略。为简单起见,本部分其余部分中,不考虑低压线路阻抗不对称。但是,在某些情况下,不应忽略低压线路造成的电压不平衡(例如,100 m 及以上的大电流低压架空线路)。

为了简化评估,从上级中压系统到低压系统的传递系数 T_{uML} 可看作等于1。但实际上,由于连接至下级系统的三相旋转电机的平衡效应,该系数经常小于1。系统运营商或业主有责任根据系统特性确定相关的值。(确定传递系数 T_{uML} 的指南见 IEC/TR 61000-3-13 的附录 A。)

10.3.3 单个发射限值

考虑如图7所示的典型低压系统。中压/低压变压器通过低压母线供 n 条馈线。目的是确定与某条馈线相连的用户装置 i 的发射限值。

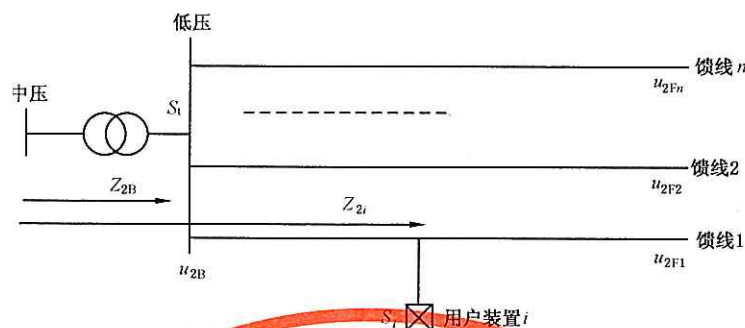


图7 低压公用供电系统的不平衡简化图

单相装置产生与其协议容量成正比的不平衡电流。同样地,不适用于本部分的小型三相低压装置可以产生只取决于其协议容量的不平衡电流。从而,这些装置将产生电流方面的不平衡,而与其在低压系统中的连接点无关。考虑到这一点,更大型装置在低压系统任一处可能引起的最高电压不平衡度,其发射限值也可以用电流不平衡度表示。

注1: 尽管此处针对低压装置推荐的方法是基于根据电流(而非电压)确定的发射限值,但仍与 IEC/TR 61000-3-13 中的基本概念是一致的,因为这些电流发射限值基于将对电压产生的影响。

确定接入低压公用供电系统的大型装置不平衡发射限值的推荐方法与谐波所用方法相似(见 8.2.3)。图7显示了装置 i 在低压母线上造成的电压不平衡直接影响馈线1和其他馈线上的电压不平衡。因此,需满足以下两个条件:

- 低压不平衡装置对低压系统上任一处电压不平衡的总影响将受限于 G_{uLV} 所允许的总影响。
- 低压不平衡装置对低压母线上电压不平衡的总影响将受限于与 G_{uLV} 有关的允许总影响 G_{uB} 的一部分,如下:

$$G_{uB} = K_{uB} \cdot G_{uLV} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

G_{uB} ——由所考虑的供电系统供电的所有低压装置造成的对变电站低压母线的电压不平衡的允许总影响(用电压不平衡度 u 表示);

K_{uB} ——电压不平衡衰减系数。这相当于由与所考虑低压系统相连的所有装置产生的低压母线上的电压不平衡水平与这些装置所产生的低压系统中电压不平衡最大水平的比值(通常在馈线的末端获得此最大水平)。此衰减系数并不取决于不平衡发射水平,而是只取决于低压系统的结构(馈线的数量和长度、用户装置的分布等)以及叠加定律中的指数 α 。附录D给出了 K_{uB} 作为低压系统特性的函数信息,以及几个典型值。

鉴于以上考虑,大型低压装置 i 的不平衡发射限值以电流形式给出:

$$E_{I2i} = \frac{U_N^2}{S_i} \cdot G_{uLV} \cdot \sqrt{\frac{S_i}{S_1}} \cdot \min\left(\frac{K_{uB}}{Z_B}; \frac{1}{Z_i}\right) \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

E_{I2i} ——低压中连接的装置 i 的电流不平衡发射限值[%;用与其协议容量相一致的装置的电流百分比表示, $S_i/(\sqrt{3}U_N)$];

U_N ——低压系统的标称线电压(V);

G_{uLV} ——由所考虑的供电系统供电的所有低压装置造成的对低压系统中任何地方的电压不平衡的最大允许总影响(用电压不平衡度 u 表示);

S_i ——用户装置 i 的协议视在功率(VA);

S_t ——低压系统的总供电容量,可包括针对未来负荷增长及分布式发电的影响(VA);

注2:在选择 S_t 时,系统运营商或业主宜考虑可与网络连接的分布式发电的潜在量。例如,如果预计有与负载功率有关的50%分布式发电的接入容量(即,中压/低压变压器的额定功率), S_t 则宜为中压/低压变压器额定功率的1.5倍。值得注意的是,在低压网络的情况下,100%的接入容量实际上为一天中负载很大变化所导致的最大接入容量。

α ——叠加定律指数(见7.4);

$\min(x, y)$ —— x 和 y 的最小值;

注3:为了满足本章最开始列出的两个条件,宜考虑最小值。首项 K_{uB}/Z_B 与低压母线上电压不平衡状态有关。第2项 $1/Z_i$ 与低压系统中任何地方的电压不平衡状态有关。

K_{uB} ——电压不平衡衰减系数,根据式(21)确定;

Z_B ——低压变电站母线上系统的短路阻抗的模(Ω);

Z_i ——装置 i 评估点处系统的短路阻抗的模(Ω)。

有些位置上,可能发生已有的电压不平衡水平高于现有用户装置的正常配额。在这种情况下,任何新装置的发射限值可能都会减小,并可重新考虑规划水平在不同电压等级之间的分配,或者增加系统吸收不平衡的能力。

式(22)中给出的不平衡发射限值取决于衰减系数 K_{uB} 。在一些低压系统中, K_{uB} 的典型值可能导致不平衡限值过于宽松。在这种情况下, K_{uB} 值应根据低压系统的实际特性来决定。附录D中讨论了估算该衰减系数的方法。

10.4 第3阶段:有条件地接受更高发射水平

4.3中所考虑的因素适用于第3阶段的不平衡。

11 评估程序框图

本部分所示评估程序概述见图8(谐波)、图9(电压波动)和图10(不平衡)。对于电压波动,评估程序同样适用于 P_{st} 和 P_{it} 。

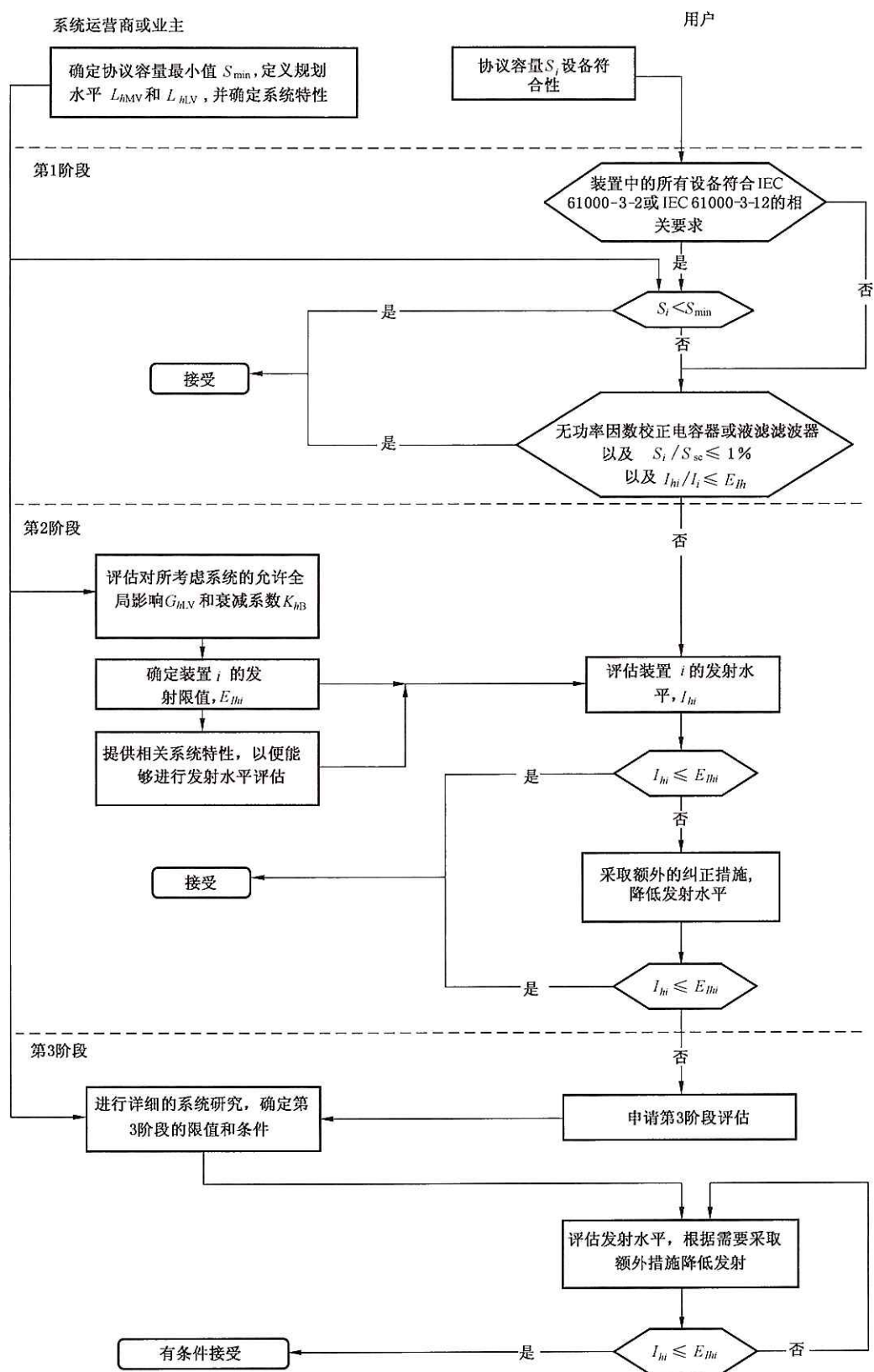


图 8 谐波评估程序图

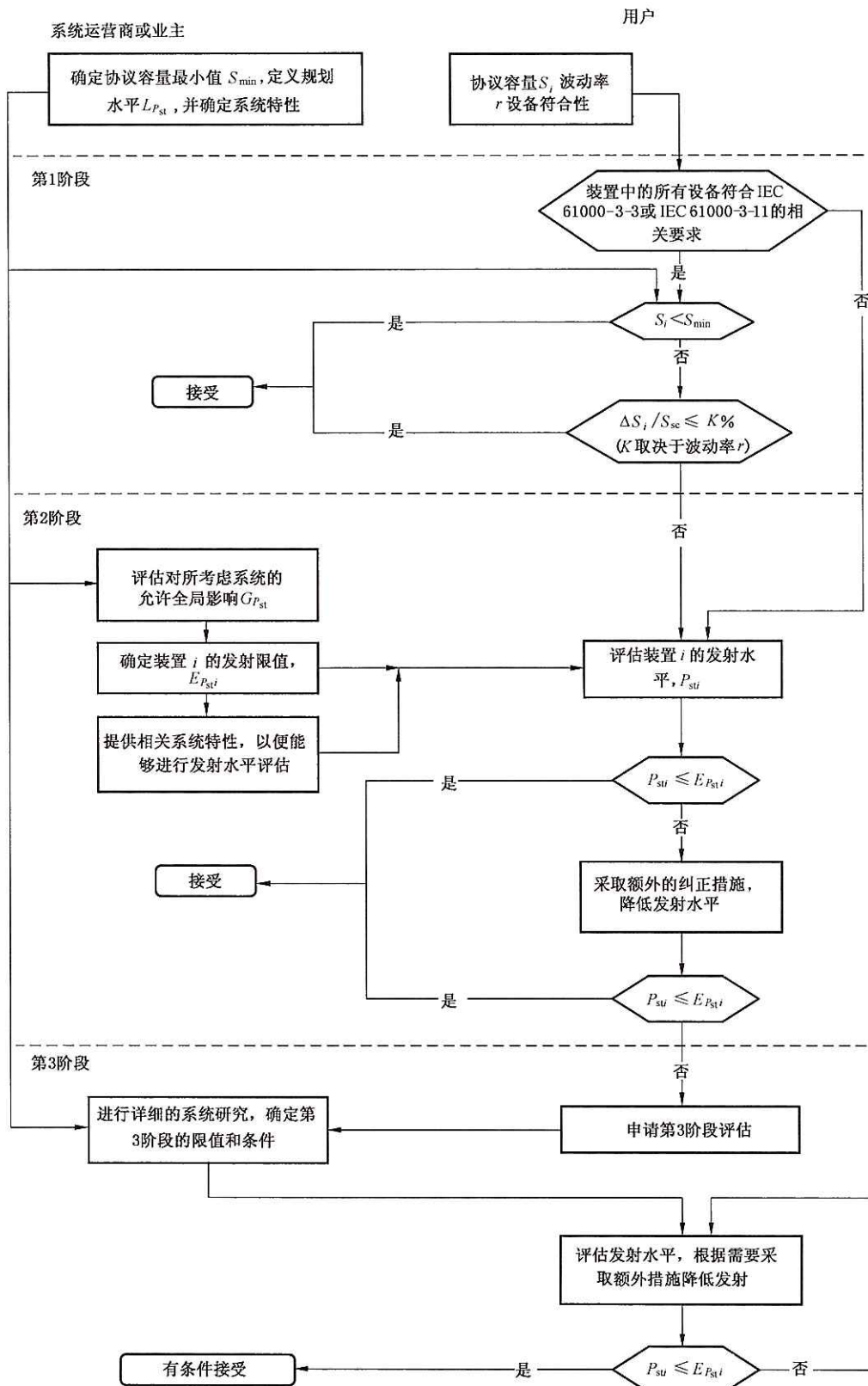


图9 电压波动评估程序图

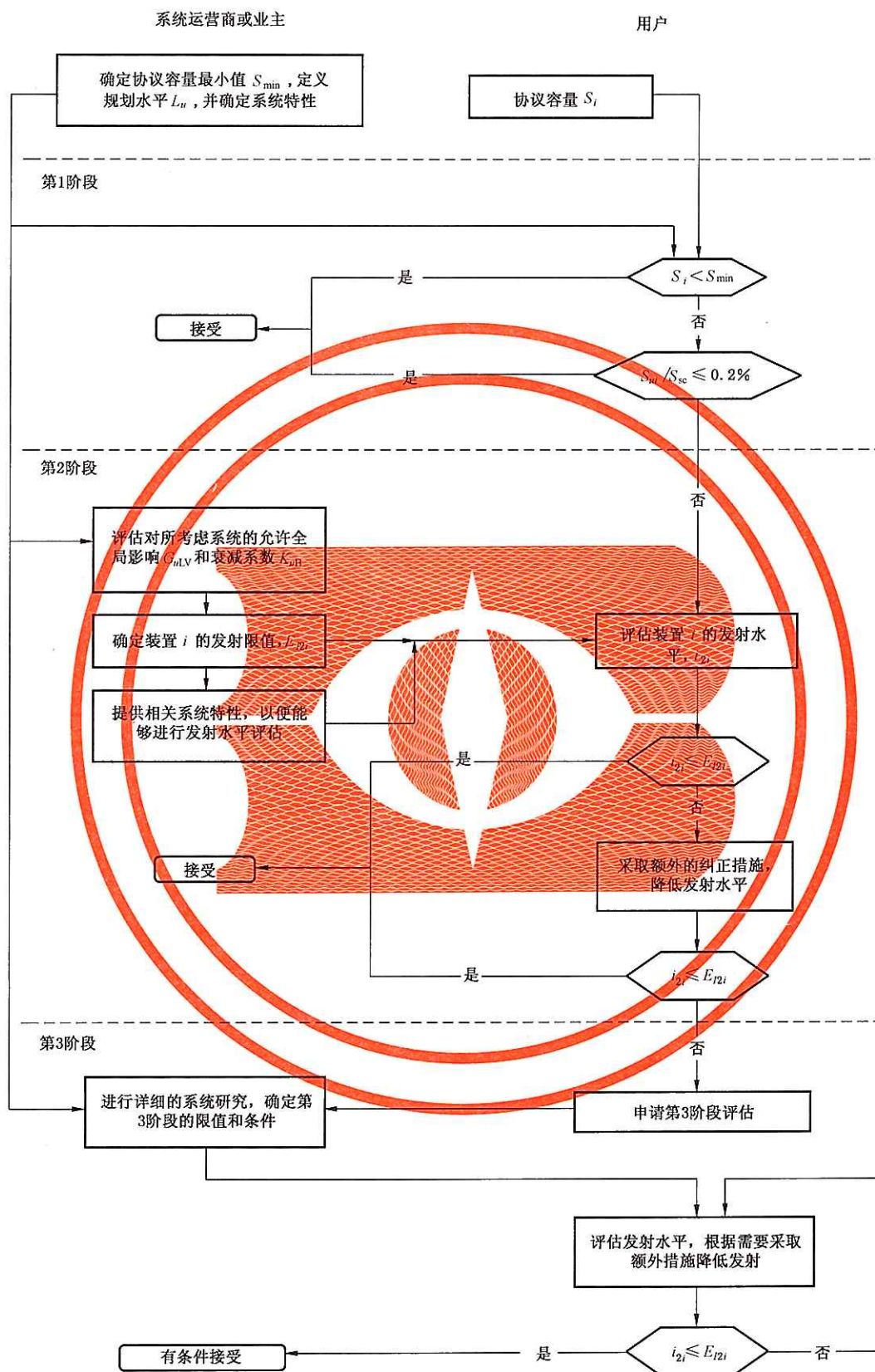


图 10 不平衡评估程序图

附录 A (资料性附录)

推导特定类型低压电网限值一般方法的算例

A.1 概述

本部分所述一般方法的应用可分为两个步骤：

- 涉及某类低压电网的总体参数的计算；
- 某一给定装置个体参数和发射限值的计算。

第一步应由配电网公司或监管机构的技术专家来进行。第二步应由配电网的本地运营商来进行，可借助由技术专家设计的计算工具来完成相关工作。

本附录给出了一个针对第一步的技术应用实践范例。针对第二步的应用示例见附录 B。

A.2 $S_{\min}$ 值的确定

本部分仅适用于超过最小容量的大型装置。这个最小容量($S_{\min}$)是由系统运营商或业主根据如下条件来确定的：

- 超过 $S_{\min}$ 的装置总数；
- 具有协议容量等于 $S_{\min}$ 的装置对配电系统的潜在影响。

一方面，协议容量超过给定值 S 的装置总数会随着 S 的增加而大幅下降。为了限制待评估装置的数量，同时考虑系统运营商或业主的利益，应选择尽可能高的 $S_{\min}$ 值。

另一方面，对于协议容量小于 $S_{\min}$ 的装置，仅设备标准适用。这些标准中规定的限值是根據连接至供电系统的小型装置中产生骚扰的设备数量、类型和用途的假设，以及被认为代表小型住宅装置电源阻抗的 IEC 60725 中规定的参考阻抗所确定的。上述假设可能不适用于更大型的低压装置。尤其是，骚扰设备的集中度可能更高。因此，系统运营商或业主应评估此类装置对配电系统的潜在影响，并确定 $S_{\min}$ 值，以便协议容量小于该值的装置不会产生不可接受的骚扰水平。 $S_{\min}$ 值取决于配电系统的特性，特别是系统阻抗。

所以， $S_{\min}$ 值的选择实际上是两个要求之间的折衷：限制待评估发射的装置的数量，维持来自低压装置的骚扰发射在可接受水平。

30 kVA~100 kVA 的 $S_{\min}$ 值适用于大多数类型的电网。

注：如果选择的 $S_{\min}$ 值很高，第 1 阶段所涉及的大型装置的数量便会较少。在这种情况下，电网运营商或业主可以选择直接评估第 2 阶段中的所有装置。

A.3 用户间分担的总发射

A.3.1 谐波

所有低压装置间可以分担的对 h 次谐波电压的最大总影响， G_{hLV} ，应利用式(7)来确定：

$$G_{hLV} = \sqrt[3]{L_{hLV}^3 - (T_{hML} \cdot L_{hMV})^3}$$

假设：

- 由系统运营商或业主规定的针对低压的谐波电压规划水平等于表 1 中所列的兼容水平；

- 由系统运营商或业主规定的针对中压的谐波电压规划水平等于 IEC/TR 61000-3-6 表 2 中所列的数值；
 - 从中压到低压的谐波电压传递系数等于 1；
 - 叠加定律指数见表 3；
- 针对较低奇次谐波的最大允许总影响值 G_{hLV} 见表 A.1。

表 A.1 针对谐波电压的最大允许总影响示例

h	L_{hLV} %	L_{hMV} %	T_{hML}	α	G_{hLV} %
3	5	4	1	1	1.0
5	6	5	1	1.4	2.1
7	5	4	1	1.4	2.0
9	1.5	1.2	1	1.4	0.6
11	3.5	3	1	2	1.8
13	3	2.5	1	2	1.7

A.3.2 电压波动

所有低压装置之间可以分担的针对短期或长期闪变水平的最大总影响 G_{PstLV} 或 G_{PltLV} 由式(11)或式(12)来确定：

$$G_{PstLV} = \sqrt[\alpha]{L_{PstLV}^{\alpha} - T_{PstML}^{\alpha} \cdot L_{PstMV}^{\alpha}}$$

$$G_{PltLV} = \sqrt[\alpha]{L_{PltLV}^{\alpha} - T_{PltML}^{\alpha} \cdot L_{PltMV}^{\alpha}}$$

假设：

- 由系统运营商或业主规定的针对低压的闪变规划水平等于表 2 中所列的兼容水平；
- 由系统运营商或业主规定的针对中压的闪变规划水平等于 IEC/TR 61000-3-7 表 2 中所列的数值；
- 从中压到低压的闪变传递系数等于 1；
- 叠加定律指数等于 3；

针对闪变水平的最大允许总影响值如下：

$$G_{PstLV} = \sqrt[3]{1.0^3 - 1.0^3 \times 0.9^3} = 0.65$$

$$G_{PltLV} = \sqrt[3]{0.8^3 - 1.0^3 \times 0.7^3} = 0.55$$

A.3.3 不平衡

所有低压装置间可以分担的对电压不平衡的最大总影响 G_{uLV} 由式(20)来确定：

$$G_{uLV} = \sqrt[\alpha]{L_{uLV}^{\alpha} - (T_{uML} \cdot L_{uMV})^{\alpha}}$$

假设：

- 由系统运营商或业主规定的针对低压的电压不平衡规划水平等于 4.2.5 所列的兼容水平；
- 由系统运营商或业主规定的针对中压的电压不平衡规划水平等于 IEC/TR 61000-3-13 表 2 中所列的数值；

——从中压到低压的电压不平衡传递系数等于 1；

——叠加定律指数等于 1.4；

针对电压不平衡的最大允许总影响值如下：

$$G_{uLV} = \sqrt[1.4]{2^{1.4} - (1.0 \times 1.8)^{1.4}} = 0.5$$

A.4 谐波和不平衡的衰减系数

A.4.1 概述

根据附录 D, h 次谐波的衰减系数确定如下：

$$K_{hB} = \frac{U_{hB}(S_i)}{\max_j [U_{hFj}(S_i)]}$$

式中：

$U_{hB}(S_i)$ ——所有低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的影响；

$U_{hFj}(S_i)$ ——所有低压装置对馈线 j 远端上 h 次谐波电压的影响。

谐波和不平衡衰减系数应针对每种类型的低压电网分别确定，主要针对具有架空线的电网和具有地下电缆的电网。

下文所用方法包括下列步骤：

- 所考虑低压电网类型的特性的确定；
- 电网参数对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响分析；
- 各种电网配置中电网电压的计算；
- 不切实际配置的去除；
- 衰减系数值的确定。

所用方法中还给出了一些信息，可以用于低压电网任何节点的谐波电压(或电压不平衡)的计算。

下面，这种一般方法将用于具有架空线路的低压电网，以计算非 3 的倍数次谐波的衰减系数。

A.4.2 所考虑低压电网类型的特性的确定

首先，应确定所考虑电网类型的结构。根据附录 D，针对谐波电压水平计算的低压电网总体方案如图 A.1 所述，其中：

- n 表示低压馈线的数量；
- M 表示低压母线和馈线 j 远端之间的节点的数量，取决于所考虑馈线(不包括低压母线，包括馈线端)；
- N_{jk} 表示馈线 j 上的节点 k ；
- S_i 表示所考虑低压系统的总供电容量；
- S_{Fj} 表示连接至馈线 j 的所有装置的视在功率；
- S_{jk} 表示由节点 N_{jk} 供电的所有装置的视在功率；
- h 表示谐波次数；
- Z_{hB} 表示低压母线上系统的谐波阻抗的模；
- Z_{hjk} 表示节点 N_{jk} 上系统的谐波阻抗的模；
- I_{hT} 表示流过中压/低压变压器的 h 次谐波电流；
- I_{hjk} 表示连接至节点 N_{jk} 的来自用户装置的谐波电流发射；
- I_{hFjk} 表示流过馈线 j 上级节点 N_{jk} 的 h 次谐波电流；

- $U_{hB}(S_i)$ 表示所有低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的影响;
- $U_{hFj}(S_i)$ 表示所有低压装置对馈线 j 远端上 h 次谐波电压的影响;
- $U_{hjk}(S_i)$ 表示所有低压装置对节点 N_{jk} 上 h 次谐波电压的影响。

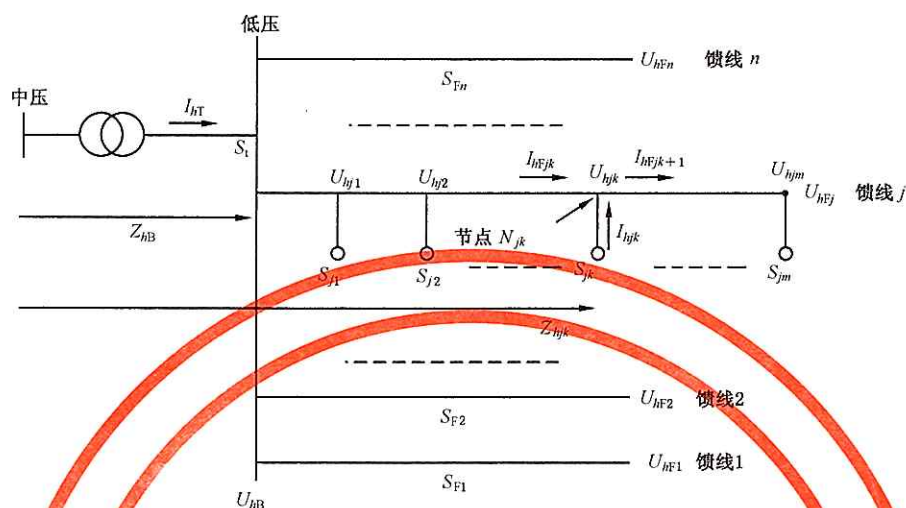


图 A.1 针对谐波电压水平计算的低压公用供电系统简化方案

在此处所考虑的示例中,假设可能采取下列简化措施:

- 变电站低压母线向 n 根相同低压馈线供电;
- 每根低压馈线都是一条架空线,在整个长度上都具有相同的横截面,无支线;
- 用户装置沿馈线均匀分布;
- 低压系统和连接至该系统的负载(仅用来确定谐波衰减系数)处于平衡状态。

然后,应确定待分析电网参数的范围。根据式(D.11),用于衰减系数 K_{hB} 计算的待分析电网参数如下:

- S_i 表示低压系统的总供电容量;
- n 表示低压馈线的数量(各馈线是相同的,根据 S_i 和 n 计算 S_{Fj});
- l_F 表示低压馈线的长度;
- z_{hF} 表示每个单位长度架空线的复数谐波阻抗(由 Z_{hB} 、 z_{hF} 和 l_F 计算得到复数谐波阻抗 Z_{hjk} , m 表示每根低压馈线上节点的数量, k 表示馈线 F_j 上第 k 个节点);
- h 表示谐波次数;
- β 表示针对小型装置的叠加定律指数。

下列参数无需考虑:

- m ,每根馈线上的节点数,当其值足够高(≥ 10)时对馈线基本无影响;
- S_{jk} ,由节点 N_{jk} 供电的所有装置的视在功率(根据 S_i 、 n 和 m 计算);
- Z_{hB} ,低压母线上系统的复数谐波阻抗,主要取决于向低压电网供电的中压/低压变压器的额定功率。

在此处考虑的示例中,假设电网参数处于下列范围:

- S_i ,50 kVA 至 1 000 kVA;
- n ,1~8 根低压馈线;
- l_F ,50 m~1 000 m;

- $\underline{z}_F$, 对应于横截面为 $12 \text{ mm}^2 \sim 48 \text{ mm}^2$ 的铜线或横截面为 $35 \text{ mm}^2 \sim 75 \text{ mm}^2$ 的铝线;
- h , $5 \sim 37$ 次中非 3 次的奇数次;
- β , $1.0 \sim 2.0$ 。

A.4.3 谐波电压计算方法

本条通过简单的程序,介绍了计算如图 A.1 所述低压系统中任何节点的谐波电压、任何支线的谐波电流的不同步骤。

根据附录 D,低压装置造成的所有谐波电流和电压正比于一个相同的系数(该系数在附录 D 的理论发展中被称为 A_h)。因此,谐波量的计算可以分两个阶段进行。在第一阶段,选择一个量的值,其他量则根据该值来计算。第二阶段,谐波电流和电压的实际值通过将在第一阶段所获的所有值乘以比例校正系数来进行更新。通过选择以下约束条件求解这个系数:低压馈线上谐波电压的最大值,具有特定视在功率的装置所发出的谐波电流等。

在目前的示例中,只需要 U_{hB}/U_{hjk} 比值(不取决于比例系数)。因此,第一阶段所用程序详述如下。

——步骤 1:选择变电站低压母线上的谐波电压水平值。

所有低压装置对变电站低压母线上谐波电压的影响固定于一个任意值,例如: $U_{hB}(S_t) = 1\%$ 。

——步骤 2:选择一个 m 值。

m 值应高于或等于 10。对于本附录所述示例, $m = 20$ 。

——步骤 3:计算谐波阻抗 Z_{hB} 和 Z_{hjk} 的模。

Z_{hB} 根据中压/低压变压器的额定功率计算。 Z_{hjk} 根据复数谐波阻抗 Z_{Fjk} 、每单位长度馈线复数谐波阻抗 $\underline{z}_{hF}$ 、馈线 l_F 的长度、每根馈线节点数量 m 以及馈线 j 上节点 k 的值来计算。

——步骤 4:计算连接至馈线 j 的所有装置的视在功率。

通常,具有下列公式:

$$S_{Fj} = \sum_{k=1}^m S_{jk} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

如果具有 n 根相同的低压馈线,具有下列公式

$$S_{Fj} = \frac{S_t}{n} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

——步骤 5:计算流过中压/低压变压器的谐波电流。

$$I_{hT} = \frac{U_{hB}(S_t)}{Z_{hB}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

——步骤 6:计算连接至节点 N_{jk} 的来自用户装置的谐波电流发射。

从式(D.3),可以得到:

$$\frac{I_{hjk}}{I_{hT}} = \frac{\sqrt[\beta]{S_{jk}}}{\sqrt[\beta]{S_t}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

所以

$$I_{hjk} = I_{hT} \cdot \sqrt[\beta]{\frac{S_{jk}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

——步骤 7:计算流过馈线 j 上级节点 N_{ja} 的谐波电流。

$$I_{hFjk} = \sqrt[\beta]{\sum_{a=k}^m I_{hja}^{\beta}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

或者

$$I_{hFjk} = I_{hT} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{a=k}^m S_{ja}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

——步骤 8: 计算所有低压装置对馈线 j 第一节点 N_{j1} 上谐波电压的影响。

从式(D.6)和式(D.3), 可以得到:

$$U_{hjk}^\beta(S_t) = \frac{I_{hT}^\beta}{S_t} \cdot \left[(S_t - S_{Fj}) \cdot Z_{hB}^\beta + \sum_{a=1}^k (S_{ja} \cdot Z_{hja}^\beta) + Z_{hjk}^\beta \cdot (S_{Fj} - \sum_{a=1}^k S_{ja}) \right] \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

所以, 对于节点 N_{j1} :

$$U_{hj1}^\beta(S_t) = I_{hT}^\beta \cdot Z_{hB}^\beta + I_{hT}^\beta \cdot \frac{S_{Fj}}{S_t} \cdot (Z_{hj1}^\beta - Z_{hB}^\beta) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

并且, 最终

$$U_{hj1}(S_t) = \sqrt[\beta]{U_{hB}^\beta(S_t) + I_{hFj1}^\beta \cdot (Z_{hj1}^\beta - Z_{hB}^\beta)} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

——步骤 9: 计算所有低压装置对馈线 j 的其他节点 N_{ja} ($2 \leq a \leq m$) 上谐波电压的影响。

从式(A.8), 可以得到(针对 $2 \leq a \leq m$):

$$U_{hjk}^\beta(S_t) = \left(\frac{S_t - S_{Fj}}{S_t} \right) \cdot Z_{hB}^\beta \cdot I_{hT}^\beta + \sum_{a=1}^{k-1} (Z_{hja}^\beta \cdot I_{hja}^\beta) + Z_{hjk}^\beta \cdot I_{hFjk}^\beta \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

所以

$$U_{hjk}^\beta(S_t) - U_{hjk-1}^\beta(S_t) = Z_{hjk-1}^\beta \cdot I_{hjk-1}^\beta + Z_{hjk}^\beta \cdot I_{hFjk}^\beta - Z_{hjk-1}^\beta \cdot (I_{hFjk}^\beta + I_{hjk-1}^\beta) \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

并且, 最终, 针对($2 \leq a \leq m$):

$$U_{hjk}(S_t) = \sqrt[\beta]{U_{hjk-1}^\beta(S_t) + I_{hFjk}^\beta \cdot (Z_{hjk}^\beta - Z_{hjk-1}^\beta)} \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

A.4.4 电网参数对谐波的影响分析

为了找到 U_{hB}/U_{hFj} 比值[见式(D.11)]的最小值, 有必要分析电网参数对该比值的影响。这样可以使专家去除对该比值具有较小影响的参数。

该方法由下列 3 个步骤组成:

- 确定与所考虑类型低压电网的平均情况大致对应的特定情况;
- A.4.2 所列各个电网参数对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响分析;
- 占主导作用的电网参数的确定。

对于本附录所考虑的电网类型, 用于分析电网参数影响的为特定电网情况所选特性如下:

- $S_t = 250$ kVA;
- $n = 5$ 根低压馈线;
- $l_F = 300$ m;
- z_F , 对应于铝线, 横截面为 35 mm^2 ;
- $h = 5$;
- $\beta = 1.4$ 。

当单个参数变化, 其他参数保持之前定义的值时, U_{hB}/U_{hFj} 比值变化情况见表 A.2~表 A.7 所示。

表 A.2 低压系统总供电容量对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

S_1/kVA	50	100	160	250	400	630	1 000
U_{hB}/U_{hFj}	0.89	0.81	0.74	0.63	0.51	0.38	0.33

表 A.3 低压馈线数量对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

n	2	3	4	5	6	7	8
U_{hB}/U_{hFj}	0.43	0.52	0.58	0.63	0.67	0.70	0.73

表 A.4 低压馈线长度对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

l_F/m	50	100	200	300	400	500	600	800	1 000
U_{hB}/U_{hFj}	0.93	0.85	0.74	0.63	0.56	0.49	0.44	0.36	0.31

表 A.5 低压馈线阻抗对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

线路特性	铜 12 mm ²	铝 35 mm ²	铝 55 mm ²	铝 75 mm ²
U_{hB}/U_{hFj}	0.61	0.63	0.65	0.65

表 A.6 谐波次数(奇次非 3 的倍数)对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

h	5	7	11	13	17	19	23	25
U_{hB}/U_{hFj}	0.63	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

表 A.7 叠加定律指数对 U_{hB}/U_{hFj} 比值的影响(示例)

β	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
U_{hB}/U_{hFj}	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56

从上述各表可以看出, U_{hB}/U_{hFj} 比值并不是非常取决于线路特性、谐波次数(非 3 的倍数)和叠加定律指数。因此,在低压电网和非 3 的倍数谐波次数的情况下,占主导作用的电网参数如下:

- S_1 , 低压系统的总供电容量;
- n , 低压馈线的数量;
- l_F , 低压馈线的长度。

对于具有架空线的低压电网情况下的 3 的倍数谐波次数,结果相似,除了:

- 与非 3 的倍数谐波次数相比, U_{hB}/U_{hFj} 比值与对 3 的倍数谐波次数来说非常不同;
- 与其他 3 的倍数谐波次数相比, U_{hB}/U_{hFj} 比值对 3 次来说较低。

A.4.5 各类电网配置中谐波电压的计算

本条中, U_{hB}/U_{hFj} 比值作为 A.4.4 确定的主导性电网参数的一个函数来研究。表 A.8~表 A.11 针对 4 个不同长度的低压馈线给出了作为 S_1 和 n 函数的该比值的数值。应注意的是, $n \geq 2$, 因为当只有

一个低压馈线时,不必要考虑衰减系数 K_{hB} 。

表 A.8 100 m 低压馈线的 U_{hB}/U_{hFj} 比值(示例)

低压馈线的数量	总供电容量 S_t kVA						
	50	100	160	250	400	630	1 000
2	0.91	0.85	0.79	0.71	0.60	0.49	0.43
3	0.94	0.89	0.85	0.79	0.69	0.58	0.52
4	0.95	0.92	0.89	0.83	0.74	0.64	0.58
5	0.96	0.93	0.91	0.85	0.78	0.68	0.63
6	0.97	0.94	0.92	0.88	0.81	0.72	0.67
7	0.97	0.95	0.93	0.89	0.83	0.75	0.70
8	0.98	0.96	0.93	0.91	0.85	0.78	0.73

表 A.9 300 m 低压馈线的 U_{hB}/U_{hFj} 比值(示例)

低压馈线的数量	总供电容量 S_t kVA						
	50	100	160	250	400	630	1 000
2	0.77	0.65	0.55	0.48	0.32	0.23	0.19
3	0.83	0.72	0.63	0.52	0.40	0.29	0.25
4	0.86	0.78	0.69	0.58	0.46	0.34	0.29
5	0.89	0.81	0.74	0.63	0.51	0.38	0.33
6	0.91	0.83	0.77	0.67	0.55	0.42	0.37
7	0.92	0.85	0.79	0.70	0.58	0.46	0.40
8	0.93	0.87	0.81	0.73	0.61	0.49	0.43

表 A.10 500 m 低压馈线的 U_{hB}/U_{hFj} 比值(示例)

低压馈线的数量	总供电容量 S_t kVA						
	50	100	160	250	400	630	1 000
2	0.66	0.51	0.41	0.31	0.21	0.15	0.12
3	0.74	0.60	0.50	0.38	0.27	0.19	0.15
4	0.79	0.66	0.56	0.44	0.32	0.23	0.19
5	0.82	0.70	0.61	0.49	0.37	0.26	0.22
6	0.85	0.74	0.65	0.53	0.40	0.29	0.25
7	0.86	0.77	0.68	0.57	0.43	0.32	0.27
8	0.88	0.79	0.70	0.60	0.46	0.34	0.30

表 A.11 1 000 m 长低压馈线的 U_{hB}/U_{hFj} 比值(示例)

低压馈线的数量	总供电容量 S_t kVA						
	50	100	160	250	400	630	1 000
2	0.48	0.33	0.25	0.17	0.12	0.08	0.06
3	0.57	0.41	0.31	0.23	0.15	0.10	0.08
4	0.63	0.47	0.37	0.27	0.18	0.12	0.10
5	0.68	0.52	0.41	0.31	0.21	0.14	0.12
6	0.71	0.56	0.45	0.34	0.24	0.16	0.14
7	0.74	0.60	0.49	0.37	0.26	0.18	0.15
8	0.76	0.63	0.52	0.40	0.28	0.20	0.16

A.4.6 非现实配置的排除

A.4.5 中所研究的某些配置导致 U_{hB}/U_{hFj} 比值非常低。但是,这些配置不切实际,因为沿着低压馈线具有很高的电压降。所以,在确定 K_{hB} 值之前应排除不切实际的配置。

例如,在前述表 A.8~表 A.11 中,对应电压降高于 10% 的表格画上了阴影,作为不切实际的配置。

注:在这种情况下,根据 A.4.2 所做假设,无论馈线的数量多少,导线横截面在所有情况下都被认为是恒定的。

A.4.7 谐波衰减系数值的确定

在使用前述方法后,现在可确定衰减系数值。

专家可以提供:

- 针对 K_{hB} 的一个简单值;
- 或根据相关电网参数列出 K_{hB} 值的表格(见表 A.8~表 A.11)。

如果希望只获得一个衰减系数值,则建议 K_{hB} 的选定值是 U_{hB}/U_{hFj} 比值的最小值[见式(D.8)]。在本附录中所考虑的特殊示例中,针对奇数非 3 的倍数谐波次数,表 A.8~表 A.11 给出:

—— $K_{hB}=0.34$

如果对奇数 3 的倍数谐波次数进行相同的要求,那么可能获得:

- $K_{hB}=0.15$, 针对 $h=3$;
- $K_{hB}=0.12$, 针对 $h>3$ 。

所以,针对所考虑类型的低压电网的衰减系数 K_{hB} 值见表 A.12。

表 A.12 基于谐波次数的衰减系数 K_{hB} (示例)

h	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
K_{hB}	0.15	0.34	0.34	0.12	0.34	0.34	0.12	0.34	0.34	0.12	0.34	0.34

另一种选择是根据电网配置确定 K_{hB} 值。在这种情况下,技术专家必须提供给出了基于相关电网参数函数的 K_{hB} 值的表格或计算工具,以便系统运营商可以在研究特定装置与低压系统的连接时,为发射限值公式的应用选择相关的 K_{hB} 值。例如,如果某一装置连接至一个具有 250 kVA 中压/低压变压器和 4 根 200 m 低压馈线的低压电网,那么根据表 A.9,针对奇数非 3 的倍数谐波次数, $K_{hB}=0.58$ 。

A.4.8 不平衡衰减系数值的确定

类似谐波,同样的研究可以应用到不平衡的情况。在此情况下,对电网参数影响的分析表明,占主导作用的电网参数是:

- S_L , 低压系统的总供电容量;
- n , 低压馈线的数量;
- l_F , 低压馈线的长度;
- $\underline{z}_F$, 每单位长度架空线的复数阻抗。

在计算了各类电网配置中的电压不平衡,并去除不切实际的配置之后,专家可以为 K_{uB} 提供一个单一值,或者提供以相关电网参数为函数的 K_{uB} 值表。

如果对电压不平衡进行相同的研究(A.4.2~A.4.7),那么:

- $K_{uB}=0.27$ 。

附录 B

(资料性附录)

特定装置发射限值一般计算方法的算例

B.1 概述

本部分所述一般方法的应用可分为两个步骤:

- 涉及某类低压电网的总体参数的计算;
- 某一给定装置个体参数和发射限值的计算。

第一步应由配电网公司或监管机构的技术专家来进行。第二步应由配电网的本地运营商来进行,可借助由技术专家设计的计算工具来完成相关工作。

针对第一步的应用示例见附录 A。本附录介绍的是针对第二步的实际应用示例。

B.2 算例的条件描述

作为本部分所述方法的一个应用示例,考虑下列特定情况。新装置需接入低压电网,而系统运营商或业主需要确定谐波、闪变和不平衡的发射限值。在此情况下,假设:

- $U_N = 400 \text{ V}$;
- $S_t = 400 \text{ kVA}$ (上级中压系统和低压/中压变压器的总体阻抗假设等于 $\underline{Z}_B = 0.007 \Omega + j 0.020 \Omega$);
- $n = 6$;
- $S_i = 100 \text{ kVA}$ (所考虑装置的协议视在功率);
- 所考虑装置通过 50 m 长、横截面 75 mm^2 的铝制架空线与低压母线连接(相线, $\underline{Z}_{LF} = 0.44 \Omega/\text{km} + j 0.35 \Omega/\text{km}$; 中性线, $\underline{Z}_{NF} = 0.60 \Omega/\text{km} + j 0.35 \Omega/\text{km}$);
- $l_F = 300 \text{ m}$ (其他低压馈线)。

B.3 所需的(系统)参数

与所考虑电网类型有关的系统参数值已经由技术专家根据附录 A 制定出来。配电网的本地运营商只需将这些数值用于特定装置发射限值的计算中。

本附录中,与所考虑电网类型有关的系统参数假设具有下列值。

大型装置的最小容量:

- $S_{\min} = 50 \text{ kVA}$

每个谐波次数限值, E_h (为评估第 1 阶段中具有保守电网特性的装置所确定的), 见表 B.1。

表 B.1 第 1 阶段评估用保守谐波电流发射限值示例

谐波次数 h	3	5	7	9	11	13	$>13 \text{ 且 } \leq 40$
谐波电流发射限值 $E_h / \%$	4	5	5	1	3	3	$\frac{500}{h^2}$

对于谐波而言,针对低次的奇次谐波的最大允许总影响 G_{hLV} 和衰减系数 K_{hB} 见表 B.2。

注:本示例中,假设中压系统没有中性线。因此,可以选择远远低于表 A.1 所列数值(它会导致 3 的倍数次谐波最大允许总影响的更高值)的中压 3 的倍数谐波次数的谐波电压规划水平。

表 B.2 不同谐波次数的相关参数值

h	3	5	7	9	11	13
$G_{hLV}/\%$	4.0	2.1	2.0	1.2	1.8	1.7
K_{hB}	0.15	0.34	0.34	0.12	0.34	0.34

对于电压波动,最大允许总影响值 G_{PstLV} 和 G_{PhtLV} 如下:

—— $G_{PstLV}=0.65$

—— $G_{PhtLV}=0.55$

对于电压不平衡,最大允许总影响值 G_{uLV} 和衰减系数 K_{uB} 如下:

—— $G_{uLV}=0.5\%$

—— $K_{uB}=0.27$

B.4 谐波发射限值

用户装置的协议视在功率($S_p=100$ kVA)高于 S_{min} 值(50 kVA)。所以,应采用第 8 章所述程序。所考虑装置评估点短路容量计算给出:

$S_{sc}=3\,375$ kVA, 所以, $S_p/S_{sc}=3.0\%$

不满足条件(5)。第 1 阶段的装置连接不合格,需进入第 2 阶段。

因此,谐波发射限值需根据式(9)进行计算:

$$E_{lim} = \frac{U_N}{S_p} \cdot G_{hLV} \cdot \sqrt{\frac{S_p}{S_{sc}}} \cdot \min\left(\frac{K_{hB}-1}{Z_{hB}}, Z_{hi}\right)$$

作为第一个近似值,低压变电站母线系统谐波阻抗的模计算如下:

$$Z_{hB} = \sqrt{(R_B)^2 + h^2 (X_B)^2}$$

式中:

R_B ——阻抗 Z_B 在基波频率下的电阻部分($R_B=0.007 \Omega$);

X_B ——阻抗 Z_B 在基波频率下的电抗部分($X_B=0.020 \Omega$);

h ——谐波次数。

假设低压系统和与其连接的负载处于平衡状态,那么用户装置评估点的供电系统谐波阻抗的模计算如下:

$$Z_{hi} = \sqrt{[R_B + l_i \cdot (r_{LF} + 3\delta_3 r_{NF})]^2 + h^2 [X_B + l_i \cdot (x_{LF} + 3\delta_3 x_{NF})]^2}$$

式中:

l_i ——低压变电站母线和所考虑装置之间馈线的长度($l_i=50$ m);

r_{LF} ——馈电线路相线在基波频率下的阻抗的电阻部分($r_{LF}=0.44 \Omega/\text{km}$);

x_{LF} ——馈电线路相线在基波频率下的阻抗的电抗部分($x_{LF}=0.35 \Omega/\text{km}$);

r_{NF} ——馈电线路中性线在基波频率下的阻抗的电阻部分($r_{NF}=0.60 \Omega/\text{km}$);

x_{NF} ——馈电线路中性线在基波频率下的阻抗的电抗部分($x_{NF}=0.35 \Omega/\text{km}$);

δ_3 ——等于 0(针对非 3 的倍数次谐波)和 1(针对 3 的倍数次谐波)。

下文表 B.3 列出了根据式(9)所得的发射限值,以及不同谐波次数用的参数值。

表 B.3 谐波发射限值(使用单一 K_{hB} 值)

h	G_{hLV} %	K_{hB}	α	Z_{hB} Ω	Z_{hi} Ω	E_{thi} %
3	4.0	0.15	1	0.060	0.295	4.0
5	2.1	0.34	1.4	0.100	0.190	4.2
7	2.0	0.34	1.4	0.140	0.264	2.9
9	1.2	0.12	1.4	0.180	0.819	0.5
11	1.8	0.34	2	0.220	0.414	2.2
13	1.7	0.34	2	0.260	0.488	1.8

表 B.3 中获得的发射限值非常保守,因为使用了单一的 K_{hB} 值,未考虑新装置连接的低压电网的实际特性。根据 A.4.3,可以看出所考虑低压电网的实际 K_{hB} 值($I_F=300$ m, $n=6$, $S_t=400$ kVA)等于 0.55(针对非 3 的倍数次谐波)。

如果技术专家提供了以相关电网参数为基础的 K_{hB} 值的表或计算工具,那么本地运营商可以获得表 B.4 中的发射限值。

表 B.4 谐波发射限值(K_{hB} 值取决于实际电网特性)

h	G_{hLV} %	K_{hB}	α	Z_{hB} Ω	Z_{hi} Ω	E_{thi} %
3	4.0	0.26	1	0.060	0.295	5.4
5	2.1	0.55	1.4	0.100	0.190	6.6
7	2.0	0.55	1.4	0.140	0.264	4.5
9	1.2	0.22	1.4	0.180	0.819	0.9
11	1.8	0.55	2	0.220	0.414	3.5
13	1.7	0.55	2	0.260	0.488	2.8

B.5 电压波动发射限值

用户装置的协议视在功率($S_i=100$ kVA)高于 S_{min} 值(50 kVA)。所以,应采用第 9 章所述程序。

这里假设,在所考虑装置中具有多个额定功率 $S_N=5$ kVA 的电机,其启动视在功率 $\Delta S \approx 5S_N$ 。当启动一台电机时, $\Delta S/S_{sc}$ 比值的计算如下:

$$\frac{\Delta S}{S_{sc}} = \frac{5 \cdot S_N}{S_{sc}} = \frac{5 \cdot 5}{3 \cdot 375} = 0.74\%$$

该比值高于 0.4%,所以不符合表 4 所列限值。如果装置接入的第 1 阶段评估不合格,需进入第 2 阶段。

因此,闪变发射限值需根据式(13)和式(14)进行计算:

$$E_{P_{sti}} = G_{P_{stLV}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t}} = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{100}{400}} = 0.41$$

$$E_{P_{hi}} = G_{P_{hi,V}} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t}} = 0.55 \cdot \sqrt[3]{\frac{100}{400}} = 0.35$$

因为这些值高于表 5 所列所有低压装置的最小允许值,所以,该低压装置的发射限值刚好等于上述计算所得值。

B.6 不平衡发射限值

用户装置的协议视在功率($S_i = 100 \text{ kVA}$)高于 $S_{\min}$ 值(50 kVA)。所以,应采用第 10 章所述程序。

这里假设,在所考虑装置中,两相之间连接一个较大负载,所以,不满足条件(19)。因此,装置接入的第 1 阶段评估不合格,需进入第 2 阶段。

因此,电压不平衡发射限值需根据式(22)进行计算:

$$E_{I2i} = \frac{U_N^2}{S_i} \cdot G_{uLV} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_i}{S_t}} \cdot \min\left(\frac{K_{uB}}{Z_B}, \frac{1}{Z_i}\right)$$

根据 B.4 中的相同计算方法,低压变电站母线处系统的短路阻抗的模, Z_B , 以及装置评估点的系统短路阻抗的模, Z_i , 等于:

$$Z_B = \sqrt{(R_B)^2 + (X_B)^2}$$

$$Z_i = \sqrt{(R_B + l_i \cdot r_{LF})^2 + (X_B + l_i \cdot x_{LF})^2}$$

下文表 B.5 列出了根据式(22)所得的发射限值,以及所用参数值。

表 B.5 电压不平衡发射限值(使用单一 K_{uB} 值)

G_{uLV} %	K_{uB}	α	Z_B Ω	Z_i Ω	E_{I2i} %
0.5	0.27	1.4	0.021	0.047	3.8

就谐波而言,表 B.5 中获得的发射限值非常保守,因为使用了单一的 K_{uB} 值,未考虑新装置连接的低压电网的实际特性。对于所考虑的低压电网($l_F = 300 \text{ m}$ 、 $n = 6$ 、 $S_t = 400 \text{ kVA}$, 铝制架空线,横截面 75 mm^2), K_{uB} 的实际值等于 0.51。如果技术专家提供了以相关电网参数为基础的 K_{uB} 值的表或计算工具,那么本地运营商可以获得下列发射限值。

$$E_{I2i} = 6.3\%$$

附 录 C
(资料性附录)
第 2 阶段的谐波发射限值

C.1 概述

本附录的目的是解释确定 8.2 所述第 2 阶段的谐波发射限值所用的方法和假设条件。

低压系统环境不同于中压系统环境。一方面,大多数与低压公用供电系统连接的装置都是小型装置,不适用本部分中规定的发射限值的应用。对于这些小型装置,只应用于设备标准。另一方面,低压设备的发射限值(见 IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12)被规定为电流限值,同时 IEC/TR 61000-3-6 中给出的一般方法是以谐波电压分配为基础。因此,对于低压系统,必须以一致的方式适应两种方法。

本附录中,第2阶段的谐波发射限值的确定按以下步骤进行:

- a) 提出假设条件；
- b) 确定低压用户之间分担的总发射限值；
- c) 描述确定单个发射限值的一般条件；
- d) 低压母线处需满足的条件，避免超过系统在该点的允许谐波水平；
- e) 低压馈线需满足的条件，以避免超过与所考虑装置连接的低压馈线的允许谐波水平；
- f) 确定连接至低压系统的装置的单个发射限值。

C.2 假设条件

C.2.1 低压公用供电系统的一般结构

本附录中,考虑的是一个典型的低压公用供电系统,如图 C.1 所示。中压/低压变压器通过一根低压母线给 n 条馈线供电。变压器假设为满载状态。用户装置连接至每根馈线。不适用于本部分规定的发射限值的小型装置与适用于本部分的大型装置不同。该图中,小型装置以小圆圈表示,而大型装置则以小方形表示。本附录的主要目的是确定连接至馈线 1 的用户装置 i 的谐波发射限值。

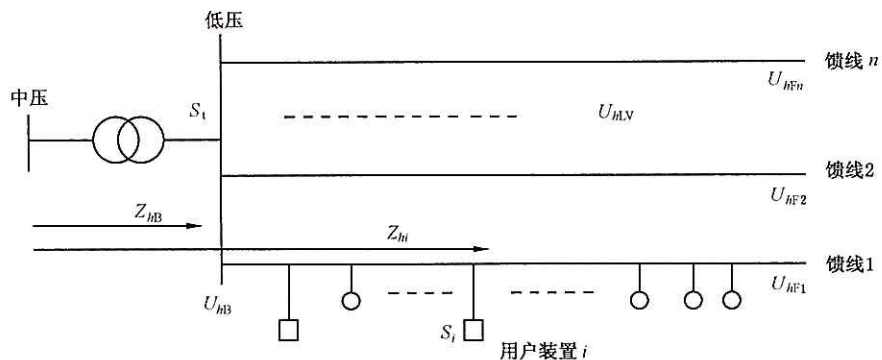


图 C.1 低压公用供电系统结构图

图 C.1 中所用符号如下:

—— S_i 表示用户装置 i 的协议视在功率;

- S_i 表示所考虑的低压系统的总供电容量；
- U_{hB} 表示变电站低压母线处的 h 次谐波电压；
- U_{hFj} 表示馈线 j 末端的 h 次谐波电压；
- Z_{hB} 表示低压母线上系统谐波阻抗的模；
- Z_{hi} 表示用户装置 i 评估点上系统谐波阻抗的模；
- n 表示由中压/低压变电站供电的馈线数量。

为了确定每种类型的装置对低压系统谐波电压的影响,还用了下列符号:

- S_{Fj} 表示连接至特定馈线 j 的所有装置的视在功率；
- S_{Li} 表示连接至所考虑低压系统的所有大型装置的视在功率；
- S_{Si} 表示连接至所考虑低压系统的所有小型装置的视在功率；
- S_{LiFj} 表示连接至特定馈线 j 的所有大型装置的视在功率；
- S_{SiFj} 表示连接至特定馈线 j 的所有小型装置的视在功率；
- $U_{hB}(S_{xx})$ 表示与视在功率 S_{xx} 对应的所有装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的影响；
- $U_{hFj}(S_{xx})$ 表示与视在功率 S_{xx} 对应的所有装置对馈线 j 末端 h 次谐波电压的影响；
- $U_{hLV}(S_{xx})$ 表示与视在功率 S_{xx} 对应的所有装置对低压系统任意点上 h 次谐波电压的影响。

C.2.2 设备的发射限值

对于小型装置,仅适用 IEC 61000-3-2 和 IEC 61000-3-12 中确定的设备发射限值。本附录中,做出了下列两种假设。

- 如果低压系统满载小型装置,谐波电压会低于或等于低压系统任何点的规划水平。
- 设备发射限值被确定为独立于装置公共耦合点短路容量的电流限值。这对于 IEC 61000-3-2 来说是成立的,但对于 IEC 61000-3-12 来说并不完全成立。但是,IEC 61000-3-12 中的表 4 适用于电流 ≥ 16 A 的大多数设备,该表的最后一行($R_{sc} \geq 120$)适用于大多数情况。这就是为什么假设来自小型装置的谐波发射不取决于其连接低压系统的位置点是合理的。

C.2.3 小型和大型装置

基本假设是,通常无法提前知道小型装置和大型装置的百分比(S_{Si}/S_i 和 S_{Li}/S_i),实际上该百分比通常取决于所考虑的低压系统。因此,大型装置的发射限值这样确定:倘若该大型装置能被一组具有相同总功率的小型装置替代,而不会增大谐波电压水平。

在其他方面,小型装置通常用于住宅,因此两个小型装置的工况都相当相似,而对于大型装置,安装的设备有很多差异性,谐波发射方面的工况也有很多差异性。因此,在本附录中,假设大型装置之间或大型装置和小型装置之间的相位角差异高于小型装置之间的相位角差异。所以,使用 7.2 针对谐波所确定的通用叠加定律时,应考虑两个指数值:

- α ,增加来自大型装置的谐波发射；
- β ,增加来自小型装置的谐波发射；
- α ,增加来自一组大型装置和一组小型装置的总谐波发射；
- $\beta \leq \alpha$ 。

C.3 总发射在用户间的分配

为了计算连接至特定低压系统的用户间可分担的总发射,考虑根据图 C.1 推导而来的低压公用供电系统接线,如图 C.2 所示。

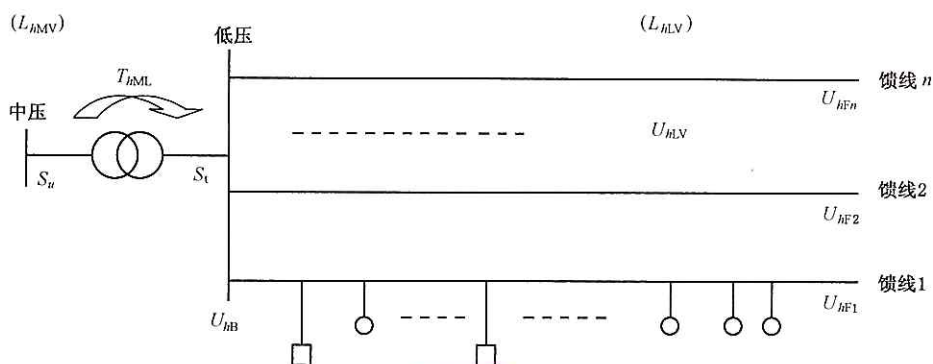


图 C.2 用于计算用户间可分担的总发射的低压公用供电系统接线图

对于每次谐波,低压系统的实际谐波电压(U_{hLV})是以下两个部分的矢量和,一部分来自上级中压系统的谐波电压 $U_{hLV}(S_u)$,另一部分来自连接至所考虑的低压系统的所有装置而造成的谐波电压 $U_{hLV}(S_t)$ 。总的谐波电压不应超过低压系统的规划水平。所以:

$$U_{hLV}^{\alpha} = U_{hLV}^{\alpha}(S_u) + U_{hLV}^{\alpha}(S_t) \leq L_{hLV}^{\alpha} \quad \text{.....(C.1)}$$

或者

$$U_{hLV}^{\alpha}(S_t) \leq L_{hLV}^{\alpha} - U_{hLV}^{\alpha}(S_u) \quad \text{.....(C.2)}$$

由于上级中压系统中实际谐波电压不应超过中压规划水平,在考虑传递系数 T_{hML} 的情况下得出:

$$U_{hLV}(S_u) \leq T_{hML} \cdot L_{hMV} \quad \text{.....(C.3)}$$

因此,可以根据下列公式确定可分配给连接至所考虑低压系统的所有装置的总谐波电压发射:

$$G_{hLV} = \sqrt{L_{hLV}^{\alpha} - (T_{hML} \cdot L_{hMV})^{\alpha}} \quad \text{.....(C.4)}$$

式中:

G_{hLV} ——本地低压装置对低压系统中任一处的 h 次谐波电压的最大总影响(以基波电压百分比表示);

L_{hLV} ——低压系统中 h 次谐波的规划水平;

L_{hMV} ——上级中压系统中 h 次谐波的规划水平;

T_{hML} ——上级中压系统到所考虑低压系统的 h 次谐波电压畸变传递系数;

α ——大型装置的叠加定律指数。

由于使用通用叠加定律,由低压系统供电的所有装置对系统中 h 次谐波电压的影响 $U_{hLV}(S_t)$ 在馈电末端达到最大。这些装置对低压母线处谐波电压的影响 $U_{hB}(S_t)$ 较低。

也确定了本地低压装置对低压母线处谐波电压的允许总影响,作为最大总影响 G_{hLV} 的一部分:

$$G_{hB} = K_{hB} \cdot G_{hLV} \quad \text{.....(C.5)}$$

式中:

G_{hB} ——本地低压装置对低压母线处 h 次谐波电压的允许总影响(以基波电压百分比表示);

G_{hLV} ——本地低压装置对低压系统中任何地方的 h 次谐波电压的最大总影响(以基波电压百分比表示);

K_{hB} —— h 次谐波的衰减系数,当低压系统因小型装置满载时,对应于低压母线处本地低压装置的总影响与其在低压馈线末端处最大总影响的比值。

该衰减系数计算公式如下:

$$K_{hB} = \frac{U_{hB}(S_t)}{\max[U_{hLV}(S_t)]} \quad \text{.....(C.6)}$$

因为假设小型装置的谐波发射不依赖于小型装置与低压系统的连接点所处的位置,所以衰减系数

K_{hB} 不取决于谐波发射水平,只取决于低压系统的结构(馈线的数量和长度,以及用户的分布等)和叠加定律所用的指数 β 。针对某些典型低压系统的 K_{hB} 值见附录D。

C.4 确定单个发射限值的一般条件

大型装置的谐波发射限值的确定必须确保不会超过低压系统的规划水平。由于谐波水平在低压馈电末端很高(由于使用叠加定律),这意味着,对于每个馈线 j 和各谐波次数 h ,由所考虑低压系统供电的所有装置对馈线末端谐波电压的影响 $U_{hFj}(S_i)$ 应小于或等于最大总影响 G_{hLV} 。这对应于下列针对每个谐波次数需满足的一组 n 条件:

$$U_{hFj}(S_i) \leq G_{hLV} \quad \forall j \in [1, n] \quad \text{..... (C.7)}$$

但是,当考虑特殊大型装置连接时,例如,连接至馈线1的用户装置 i (见图C.1),可以看到,该装置只通过低压母线的谐波电压改变了其他馈线上的谐波电压水平。因此,如果低压母线上的谐波电压水平没有超过低压母线水平下的允许总影响 G_{hB} ,那么所有低压装置对其他每根馈线末端的谐波电压的影响 $U_{hFj}(S_i)$ 不会超过最大总影响 G_{hLV} 。所以,集合中条件 n (C.7)可以简单由下列条件所代替:

$$U_{hB}(S_i) \leq K_{hB} \cdot G_{hLV} \quad \text{..... (C.8)}$$

$$U_{hF1}(S_i) \leq G_{hLV} \quad \text{..... (C.9)}$$

注:本附录中,大量公式都是“不等式”。因此,它们被称为“条件”。

C.5 低压母线的条件

C.5.1 低压母线的一般条件

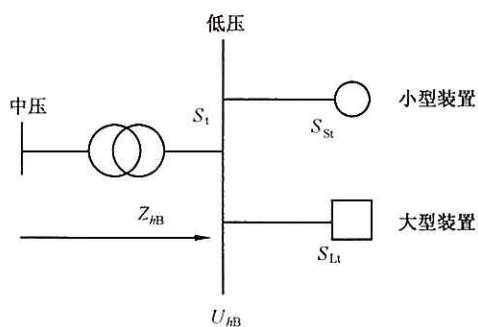


图 C.3 计算低压母线条件用的低压公用供电系统简化方案图

为确定低压母线处的条件,考虑使用如图C.3所示的低压公用供电系统简化方案图。该方案图来自图C.1,图C.1中,所有小型装置集成为一个总视在功率等于 S_{St} 的等效负载,所有大型装置集成为一个总视在功率等于 S_{Lt} 的等效负载。

所有低压装置对低压母线上 h 次谐波电压的影响是小型装置影响和大型装置影响的矢量组合。根据对C.2.3中叠加定律的假设条件,可以得到:

$$U_{hB}^a(S_i) = U_{hB}^a(S_{Lt}) + U_{hB}^a(S_{St}) \quad \text{..... (C.10)}$$

这个总影响 $U_{hB}(S_i)$ 必需满足C.4给出的一般条件(C.8)。所以:

$$U_{hB}^a(S_{Lt}) + U_{hB}^a(S_{St}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV})^a \quad \text{..... (C.11)}$$

C.5.2 小型装置的总影响

根据 C.2.2 所做的第一假设和 C.3 中 G_{hB} 的确定,如果仅小型装置连接至所考虑低压系统,条件 (C.11) 也应满足。因此,在这种情况下,在考虑针对小型装置的叠加定律系数后,可以得到:

$$U_{hB}^{\beta}(S_{St}) = \sum_k U_{hB}^{\beta}(S_k) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} \quad \dots\dots\dots (C.12)$$

或者

$$\sum_k I_h^{\beta}(S_k) \leq \frac{1}{(Z_{hB})^{\beta}} \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} \quad \dots\dots\dots (C.13)$$

式中:

$I_h(S_k)$ ——小型装置 k 产生的 h 次谐波电流。

对于单一的装置 k ,假设:

$$I_h^{\beta}(S_k) \leq \frac{S_k}{S_t} \cdot \frac{1}{(Z_{hB})^{\beta}} \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} \quad \dots\dots\dots (C.14)$$

或者

$$U_{hB}^{\beta}(S_k) \leq \frac{S_k}{S_t} \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} \quad \dots\dots\dots (C.15)$$

根据 C.2.2 中所做第二假设,当所有小型装置具有相同协议视在功率时,先前的条件完全正确。这里假设,当小型装置具有不同的协议容量值时,该条件也正确。

现在如果某些大型装置连接至所考虑低压系统,条件 (C.15) 将造成所有小型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的总影响由下列公式计算:

$$U_{hB}^{\beta}(S_{St}) \leq \frac{S_{St}}{S_t} \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} \quad \dots\dots\dots (C.16)$$

或者

$$U_{hB}(S_{St}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{St}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.17)$$

式中,该条件的右侧部分表示小型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的允许总影响。

由于在 C.2.3 中假设 $\beta \leq \alpha$, 可得到 $1/\alpha \leq 1/\beta$, 所以,最终获得:

$$U_{hB}(S_{St}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{St}}{S_t}} \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{St}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.18)$$

C.5.3 大型装置的允许总影响

根据一般条件 (C.11),所有大型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的总影响应满足下列条件:

$$U_{hB}^{\alpha}(S_{Lt}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\alpha} - U_{hB}^{\alpha}(S_{St}) \quad \dots\dots\dots (C.19)$$

如果小型低压装置的总影响被条件 (C.18) 中给出的更高的数代替,仍可满足条件 (C.11)。因此,针对所有大型低压装置的总影响的一个充分条件是

$$U_{hB}^{\alpha}(S_{Lt}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\alpha} - \frac{S_{St}}{S_t} \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\alpha} \quad \dots\dots\dots (C.20)$$

简化后,最终得到:

$$U_{hB}(S_{Lt}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{Lt}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.21)$$

式中,该条件的右侧部分表示大型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的允许总影响。

C.5.4 与低压母线相关的单个大型装置的发射限值

对于每个大型低压装置,只允许根据条件(C.21)所得的一部分允许总影响。一种合理的方法是将其根据它们的协议容量分配给单个用户。这样的标准与如下事实有关,即,用户的协议容量经常与用户在电力系统中的投资份额联系起来。因此,对于用户装置*i*,可得到:

$$U_{hB}(S_i) \leq (K_{hB} \cdot G_{hL.V}) \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \text{..... (C.22)}$$

这便可以确定所考虑低压母线的如下大型低压装置的谐波电流发射限值。

$$E_{I_{Bh}i} = \frac{1}{Z_{hB}} \cdot \frac{U_N^2}{S_i} \cdot K_{hB} \cdot G_{hL.V} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \text{..... (C.23)}$$

式中:

$E_{I_{Bh}i}$ ——连接至低压系统的装置*i*关于低压母线的*h*次谐波电流发射限值(%:用与其协议视在功率对应的装置电流百分比表示, $S_i/U_N \sqrt{3}$);

Z_{hB} ——低压母线上系统的谐波阻抗的模(Ω);

U_N ——低压系统的额定相间电压(V);

S_i ——装置*i*的协议视在功率(VA);

K_{hB} ——C.3规定的*h*次谐波的衰减系数;

$G_{hL.V}$ ——本地低压装置对低压系统中的*h*次谐波电压的最大总影响(以基波电压百分比表示);

S_t ——所考虑低压系统的总供电容量(VA);

α ——大型装置叠加定律指数。

C.6 大型装置接入低压馈线的条件

C.6.1 低压馈线的通用条件

为计算所考虑的大型装置*i*所连接的低压母线的条件,考虑使用如图C.4所示的低压公用供电系统简化方案图。该方案图来自图C.1,其中:

- 所有与馈线1连接的小型装置集成为一个总视在功率等于 S_{SF1} 的等效负载;
- 所有其他小型装置集成为一个总视在功率等于 $(S_{St} - S_{SF1})$ 的等效负载;
- 所有与馈线1连接的大型装置集成为一个总视在功率等于 S_{LF1} 的等效负载;
- 所有其他大型装置被汇总成另一个具有等于 $(S_{Lt} - S_{LF1})$ 的总视在功率的等效负载。

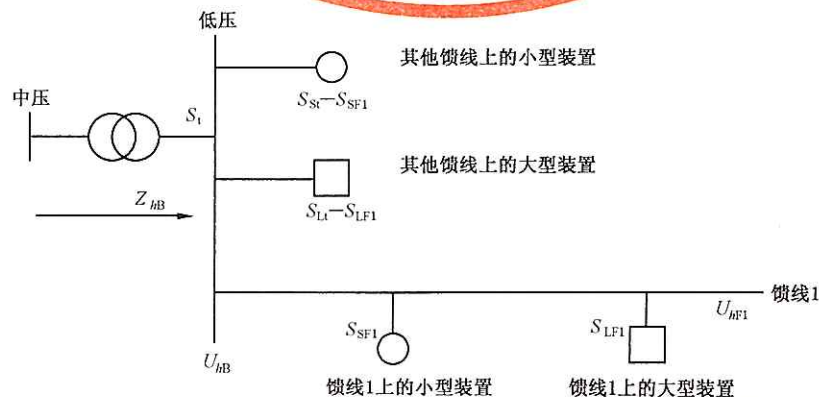


图 C.4 为计算大型装置所连接的低压馈线条件用的低压公用供电系统简化方案图

所有低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的影响,是小型装置影响和大型装置影响的矢量组合。

$$U_{hF1}^a(S_t) = U_{hF1}^a(S_{L1}) + U_{hF1}^a(S_{S1}) \quad \dots\dots\dots (C.24)$$

至于所有大型(小型)低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的影响,它是连接至馈线 1 的大型(小型)装置的影响与所有其他大型(小型)装置对变电站低压母线谐波水平的影响的矢量组合。根据对 C.2.3 中叠加定律的假设条件,可以得到:

$$U_{hF1}^a(S_{L1}) = U_{hB}^a(S_{L1} - S_{LF1}) + U_{hF1}^a(S_{LF1}) \quad \dots\dots\dots (C.25)$$

$$U_{hF1}^a(S_{S1}) = U_{hB}^a(S_{S1} - S_{SF1}) + U_{hF1}^a(S_{SF1}) \quad \dots\dots\dots (C.26)$$

这个总影响 $U_{hF1}^a(S_t)$ 必需满足 C.4 所示的一般条件(C.9)。结合式(C.24)和式(C.25),可以得到:

$$U_{hF1}^a(S_{LF1}) + U_{hB}^a(S_{L1} - S_{LF1}) + U_{hF1}^a(S_{S1}) \leq G_{hLV}^a \quad \dots\dots\dots (C.27)$$

C.6.2 大型装置接入其他馈线的总影响

从条件(C.21)可得知,连接至其他馈线的大型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的总影响可根据下列条件获得:

$$U_{hB}(S_{L1} - S_{LF1}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{L1} - S_{LF1}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.28)$$

C.6.3 小型装置接入其他馈线的总影响

从条件(C.17)可得知,连接至其他馈线的小型低压装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的总影响可根据下列条件获得:

$$U_{hB}(S_{S1} - S_{SF1}) \leq (K_{hB} \cdot G_{hLV}) \cdot \sqrt{\frac{S_{S1} - S_{SF1}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.29)$$

C.6.4 小型装置接入同一馈线的总影响

根据 C.2.2 所做的第一假设,如果只有小型装置连接至所考虑的低压系统,则应满足条件(C.9)。因此,如果在第一步中,假设所有大型装置被具有相同等效功率的小型装置所替代,那么由式(C.26)和式(C.9)可以得出:

$$U_{hB}^a(S_t - S_{F1}) + U_{hF1}^a(S_{F1}) \leq G_{hLV}^a \quad \dots\dots\dots (C.30)$$

或者

$$U_{hF1}^a(S_{F1}) \leq G_{hLV}^a - U_{hB}^a(S_t - S_{F1}) \quad \dots\dots\dots (C.31)$$

现在,考虑到条件(C.29),连接馈线 1 的小型低压装置所允许的总影响可通过下列条件获得:

$$U_{hF1}^a(S_{F1}) \leq G_{hLV}^a - \frac{S_t - S_{F1}}{S_t} (K_{hB} \cdot G_{hLV})^\beta \quad \dots\dots\dots (C.32)$$

或者

$$U_{hF1}^a(S_{F1}) \leq \left[1 - \left(\frac{S_t - S_{F1}}{S_t} \right) K_{hB}^\beta \right] G_{hLV}^\beta \quad \dots\dots\dots (C.33)$$

如果现在将一些大型装置也连接至馈线 1,那么连接至馈线 1 的所有小型低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的总影响可由下列条件获得:

$$U_{hF1}^a(S_{SF1}) \leq \frac{S_{SF1}}{S_{F1}} \left[1 - \left(\frac{S_t - S_{F1}}{S_t} \right) K_{hB}^\beta \right] G_{hLV}^\beta \quad \dots\dots\dots (C.34)$$

C.6.5 所有小型装置接入低压系统的总影响

根据式(C.26)中的定义和两个条件(C.29)和条件(C.34),连接至低压系统的所有小型装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的总影响可由下列条件获得:

$$U_{hF1}^{\beta}(S_{St}) \leq \left(\frac{S_{St} - S_{SF1}}{S_t} \right) (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\beta} + \frac{S_{SF1}}{S_{F1}} \left[1 - \left(\frac{S_t - S_{F1}}{S_t} \right) K_{hB}^{\beta} \right] G_{hLV}^{\beta} \dots\dots (C.35)$$

或者

$$U_{hF1}^{\beta}(S_{St}) \leq G_{hLV}^{\beta} \cdot \left[\frac{S_{SF1}}{S_{F1}} + K_{hB}^{\beta} \cdot \left(\frac{S_{St} - S_{SF1}}{S_t} \right) \right] \dots\dots\dots (C.36)$$

C.6.6 所有大型装置接入所考虑馈线时的允许总影响

根据一般条件(C.27),连接至馈线 1 的所有大型低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的总影响应满足下列条件:

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} - U_{hB}^{\alpha}(S_{Lt} - S_{LF1}) - U_{hF1}^{\alpha}(S_{St}) \dots\dots\dots (C.37)$$

如果连接至低压系统的小型低压装置的总影响和未连接至馈线 1 的所有大型低压装置的总影响,分别被条件(C.36)和条件(C.28)给出的更高数值所代替,仍可满足条件(C.27)。因此,针对连接至馈线 1 的所有大型低压装置,其构成总影响的一个充分条件是:

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} - \left(\frac{S_{Lt} - S_{LF1}}{S_t} \right) \cdot (K_{hB} \cdot G_{hLV})^{\alpha} - G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[\frac{S_{SF1}}{S_{F1}} + K_{hB}^{\beta} \cdot \left(\frac{S_{St} - S_{SF1}}{S_t} \right) \right]^{\frac{\alpha}{\beta}} \dots\dots\dots (C.38)$$

或者

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} \left[1 - K_{hB}^{\alpha} \left(\frac{S_{Lt} - S_{LF1}}{S_t} \right) \right] - G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[\frac{S_{SF1}}{S_{F1}} (1 - K_{hB}^{\beta}) + \frac{S_{St}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta} \right]^{\frac{\alpha}{\beta}} \dots\dots\dots (C.39)$$

为简化推论,现在分别考虑条件(C.39)的最后一项,并暂时规定为 A :

$$A = \frac{S_{SF1}}{S_{F1}} (1 - K_{hB}^{\beta}) + \frac{S_{St}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta}$$

由于 $0 \leq K_{hB} \leq 1$, 所以 $A \geq 0$ 。

项 A 也可以写成:

$$A = \left(\frac{S_{F1} - S_{LF1}}{S_{F1}} \right) \cdot (1 - K_{hB}^{\beta}) + \frac{S_t - S_{Lt}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta} = 1 - \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} \cdot (1 - K_{hB}^{\beta}) - \frac{S_{Lt}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta}$$

由于 $0 \leq K_{hB} \leq 1$, 所以 $A \leq 1$ 。

因此, $0 \leq A \leq 1$, 而且, 由于根据 C.2.3 所做假设, $\alpha/\beta \geq 1$, 最终得到:

$$A^{\frac{\alpha}{\beta}} \leq A$$

如果条件(C.39)最后一项被更高数值所代替,仍可满足条件(C.27)。因此,针对连接至馈线 1 的所有大型低压装置,其构成总影响的一个充分条件是:

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[1 - K_{hB}^{\alpha} \left(\frac{S_{Lt} - S_{LF1}}{S_t} \right) \right] - G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[1 - \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} (1 - K_{hB}^{\beta}) - \frac{S_{Lt}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta} \right] \dots\dots\dots (C.40)$$

或者

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[-K_{hB}^{\alpha} \left(\frac{S_{Lt} - S_{LF1}}{S_t} \right) + \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} \cdot (1 - K_{hB}^{\beta}) + \frac{S_{Lt}}{S_t} \cdot K_{hB}^{\beta} \right] \dots\dots\dots (C.41)$$

或者

$$U_{hF1}^{\alpha}(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^{\alpha} \cdot \left[(K_{hB}^{\beta} - K_{hB}^{\alpha}) \cdot \left(\frac{S_{Lt} - S_{LF1}}{S_t} \right) + \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} - K_{hB}^{\beta} \cdot \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} + K_{hB}^{\beta} \cdot \frac{S_{LF1}}{S_t} \right] \dots\dots\dots (C.42)$$

或者

$$U_{hF1}^a(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^a \cdot \left[\frac{S_{LF1}}{S_{F1}} - K_{hB}^\beta \cdot \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} \left(1 - \frac{S_{F1}}{S_t} \right) + (K_{hB}^\beta - K_{hB}^a) \cdot \left(\frac{S_{L1} - S_{LF1}}{S_t} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (C.43)$$

由于 $0 \leq K_{hB} \leq 1$ 和 $1 \leq \beta \leq \alpha$, 可以获得:

$$K_{hB}^\beta \leq 1 \quad \text{以及} \quad K_{hB}^\beta - K_{hB}^a \geq 0$$

所以, 满足一般条件(C.27)的一个先决条件可以通过下列条件获得:

$$U_{hF1}^a(S_{LF1}) \leq G_{hLV}^a \cdot \left[\frac{S_{LF1}}{S_{F1}} - \frac{S_{LF1}}{S_{F1}} \cdot \left(1 - \frac{S_{F1}}{S_t} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (C.44)$$

因此, 连接至馈线 1 的所有大型低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的允许总影响可由下列条件获得:

$$U_{hF1}(S_{LF1}) \leq G_{hLV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_{LF1}}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.45)$$

C.6.7 接入低压馈线的单个大型装置的发射限值

对于每个连接到馈线 i 的大型低压装置, 根据条件(C.45)得到的允许总影响中, 只有一部分是被允许的。如 C.5.4 所述, 一种合理的方法是将其根据它们的协议容量分配给单个用户。因此, 对于用户装置 i , 可得到:

$$U_{hF1}(S_i) \leq G_{hLV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.46)$$

这便可以确定所考虑低压馈线的如下大型低压装置谐波电流发射限值。

$$E_{IFhi} = \frac{1}{Z_{hi}} \cdot \frac{U_N^2}{S_i} \cdot G_{hLV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \quad \dots\dots\dots (C.47)$$

式中:

E_{IFhi} ——连接至低压系统的装置 i 的所考虑低压馈线的 h 次谐波电流发射限值(%: 用与其协议视

在功率对应的装置电流百分比表示, $S_i/U_N \sqrt{3}$);

Z_{hi} ——用户装置 i 评估点上系统的谐波阻抗的模(Ω);

U_N ——低压系统的额定相间电压(V);

S_i ——装置 i 的协议视在功率(VA);

G_{hLV} ——本地低压装置对低压系统中的 h 次谐波电压的最大总影响(以基波电压百分比表示);

S_t ——所考虑低压系统的总供电容量(VA);

α ——大型装置叠加定律指数。

C.7 接入低压系统的单个大型装置的发射限值

为了满足一般条件(C.8)和条件(C.9), 可以看出, 针对大型低压装置, 一个先决条件是需满足两个条件(C.22)和条件(C.46)。因此, 这样可以确定连接至低压的大型装置的如下谐波电流发射限值。

$$E_{Ihi} = \min(E_{IBhi}; E_{IFhi}) \quad \dots\dots\dots (C.48)$$

也就是说最后获得:

$$E_{Ihi} = \frac{U_N^2}{S_i} \cdot G_{hLV} \cdot \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_t}} \cdot \min\left(\frac{K_{hB}}{Z_{hB}}; \frac{1}{Z_{hi}}\right) \quad \dots\dots\dots (C.49)$$

C.8 所用方法的论证

可以注意到,在低压状态下所用的方法不能用于中压状态。在 IEC/TR 61000-3-6 中,由于单个装置的谐波发射限值是以谐波电压来规定的,而不考虑装置在中压系统中的位置。所以,与连接至中压馈线远端的装置相比,连接在中压母线附近的装置允许具有更高的谐波电流限值。如果中压/低压变压器因住宅用户满载,且仅一个大型装置非常靠近低压母线,那么针对该大型装置,在低压状态下使用中压状态时所用的相同方法则会导致获得的谐波电流限值高于由式(9)所获的限值,实际中忽略衰减系数 K_{dB} 。那样的话,低压母线上的谐波电压水平将增加,并且也不再可能确保在低压馈线远端不会超过规划水平。

附录 D

(资料性附录)

计算谐波和不平衡的衰减系数

D.1 概述

根据 C.3, h 次谐波的衰减系数 K_{hB} 规定如下

$$K_{hB} = \frac{U_{hB}(S_i)}{\max[U_{hLV}(S_i)]} \quad \text{.....(D.1)}$$

当低压系统由小装置满载时, 式中:

$U_{hB}(S_i)$ ——由连接至所考虑的低压系统的所有低压装置造成的对变电站低压母线上 h 次谐波电压的总影响;

$\max[U_{hLV}(S_i)]$ ——由连接至该低压系统的所有低压装置造成的对所考虑低压系统任何点的 h 次谐波电压的总影响的最大值。

同样, 不平衡的衰减系数 K_{uB} 定义如下:

$$K_{uB} = \frac{U_{2B}(S_i)}{\max[U_{2LV}(S_i)]} \quad \text{.....(D.2)}$$

当低压系统由小装置满载时, 式中:

$U_{2B}(S_i)$ ——由连接至所考虑的低压系统的所有低压装置造成的对变电站低压母线上电压不平衡的总影响;

$\max[U_{2LV}(S_i)]$ ——由连接至该低压系统的所有低压装置造成的对所考虑低压系统任何点的电压不平衡的总影响的最大值。

本附录中, 衰减系数首先考虑谐波扰动的情况, 然后将所获结果延伸至不平衡情况。根据下列顺序进行衰减系数的计算:

- 计算谐波衰减系数的一般方法;
- 一般情况下谐波衰减系数的计算;
- 特定情况下谐波衰减系数的评估和推荐数值;
- 特定情况下不平衡衰减系数的评估和推荐数值。

D.2 计算谐波衰减系数的通用方法

D.2.1 低压公用供电系统的一般结构和假设条件

本附录中, 考虑的是一个低压公用供电系统的一般方案, 如图 D.1 所示。一台中压/低压变压器通过一根低压母线向 n 条馈线供电。变压器假设为满载状态。每根馈线具有一个带分支的树状结构, 不同于其他馈线。假设用户装置并未沿着馈线均等分布。

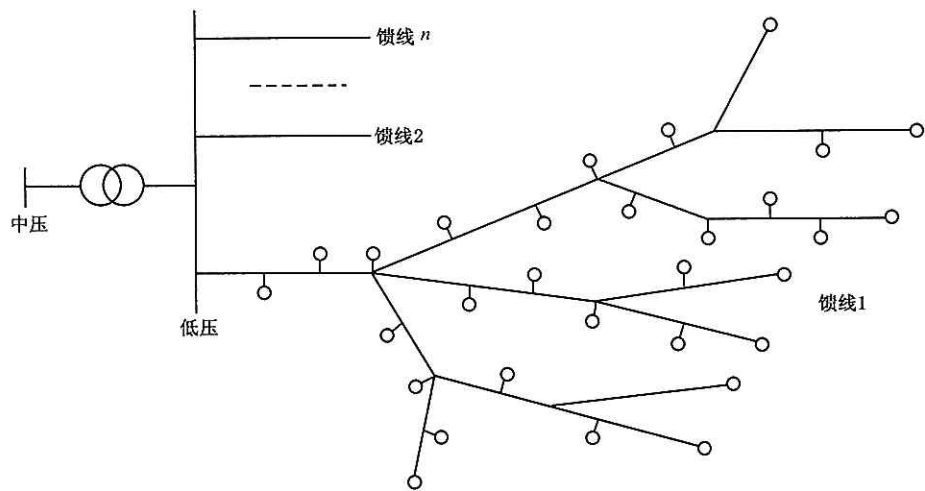


图 D.1 低压公用供电系统的一般方案图

本附录中,做出下列假设条件:

- 与所考虑的低压系统连接的为无需应用本部分中所规定的发射限值的小型装置(见 D.1 中的衰减系数的定义)。
- 任何小型装置发射的谐波电流和其与低压系统的连接点无关(见 C.2.2)。它们只取决于所考虑装置的协议视在功率。
- 针对小型装置的叠加定律指数等于 β (见 C.2.3)。

根据上述最后两个假设条件,可以得知,装置 i 所产生的 h 次谐波电流可通过如下公式获得:

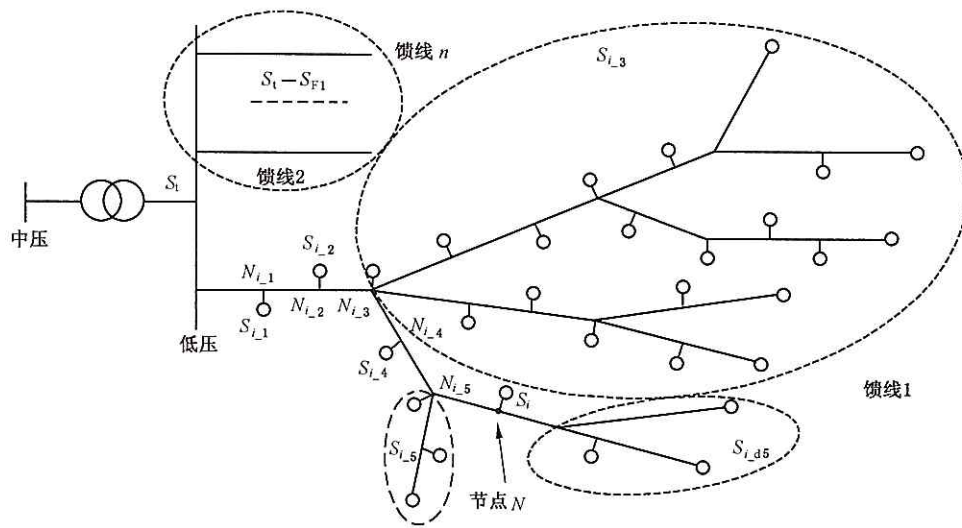
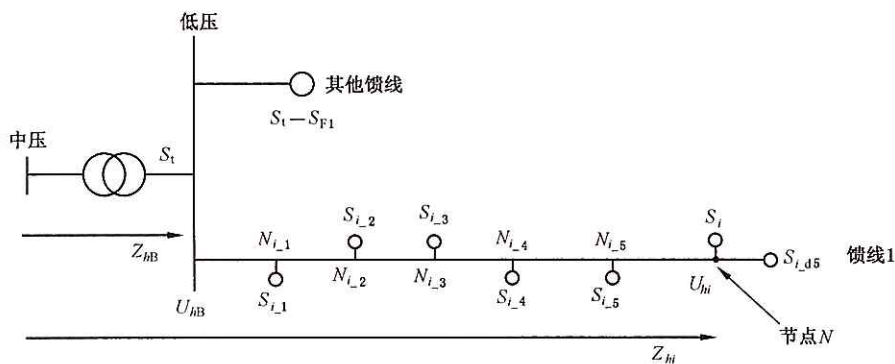
$$I_{hi} = A_h \times \sqrt[\beta]{S_i} \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

- h ——谐波次数;
- I_{hi} ——装置 i 的谐波电流发射水平;
- S_i ——装置 i 的协议视在功率;
- β ——针对小型装置的叠加定律指数;
- A_h ——分配常数。在计算衰减系数 K_{hB} 的时候并不需要确定这个常数的值,该常数由随后的计算得到。

D.2.2 计算低压公用供电系统中所有低压装置对给定节点谐波电压总影响的简化方法

本段的目的是获得一个简化的等效方案,以便计算所考虑的低压系统任何节点上的谐波电压水平。为此,考虑馈线 1 上的一个特殊节点 N_i (应位于低压系统的任何位置),如图 D.2 所示。从变电站低压母线到节点 N_i 之间,有几个中间节点 N_{i-1} 、 N_{i-2} 、 $\dots$ 和 N_{i-s} 。每个节点可以向单个小型装置供电(如图 D.2 中的 N_{i-1} 、 N_{i-2} 和 N_{i-4}),也可以向一组小型装置供电(如图 D.2 中的 N_{i-3} 和 N_{i-5})。

图 D.2 低压公用供电系统中 N_i 节点谐波电压一般计算方案的简化——步骤 1图 D.3 低压公用供电系统中 N_i 节点谐波电压一般计算方案的简化——步骤 2

一种低压公用供电系统中节点 N_i 的谐波电压简化等效方案可由图 D.2 推导出,如图 D.3 所示,其中:

- N_i 表示进行谐波电压计算的节点;
- $N_{i,k}$ 表示变电站低压母线和节点 N_i 之间的 k 次中间节点;
- s 表示变电站低压母线和节点 N_i 之间的中间节点的数量;
- S_L 表示所考虑低压系统的总供电容量;
- S_{F1} 表示连接至馈线 1 的所有装置的视在功率;
- S_i 表示直接连接在节点 N_i 上的用户装置 i 的协议视在功率;
- $S_{i,ds}$ 表示来自节点 N_i 的所有下游装置的视在功率;
- $S_{i,k}$ 表示由节点 $N_{i,k}$ 供电的所有装置的视在功率;
- Z_{hi} 表示低压母线上系统的谐波阻抗的模;

- Z_{hi} 表示节点 N_i 上系统的谐波阻抗的模；
- Z_{hi-k} 表示中间节点 N_{i-k} 上 h 次谐波阻抗的模；
- U_{hi} 表示节点 N_i 上 h 次谐波电压；
- $U_{hB}(S_{xx})$ 表示与视在功率 S_{xx} 对应的所有装置对变电站低压母线上 h 次谐波电压的影响；
- $U_{hi}(S_{xx})$ 表示与视在功率 S_{xx} 对应的所有装置对节点 N_i 上 h 次谐波电压的影响。

D.2.3 给定节点上所有低压装置的总影响

所有低压装置对特定节点 N_i 上 h 次谐波电压的总影响是图 D.3 中所示每组装置影响的矢量组合。执行通用叠加定律,可得到:

$$U_{hi}^{\beta}(S_i) = U_{hi}^{\beta}(S_i - S_{Fi}) + \sum_{k=1}^S U_{hi}^{\beta}(S_{i-k}) + U_{hi}^{\beta}(S_i) + U_{hi}^{\beta}(S_{i-ds}) \dots \dots \dots (D.4)$$

一组装置对节点 N_i 上 h 次谐波电压的影响是其所发射的 h 次谐波电流与从该组装置和节点 N_i 上看进去的系统共模谐波系统阻抗的乘积。因此,考虑式(D.3)中所做一般假设条件,由节点 N_{i-k} 供电的所有装置的影响可由下列公式得出:

$$U_{hi}(S_{i-k}) = A_h \cdot Z_{hi-k} \cdot \sqrt{S_{i-k}} \dots \dots \dots (D.5)$$

所以,所有低压装置对节点 N_i 上 h 次谐波电压的总影响为:

$$U_{hi}^{\beta}(S_i) = A_h^{\beta} \cdot \left[(S_i - S_{Fi}) \cdot Z_{hiB}^{\beta} + \sum_{k=1}^S (S_{i-k} \cdot Z_{hi-k}^{\beta}) + S_i \cdot Z_{hi}^{\beta} + S_{i-ds} \cdot Z_{hi}^{\beta} \right] \dots \dots \dots (D.6)$$

D.2.4 变电站低压母线上所有低压装置的总影响

作为前段的一个给定情况,所有低压装置对变电站低压母线 h 次谐波电压的总影响可由下式获得:

$$U_{hB}^{\beta}(S_i) = A_h^{\beta} \cdot S_i \cdot Z_{hB}^{\beta} \dots \dots \dots (D.7)$$

D.2.5 谐波衰减系数的计算

然后,所考虑系统的 h 次谐波衰减系数由下式得到:

$$K_{hB} = \frac{U_{hB}(S_i)}{\max_i [U_{hi}(S_i)]} \dots \dots \dots (D.8)$$

式中:

$U_{hB}(S_i)$ ——由式(D.7)得出;

$\max[U_{hi}(S_i)]$ ——式(D.6)给出的最大值,该式是关于节点 N_i 的函数。

D.3 一般情况下谐波衰减系数的计算

D.3.1 概述

因为使用通用叠加定律,可以得到某一条低压馈线远端的 h 次谐波电压的最大值 $\max[U_{hi}(S_i)]$ 。本段中,根据所有低压装置对每条低压馈线远端 h 次谐波电压的总影响直接计算衰减系数 K_{hB} 。

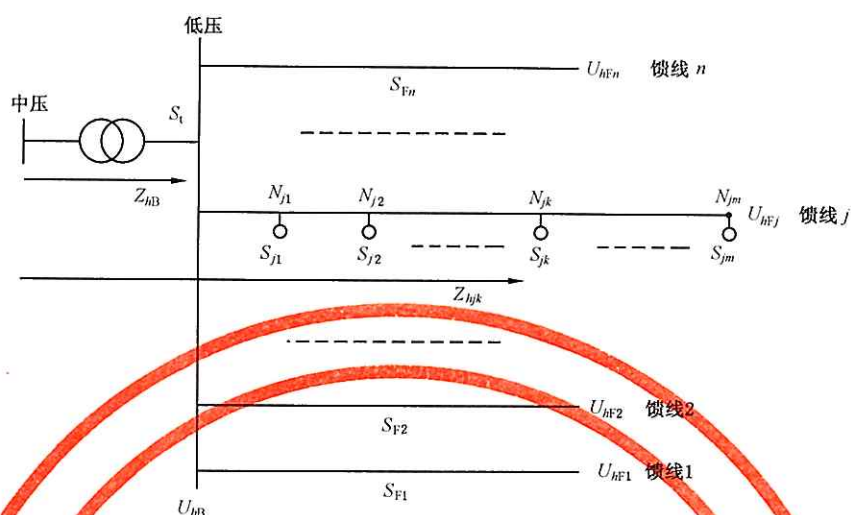


图 D.4 低压公用供电系统中低压馈线远端谐波电压计算简化方案

为了计算谐波衰减系数,考虑使用图 D.4 中的简化方案图。根据图 D.2 和图 D.3 推导而来的这个方案允许计算所有低压装置对馈线 j 远端谐波电压的影响。从变电站低压母线到馈线 j 远端之间,有 m 个节点(m 取决于所考虑的馈线), $N_{j1}, N_{j2}, \dots, N_{jk}, \dots, N_{jm}$ 。 N_{jm} 为馈线远端的节点。每个节点都向具有总协议视在功率 S_{jk} 的一组小型装置供电。

D.3.3 低压馈线远端所有低压装置的总影响

根据式(D.6),所有低压装置对馈线*j*远端上的*h*次谐波电压的总影响由下式得到:

$$U_{hfj}^{\beta}(S_i) = A_h^{\beta} \cdot [(S_i - S_{Fj}) \cdot Z_{hB}^{\beta} + \sum_{k=1}^m S_{jk} \cdot Z_{hk}^{\beta}] \dots\dots\dots (D.9)$$

式中:

$U_{hFj}(S_i)$ ——所有低压装置对馈线 j 远端上的 h 次谐波电压的影响;

h ——谐波次数；

m —— 低压母线和馈线 j 远端之间的节点的数量, 取决于所考虑的馈线 (不包括低压母线, 包括馈线端);

S_1 ——所考虑低压系统的总供电容量;

S_{Fi} ——连接至馈线 j 的所有装置的视在功率;

S_{ik} ——由节点 N_{ik} 供电的所有装置的视在功率;

Z_{hB} —— 低压母线系统谐波阻抗的模;

Z_{hik} ——节点 N_{ik} 上 h 次谐波阻抗的模;

A_h ——式(D.3)确定的分配常数;

β ——针对小型装置的叠加定律指数。

D.3.4 谐波衰减系数

由于连接至所考虑的低压系统的所有装置造成的谐波电压在低压馈线远端达到最大,根据式(D.8)、式(D.7)和式(D.9)可知, h 次谐波的衰减系数 K_{hB} 可由下式得到:

$$K_{hB} = \frac{Z_{hB} \cdot \sqrt[\beta]{S_t}}{\max_j \left[\sqrt[\beta]{(S_t - S_{Fj}) \cdot Z_{hB}^\beta + \sum_{k=1}^m S_{jk} \cdot Z_{hjk}^\beta} \right]} \quad \text{.....(D.10)}$$

或最终形式：

$$K_{hB} = \frac{1}{\max_j \left[\sqrt[\beta]{1 - \frac{S_{Fj}}{S_t} + \sum_{k=1}^m \frac{S_{jk}}{S_t} \cdot \left(\frac{Z_{hjk}}{Z_{hB}} \right)^\beta} \right]} \quad \text{.....(D.11)}$$

D.4 特定情况下谐波衰减系数的评估和建议值

D.4.1 在简化低压系统中通用方法的应用

在本章中,将 D.3 所描述的计算谐波衰减系数的一般方法应用于低压系统的两种特定情况:农村架空线系统和城市地下系统。然后给出这两种情况下衰减系数的典型值。

此处所考虑特定情况下的低压系统被简化成具有下列特性的系统:

- 变电站低压母线向 n 根相同低压馈线供电;
- 每根低压馈线在线路全长上具有相同的横截面,无支线;
- 用户装置沿馈线均匀分布。

还假设低压系统与其相连的负载均处于平衡状态。在这种情况下,非 3 的倍数次谐波分量具有正序或负序分量的特性,并且,节点 N_{jk} 上 h 次谐波复数阻抗如下式所示:

$$\underline{Z}_{hjk} = \underline{Z}_{Lhjk} \quad \text{.....(D.12)}$$

然而,3 的倍数次谐波分量具有零序分量的特性,而节点 N_{hjk} 上的复数谐波阻抗如下:

$$\underline{Z}_{hjk} = \underline{Z}_{Lhjk} + 3 \cdot \underline{Z}_{Nhjk} \quad \text{.....(D.13)}$$

式中:

- $\underline{Z}_{hjk}$ ——节点 N_{jk} 上 h 次谐波复数阻抗;
- $\underline{Z}_{Lhjk}$ ——节点 N_{jk} 上相线的 h 次谐波复数阻抗;
- $\underline{Z}_{Nhjk}$ ——节点 N_{jk} 上中性线的 h 次谐波复数阻抗。

如 C.2.3 所述,假设小型装置值的叠加定律指数值 β 低于表 3 中针对大型装置所考虑的 α 值。下列情况中用于谐波次数 3~13 的 β 值见表 D.1。

表 D.1 小型装置用叠加定律指数值

谐波次数 h	3	5	7	9	11	13
β	1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4

D.4.2 农村架空低压系统的情况

本条所考虑的低压系统具有如下特性:

- $S_t = 100$ kVA(低压系统的总供电容量);
- $X_B = 4\%$ (中压/低压变压器在基波频率下的电抗;忽略中压上级阻抗);
- $n = 2$ (低压馈线的数量);
- $l_F = 300$ m(低压馈线的长度);
- $\underline{Z}_{LF} = 0.96 + j0.35$ Ω/km (低压馈线相线的基波频率阻抗);
- $\underline{Z}_{NF} = 0.96 + j0.35$ Ω/km (低压馈线中性线的基波频率阻抗);

—— $U_N=400\text{ V}$ (低压系统的标称电压)。

针对该特殊情况,利用 D.3 所述一般方法获得的 3~13 次谐波衰减系数值如表 D.2 所示。

表 D.2 特殊农村架空低压系统用衰减系数值

谐波次数 h	3	5	7	9	11	13
衰减系数 K_{hB}	0.30	0.65	0.66	0.32	0.66	0.66

D.4.3 城市地下低压系统的情况

本条所考虑的低压系统具有如下特性:

- $S_t=630\text{ kVA}$ (低压系统的总供电容量);
- $X_B=4\%$ (中压/低压变压器基波频率电抗;忽略中压上游阻抗);
- $n=5$ (低压馈线的数量);
- $l_F=250\text{ m}$ (低压馈线的长度);
- $Z_{LF}=0.32+j0.08\text{ }\Omega/\text{km}$ (低压馈线相线的基波频率阻抗);
- $Z_{NF}=0.64+j0.08\text{ }\Omega/\text{km}$ (低压馈线中性线的基波频率阻抗);
- $U_N=400\text{ V}$ (低压系统的标称电压)。

针对该特殊情况利用 D.3 所述一般方法获得的 3~13 次谐波衰减系数值如表 D.3 所示。

表 D.3 特殊城市地下低压系统用衰减系数值

谐波次数 h	3	5	7	9	11	13
衰减系数 K_{hB}	0.35	0.81	0.81	0.47	0.81	0.81

D.4.4 低压系统谐波衰减系数典型值示例

谐波衰减系数值很大程度上取决于低压系统的总供电容量、低压馈线的长度及其数量。系统运营商或业主可以利用本附录所述一般方法,根据其运营的低压系统的实际特性来计算这些数值。当缺乏足够的可靠数据评估谐波衰减系数时,可以使用表 D.4 所列此类典型数值。这些基于模拟结果的数值将导致界定的谐波限值相对保守。因此,表 D.4 所列数值一般适用于低压系统,但是在一些罕见的情况下(非常长的或加载低压馈线),应为谐波衰减系数选择较低的数值。

表 D.4 谐波衰减系数 K_{hB} 的典型数值示例

	3 的倍数次谐波 ($h=3n$)	非 3 的倍数次谐波 ($h\neq 3n$)
架空低压系统	0.20	0.50
地下低压系统	0.20	0.65

D.5 特定情况下不平衡衰减系数的评估和建议值

D.5.1 不平衡衰减系数评估方法应用

对于不平衡的评估,同样可以使用 D.2.1 中为评估谐波所作出的假设条件。相似的叠加定律可用

于不平衡情况,并且,类似谐波,因小型装置产生的电流不平衡只取决于它的协议容量,而与其和低压系统的连接点无关。因此,对于不平衡衰减系数评估,可以使用针对谐波所制定的相同方法。唯一的变化是用负序阻抗代替谐波阻抗,并将叠加定律指数用于不平衡情况。这里假设:

- 低压系统的负序阻抗和正序阻抗大体相等；
- 小型装置的叠加定律指数 β 等于 7.4 中定义的叠加定律指数 α 。

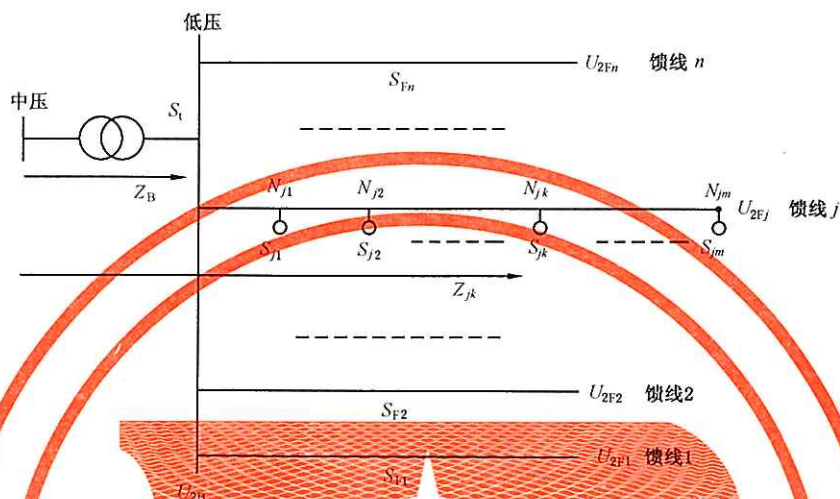


图 D.5 低压公用供电系统低压馈线远端电压不平衡水平计算简化方案

使用图 D.5 所示的简化方案计算不平衡衰减系数。与针对谐波的式(D.9)相似,所有低压装置对馈线 j 远端电压不平衡的总影响如下:

$$U_{2Fj}^a(S_i) = A_n^a \cdot \left[(S_i - S_{Fj}) \cdot Z_B^a + \sum_{k=1}^m S_{jk} \cdot Z_{jk}^a \right] \dots\dots\dots (D.14)$$

式中:

$U_{2F_i}(S_i)$ ——所有低压装置对馈线 i 远端电压不平衡的影响;

m —— 低压母线和馈线 j 远端之间的节点的数量, 取决于所考虑馈线 (不包括低压母线, 包括馈线端);

S_1 ——所考虑低压系统的总供电容量;

S_{Fj} ——连接至馈线 j 的所有装置的视在功率;

S_{jk} ——由节点 N_{jk} 供电的所有装置的视在功率;

Z_B —— 低压母线系统阻抗的模(基波频率);

Z_{jk} ——节点 N_{jk} 上的系统阻抗的模(基波频率);

A_u ——针对不平衡的分配常数;

α ——不平衡的叠加定律指数。

所有低压装置对变电站低压母线上电压不平衡的总影响如下:

$$U_{2B}^a(S_t) = A_u^a \cdot S_t \cdot Z_B^a \dots\dots\dots (D.15)$$

所以不平衡衰减系数 K_{UB} 如下式所示:

$$K_{uB} = \frac{1}{\max_j \sqrt[{\alpha}]{1 - \frac{S_{Fj}}{S_t} + \sum_{k=1}^m \frac{S_{jk}}{S_t} \cdot \left(\frac{Z_{jk}}{Z_R}\right)^{\alpha}}} \dots\dots\dots (D.16)$$

下文中,以上方法被应用到与前面计算谐波衰减系数时相同的两种特定情况:农村架空线系统和城

市地下系统。然后再给出这两种情况下不平衡衰减系数的典型值。

D.5.2 农村架空低压系统

所考虑的低压系统具有下列特性：

- $S_t = 100 \text{ kVA}$ (低压系统的总供电容量)；
- $X_B = 4\%$ (中压/低压变压器电抗)；
- $n = 2$ (低压馈线的数量)；
- $l_F = 300 \text{ m}$ (低压馈线的长度)；
- $Z_{LF} = 0.96 + j0.35 \text{ } \Omega/\text{km}$ (低压馈线阻抗)；
- $U_N = 400 \text{ V}$ (低压系统的标称电压)。

针对该特殊情况获得的不平衡衰减系数的值为：

$$K_{uB} = 0.45$$

D.5.3 城市地下低压系统

所考虑的低压系统具有下列特性：

- $S_t = 630 \text{ kVA}$ (低压系统的总供电容量)；
- $X_B = 4\%$ (中压/低压变压器电抗)；
- $n = 5$ (低压馈线的数量)；
- $l_F = 250 \text{ m}$ (低压馈线的长度)；
- $Z_{LF} = 0.32 + j0.08 \text{ } \Omega/\text{km}$ (低压馈线阻抗)；
- $U_N = 400 \text{ V}$ (低压系统的标称电压)。

针对该特殊情况获得的不平衡衰减系数的值为：

$$K_{uB} = 0.52$$

D.5.4 低压系统不平衡衰减系数典型值

不平衡衰减系数值很大程度上取决于低压系统的总供电容量、低压馈线的长度、横截面及其数量。系统运营商或业主可以利用本附录所述一般方法，根据其运营的低压系统的实际特性来计算这些数值。在缺乏足够的可靠数据评估不平衡衰减系数时，可以使用以下典型数值。

$$K_{uB} = 0.25$$

该数值将导致界定的不平衡限值相对保守。因此，该数值一般适用于低压系统，但是在一些罕见的情况下（非常长的或加载低压馈线），应为不平衡衰减系数选择较低的数值。

附录 E (资料性附录)

第 3 阶段谐波发射限值分配方法的算例

E.1 概述

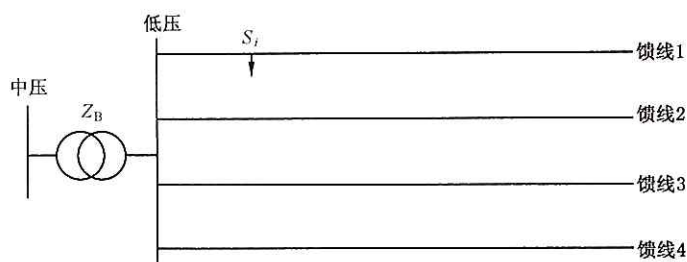


图 E.1 研究用低压系统

以图 E.1 所示的四馈线放射型低压系统为例对该理论进行讨论,当然系统馈线也可简单扩展到其他任意数目。所研究的装置(其谐波分配待定)是一个大型装置,其协议容量为 S_i ,其位置由推荐连接点到中压母线之间的谐波阻抗 Z_{hi} 决定。

该方法应用的步骤如下:

- 估算来自所有谐波源(协议容量为 S_i 的大型装置 i 和待连接的其他大型装置除外)的谐波电压(见 E.2)。
- 确定所有大型装置可用的谐波电压(见 E.3)。
- 确定能够应用于连接至本低压系统的所有大型装置的谐波分配系数(见 E.4)。
- 使用谐波分配系数确定分配到所研究的装置 i 的谐波(见 E.5)。

在有些步骤中,涉及不能正常获得数据时,需要进行假设。随着时间的推移,如果有更好的数据,也能够对本方法进行调整,E.5 对此进行了讨论。

E.2 估算所有谐波源(待连接的大型装置除外)的谐波电压

谐波源之一是与变压器初级线圈相连接的中压系统。通常假设中压系统的谐波电压达到了规划水平,并且其谐波水平变换到低压系统时不发生改变。中压规划水平由符号 L_{hMV} 表示。

其他谐波源是低压系统中的现有装置。其谐波发射将由包含的设备类型、设备遵守的谐波发射标准和使用方式决定。没有精确的方法可以预测谐波发射。谐波发射估算值可以通过以下方式得到:

- 测量,
- 模拟,
- 根据已安装功率和总容量的比例,对可用谐波电压的比例的分配。

还需要估算尚未连接到系统的小型低压装置的影响,这需要应用工程设计判断。可以通过缩放现有装置的影响比例来确定,如上段所描述的那样,与两种形式负载的相关功率成比例。

例如,设现有和未来会连接到馈线 1 的小型装置在 h 次谐波处产生的影响为 $U_{hF1}(S_{Si})$ 。

E.3 计算所有大型装置的总谐波电压允许值

还假设在低压系统中 h 次谐波电压的规划水平为 L_{hLV} 。使用叠加定律,所有连接到低压系统的大型装置在馈线 1 上产生的总谐波电压可以按如下方式确定:

$$G_{hF1}(S_{L1}) = \sqrt[\alpha]{L_{hLV}^{\alpha} - L_{hMV}^{\alpha} - U_{hF1}^{\alpha}(S_{S1})} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

$G_{hF1}(S_{L1})$ ——所有大型低压装置对在馈线 1 末端的 h 次谐波电压限值总影响;

L_{hLV} ——低压系统中 h 次谐波的规划水平;

L_{hMV} ——上游中压系统中 h 次谐波的规划水平;

$U_{hF1}(S_{S1})$ ——所有小型低压装置对馈线 1 末端 h 次谐波电压的影响;

α ——大型装置的叠加定律指数。

其他各馈线可以得到相似的值。

E.4 计算大型装置的谐波分配常数

E.4.1 分配原则

谐波分配应考虑装置规格。规格相同的装置可以分配相同的:

- a) 谐波电压;
- b) 谐波电流;
- c) 谐波功率。

这 3 条分配原则在其他文件中(原始文件在 IEC/TR 61000-3-6:1996 的附件 D 和附件 E 中)已提出并进行了比较,表明当低压馈线阻抗非常大时 a) 和 b) 是不适用的,而 c) 则可以得到较好的平衡,这里应用 c) 作为分配原则。但 c) 在应用上具有一定的困难,因为在分配计算之前,需要得到所有大型装置的协议容量和位置数据。尽管对于大型装置可能预先有所了解,但在对装置 i 的评估过程中,通常有些未知的因素存在。在下面条款中将重点说明找到这些缺失数据的估算方法。

E.4.2 大型装置幅值和位置的估算

大型装置负载由特定研究负载和将要连接的其他大型装置构成。可以考虑为由如图 E.2 所示的 3 种组件构成。

- a) 所研究的装置 i : 协议容量为 S_i , 位置已知, 需进行谐波分配。
- b) 已知的大型装置: 在某些情况下, 可能有些大型装置尚未接入, 其协议容量和位置已知。它们在图 E.2 中表示为馈线 1~4 上协议容量 $S_{kLF1} - S_{kLF4}$ 的负载, 位置由等效谐波阻抗表示。如果每根馈线具有一个以上的所述负载, 那么可以分别表示。除此之外, 如果想减少计算量, 可以将其综合成每根馈线只有一个负载的情况, 其位置用平均位置代表。这里采用后一种方法。
- c) 未知的大型装置: 未来大型装置负载的其余部分(符号是 S_{uLi}) 具有一个总值, 该值可根据未使用的供电容量(预期将要使用的最终容量)进行估算。它们在图 E.2 中表示为馈线 1~4 上协议容量 $S_{uLF1} - S_{uLF4}$ 的负载, 位置由等效谐波阻抗表示。

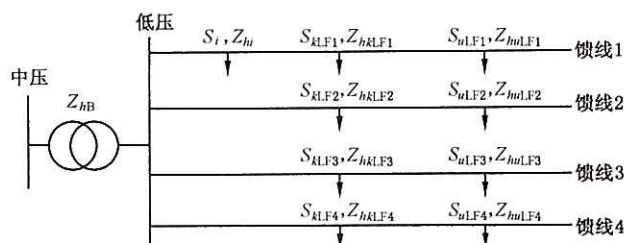


图 E.2 大型装置组件

上述 c) 中讨论的未知大型装置组件中各部件的幅值和位置需要进行合理估算,以便能按 E.4.3 所述基于谐波功率确定分配。这种估算的方法之一如下:

- a) 确定大型装置总负载 $S_{L,t}$

$$S_{L,t} = S_i + (S_{kLF1} + S_{kLF2} + S_{kLF3} + S_{kLF4}) + S_{uL,t} \quad \text{..... (E.2)}$$

- b) 确定大型装置每馈线平均负载 $S_{L,av}$:

$$S_{L,av} = \frac{S_{L,t}}{n} \quad \text{..... (E.3)}$$

- c) 确定已知负载(包括 $S_i, S_{kLF1} \sim S_{kLF4}$)小于 $S_{L,av}$ 的馈线数量。假设它为 $n_{less_than_av}$ 。然后,通过给每根馈线一个增量 ΔS_{uL} 将 $S_{uL,t}$ 均匀分配给这些馈线:

$$\Delta S_{uL} = \frac{S_{uL,t}}{n_{less_than_av}} \quad \text{..... (E.4)}$$

这样,采用这种方法后, $S_{uLF1} \sim S_{uLF4}$ 中的一些会变为零,而其他则具有相等的 ΔS_{uL} 。已进行了几次相关研究,表明如果假设位置为电源馈线长度的 30%,则误差将被降至最低。

E.4.3 计算低压装置的 A_h

对于协议容量为 S_i 的大型装置,使用符号 Z_{hi} 表示评估点阻抗的模。它是由变压器和馈线(包括电阻项)的谐波阻抗构成的。使用 Z_{hB} 表示变压器的谐波阻抗的模。如果分配电流发射 E_{hi} 满足以下条件,那么在谐波功率的基础上可以进行分配:

$$E_{hi} = \frac{A_h \cdot \sqrt[n]{S_i}}{\sqrt{Z_{hi}}} \quad \text{..... (E.5)}$$

应确定分配常数 A_h ,以避免超过每根馈线的可用谐波电压。计算一根馈线的谐波电压时,必须考虑直接连接的装置和连接在相邻馈线的装置。

协议容量为 S_k 的大型装置的分配电流在评估点处产生的电压如下:

$$U_{hk}(S_k) = Z_{hk} \cdot E_{hk} = A_h \cdot \sqrt[n]{S_k} \cdot \sqrt{Z_{hk}} \quad \text{..... (E.6)}$$

对协议容量为 S_k 的大型装置而言,其分配电流在供电变压器终端产生的电压为:

$$U_{hB}(S_k) = Z_{hB} \cdot E_{hk} = \frac{A_h \cdot Z_{hB} \cdot \sqrt[n]{S_k}}{\sqrt{Z_{hk}}} \quad \text{..... (E.7)}$$

对于馈线 1,使用叠加定律:

$$\left\{ (A_h \cdot \sqrt[n]{S_i} \cdot \sqrt{Z_{hi}})^a + (A_h \cdot \sqrt[n]{S_{kLF1}} \cdot \sqrt{Z_{hkLF1}})^a + (A_h \cdot \sqrt[n]{S_{uLF1}} \cdot \sqrt{Z_{huLF1}})^a \right\} + \left\{ \sum_{j=2}^4 \left[\frac{A_h \cdot Z_{hB} \cdot \sqrt[n]{S_{kLFj}}}{\sqrt{Z_{hkLFj}}} \right]^a + \sum_{j=2}^4 \left[\frac{A_h \cdot Z_{hB} \cdot \sqrt[n]{S_{uLFj}}}{\sqrt{Z_{huLFj}}} \right]^a \right\} \leq G_{hF1}^a(S_{L,t}) \quad \text{..... (E.8)}$$

前面 3 项(第一个大括号内)表示从连接到馈线 1 的负载向馈线 1 供给的谐波电压。其他多项式

(也在括号内)表示从连接至其他馈线的负载向馈线 1 供给的谐波电压。

将量 A_{hF1} 定义为 A_h 的最大允许值,表示馈线 1 中谐波电压的可接受值。因此:

$$A_{hF1} = \frac{G_{hF1}(S_{L1})}{\sqrt{\{S_i \cdot Z_{hi}^{a/2} + S_{kLF1} \cdot Z_{hkLF1}^{a/2} + S_{uLF1} \cdot Z_{huLF1}^{a/2}\} + \left\{ \sum_{j=2}^4 \frac{S_{kLFj} \cdot Z_{hB}^a}{Z_{hkLFj}^{a/2}} + \sum_{j=2}^4 \frac{S_{uLFj} \cdot Z_{hB}^a}{Z_{huLFj}^{a/2}} \right\}}} \quad \dots\dots\dots (E.9)$$

对于 $A_{hF2} - A_{hF4}$,可以得到类似的公式。

为了确保该低压系统中的最大谐波电压小于限值,按以下公式确定 A_h :

$$A_h = \text{Min}(A_{hF1}, A_{hF2}, A_{hF3}, A_{hF4}) \quad \dots\dots\dots (E.10)$$

当系统在全设计容量运行,并且所有的装置都获得全发射分配,使用式(E.10)可以使低压馈线末端的最高谐波电压正好等于低压规划水平 L_{hLV} 。

E.5 计算分配给所研究装置的谐波份额

使用式(E.5)可以得到用于所研究装置的将要分配的谐波电流,如下所示:

$$E_{hi} = \frac{A_h \cdot \sqrt{S_i}}{\sqrt{Z_{hi}}} \quad \dots\dots\dots (E.11)$$

要强调的是相同 A_h 值可以用于给定的低压系统的所有将来大型装置的研究,除非用户希望在今后的某个时间查看计算中使用的数据。例如,在将来的某个时间,可能会出现小型装置负载与其最初的假设情况不一样。其可用于提供 $U_{hi}(S_{Si})$ 的改进值,以及一根或多根馈线的 $G_{hFj}(S_{L1})$ 的改进值,由此可以从式(E.10)得到 A_h 的优化值。

附录 F

(资料性附录)

附录 E 所述方法的应用示例

F.1 概述

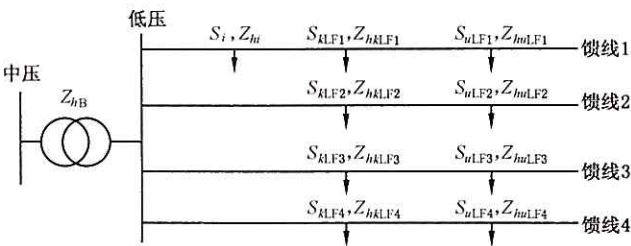


图 F.1 所研究的系统

所研究的系统如图 F.1 所示。研究的对象是馈线 1 上协议容量为 S_i 的装置。已知大型装置的协议容量为 $S_{kLF1} - S_{kLF4}$ ，未知的大型装置的协议容量为 $S_{uLF1} - S_{uLF4}$ 。

注：小型装置未显示在本图中，但在确定 $G_{hFj}(S_{Lk})$ 时要考虑小型装置的影响。

以距供电节点 50 m、容量为 50 kVA 的装置 i 为研究对象，确定其 5 次谐波分配。主要系统数据如表 F.1 所示。

表 F.1 主要系统数据

低压馈线数量	4
低压馈线电抗	0.4 Ω /km
低压馈线 R/X	2
线—线电压	415 V
变压器额定容量	350 kVA
变压器电抗	5%

所有馈线长度均为 100 m，并且假设对于 5 次谐波，有 1% 的谐波电压被分配给大型装置。其他尚未接入系统的大型装置的规格和连接参数如表 F.2 所示。

表 F.2 已知大型装置的数据

低压馈线 ID	装置的协议容量 kVA	装置与变压器间的距离 m
1	50	50
2	50	50
3	50	50
4	50	50

此时,有 60 kVA 的大型装置容量尚未分配给特定装置。

F.2 第 1 步:估算尚未连接的大型装置除外的所有来源的谐波电压(见 E.2)

见第 2 步。

F.3 第 2 步:确定所有大型装置可用的谐波电压(见 E.3)

对于本例,第 1 步和第 2 步不需要详细执行。这是因为已经规定了每根馈线的 $G_{hFj}(S_{Li})$,即大型装置可用的谐波电压为 1%。

F.4 第 3 步:估算大型装置的幅值和位置(见 E.4.2)

低压大型装置总负载由式(E.2)确定

$$S_{Li} = S_i + S_{kLF1} + S_{kLF2} + S_{kLF3} + S_{kLF4} + S_{uLi} = 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 60 = 310 \text{ kVA}$$

每馈线大型装置负载的平均值由式(E.3)确定:

$$S_{Li,av} = \frac{S_{Li}}{n} = \frac{310}{4} = 77.5 \text{ kVA}$$

每根低压馈线的已知负载如表 F.2 所示。馈线 1 上还有的额外 50 kVA(所研究装置)。因此有 3 根馈线(馈线 2~4),负载小于计算出的平均负载。未知的估算负载被平均分配给这 3 条馈线。由式(E.4):

$$\Delta S_{uL} = \frac{S_{uLi}}{n_{\text{less_than_av}}} = \frac{60}{3} = 20 \text{ kVA}$$

可得到 $S_{uLF1} = 0$

$$S_{uLF2} = S_{uLF3} = S_{uLF4} = \Delta S_{uL} = 20 \text{ kVA}$$

协议容量为 $S_{uLF2} - S_{uLF4}$ 的 3 个负载,假设其都接在馈线总长度的 30% 的位置上,即距供电点 30 m。包含刚计算得出的未知估算负载在内的假设低压装置如图 F.2 所示。

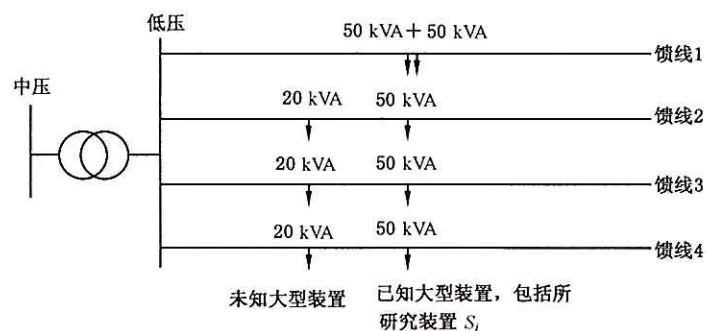


图 F.2 大型装置数据

F.5 第 4 步:确定谐波阻抗

这是谐波分析中的标准计算,未在附录 E 中提及。

以额定容量为 350 kVA 的变压器为基础进行计算。在这种情况下,能够确定 3 个阻抗参数:a)变压器,b)至未知装置估算点的馈线阻抗;c)至已知装置估算点的馈线阻抗。注意,在本例中,该研究装置与阻抗 c)具有相同的馈线阻抗。

$$Z_N = \frac{U_N^2}{S_t} = \frac{415^2}{350 \times 10^3} = 0.492 \, \Omega$$

a) 变压器:

$$Z_{hB} = h \times X_B = 5 \times 0.05 = 0.25 \, \text{p.u.}$$

b) 未知负载:

对于馈线:

$$X_{uLFj} = \frac{0.4 \times 0.03}{0.492} = 0.0244 \, \text{p.u.}$$

$$R_{uLFj} = 2 \cdot X_{uLFj} = 0.049 \, \text{p.u.}$$

包含变压器的总阻抗

$$Z_{huLFj} = |R_{uLFj} + jh(X_B + X_{uLFj})| = |0.049 + j5(0.05 + 0.0244)| = 0.375 \, \text{p.u.}$$

c) 已知低压装置和所研究装置:

对于馈线:

$$X_{kLFj} = \frac{0.4 \times 0.05}{0.492} = 0.0407 \, \text{p.u.}$$

$$R_{kLFj} = 2 \cdot X_{kLFj} = 0.081 \, \text{p.u.}$$

包含变压器的总阻抗

$$Z_{hkLFj} = |R_{kLFj} + jh(X_B + X_{kLFj})| = |0.081 + j5(0.05 + 0.0407)| = 0.460 \, \text{p.u.}$$

F.6 第 5 步:确定低压装置的 A_h (见 E.4.3)

为了确保分配是以谐波功率基础进行的,分配给协议容量为 S_i 的大型装置的电流发射 E_{thk} 应按式 (E.5) 确定:

$$E_{thk} = \frac{A_h \cdot \sqrt{S_i}}{\sqrt{Z_{hk}}}$$

对于数值计算,可以简单假设 A_h 的初始值为 1。下一步确定每个馈线终端处产生的谐波电压。将这个电压与允许馈线总电压进行比较,便可确定给定馈线 A_{hFj} 的最大允许值。这些不同 A_{hFj} 值中的最小值可以应用于所研究的低压系统。

对于未知负载

$$E_{thuLFj} = \frac{1 \cdot \sqrt[1.4]{20/350}}{\sqrt{0.375}} = 0.211 \, \text{p.u.}$$

对于已知装置和所研究的装置

$$E_{thi} \text{ (或 } E_{thkLFj}) = \frac{1 \cdot \sqrt[1.4]{50/350}}{\sqrt{0.460}} = 0.368 \, \text{p.u.}$$

要确定特定馈线末端的电压,需要先确定两种不同类型的电压:

——连接到本条馈线上的装置所产生的电压,等于电流消耗乘以至连接点的阻抗;

——连接到其他馈线上的装置所产生的电压,等于电流消耗乘以供电变压器的谐波阻抗。

表 F.3 显示了每个装置在(i)连接点和(ii)变压器处的关键参数和谐波电压。

表 F.3 大型装置产生的谐波电压
(所有数值单位是 p.u., h 的值为 5, A_h 暂定为 1)

负载	协议容量	Z_h	E_{th}	U_h (i)	U_h (ii)
S_i, S_{kLFi}	0.143	0.460	0.368	0.169	0.092
S_{uLFi}	0.057	0.375	0.211	0.079	0.053

对于馈线 1, 低压装置产生的端电压由两部分组成: (i) 协议容量为 S_i 和 S_{kLF1} 的装置产生的电压, (ii) 所有其他大型装置产生的电压。这些电压需要使用叠加定律进行计算:

$$\sqrt[1.4]{2 \times 0.169^{1.4} + 3 \times 0.092^{1.4} + 3 \times 0.053^{1.4}} = 0.445 \text{ p.u.}$$

由于大型装置的允许发射 $G_{hF1}(S_{Li})$ 为 0.01 p.u., 因此 A_{hF1} 的最大允许值为:

$$A_{h1} = 0.01 / 0.445 = 0.0225$$

同样地, 可以确定馈线 2、3 和 4 的谐波电压为 0.409 p.u.。通过与上述类似的计算, 可以得到馈线分配常数的最大允许值为:

$$A_{hF2} = A_{hF3} = A_{hF4} = 0.01 / 0.409 = 0.0244$$

为了确保馈线不超过允许谐波限值, A_h 应选择这些值中的最小值

$$A_h = 0.0225$$

F.7 第 6 步: 确定所研究装置的谐波分配 (见 E.5)

利用式 (E.11),

$$E_{thi} = \frac{A_h \cdot \sqrt{S_i}}{\sqrt{Z_{hi}}} = \frac{0.0225 \cdot \sqrt[1.4]{50/350}}{\sqrt{0.460}} = 0.0083 \text{ p.u.}$$

上式是基于变压器容量 350 kVA 给出的。也可表示为相对于装置基波电流的百分比:

$$E_{thi}(\%) = 100 \cdot \frac{E_{thi}}{S_i} = 100 \cdot \frac{0.0083}{50/350} = 5.8\%$$

附录 G

(资料性附录)

主要字母符号、下标和符号清单

G.1 字母符号

A	分配常数,由给定系统的谐波电压响应决定
a	向量算子($a=1\angle 120^\circ$),用于计算三相系统的对称分量
α	叠加定律指数(通用情况)
β	小型装置的叠加定律指数
D	骚扰水平
E	发射限值
G	系统中某些部分发射的允许总影响
h	谐波次数
I	电流
K, k	两个数值之间的系数或比率(通用)
L	规划水平
m	变电站低压母线和馈线远端之间的节点数
N	馈线上的节点
n	馈线数量
PCC	公共连接点
POC	连接点
POE	评估点
R	电阻
S	视在功率
ΔS	波动装置的视在功率变化
T	传递系数
U	电压
X	电抗
Z	阻抗的模
$\underline{Z}$	复数阻抗

G.2 下标清单

a, b, c	三相系统中的相位标识符
B	变电站低压母线
h	谐波次数
i	单个用户装置
j	单根馈线
k	单个节点
LV	低压

ML	中压和低压系统之间
MV	中压
P_{lt}	长期闪变
P_{st}	短期闪变
u	不平衡(负序)
1, 2, 0	正序、负序、零序分量(三相电压或电流)
2	不平衡(负序)

G.3 主要符号清单

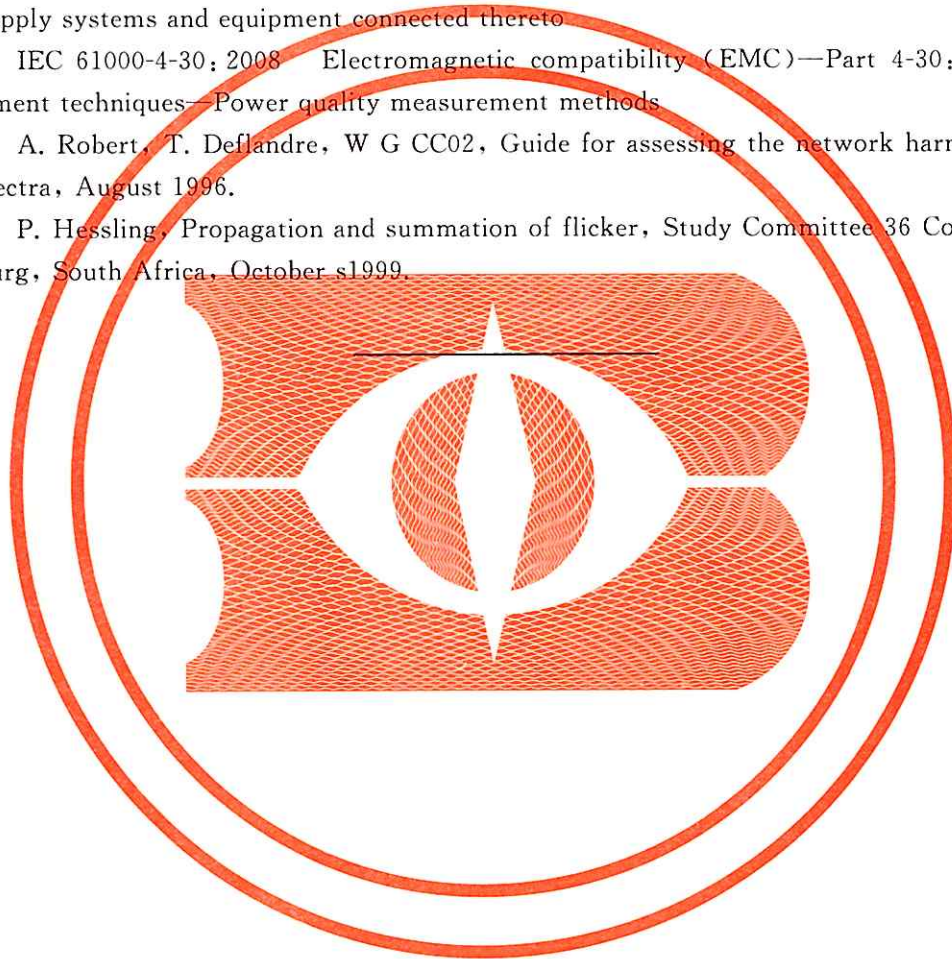
(可以根据字面意思理解的符号未列出)

E_{hi}	用户装置 i 的 h 次谐波电流发射限值
E_{I2i}	用户装置 i 的电流不平衡发射限值
$E_{P_{lt}i}$	用户装置 i 的长期闪变发射限值
$E_{P_{st}i}$	用户装置 i 的短期闪变发射限值
G_{hB}	可由所考虑系统供电的所有低压装置对变电站低压母线 h 次谐波电压的允许总影响(以基波电压百分比表示)
G_{hLV}	可由所考虑系统供电的所有低压装置对低压系统任一位置 h 次谐波电压的最大允许总影响(以基波电压百分比表示)
$G_{P_{st}LV}$ ($G_{P_{lt}LV}$)	可由所考虑系统供电的所有低压装置对低压系统任一位置闪变水平的最大允许总影响(以 P_{st} 或 P_{lt} 表示)
G_{uB}	可由所考虑系统供电的所有低压装置对变电站低压母线电压不平衡的允许总影响(以电压不平衡度 u 表示)
G_{uLV}	可由所考虑系统供电的所有低压装置对低压系统任一位置电压不平衡的最大允许总影响(以电压不平衡度 u 表示)
I_h	h 次谐波电流(普通的)
I_{hFjk}	馈线 j 上游流经节点 N_{jk} 的 h 次谐波电流
I_{hi}	用户装置 i 的 h 次谐波电流发射水平
I_{hjk}	连接至节点 N_{jk} 的用户装置的谐波电流发射
I_{hT}	流经中压/低压变压器的 h 次谐波电流
i_2	电流不平衡度(见定义 3.29.6)
K_{hB}	h 次谐波的衰减系数,对应于下述两个值的比值:连接至所考虑的低压系统的所有装置在变电站低压母线处产生的谐波电压,以及这些装置在低压系统上产生的谐波电压的最大值
K_{uB}	电压不平衡的衰减系数,对应于下述两个值的比值:连接至所考虑的低压系统的所有装置在变电站低压母线处产生的电压不平衡水平,以及这些装置在低压系统上产生的电压不平衡水平的最大值
K_{hvs}	为使 h 次谐波电压短期兼容水平达到极短期兼容水平的放大系数 [如 4.2.2 中式(1)定义]
I_F	低压馈线长度
L_{hLV}	低压 h 次谐波电压规划水平(%)
L_{hMV}	中压 h 次谐波电压规划水平(%)
$L_{P_{lt}LV}$	低压短期闪变规划水平(p.u.)

$L_{P_{h,MV}}$	中压短期闪变规划水平(p.u.)
$L_{P_{st,LV}}$	低压长期闪变规划水平(p.u.)
$L_{P_{st,MV}}$	中压长期闪变规划水平(p.u.)
$L_{u,LV}$	低压处的电压不平衡规划水平
$L_{u,MV}$	中压处的电压不平衡规划水平
N_{jk}	位于馈线 j 上的节点 k
S_{Fj}	连接到馈线 j 的所有装置的视在功率
S_i	用户装置 i 的协议容量
S_{jk}	由节点 N_{jk} 供电的所有装置的视在功率
S_{LFj}	连接到馈线 j 的所有大型装置的视在功率
S_{Li}	连接到所考虑低压系统的所有大型装置的视在功率
S_{min}	低压装置协议容量的最小值(本部分所述的确定这些装置发射限值的程序适用)
S_{sc}	短路容量
S_{SFj}	连接到馈线 j 的所有小型装置的视在功率
S_{St}	连接至所考虑低压系统的所有小型装置的视在功率
S_t	所考虑低压系统的总供电容量,包含为将来负载增加的预留容量
S_{ui}	与装置 i 负载不平衡等效的单相功率
THD	总谐波畸变:指定次数(H)及以下次数的所有谐波分量的和的方均根值,与基波分量方均根值的比值
$T_{h,ML}$	h 次中压/低压谐波电压传递系数;其值由系统特性、负荷等级和谐波次数决定
$T_{P_{h,ML}}$	中压/低压长期闪变传递系数(其值通常很接近于1)
$T_{P_{st,ML}}$	中压/低压短期闪变传递系数(其值通常很接近于1)
$T_{u,ML}$	中压/低压不平衡传递系数
U_h	h 次谐波电压(通用)
U_{hB}	变电站低压母线的 h 次谐波电压
U_{hFj}	馈线 j 远端 h 次谐波电压
$U_{h,LV}$	低压系统 h 次谐波电压
U_N	低压系统标称电压(相—相电压)
u	电压不平衡度(见定义 3.29.5)
Z_B	变电站低压母线的系统基波频率短路阻抗的模
Z_{hB}	h 次谐波频率下变电站低压母线的系统谐波阻抗的模
Z_{hi}	h 次谐波频率下用户装置 i 的评估点(POE)处的供电系统谐波阻抗的模
Z_{hjk}	h 次谐波频率下节点 N_{jk} 处的供电系统谐波阻抗的模
Z_i	用户装置评估点处的供电系统基波频率短路阻抗的模
Z_{jk}	节点 N_{jk} 处的供电系统基波频率短路阻抗的模
$\underline{Z}_{L,jk}$	h 次谐波频率下节点 N_{jk} 处的供电系统相线复数谐波阻抗
$\underline{Z}_{N,hjk}$	h 次谐波频率下节点 N_{jk} 处的供电系统中性线复数谐波阻抗
$\underline{Z}_F$	单位长度低压馈线的基波频率复数阻抗
$\underline{Z}_{hF}$	h 次谐波频率下单位长度低压馈线上的复数谐波阻抗
$\underline{Z}_{LF}$	基波频率下低压馈线上的单位长度相线复数阻抗
$\underline{Z}_{NF}$	基波频率下低压馈线上的单位长度中性线复数阻抗

参 考 文 献

- [1] IEC 60050-101:1998 International Electrotechnical Vocabulary—Part 101: Mathematics
- [2] IEC/TR 61000-2-6:1995 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-6: Environment—Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances
- [3] IEC 61000-4-7 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-7: Testing and measurement techniques—General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto
- [4] IEC 61000-4-30:2008 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-30: Testing and measurement techniques—Power quality measurement methods
- [5] A. Robert, T. Deflandre, W G CC02, Guide for assessing the network harmonics impedance, Electra, August 1996.
- [6] P. Hessling, Propagation and summation of flicker, Study Committee 36 Colloquium, Johannesburg, South Africa, October 1999.



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 骚扰装置接入低压
电力系统的谐波、间谐波、电压波动和
不平衡的发射限值评估

GB/Z 17625.14—2017/IEC/TR 61000-3-14:2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

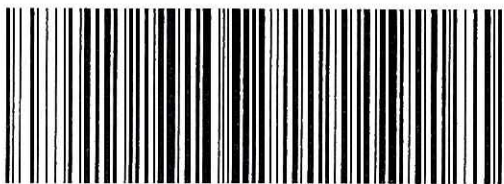
*

开本 880×1230 1/16 印张 5.25 字数 151 千字
2017年11月第一版 2017年11月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-58155 定价 69.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/Z 17625.14-2017