

ICS 27.100
F 20



中华人民共和国国家标准

GB/T 18481—2001

电能质量 暂时过电压和瞬态过电压

Power quality—Temporary and transient overvoltages

2001-11-02 发布

2002-04-01 实施



中 华 人 民 共 和 国 发 布
同 家 质 量 监 督 检 验 总 局 宣 布

GB/T 18481—2001

目 次

前言	Ⅱ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 术语及其定义	1
4 系统(设备)按最高电压 U_0 的划分	3
5 电气设备上作用的过电压及其要求	3
附录A(标准的附录) 电气设备的绝缘水平	7
附录B(提示的附录) 交流电气装置的过电压保护	9
附录C(提示的附录) 参考资料	12

GB/T 18481—2001

前 言

本标准是电能质量系列标准之一，目前已制定颁布的电能质量系列国家标准有：GB 12325—1990《供电电压允许偏差》；GB 12326—2000《电压波动和闪变》；GB/T 14549—1993《公用电网谐波》；GB/T 15543—1995《三相电压允许不平衡度》和 GB/T 15945—1995《电力系统频率允许偏差》。

本标准主要根据 GB/T 2900.19、GB 156、GB/T 16935.1、GB 311.1 和 GB/T 16927.1 等标准（见引用标准）制定，同时参考了 GB 311.7 和 DL/T 620 等标准。

本标准旨在规定电能质量有关暂时和瞬态过电压要求、与之相适应的电气设备绝缘水平，以及过电压保护方法。有关这方面详细的规定，都可以在相关标准中找到。因此本标准不取代已颁布的标准，只是从电能质量角度对这类过电压特性及相关问题作一扼要描述和国外电能质量标准中过电压内容相比，已较为详细。

本标准中引用的国家标准，基本上为近年来等同、等效或非等效采用的国际电工委员会（IEC）相应标准。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B、附录 C 都是提示的附录。

本标准由全国电压电流等级和频率标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：林海雪、杜澍春、赵刚。

中华人民共和国国家标准

电能质量 暂时过电压和瞬态过电压

GB/T 18481—2001

Power quality—Temporary and transient overvoltages

1 范围

1.1 本标准规定了交流电力系统中作用于电气设备的暂时过电压和瞬态过电压要求、电气设备的绝缘水平,以及过电压保护方法。

1.2 当涉及过电压方面电能质量问题时,应根据本标准的规定,结合电网、设备特点和使用环境参照相关的专业标准执行。

1.3 本标准不适用因静电、触及高压系统以及稳态波形畸变(谐波)引起的过电压。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 156—1993 标准电压(neq IEC 60038:1983)

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合(neq IEC 60071 1:1993)

GB/T 2900.19—1994 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合(neq IEC 60060-1)

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分:一般试验要求(eqv IEC 60060-1:1989)

GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第一部分:原理、要求和试验
(idt IEC 60664-1:1992)

3 术语及其定义

本标准的术语及其定义基本上引自 GB/T 2900.19 和 GB/T 16935.1。

3.1 过电压 overvoltage

以 U_m 表示三相系统最高电压,则峰值超过系统最高相对地电压峰值($\sqrt{2/3}U_m$)或最高相间电压峰值($\sqrt{2}U_m$)的任何波形的相对地或相间电压分别为相对地或相间过电压。

注:系统最高电压是指当系统正常运行时,在任何时间、系统上任何一点所出现的电压最高值(不包括系统的暂态和异常电压。)

3.1.1 暂时过电压 temporary overvoltage

在给定安装点上持续时间较长的不衰减或弱衰减的(以工频或其一定的倍数、分数)振荡的过电压。

3.1.2 瞬态过电压 transient overvoltage

持续时间数毫秒或更短,通常带有强阻尼的振荡或非振荡的一种过电压。它可以叠加于暂时过电压上。

3.1.3 缓波前过电压 slow-front overvoltage;

操作过电压 switching overvoltage

一种瞬态过电压,通常是单极性的并且峰值时间在 $20\ \mu\text{s}$ 和 $5\ 000\ \mu\text{s}$ 之间,半峰值时间小于 $20\ \text{ms}$ 。

3.1.4 谐振过电压 resonance overvoltage

某些通断操作或故障通断后形成电感、电容元件参数的不利组合而产生谐振时出现的暂时过电压,其持续时间较长,且波形有周期性。

3.1.5 快波前过电压 fast-front overvoltage;

雷电过电压 lightning overvoltage

一种瞬态过电压。通常是单极性的,其波前时间在 $0.1\ \mu\text{s}$ 和 $20\ \mu\text{s}$ 之间,半峰值时间小于 $300\ \mu\text{s}$ 。

3.2 冲击耐受电压 impulse withstand voltage

在规定条件下,不造成绝缘击穿、具有一定波形和极性的冲击电压最高峰值。

3.3 暂时耐受过电压,短时耐受过电压 temporary withstand overvoltage

在规定条件下,不造成绝缘击穿的暂时过电压的最大有效值。

3.4 额定电压 rated voltage

制造厂对元件、电器或设备规定的电压值,它与运行(包括操作)和性能等特性有关。

注:设备可有一个以上的额定电压或可具有额定电压范围。

3.4.1 额定冲击耐受电压 rated impulse withstand voltage

制造厂对设备或其部件规定的冲击耐受电压值,以表征其绝缘规定的抗瞬态过电压的耐受能力。

3.4.2 标准操作[雷电]冲击耐受电压 standard switching [lightning] impulse withstand voltage

在耐压试验时,设备绝缘能耐受的操作[雷电]冲击电压的标准值。

3.4.3 标准短时工频耐受电压 standard short duration power-frequency withstand voltage

按规定的条件和时间进行试验时,设备耐受的工频电压标准值(有效值)。

3.5 过电压类别 overvoltage category

用数字表示瞬态过电压条件。此概念仅适用于直接由低压电网供电的设备。

注:用 I、II、III 和 IV 表示过电压类别。

过电压类别 IV 是指使用在配电装置电源端的设备(此类设备包含如电表和前级过电流保护设备)上所承受的过电压;

过电压类别 III 是指安装在配电装置中的设备,以及设备的使用安全(工作可靠)性和适用性必需符合特殊要求者(此类设备包含如安装在配电装置中的开关电器和永久连接至配电装置的工业用设备)上所承受的过电压;

过电压类别 II 是指由配电装置供电的耗能设备(此类设备包含如器具、可移动式工具及其他家用和类似用途负载)上所承受的过电压。如果此类设备的安全(可靠)性和适用性具有特强要求时,则采用过电压类别 III;

过电压类别 I 是指连接至具有限制瞬态过电压至相当低水平措施的电路的设备(例如,具有过电压保护的电子电路)上所承受的过电压。

3.6 绝缘配合 insulation coordination

考虑所采用电压保护措施后,根据可能作用的过电压、设备的绝缘特性及可能影响绝缘特性的因素,合理地确定设备绝缘水平的过程。

3.7 额定绝缘水平 rated insulation level

足以证明满足所需绝缘耐受能力的一组标准耐受电压。

a) 对设备最高电压等于或小于 $252\ \text{kV}$ 的设备,额定绝缘水平用标准雷电冲击和标准短时工频耐受电压表示。

b) 对设备最高电压大于 $252\ \text{kV}$ 的设备,额定绝缘水平用标准雷电冲击和操作冲击或短时工频耐受电压表示。

3.8 标准绝缘水平 standard insulation level

与最高电压标准值 U_m 相应的额定绝缘水平。

4 系统(设备)按最高电压 U_m 的划分

$U_m \leq 1 \text{ kV}$ 的系统(设备)称为低压系统(设备);

$U_m > 1 \text{ kV}$ 的系统(设备)称为高压系统(设备);

高压系统(设备)还可以分为两个范围

范围 I: $1 \text{ kV} < U_m \leq 252 \text{ kV}$

范围 II: $U_m > 252 \text{ kV}$

注: 设备最高电压等于所在系统的系统最高电压, 各级系统(设备)的最高电压在 GB 156 中规定。

5 电气设备上作用的过电压及其要求

5.1 交流电力系统中的电气设备, 在运行中除了作用有持续工频电压(其值不超过系统最高电压 U_m , 持续时间等于设计的运行寿命)外, 还受到过电压的作用。按照作用过电压的幅值、波形及持续时间, 可分为:

——暂时过电压, 包括工频过电压、谐振过电压;

瞬态过电压, 包括操作(缓波前)过电压、雷电(快波前)过电压。

各类过电压的典型波形如表 1 所示。

表 1 各类过电压的典型波形

分 类	暂时过电压	瞬态过电压		
		缓波前	快波前	陡波前
电压 波形				
范围	$10 \text{ Hz} < f < 500 \text{ Hz}$ $0.03 \text{ s} < T_d < 3\ 600 \text{ s}$	$20 \mu\text{s} < T_1 < 5\ 000 \mu\text{s}$ $T_2 < 20 \text{ ms}$	$0.1 \mu\text{s} < T_1 < 20 \mu\text{s}$ $T_2 < 300 \mu\text{s}$	$3 \text{ ns} < T_1 < 100 \text{ ns}$ $0.3 \text{ MHz} < f_1 < 100 \text{ MHz}$ $30 \text{ kHz} < f_2 < 300 \text{ kHz}$ $T_c \leq 3 \text{ ms}$

注: 陡波前的标准试验波形及耐受试验在考虑中, 本标准中暂不涉及。

5.2 暂时过电压和操作过电压的标么值如下:

a) 工频过电压的 $1.0 \text{ p.u.} = U_m / \sqrt{3}$;

b) 谐振过电压和操作过电压的 $1.0 \text{ p.u.} = \sqrt{2} U_m / \sqrt{3}$ 。

注: 此处 U_m 指系统最高电压。

5.3 暂时过电压(工频过电压、谐振过电压)及其要求

5.3.1 暂时过电压与电力系统结构、容量、参数、运行方式、故障条件以及各种安全自动装置的特性有关。

5.3.2 工频过电压一般由线路空载、接地故障和甩负荷等引起。系统中工频过电压的限值如下:

a) 对于范围 II 的高压系统, 工频过电压一般不宜超过下列数值:

线路断路器的变电所侧 1.3 p.u.

线路断路器的线路侧 1.4 p.u.

b) 对于范围 I 中的 110 kV 及 220 kV 系统,工频过电压不超过 1.3 p.u.。

c) 3 kV~10 kV 和 35 kV~66 kV 系统分别不超过 $1.1\sqrt{3}$ p.u. 和 $\sqrt{3}$ p.u.。

5.3.3 谐振过电压包括线性谐振和非线性(铁磁)谐振过电压,一般因操作或故障引起系统元件参数出现不利组合而产生。系统中应采取防止措施,避免出现谐振过电压的条件;或用保护装置限制其幅值和持续时间。系统中可能出现的谐振过电压有:

a) 发电机与空载线路连接时,因前者周期性变化的电感与后者电容引起的发电机自励磁(参数)谐振过电压。

b) 转子上未装设阻尼绕组的水轮发电机,因不对称短路或负荷严重不平衡时产生的谐振过电压。

c) 范围 I 的系统当空载线路上接有并联电抗器,且其零序电抗小于线路零序容抗时,如发生非全相运行状态(分相操动的断路器故障或采用单相重合闸时),由于线间电容的影响,断开相上可能发生谐振过电压。

d) 范围 I 的系统中,当空载线路(或其上接有空载变压器时)由电源变压器断路器合闸、重合闸或由只带有空载线路的变压器低压侧合闸、带电线路末端的空载变压器合闸以及系统解列等情况下,如由这些操作引起的过渡过程的激发使变压器铁心饱和、电感作周期性变化,回路等值电感在 2 倍工频下的电抗与 2 倍工频下线路入口容抗接近相等时,可能产生以 2 次谐波为主的高次谐波谐振过电压。

e) 范围 I 的系统中有可能出现下列谐振过电压:

1) 110 kV 及 220 kV 系统采用带有均压电容的断路器开断连接有电磁式电压互感器的空载母线,可能产生铁磁谐振过电压。

2) 由单一电源侧用断路器操作中性点不接地的变压器出现非全相或熔断器非全相熔断时,如变压器的励磁电感与对地电容产生铁磁谐振,能产生过电压;有双侧电源的变压器在非全相分合闸时,由于两侧电源的不同步在变压器中性点上可出现接近于 2.0 p.u. 的过电压,如产生铁磁谐振,则会出现更高的过电压。

3) 断路器操作中性点不接地的 110 kV 及 220 kV 变压器,因操作机构故障出现非全相或严重不同期时可能产生的铁磁谐振过电压。有单侧电源的变压器,如另一侧带有同期调相机或较大的同步电动机,也类似有双侧电源的情况。

4) 3 kV~66 kV 不接地系统或消弧线圈接地系统偶然脱离消弧线圈的部分,当连接有中性点接地的电磁式电压互感器的空载母线(其上带或不带空载短线路),因合闸充电或在运行时接地故障消除等原因的激发,使电压互感器过饱和则可能产生铁磁谐振过电压。

5) 3 kV~66 kV 不接地及消弧线圈接地系统,会因配电变压器高压绕组对地短路或送电线路一相断线且一端接地或不接地,产生铁磁谐振过电压。

6) 有消弧线圈的系统,可能因消弧线圈的脱谐度选择不当而出现谐振;无消弧线圈的较低电压系统可能因零序电压通过电容(如变压器绕组间或两条架空线路间的电容耦合),由较高电压系统传递到中性点不接地的较低电压系统,或由较低电压系统传递到较高电压系统,或回路参数形成串联谐振条件,产生高幅值的转移过电压。

5.3.4 低压系统暂时过电压的限值,正在考虑中。

5.4 瞬态过电压(操作过电压、雷电过电压)及其要求

5.4.1 操作过电压一般由以下原因引起:

a) 线路切、合与重合;

b) 故障与切除故障;

c) 开断容性电流和开断较小或中等的感性电流;

d) 负载突变。

影响操作过电压的因素除 5.3.1 中所述外,还和断路器(或熔断器)性能,电力系统中性点接地方式

密切相关。由于许多随机因素的影响,操作过电压波形参数、幅值都是随机的(其结果不能预先确知)变数,但由大量的计算、模拟试验或在系统中实测可以给出它们位于一定范围内的概率。

在以下条款中除统计操作过电压(等于或大于该值的概率为 0.02)专门说明外,凡未说明的操作过电压限值均指最大操作过电压(等于或大于该值的概率为 0.001 4)。

5.4.2 线路合闸和重合闸过电压的要求

a) 系统最高电压范围 I 的空载线路合闸、单相重合闸和成功的三相重合闸(如运行中使用时),在电路上产生的相对地统计过电压,对 330 kV 和 500 kV 系统分别不大于 2.2 p.u. 和 2.0 p.u.。

b) 系统最高电压范围 I 的线路合闸和重合闸过电压不超过 3.0 p.u.。

5.4.3 空载线路分闸过电压的限值

a) 范围 II, 线路断路器在电源对地电压为 1.3 p.u. 条件下开断空载线路不发生重击穿,即不应产生过电压。

b) 范围 I, 110 kV 和 220 kV 开断空载线路过电压不超过 3.0 p.u.。

c) 范围 I, 66 kV 及以下非低电阻接地系统开断空载线路过电压不超过 4.0 p.u.; 低电阻接地系统不超过 3.2 p.u.。

5.4.4 范围 II 线路非对称故障分闸和振荡解列过电压不超过 5.4.2a) 的相应值。范围 I 不超过 5.4.2b) 的相应值。

5.4.5 3 kV~66 kV 用断路器开断并联电容补偿装置时电容器高压端对地过电压不超过 4.0 p.u.; 电容器极间过电压不超过 $2.15 \sqrt{2} U_{nc}$ 。

注: U_{nc} 为电容器的额定电压。

5.4.6 用断路器开断具有冷轧硅钢片的变压器时,过电压不超过 2.0 p.u.; 开断具有热轧硅钢片铁心的 110 kV 及 220 kV 变压器的过电压不超过 3.0 p.u., 66 kV 及以下变压器不超过 4.0 p.u.; 空载变压器和并联电抗器补偿装置合闸产生的操作过电压不超过 2.0 p.u.。

5.4.7 高压感应电动机合闸过电压一般不超过 2.0 p.u.; 空载分闸过电压不超过 2.5 p.u.。

5.4.8 大于 1 kV 且小于等于 66 kV 系统单相间隙性电弧接地过电压的限值,随接地方式不同而异:

不接地 3.5 p.u.

消弧线圈接地 3.2 p.u.

电阻接地 2.5 p.u.

5.4.9 低压系统操作过电压的限值,正在考虑中。

5.4.10 雷电过电压及其限制

a) 作用于输电线路的雷电过电压有雷直击于导线、雷击于塔顶或避雷线后反击导线而产生的过电压以及雷击于线路及其附近的地面(包括塔顶),由于电、磁场的激烈变化产生的感应过电压。作用于发电厂、变电所电气设备上的雷电过电压,在大多数情况下是沿线路而来的雷电波。

b) 架空线路上的雷电过电压

1) 距架空线路 $S > 65$ m 处,雷击对地放电时,线路上产生的感应过电压最大值为

$$U_i \approx 25 \frac{I h_c}{S} \dots\dots\dots (1)$$

式中: U_i ——雷击大地时感应过电压最大值, kV;

I ——雷电流幅值(一般不超过 100), kA;

h_c ——导线平均高度, m;

S ——雷击点与线路的距离, m。

线路上的感应过电压为随机变量,其最大值可达 300 kV~400 kV,一般仅对 35 kV 及以下线路的绝缘有一定威胁。

2) 雷击架空线路导线产生的直击雷过电压为

$$U_s \approx 100I \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: U_s ——雷击点过电压最大值, kV。

3) 因雷击架空线路避雷线、杆顶形成作用于线路绝缘的雷电反击过电压, 与雷电参数、杆塔型式、高度和接地电阻等有关。

5.5 为监测系统运行中出现的工频过电压、谐振过电压、操作过电压和雷电过电压, 宜安装过电压波形或幅值的自动记录装置, 并妥为收集实测结果。

5.6 电气设备(装置)在过电压作用下运行的安全性, 不仅取决于过电压的限值, 还取决于设备的绝缘水平(见附录 A)。设备的绝缘水平由制造和绝缘监督来保证。有关过电压保护见附录 B。本标准参考资料见附录 C。

附录 A
(标准的附录)
电气设备的绝缘水平

A1 低压设备的绝缘水平

瞬态过电压可作为确定设备绝缘额定冲击电压的基础。设备的额定冲击电压根据不同的过电压类别按 GB/T 16935.1 来选定。暂时过电压与绝缘配合的关系仍在考虑中,但规定其基本固体绝缘和附加固体绝缘应能承受下列暂时过电压:

- $1.5U_n+750\text{ V}$ 短期暂时过电压时间至 5 s;
- $1.5U_n$ 长期暂时过电压时间大于 5 s(但不超过 24 h)。

(U_n 为中性点接地的低压电网的标称线对中性点的电压)。

过电压类别的划分取决于被控过电压的条件。主要有下面两种控制:

- a) 内在(固有)控制:电气系统内的条件要求该系统的特性能使预期瞬态过电压限制在规定的水平;
- b) 保护控制:电气系统内的条件要求以特定的过电压衰减措施可使预期瞬态过电压限制在规定的水平(特定的过电压衰减措施可以是具有储能和耗能措施的器件,并在规定的条件下能无害地消耗预期位置上过电压能量)。

A2 高压设备的绝缘水平

高压输变电设备的绝缘配合见 GB 391.1,有关绝缘水平规定如下:

A2.1 范围 I 的设备的绝缘水平列于表 A1。在此范围内选取设备的绝缘水平时,首先应考虑雷电冲击作用电压,和每一设备最高电压相对应,给出了设备绝缘水平的两个耐受电压,即:

- a) 额定雷电冲击耐受电压;
- b) 额定短时工频耐受电压。

A2.2 范围 II 的设备的绝缘水平列于表 A2。在此电压范围内,选取设备的绝缘水平时,要考虑操作冲击和雷电冲击作用电压,和每一设备最高电压相对应,给出了设备绝缘水平的两个耐受电压,即:

- a) 额定雷电冲击耐受电压;
- b) 额定操作冲击耐受电压。

A2.3 绝缘试验的规定

表 A1、表 A2 所列的耐受电压值对应于标准参考大气条件,如大气条件不同,则应按 GB/T 16927.1 中规定进行校正。

表 A1 电压范围 I ($1\text{ kV}<U_n\leq 252\text{ kV}$) 的设备的标准绝缘水平 kV

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定雷电冲击耐受电压(峰值)		额定短时工频耐受电压 (有效值)
		系列 I	系列 II	
3	3.6	20	40	18
6	7.2	40	60	25
10	12	60	75 95	30/42 ³⁰ ;35
15	17.5	75	95 105	40;45
20	24	95	125	50;55

GB/T 18481—2001

表 A1(完)

kV

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定雷电冲击耐受电压(峰值)		额定短时工频耐受电压 (有效值)
		系列 I	系列 II	
35	40.5	185/200 ¹⁾	80/95 ³⁾ ;85	
66	72.5	325	140	
110	126	450/480 ¹⁾		185;200
220	252	(750) ²⁾		(325) ²⁾
		850		360
		950		395
		(1 050) ²⁾		(460) ²⁾

1) 该栏斜线之下数据仅用于变压器类设备的内绝缘。
 2) 220 kV 设备, 括号内的数据不推荐使用。
 3) 为设备外绝缘在干燥状态下之耐受电压。
 注: 系统标称电压 3~15 kV 所对应设备的系列 I 的绝缘水平, 在我国仅用于中性点低电阻接地系统(单相接地故障跳闸时间≤10 s)。

表 A2 电压范围 I ($U_m > 252$ kV) 的设备的标准绝缘水平

kV

系统标称电压 (有效值)	设备最高电压 (有效值)	额定操作冲击耐受电压(峰值)				额定雷电冲击耐受电压 (峰值)	额定短时工频耐受电压 (有效值)	
		相对地	相间	相间与相对地之比	纵绝缘 ²⁾		相对地	纵绝缘
1	2	3	4	5	6	7	8	9 ⁴⁾
330	363	850	1 300	1.50	950	850	1 050	(460)
		950	1 425	1.50		(+295) ¹⁾	1 175	(510)
500	550	1 050	1 675	1.60	1 175	1 050	1 425	(630)
		1 175	1 800	1.50		(+450) ¹⁾	1 550	(680)
							1 675	(740)

1) 栏 7 括号中数值是加在同一极对应相端子上的反极性工频电压的峰值。
 2) 纵绝缘的操作冲击耐受电压选取栏 6 或栏 7 之数值, 决定于设备的工作条件, 在有关设备标准中规定。
 3) 栏 10 括号内之短时工频耐受电压值, 仅供参考。
 4) 开关设备纵绝缘的额定雷电冲击耐受电压由两个分量组成, 一为相对地的额定雷电冲击耐受电压, 另一为反极性工频电压, 其幅值为 $(0.7 \sim 1.0) \sqrt{\frac{2}{3}} U_m$ 。

附录 B

(提示的附录)

交流电气装置的过电压保护

为了保证电力系统发、输、供、配、用电设备的安全,对于系统中出现的暂时和瞬态过电压应采取相应的保护,使其和设备的绝缘水平相配合。本附录提供了交流电气装置过电压保护的一些基本方法。

B1 暂时过电压的保护

B1.1 工频过电压的保护

a) 系统中的工频过电压一般由线路空载、接地故障和甩负荷等引起。对范围Ⅱ的工频过电压,在设计时应结合实际条件加以预测。根据这类系统的特点,有时需考虑几种因素的影响。

通常可取正常送电状态下甩负荷和在线路受端有单相接地故障情况下甩负荷作为确定系统工频过电压的条件。

对于工频过电压应采取措施予以降低。一般主要采用在线路上安装并联电抗器的措施限制工频过电压。在线路上架设良导体避雷线降低工频过电压时,宜通过技术经济比较加以确定。

b) 范围Ⅰ的工频过电压通常无需采取专门措施加以限制,即可达到本标准规定的限值。但应避免在110 kV及220 kV有效接地系统中偶然形成局部不接地系统,并产生较高的工频过电压。对可能形成这种局部系统,低压侧有电源的110 kV及220 kV变压器不接地的中性点应装设间隙。因接地故障形成局部不接地系统时该间隙应动作;系统以有效接地方式运行发生单相接地故障时间隙不应动作。间隙距离的选择除应满足这两项要求外,还应兼顾雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求。

B1.2 谐振过电压的保护

a) 防止发电机自励磁(参数谐振)过电压的方法:

- 1) 使发电机的容量大于被投入空载线路的充电功率;
- 2) 避免发电机带空载线路启动或避免以全电压向空载线路合闸;

3) 快速励磁自动调节器限制发电机同步自励过电压。对于发电机异步自励过电压,仅能用速动过电压继电保护切机来限制其作用时间。

b) 为了防止水轮发电机不对称短路或负荷严重不平衡时产生的谐振过电压,应在水轮发电机转子上装设阻尼绕组。

c) 为防止5.3.3c)所述谐振过电压需在并联电抗器的中性点与大地之间串接一接地电抗器。该接地电抗器的电抗值宜按补偿并联电抗器所接线路的相间电容选择,同时应考虑以下因素:

- 1) 并联电抗器、接地电抗器的电抗及线路容抗的实际值与设计值的变异范围;
- 2) 限制潜供电流的要求;
- 3) 连接接地电抗器的并联电抗器中性点绝缘水平。

d) 为防止5.3.3d)所述谐振过电压,应尽量避免产生2次谐波谐振的运行方式、操作方式以及防止在故障时出现该种谐振的连线;确实无法避免时,可在变电所线路继电保护装置内增设过电压速断保护,以缩短该过电压的持续时间。

e) 为防止5.3.3e)1)所述谐振过电压,运行中应尽量避免引起此种谐振的操作方式。对新建工程可考虑采用电容式电压互感器。

f) 为防止5.3.3e)3)所述谐振过电压,宜在变压器中性点上装设间隙。对该间隙的要求与B1.1b)相同。

g) 为防止5.3.3d)所述谐振过电压,可选取下列措施:

- 1) 选用励磁特性饱和占比较高的电磁式电压互感器;

2) 减少同一系统中电压互感器中性点接地的数量,除电源侧电压互感器高压绕组中性点接地外,其他电压互感器中性点尽可能不接地;

3) 个别情况下,在 10 kV 及以下的母线上装设中性点接地的星形接线电容器组或用一段电缆代替架空线路以减少 X_{C0} ,使 $X_{C0} < 0.01X_m$;

注: X_m 为电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗; X_{C0} 为每相对地的容抗。

4) 在互感器的开口三角形绕组装设 $R_{\Delta} \leq 0.4(X_m/K_{12}^2)$ 的电阻 (K_{12} 为互感器一次绕组与开口三角形绕组的变比)或装设其他专门消除此类铁磁谐振的装置。

5) 10 kV 及以下互感器高压绕组中性点经 $R_{N0} \geq 0.06X_m$ (容量大于 600 W) 的电阻接地。

B2 操作过电压的保护

B2.1 范围 I 线路合闸和重合闸过电压的保护

限制这类过电压的最有效措施是在断路器上安装合闸电阻。当系统的工频过电压符合 5.3.1a) 要求且符合以下参考条件时,可仅用安装于线路两端(线路断路器的线路侧)上的金属氧化物避雷器(MOA)将这类操作引起的线路的相对地统计过电压限制到要求值以下。这些参考条件是:

a) 发电机—变压器—线路单元接线时的参考条件见表 B1

表 B1 仅用 MOA 限制合闸、重合闸过电压的条件

系统标称电压 kV	发电机容量 MW	线路长度 km	系统标称电压 kV	发电机容量 MW	线路长度 km
330	200	<100	500	200	<100
	300	<200		300	<150
				≥ 500	<200

b) 系统中变电所出线时的参考条件

330 kV <200 km

500 kV <200 km

在其他条件下,可否仅用金属氧化物避雷器限制合闸和重合闸过电压,需经校验确定。

B2.2 范围 I 空载线路分闸过电压的保护

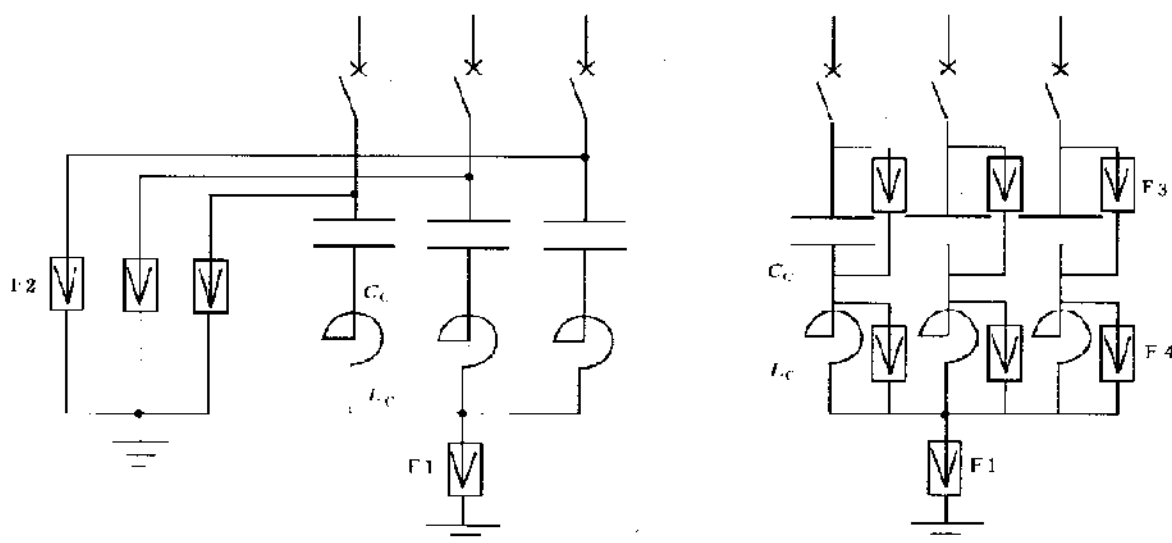
110kV 及 220kV 架空线路宜采用不重击穿断路器,对电缆线路应采用不重击穿断路器,以将操作过电压限制到本标准要求的限值;

对 66kV 及以下不接地、消弧线圈接地及高电阻接地系统,在单相接地条件下需开断空载线路的情况,应采用具有专门防止在此工况下重击穿措施的断路器。

B2.3 开断并联电容器补偿装置过电压的保护

3kV ~ 66kV 系统开断并联电容补偿装置如断路器发生单相重击穿时,电容器高压端对地过电压可能超过 4.0 p.u.,开断前电源侧有单相接地故障时,该过电压将更高。开断时如发生两相重击穿,电容器极间过电压可能超过 $2.5\sqrt{2}U_{LC}$ 。

操作并联电容补偿装置,应采用开断时不重击穿的断路器。对于需频繁投切的补偿装置,应按图 B1a) 装设并联电容补偿装置金属氧化物避雷器 (F1 或 F2), 作为限制单相重击穿过电压的后备保护装置,图中 C_c 和 L_c 分别为并联电容器及其串联的电抗器。在电源侧有单相接地故障不要求进行补偿装置开断操作的条件下,宜采用 F1。断路器操作频繁且开断时可能发生重击穿或者合闸过程中触头有弹跳现象时,宜按图 B1b) 装设并联电容补偿装置金属氧化物避雷器 (F1 及 F3 或 F4)。F3 或 F4 用以限制两相重击穿时在电容器或电抗器极间出现的过电压。当并联电容补偿装置电抗器的电抗率不低于 12% 时,宜采用 F4。



a) 单相重合穿过电压的保护接线

b) 单、两相重合穿过电压的保护接线

图 B1 并联电容补偿装置的避雷器保护接线

B2.4 采用熄弧性能较强的断路器开断激磁电流较大的变压器以及并联电抗补偿装置产生的高幅值过电压,可在断路器的非电源侧装设阀式避雷器加以限制。保护变压器的避雷器可装在其高压侧或低压侧。但高低压侧系统接地方式不同时,低压侧宜装设操作过电压保护水平较低的避雷器。

B2.5 在开断高压感应电动机时,因断路器的截流、三相同步开断和高频重复重击穿等会产生过电压(后两种仅出现于真空断路器开断时)。过电压幅值与断路器熄弧性能、电动机和回路元件参数等有关。开断启动过程中的电动机时,截流过电压和三相同步开断过电压可能超过 $4.0 p.u.$,高频重复重击穿过电压可能超过 $5.0 p.u.$ 。采用真空断路器或少油断路器截流值较高时,宜在断路器与电动机之间装设旋转电机金属氧化物避雷器或 R-C 阻容吸收装置。对于高压感应电动机合闸的操作过电压可不采取保护措施。

B2.6 6 kV 和 10 kV 配电系统以及发电厂用电系统,单相接地电容电流较小(不大于 10 A)时,为防止单相接地间歇性电弧接地过电压,可采用高电阻接地方式。

B3 雷电过电压的保护

系统中出现的雷电过电压其幅值、波形均具有随机性质。试图在系统中消除其出现和影响从技术-经济的观点来看是不合理的。仅能采取各种有效措施将其限值到系统可靠性可以接受的水平。

B3.1 设计和运行中应考虑直接雷击、雷电反击和感应雷电过电压对电气装置的危害。

B3.2 对各电压等级线路可适当选择线路绝缘水平、采用避雷线、设置杆塔接地装置以及采用线路避雷器来减少绝缘子串上闪络的概率。

B3.3 发电厂和变电所内的雷电过电压来自雷电对配电装置的直接雷击、反击和架空进线上出现的雷电侵入波。

a) 应该采用避雷针或避雷线对高压配电装置进行直击雷保护并采取措施防止反击。

b) 应该采取措施防止或减少发电厂和变电所近区线路的雷击闪络并在厂、所内适当配置阀式避雷器以减少雷电侵入波过电压的危害。

c) 需要对采用的雷电侵入波过电压保护方案校验时,校验条件为保护线路一般应该保证 2 km 外线路导线上出现雷电侵入波过电压时,不引起发电厂和变电所电气设备绝缘损坏。

附 录 C
(提示的附录)
参 考 资 料

- [1] GB 311.7—1988 高压输变电设备的绝缘配合使用导则
 - [2] DL/T 596—1996 电力设备预防性试验规程
 - [3] DL/T 620—1997 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
 - [4] IEC 61000-2-5:1995 Electromagnetic compatibility (EMC) --Part 2: Environment—Section 5: Classification of electromagnetic environments—Basic EMC publication
 - [5] CLC/BTTF 68-6(sec)15:1992 Characteristics of electricity supplied by public distribution systems (draft)
 - [6] Mark McGranaghan, Power quality standards
Part 1 —Overview of Power Quality Standards
Part 1 —Standards for Different Types of Power Quality Variations
Power Quality for the Electrical Contractor
 - [7] 德国标准 DIN VDE 0839 电磁兼容性(额定电压 1 000 V 及以下的交流电网电压兼容性水平), 1986 年 11 月, 深圳科尔力电子科技有限公司翻译
-