



中华人民共和国国家标准

GB/T 39462—2020

低压直流系统与设备安全导则

Safety guide for low voltage direct current system and equipment

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

| | |
|---------------------------------|---|
| 前言 | I |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 总则 | 1 |
| 4.1 通则 | 1 |
| 4.2 安全因素的确定 | 1 |
| 5 低压直流系统与设备安全因素 | 2 |
| 5.1 多个电压等级的应用 | 2 |
| 5.2 电源输入的影响 | 2 |
| 5.3 直流对人身伤害的影响 | 2 |
| 5.4 直流电流方向与电源极性的影响 | 2 |
| 5.5 直流电弧的影响 | 2 |
| 5.6 直流纹波的影响 | 2 |
| 5.7 热效应的影响 | 2 |
| 5.8 过电压保护的的特殊性 | 3 |
| 5.9 过电流保护的的特殊性 | 3 |
| 5.10 孤岛效应保护 | 3 |
| 5.11 交直流间的隔离 | 3 |
| 5.12 交流系统与设备故障对直流系统与设备的影响 | 3 |
| 5.13 交直流混合系统与设备中故障的相互影响 | 3 |
| 5.14 接地的影响 | 3 |
| 5.15 插头、插座的电弧影响 | 4 |
| 5.16 电缆和电线选择 | 4 |
| 5.17 元器件的选择 | 4 |
| 5.18 模块化功率组合模式的影响 | 5 |
| 5.19 电磁兼容(EMC)特殊性 | 5 |
| 5.20 安装的影响 | 5 |
| 5.21 可靠性要求的影响 | 5 |
| 5.22 功能安全 | 5 |
| 5.23 通信安全 | 5 |
| 5.24 生命周期的管理 | 5 |
| 参考文献 | 6 |

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国电气安全标准化技术委员会(SAC/TC 25)提出并归口。

本文件起草单位：机械工业北京电工技术经济研究所、上海电器科学研究所(集团)有限公司、江苏和网源电气有限公司、中铁九局集团电务工程有限公司、西门子(中国)有限公司、许继集团有限公司、深圳市飞博激光科技有限公司、苏州电器科学研究院股份有限公司、广安电气检测中心(广东)有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、北京 ABB 低压电器有限公司、施耐德电气(中国)有限公司上海分公司、杭州之江开关股份有限公司、广东产品质量监督检验研究院、佛山市毅丰电器实业有限公司、广东伟照业光电节能有限公司、江门市乐琪电器有限公司、行睿人工智能科技(上海)有限责任公司、上海市安全生产科学研究所、如东县综合检验检测中心。

本文件主要起草人：李锋、季慧玉、朱恬忆、邱晓杰、马红、胡宏宇、周俊华、曾淑君、方晓燕、胡醇、马桂芬、曾雁鸿、李强、林永清、王农、韩志刚、戴水东、吴伟、钟晓晓、董鸿亮、谭焯贺、黄家溢、黄立新、张宏荃、刘杨。

低压直流系统与设备安全导则

1 范围

本文件确立了低压直流系统与设备的安全总体原则和应考虑的安全因素。

本文件适用于直流电压 1 500 V 及以下的直流系统与设备,为其考虑安全因素提供指导。

2 规范性引用文件

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

GB/T 4776—2017 电气安全术语

GB 19517 国家电气设备安全技术规范

GB/T 34924—2017 低压电气设备安全风险评估和风险降低指南

3 术语和定义

GB/T 4776—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压直流系统与设备 low voltage direct current system and equipment; LVDC

电源或输出额定电压不超过直流 1 500 V 的用于发电、变电、输电、配电、储能或用电等用途的电气系统与设备。

4 总则



4.1 通则

GB 19517 规定的基本安全要求适用于本文件。

直流与交流存在差异,除满足 GB 19517 规定的基本安全要求外,低压直流系统与设备还应考虑本文件第 5 章规定的安全因素,以保证在预期的使用和合理预期误用下的安全,并采取相应的防护措施。

低压直流系统与设备自身因素成为安全因素的,按照 GB/T 34924—2017 确定。

4.2 安全因素的确定

低压直流系统与设备的安全因素(亦指风险因素)除按照 GB/T 34924—2017 中附录 A 规定的要求进行考虑之外,还应考虑本文件第 5 章提出的因素。在考虑了安全因素的基础上,按照 GB/T 34924—2017 中规定的方法对低压直流系统与设备进行电气安全风险评估,对残余风险应予以必要的警示,并告知应采取的措施。

5 低压直流系统与设备安全因素

5.1 多个电压等级的应用

由于直流与交流在电压转换原理方面存在差异,并存在同一场所应用不同电压的情况,应考虑多个电压等级同时应用或转换中可能出现的风险,以保障系统与设备的安全。

还应考虑以下场合低压直流电压的影响:

- 不同低压直流源电压;
- 不同传输电压;
- 不同终端设备电压。

如果低压直流系统与设备存在多等级电压,则应考虑多等级电压间的隔离。

5.2 电源输入的影响

电源输入类型包括但不限于:

- 直流(电网)输入,应考虑电压等级匹配,输电网络与用电网络的接地匹配方式;
- 交流(电网)输入,应考虑变压器匹配,同时考虑电能供给的方式,如配备用户侧储能设备可考虑恒功率供电方式;
- 电池(储能)输入,应考虑不同类型的储能元件自身的放电特性对于电网波动的影响,同时储能单元应具备热失控保护能力;
- 综合电源输入,应具备完善的电能综合调度系统以确定新能源电力输入与储能的协调工作。

5.3 直流对人身伤害的影响

直流对人体伤害的影响与交流不同,直流电流作用在人体上的效应有一定的特殊性,应充分考虑其影响并采取相应的防护措施。

即使是特低电压,长期接触也可能造成危险。

有关直流电的要求和技术数据见 GB/T 13870.1、GB/T 17045。

5.4 直流电流方向与电源极性的影响

用电设备的使用及保护控制设备的选用中,应关注低压直流电流的方向性和电源电压极性对其安全性的影响,采取相应的应对措施。

5.5 直流电弧的影响

稳态的直流电流没有过零点。

如果低压直流系统与设备在分断各种电流过程中产生不期望的直流电弧,应考虑其影响,避免直流电弧产生的安全风险。

5.6 直流纹波的影响

低压直流系统的直流纹波会对系统中的电气设备运行造成影响,继而影响低压直流系统与设备的整体运行。应考虑消除直流纹波影响的措施,或规定限制直流纹波的要求。

5.7 热效应的影响

低压直流系统与设备中,电能转换设备在使用过程或电能存储设备在充电过程时存在产生较高热

效应的可能。

应考虑热效应对其他绝缘材料及相邻部件的影响。

必要时应考虑热效应对热电偶等监测(视)设备测量精度的影响。

5.8 过电压保护的的特殊性

产生过电压的原因包括但不限于：

——对地电容作用；

——直流系统与设备的运行及操作过程；

——转换元件的损坏；

——大气过电压等。

直流过电压存在对人身、设备带来潜在伤害的风险,应根据直流过电压的成因,采取相应措施。

此外,直流过电压方向会对被保护体和保护设备自身保护的有效性产生影响,应进行有效的防护。

5.9 过电流保护的的特殊性

应考虑低压直流系统中设备的耐受过载能力与交流存在差异,以保证过电流保护的选择性和可靠性。例如,由于低压直流系统与设备(如光伏板、电池组和电能转换元件)中的短路电流耐受能力的特殊性,直流系统与设备的短路保护应与过载保护统筹考虑。

应根据直流过电流的成因,采取相应的防护措施。

5.10 孤岛效应保护

孤岛效应保护应与其所接入公共电网的保护相配合。发生孤岛现象时,应快速切除并网点。孤岛保护装置需具备过电压、低电压、逆功率等保护功能。孤岛效应保护配置应与中性点接地方式相适应。

5.11 交直流间的隔离

除非系统与设备均是低压直流的,否则应考虑有效的措施,使交流设备与低压直流设备尽可能用物理的方式隔离,至少在电气上应保持安全的隔离(不包含变流装置,变流器内的隔离变压器可以认为是安全隔离的)。

5.12 交流系统与设备故障对直流系统与设备的影响

绝大部分的直流系统及设备均与交流系统及设备存在联系。

交流系统与设备的故障会对电能转换设备、直流系统与设备造成损坏,或使保护设备产生不必要动作。因此,直流系统设计及保护元件选用时,应考虑“相邻”交流系统与设备故障可能产生的影响,并采取相应的防护措施。

5.13 交直流混合系统与设备中故障的相互影响

对于交直流混合系统及设备,直流系统及设备的故障也会对交流系统及设备产生影响。因此,在系统及设备设计时,应充分考虑交直流间的相互影响,并采取相应的防护措施。

5.14 接地的影响

不同的低压直流设备的接地型式不同,其安全因素的影响不同。

低压直流设备不同接地型式会影响接地的安全性。低压直流配电系统宜采用 IT、TN 接地型式,

不宜采用 TT 接地型式。

采用 IT 高电阻接地的系统中应配置绝缘监测装置。绝缘监测装置应具备故障定位功能。接地电阻宜在 $10\text{ k}\Omega\sim 30\text{ k}\Omega$ 范围内选择。宜选用直流剩余电流检测装置作为单点接地连续运行时的后备保护措施。

TN-S 接地方式中故障特征明显,易于识别和分级选线保护。应配备高可靠性的直流系统用剩余电流动作保护器(简称 DC-RCD)及直流断路器。

TT 接地方式中接地故障电流较小,有利于开断线路,但故障识别和选线困难,应用难度较大。

直流接地系统与交流系统并网时应考虑对现有交流接地装置电腐蚀的影响。

5.15 插头、插座的电弧影响

插头、插座在插拔过程中产生的电弧影响是危险的,容易导致触头材料的烧蚀,影响产品的可靠性和寿命。触点开断时产生的拉弧现象可能会引起窜电,极易引起误动作或损坏电气控制设备,甚至可能引燃周边物体,严重时会导致重大事故的发生。

即插即用类产品,应考虑合适措施避免插拔过程产生的电弧。

极性是重要的安全因素。直流插头、插座应从插销型式上与交流插头、插座相区别,防止误插。

直流插座的插孔和插头的插销之间应保证极性一致,应从结构设计上区分正、负极性。

5.16 电缆和电线选择

影响电缆和电线选择的因素有电压等级、传输功率、导体线径和允许的压降等。双极母线的额定电压应按照双极间电压确定。

直流线缆应明显标识其正、负极性。具体颜色标识见 GB/T 4026—2019。

5.17 元器件的选择

5.17.1 一般要求

低压直流系统中元器件的选择应考虑极性、保护器件的动作时间和选择性等因素。

5.17.2 过电流保护

低压直流系统过电流保护电器可以选择断路器或熔断器。

对于断路器应注意是否有极性的标识,按照制造商给出的串、并联方法与接线图进行安装。考虑到反向故障电流的影响,推荐选用无极性、具有灭弧功能的直流断路器或无极性的直流熔断器。

直流负荷接入直流母线处应采用具有隔离功能断路器,分断能力应大于反向故障电流,并需具备极间电压通断能力。

当采用母线电压作为控制信号时,断路器不应配置欠压、过压脱扣装置。

熔断器的保护特性,例如时间-电流特性、截断电流和分断能力受时间常数影响较大,不同低压直流系统应考虑其直流线路的时间常数进行合理选型。

5.17.3 剩余电流保护

对于数据中心电源系统、直流微电网电源系统、光伏汇流及控制系统等直流电源系统的保护,应选用直流系统用剩余电流动作保护器(简称 DC-RCD)。

额定直流剩余动作电流不超过 80 mA 的无延时型 DC-RCD 可以在电击防护措施失效的情况下,提供附加保护。

额定直流剩余动作电流不超过 300 mA 的 DC-RCD 可以对持续接地故障电流引起的火灾危险提供防护。

IT 系统中,DC-RCD 可作为绝缘监测装置的后备保护。

5.17.4 过电压保护

雷电引起的暂态过电压及开关元件的操作过电压都会对低压直流系统及其设备产生损害,宜考虑相应的措施。

通信和信号系统、光伏系统、铁路通信、电力电子系统以及其他直流系统等在选取电涌保护器作为过电压防护时,相关规定见 GB/T 18802.31—2016。

5.18 模块化功率组合模式的影响

由于直流系统中电源组成结构的特殊性,为实现系统的电压及功率要求,光伏元件、电池及各类电能转化元件等多数采用模块化组合的模式。通常,模块化功率结构会对安全构成影响,在系统设计及元件选用时,应考虑各功率模块间的相互影响和电气安全要求。

5.19 电磁兼容(EMC)特殊性

通常,低压直流系统与设备的 EMC 有一定的特殊性,如果这些特殊性影响到电气安全水平,应考虑将其作为安全因素之一。

5.20 安装的影响

由于直流电的特殊性,系统安装时应充分考虑运行时对地电容对系统安全的影响,在安装中最大限度地减少其对系统安全的影响。

5.21 可靠性要求的影响

如果存在特殊性,应考虑将低压直流系统与设备的运行、操作等影响可靠性的因素作为安全因素加以管控。

5.22 功能安全

由于直流系统与设备功能及电气性能的特殊性,直流系统会使用某些监控模块实现其保护及其他附加功能。

当应用这些与系统基本运行无直接关系的功能模块时,应考虑其安全要求,既不影响直流系统中基本控制保护元件的正常功能,也不应造成直流系统中出现其他安全问题。

5.23 通信安全

如果存在特殊性,则应考虑其对安全水平的影响。

5.24 生命周期的管理

如果存在特殊性,应建立低压直流系统与设备生命周期的管理,使其安全水平在生命周期内保持不变。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4026—2019 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识
- [2] GB/T 13870.1 电流对人和家畜的效应 第1部分:通用部分
- [3] GB/T 17045 电击防护 装置和设备的通用部分
- [4] GB/T 18802.31—2016 低压电涌保护器 特殊应用(含直流)的电涌保护器 第31部分:用于光伏系统的电涌保护器(SPD)性能要求和试验方法
-