

ICS93.040

P28

备案号:



中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 823—201X

代替 JT/T 823—2011

大型公路桥梁中压配电系统技术条件

Technical conditions of medium-voltage power distribution system of
large highway bridges

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

201X-××-××发布

201X-××-××实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 中压配电系统的一般特性	3
5 中压配电设备和电缆的选择	4
6 中压配电系统的安全防护	6
7 中压配电系统的自动化	7
8 中压电气装置的安装	8
9 中压电气装置的检验	8
10 中压配电系统的设备状态评估	8
附录 A (资料性附录) 小容量配电变压器低压侧单相对地短路电流及低压最大供电半径计算值	10
附录 B (资料性附录) 中压交联聚乙烯绝缘电力电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值	14
附录 C (规范性附录) 中压配电系统的设备状态评估标准	16
参考文献	20

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JT/T 823—2011《大型公路桥梁中压配电系统技术条件》。与 JT/T 823—2011 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了标准适用范围的表述（见第 1 章）；
- 增加了九个规范性引用文件（见第 2 章）；
- 修改了中压的术语和定义（见 3.1）；
- 修改了中压开关设备和控制设备的术语和定义（见 3.4）；
- 修改了埋地式变压器的术语和定义（见 3.8）；
- 增加了电气装置、设备和设备状态评估的定义（见 3.9~3.11）；
- 修改了中压配电系统的表述（见 4.1.1）；
- 修改了中压配电系统电压选择的表述（见 4.1.1）；
- 修改了系统接地的要求（见 4.3.1）；
- 增加了对系统接地电阻的设计要求（见 4.3.4）；
- 增加了对中压配电变压器的能效要求（见 5.4.1）；
- 修改了对中压配电网导体及屏蔽层最小截面的要求（见 5.5.2、5.5.3）；
- 修改了中压配电自动化系统的组成及功能要求（见 7.4）；
- 调整了中压电气装置的安装条文顺序（第 8 章）；
- 增加了对中压电气装置的安装抗震要求（见 8.1）；
- 增加了对中压电气装置的巡视检查和试验要求（见 9.2）；
- 增加了对中压配电系统的设备状态评估要求（见第 10 章）；
- 修改了附录 A（资料性附录）小容量配电变压器低压侧单相对地短路电流及低压最大供电半径计算值；
- 增加了附录 C（规范性附录）中压配电系统的设备状态评估标准。

本标准由全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会(SAC/TC223)提出并归口。

本标准主要起草单位：江苏中压电气工程集团有限公司、江苏交通控股有限公司、安徽省交通控股集团有限公司、宁波市杭州湾大桥发展有限公司。

本标准参加起草单位：中交公路规划设计院有限公司、中设设计集团股份有限公司、北京交科公路勘察设计研究院、扬州大学、江苏润扬大桥发展有限责任公司、重庆市城市建设投资(集团)有限公司、重庆市城投路桥管理有限公司、湖北联合交通投资开发有限公司。

本标准主要起草人：蔡泽斌、吴赞平、段海鹏、王金权、孟凡超、戴明星、翁双安、杨根成、张立奎、王立山、张维苏、周正兴、王艳艳、刘晓娣、乔梅梅、张志明、钱立峰、胡涛、曹佰杨、

曹威、钱凤翔、徐永明、王承海、戴俊祥、胥通斌。

本标准所代替标准的发布情况为：JT/T 823—2011。

大型公路桥梁中压配电系统技术条件

1 范围

本标准规定了大型公路桥梁中压配电系统的一般特性、配电设备和电缆的选择、安全防护、自动化及中压电气装置的安装、检验与设备状态评估要求。

本标准适用于大型公路桥梁及其接线、隧道等长距离分散性负荷与公共电网相隔离的用户侧中压配电系统。

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 156 标准电压

GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语

GBT2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备

GBT2900.71—2008 电工术语 电气装置

GBT 2900.95—2015 电工术语 变压器、调压器和电抗器

GB 16895.21 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护

GB 16895.28 低压电气装置 第7-714部分：特殊装置或场所的要求 户外照明装置

GB 20052 三相配电变压器能效限定值及能效等级

GB/T 32893 10kV及以上电力用户变电站运行管理规范

GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50053 20kV及以下变电所设计规范

GB 50054 低压配电设计规范

GB/T 50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范

GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范

GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

GB 50303 建筑电气安装工程施工质量验收规范

GB 50981 建筑机电工程抗震设计规范

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.20、GB/T 2900.71、GB/T 2900.95 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中压 medium voltage (MV)

用于大型公路桥梁及其接线、隧道等长距离分散性负荷配电系统、高于1 kV并低于20kV的交流电压等级。

3.2

分散性负荷 dispersed loads

分散布置于大型公路桥梁中的小容量负荷，如桥梁照明、监控、除湿、通风、检修等用电。

3.3

中压隔离变压器 MV isolating transformer

输入绕组与输出绕组在电气上彼此隔离且输入电压与输出电压均为中压的电力变压器。

3.4

中压开关设备和控制设备 MV switchgear and controlgear

中压开关装置及其相关的控制、测量、保护和调节设备的组合，以及这些装置和设备同相关的电气连接、辅件、外壳和支撑件的总装的总称。

[GB/T 2900.20—2016，定义3.1]

3.5

中压保护柜 MV protection cabinet

用于长距离中压配电电缆线路保护，适应分散性照明负荷特点且可频繁通断控制的小型中压开关设备和控制设备。

3.6

中压配电变压器 MV distribution transformer

由较高电压（中压）降至最末级配电电压，直接做配电用的电力变压器。

[GB/T 2900.95—2015，定义3.1.3]

3.7

组合式变压器 combined transformer

本体一次侧装有中压电缆插入式终端、中压限流熔断器、热保护装置，二次侧采用低压电缆引出的密封式中压配电变压器。

3.8

埋地式变压器 buried transformer

可安装在地面以下专用井内的组合式变压器，防护等级为IP68。

3.9

电气装置 electrical installation

相关电气设备的组合，具有为实现特定目的所需的相互协调的特性。

[GB/T 2900.71—2008，定义3.1 826-10-01]

3.10

设备 equipment

单个电器或一组器件或电器，或一个设施的主要器件的组合，或为执行特定任务所需的所有器件。

[GB/T 2900.1—2008，定义3.3.23]

3.11

设备状态评估 assessment for equipment condition

依据设备巡视检查、状态检测与试验结果、缺陷消除和隐患排查治理记录及运行历史资料等，对设备的当期状态开展的综合分析评价工作。

4 中压配电系统的一般特性**4.1 系统结构**

4.1.1 大型公路桥梁及其接线、隧道等长距离分散性负荷中压配电系统（以下简称“中压配电系统”）设备组成包括中压隔离变压器、中压开关设备和控制设备（中压保护柜）、中压配电电缆及分支箱、中压配电变压器（组合式变压器）及低压配电设备等。

4.1.2 中压配电系统宜采用按功能划分的多回路树干式接线。

4.1.3 中压配电变压器的设置应遵循“小容量、短半径、密布点”的原则。当变压器低压配电系统的接地型式为 TN-S 系统时，其低压最大供电半径应根据低压配电线路末端发生单相接地故障时的保护灵敏性要求确定。小容量配电变压器低压侧单相对地短路电流及低压最大供电半径计算值参见附录 A。

4.1.4 桥梁结构内部邻近的不同中压配电回路中配电变压器间，宜设置低压联络线。

4.1.5 中压配电系统的供电电源应符合 GB 50052 和 GB 50053 的规定。

4.2 系统电压

4.2.1 中压配电系统每路馈线容量在 800kVA 及以下时，配电电压宜采用 6kV 或 3kV。中压配电系统每路馈线容量大于 800kVA、配电距离大于 10km 时，配电电压宜采用 10kV。

4.2.2 低压配电电压宜采用 220/380V。

4.2.3 系统电压等级应符合 GB/T 156 的规定。

4.3 系统接地

4.3.1 大型公路桥梁中压配电系统的单相接地电容电流大于 10A 时，系统中性点应采用直接接地

方式或低电阻接地方式，并应符合 GB/T 50064 的规定。

4.3.2 中压配电系统中性点采用直接接地方式时，应校验单相接地故障电流产生的电动力效应和热效应对系统设备和电缆的影响。

4.3.3 中压配电系统中性点采用低电阻接地方式时，接地电阻值的选择应保证长距离配电线路末端发生单相接地时可靠断开故障线路。

4.3.4 中压电气装置应采用共用接地装置，利用桥梁主墩或建筑物的基础钢筋作自然接地极，并实施等电位联结。接地装置的接地电阻应符合 GB/T 50065 的规定，并按最小值要求确定。

4.4 系统无功补偿

4.4.1 主变电站电源进线侧的功率因数应符合当地供电部门的有关规定。

4.4.2 长距离分散性负荷的感性无功功率应单独设置电容器补偿，长距离电缆线路中的小容量配电变压器低压侧不应设置集中补偿电容器组。

4.4.3 无功补偿容量宜按无功功率曲线或无功补偿计算方法确定。计算时应计及长距离中压电缆线路的容性充电功率。长距离中压电缆线路的容性充电功率可根据电缆制造厂提供的工作电容值估算或通过实测获得。中压交联聚乙烯绝缘电力电缆线路的工作电容及充电功率计算值参见附录 B。

4.4.4 空载或轻载运行状态下的长距离中压电缆线路的容性充电功率宜采取下列措施进行补偿：

- a) 长距离中压电缆线路的照明负荷被切除的同时应切除该中压电缆线路；
- b) 不能切除而又处于轻载运行状态下的长距离中压电缆线路采取并联电抗器分散补偿：
 - 1) 并联电抗器的容量可按长距离中压电缆线路容性充电功率的 60%~70% 选取，应避免产生谐振；
 - 2) 并联电抗器应随中压电缆线路的照明负荷投入（退出）的同时退出（投入）运行。

4.4.5 低压无功补偿装置应采用复合开关电器、半导体开关电器等，具有过零自动投切功能。

5 中压配电设备和电缆的选择

5.1 一般要求

5.1.1 中压配电设备和电缆应满足正常运行、检修、短路和过电压情况下的要求，并考虑远景发展。

5.1.2 设置在桥梁结构内部（包括主塔横梁内或平台上）的中压配电设备应采用专门设计或采取适当措施，以适应外部环境（如温度、湿度、震动、盐雾、台风等）的影响。

5.2 中压隔离变压器

5.2.1 主变电站中压隔离变压器宜采用干式变压器，并满足下列要求：

- a) 应选用节能环保、低损耗、低噪音变压器；
- b) 应采用 D,yn11 联结组别；
- c) 与配电装置同室布置的干式变压器，应带有防护等级为 IP4X 的外壳、温控温显装置和风机

等。

5.2.2 中压隔离变压器的容量不宜小于负荷侧所有中压配电变压器的容量之和。

5.3 中压开关设备和控制设备

5.3.1 桥梁结构内部中压配电系统应采用小型开关设备和控制设备，馈线柜应采用适应长距离分散性负荷特点专门设计的中压保护柜。

5.3.2 中压保护柜的主开关电器应能开断长距离电缆线路充电电流。中压交联聚乙烯绝缘电力电缆线路的充电电流计算值参见附录 B。

5.3.3 桥梁照明（景观照明）中压配电系统的断电控制宜设置在主变电站中压保护柜处，其主开关电器的电气寿命应能满足照明频繁控制的要求。中压保护柜的主开关电器宜采用 SF6 接触器与熔断器组合电器。

5.3.4 中压保护柜宜配置自动检测和显示中压配电系统对地绝缘电阻的装置。当中压配电系统对地绝缘电阻值低于 GB50150 的规定时，禁止主开关电器合闸。

5.3.5 中压开关设备和控制设备应具备“五防”闭锁功能，配置带电指示器和电缆故障指示器。处在高潮湿环境中宜在设备内加装除湿电加热器。

5.4 中压配电变压器

5.4.1 中压配电变压器应采用适应长距离分散性负荷特点专门设计的小容量组合式变压器，并满足下列要求：

- a) 应选用节能环保、寿命期内免维护或少维护变压器，其空载损耗、负载损耗值不应高于 GB 20052 中 2 级能效的规定；
- b) 应采用 D,yn11 联结组别。额定容量在 50kVA 以下时，宜采用 Y,zn11 联结组别；
- c) 安装在桥梁接线用地范围内的埋地式变压器应选择油浸式变压器，其防护外壳应为 IP68，并具有抗腐蚀措施；
- d) 安装在桥梁结构内部（包括主塔横梁内或平台上）、隧道配电洞室内的变压器应选择干式绝缘或非可燃性液体绝缘变压器。干式绝缘变压器防护外壳不低于 IP45，并具有抗腐蚀措施。

5.4.2 组合式变压器可根据需要采用三相变压器或中压侧额定电压等于三相系统标称电压的单相变压器。

5.4.3 组合式变压器负荷率不宜大于 0.7，最高不应大于 0.8。

5.4.4 组合式变压器与中压电缆的连接应安全可靠，便于安装和维护并适应变压器外壳防护要求。中压电缆插入式终端额定电流应大于中压配电路最大负荷电流，且不应低于 80A。

5.4.5 中压电缆插入式终端盒的母线及馈出均应绝缘封闭，进出线均应配备带电显示器或防止带电插拔的联锁装置。

5.5 中压配电网

5.5.1 中压配电电缆宜采用三相统包型交联聚乙烯绝缘铜芯电力电缆，根据敷设环境采用铠装或防水外护套。敷设在大型公路桥梁主塔、箱梁、锚碇等结构内部的配电电缆应采用无卤低烟阻燃型。

5.5.2 中压配电电缆导体截面应满足允许温升、电压损失、短路热稳定及单相接地故障保护灵敏性等条件，其最小截面不应低于 25mm^2 。

5.5.3 中压配电电缆的金属屏蔽层截面应满足在单相接地故障或不同地点两相同时发生故障时短路容量要求。中压配电系统采用直接接地方式或低电阻接地方式，中压配电电缆应采用铜丝屏蔽型，其屏蔽层截面不应低于 25mm^2 。

5.6 中压配电电缆分支箱

5.6.1 中压配电电缆分支箱应采用小容量插拔式馈出结构的产品。其额定电流应大于中压配电线路最大负荷电流，且不应低于 80A。

5.6.2 中压配电电缆分支箱不宜超过四个单元，母线及馈出端均应绝缘封闭，进出线均应配备带电显示器或防止带电插拔的联锁装置，所有出线应配置电缆故障指示器。

6 中压配电系统的安全防护

6.1 一般要求

6.1.1 中压配电系统在出现过负荷、相间短路、接地故障、过电压及欠电压等故障和异常运行状态时应有相应保护，作用于切断供电电源或发出报警信号。

6.1.2 中压配电系统的保护应满足可靠性、选择性、速动性和灵敏性的要求。保护装置应采用微机型，并应符合 GB/T 50062 的规定。

6.2 中压配电线路的电流保护

6.2.1 中压配电线路的相间短路，宜采用中压限流熔断器保护，或装设微机过电流保护和延时电流速断保护，保护应动作于切断供电电源。

6.2.2 中压配电线路应采用动作特性能适应照明装置的起动电流大、长距离中压配电线路末端故障电流小等特点的微机电流保护装置。

6.2.3 中压配电线路的单相接地故障，应装设微机零序电流保护。零序电流保护的動作整定值不应小于长距离电缆线路的单相接地电容电流的 1.3 倍，保护延时 0.2s 动作。

6.2.4 中压配电线路的过负荷，应装设过负荷保护。保护宜带时限动作于信号，必要时动作于跳闸。

6.2.5 当中压配电线路采用白天断电而夜间通电的运行方式时，中压配电线路上宜装设微机绝缘监测装置。

6.3 中压配电变压器的电流保护

6.3.1 中压配电变压器的绕组相间短路，可采用中压限流熔断器保护。限流熔断器的熔体电流应与变压器容量相匹配。

6.3.2 照明配电变压器的过负荷，应装设过负荷保护。保护采用埋设在变压器绕组内的热保护装置作用于变压器低压侧总断路器跳闸。

6.4 中压配电系统的过电压和欠电压保护

6.4.1 中压配电系统应设置雷电侵入波过电压保护。同一回路中压配电电缆的首端和末端应装设氧化锌避雷器，其中连接的配电变压器中压侧可不装设避雷器。

6.4.2 中压配电变压器低压侧应装设符合 I 级分类试验标准的电涌保护器。

6.4.3 中压配电系统应装设欠电压保护，在系统出现失压时，动作于跳闸或报警。

6.5 中压电气装置的基本防护（直接接触防护）

6.5.1 中压电气装置应采用遮拦和外护物进行永久性防护。遮拦或外护物应牢固地加以固定。

6.5.2 中压配电系统的隔离开关、电缆插入式终端应具有防误操作联锁装置。

6.6 中压电气装置的故障防护（间接接触防护）

6.6.1 中压电气装置的间接接触防护应采取自动切断电源方式。

6.6.2 采取自动切断电源进行间接接触防护时，中压电气装置的外露可导电部分应进行保护接地，桥梁结构内部应作等电位联结。

6.6.3 中性点直接接地或低电阻接地的三相三线制中压配电系统，电气装置所有外露可导电部分应通过保护导体与系统中性点接地点相连接，系统中性点应在中压隔离变压器处或附近接地。保护导体的连接应连续可靠。

6.6.4 保护导体可利用中压配电电缆的金属铜丝屏蔽层、电缆铠装层或另敷设一根截面不小于 25mm^2 的铜导体。

6.6.5 中压配电系统的间接接触防护可采用零序电流保护，发生接地故障时，零序电流保护装置应在规定时间内切断电源。

6.6.6 低压配电系统的间接接触防护应符合 GB 16895.21、GB 16895.28 和 GB 50054 的规定。

6.6.7 大型公路桥梁低压配电系统的接地型式应采用 TN-S 系统。对无等电位联结条件的桥梁接线照明装置，配电变压器中压侧为直接接地或低电阻接地系统时，低压配电系统的接地型式应采用 TT 系统。

6.6.8 低压 TN-S 系统采用过电流保护电器兼作间接接触防护时，应校验其保护灵敏性。

7 中压配电系统的自动化

7.1 中压配电系统应结合大桥运行管理特点，同步建设配电自动化系统。

7.2 中压配电自动化系统的远方监控中心宜设置在大型公路桥梁主变电站内，也可根据需要设置在大桥管理中心的监控中心内。

7.3 中压配电自动化系统的远方监控中心应对所辖范围内所有无人值守中压变电站、中压配电变压

器及低压配电设备进行远方监控。对中压配电电缆分支箱进行远程监测。

7.4 中压配电自动化系统主要由配电主站、配电子站（可选）、配电终端和通信信道组成，应满足国家及电力行业相关标准的基本功能要求。中压配电自动化系统通过信息交互总线与其他应用系统（如运行维护云平台）实现信息共享，满足有关功能的扩展和综合性应用的需求。

8 中压电气装置的安装

8.1 中压电气装置的安装应符合 GB50303 的规定。中压电缆线路的安装应符合 GB 50168 的规定。接地装置的安装应符合 GB 50169 的规定。安装在桥梁结构内部的中压电气装置应按 GB 50981 的规定采取抗震措施。

8.2 中压电气装置的安装，应按已批准的施工图设计文件和生产厂家提供的说明书进行安装，施工单位和电气专业人员应具备相应资质，并选用符合规范规程要求的材料。

8.3 按照第 5 章规定的电气设备的特性，在安装工程中不应受到损害。

8.4 中压电气装置应设置警告牌或告示。

9 中压电气装置的检验

9.1 中压电气装置在投运前、设备大修或重大变更后，均应进行检验，并应符合本标准规定。

9.2 所有中压电气装置应按 GB/T 32893 规定进行定期巡视检查与试验，获得中压配电系统的当期设备状态量。

9.3 所有电气装置外露可导电部分的接地、等电位联结等状况每半年检验一次。

9.4 中压隔离变压器、中压开关设备、中压配电变压器、中压配电电缆的绝缘及连接状况每年检验一次。

10 中压配电系统的设备状态评估

10.1 中压配电系统的设备状态应按 GB/T 32893 规定进行定期评估和动态评估。定期评估应每两年安排一次，对主变电站和运行环境恶劣的设备每年安排一次。设备状态动态评估应根据设备状况、运行工况、环境条件等因素适时开展。

10.2 中压配电设备状态评估范围包括中压隔离变压器、中压开关设备和控制设备、中压配电变压器和中压电缆线路等。变压器、开关设备和控制设备等以台为基本单元开展评估，电缆线路以回路为基本单元开展评估。

10.3 设备状态评估应基于巡视检查与例行试验、诊断性试验、带电检测、在线监测、家族缺陷、不良工况等状态信息，包括其现象强度、量值大小以及发展趋势，结合同类设备的比较，做出综合判断。评估结果宜由专家评审量化确定，中压配电系统的设备状态评估标准见附录 C。

10.4 设备状态评估结果分为以下五类：

- a) 1 类（正常状态）：设备的所有状态量符合标准，设备运行数据稳定；

- b) 2类（注意状态）：设备的一般状态量出现劣化，但不影响设备运行；
- c) 3类（异常状态）：设备的一般状态量明显异常，已影响设备的性能指标或可能发展到严重状态，设备仍能继续运行；
- d) 4类（严重状态）：设备的重要状态量严重劣化，设备只能短期运行；
- e) 5类（危险状态）：设备的重要状态量严重异常，设备需要立即停运。

10.5 依据设备状态评估结果、针对设备运行状况，实施设备状态检修工作，原则如下：

- a) 对1类（正常状态）设备，按标准要求定期进行巡视检查；
- b) 对2类（注意状态）设备，进行全面仔细地巡视检查，并缩短巡视周期，确保设备运行状态可控；
- c) 对3类（异常状态）设备，进行有效监控、必要时停电检修；
- d) 对4类（严重状态）设备，应尽快停电检修，必要时更换；
- e) 对5类（危险状态）设备，应及时更换。

10.6 为确保中压配电系统的安全可靠运行，对符合下列情况之一的设备应予更换：

- a) 国家明令淘汰的电气设备；
- b) 设备状态评估结果为5类（危险状态）的设备和评估结果为4类（严重状态）及以下的中压配电变压器；
- c) 已运行15年以上、设备状态评估结果为3类（异常状态）且能效不符合GB 20052规定的中压配电变压器；
- d) 存在家族性缺陷、故障频繁且无配件更换的变压器、开关设备和控制设备。

附录 A

(资料性附录)

小容量配电变压器低压侧单相对地短路电流及低压最大供电半径计算值

A.1 总则

大型公路桥梁长距离分散性负荷采用小容量配电变压器供电，低压配电系统的接地型式采用 TN-S 系统，且多采用过电流保护电器（如低压微型断路器）兼作低压电气装置的间接接触防护。由于配电变压器容量不大，低压配电电缆导体截面较小，线路末端单相对地短路电流很小。因此，在进行工程设计时，应进行校验。

A.2 计算公式

低压 TN-S 系统中发生单相对地短路时，若不计故障点阻抗时，单相对地短路电流为：

$$I_d = \frac{220V}{\sqrt{(R_{\Sigma L-PE}^2 + X_{\Sigma L-PE}^2)}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

I_d ——单相对地短路电流，单位为千安（kA）；

$R_{\Sigma L-PE}$ 、 $X_{\Sigma L-PE}$ ——故障回路所有元件的总相—保护导体电阻、电抗，单位为毫欧（ $m\Omega$ ），包括配电变压器中压侧系统、配电变压器、低压母线及配电线路等元件的相—保护导体电阻、电抗。

A.3 计算条件

A.3.1 变压器 10（6）kV 侧短路容量取 200MVA 和 50MVA 计算。变压器容量 S 、阻抗电压 $U_k\%$ 负载损耗 ΔP_k 等参数取自 GB/T 10228—2015，符合 GB 20052—2013 表 1 中 2 级能效规定取值。

A.3.2 计算时不考虑变压器至低压配电箱的电源进线及母线相—保护导体阻抗。

A.3.3 低压配电线路采用交联聚乙烯绝缘铜芯电缆，其相—保护导体电阻、电抗取自《工业与民用供配电设计手册》。

A.4 计算结果表

配电变压器容量为 30kVA、50kVA、100kVA 时低压配电线路单相对地短路电流计算值分别见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 变压器容量为 30kVA 时低压配电线路单相对地短路电流计算值

变压器技术参数		$S=30\text{kVA}$, $\Delta P_k=0.63\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)		5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
线路长度 m	中压系统短路容量 MVA	变压器容量为 30kVA 时低压配电线路单相对地短路电流 (kA)				
5	50	0.95	0.98	0.98	0.99	1.01
	200	0.96	0.98	0.99	0.99	1.01
50	50	0.52	0.65	0.70	0.73	0.81
	200	0.52	0.65	0.70	0.73	0.81
100	50	0.33	0.45	0.51	0.54	0.65
	200	0.33	0.45	0.51	0.54	0.65
150	50	0.24	0.34	0.39	0.43	0.54
	200	0.24	0.34	0.39	0.43	0.54
200	50	0.19	0.27	0.32	0.35	0.46
	200	0.19	0.27	0.32	0.35	0.46
250	50	0.15	0.22	0.27	0.29	0.40
	200	0.15	0.22	0.27	0.29	0.40
300	50	0.13	0.19	0.23	0.25	0.35
	200	0.13	0.19	0.23	0.25	0.35
350	50	0.11	0.17	0.20	0.22	0.31
	200	0.11	0.17	0.20	0.22	0.31
400	50	0.10	0.15	0.18	0.20	0.28
	200	0.10	0.15	0.18	0.20	0.28
450	50	0.09	0.13	0.16	0.18	0.25
	200	0.09	0.13	0.16	0.18	0.25
500	50	0.08	0.12	0.15	0.16	0.23
	200	0.08	0.12	0.15	0.16	0.23

表 A.2 变压器容量为 50kVA 时低压配电线路单相对地短路电流计算值

变压器技术参数		$S=50\text{kVA}$, $\Delta P_k=0.91\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)		5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
线路长度 m	中压系统短路容量 MVA	变压器容量为 50kVA 时低压配电线路单相对地短路电流 (kA)				
5	50	1.52	1.58	1.60	1.61	1.64
	200	1.54	1.60	1.62	1.63	1.65
50	50	0.64	0.86	0.95	1.01	1.18
	200	0.64	0.86	0.96	1.01	1.19
100	50	0.37	0.54	0.62	0.67	0.86
	200	0.37	0.54	0.62	0.67	0.87
150	50	0.26	0.39	0.45	0.50	0.67
	200	0.26	0.39	0.45	0.50	0.67
200	50	0.20	0.30	0.36	0.39	0.54
	200	0.20	0.30	0.36	0.39	0.54
250	50	0.16	0.24	0.29	0.32	0.46
	200	0.16	0.24	0.29	0.32	0.46
300	50	0.13	0.21	0.25	0.27	0.39
	200	0.13	0.21	0.25	0.27	0.39
350	50	0.11	0.18	0.21	0.24	0.34
	200	0.11	0.18	0.21	0.24	0.34
400	50	0.10	0.16	0.19	0.21	0.31
	200	0.10	0.16	0.19	0.21	0.31
450	50	0.09	0.14	0.17	0.19	0.28
	200	0.09	0.14	0.17	0.19	0.28
500	50	0.08	0.13	0.15	0.17	0.25
	200	0.08	0.13	0.15	0.17	0.25

表 A.3 变压器容量为 100kVA 时低压配电线路单相对地短路电流计算值

变压器技术参数		$S=100\text{kVA}$, $\Delta P_k=1.58\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)		5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
线路长度 m	中压系统短路容量 MVA	变压器容量为 100kVA 时低压配电线路单相对地短路电流 (kA)				
5	50	2.73	2.95	3.01	3.04	3.13
	200	2.77	3.00	3.07	3.10	3.20
50	50	0.74	1.09	1.26	1.36	1.75
	200	0.74	1.09	1.26	1.37	1.76
100	50	0.39	0.61	0.72	0.79	1.10
	200	0.39	0.61	0.72	0.79	1.10
150	50	0.27	0.42	0.50	0.55	0.79
	200	0.27	0.42	0.50	0.55	0.79
200	50	0.20	0.32	0.38	0.43	0.62
	200	0.20	0.32	0.38	0.43	0.62
250	50	0.16	0.26	0.31	0.35	0.50
	200	0.16	0.26	0.31	0.35	0.50
300	50	0.14	0.22	0.26	0.29	0.43
	200	0.14	0.22	0.26	0.29	0.43
350	50	0.12	0.19	0.22	0.25	0.37
	200	0.12	0.19	0.22	0.25	0.37
400	50	0.10	0.16	0.20	0.22	0.33
	200	0.10	0.16	0.20	0.22	0.33
450	50	0.09	0.15	0.18	0.20	0.29
	200	0.09	0.15	0.18	0.20	0.29
500	50	0.08	0.13	0.16	0.18	0.26
	200	0.08	0.13	0.16	0.18	0.26

A.5 计算结果表的应用

当采用微型断路器兼作低压配电系统的故障防护（间接接触防护）时，应满足下列条件：

$$I_d/I_{r3} \geq 1.3 \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中：

I_d —— 低压配电线路末端的单相对地短路电流，单位为安培（A），可从表 A.1~A.3 中查得；

I_{r3} —— 微型断路器的瞬时脱扣器动作电流（A），单位为安培（A），对 C 脱扣特性微型断路器，为其额定电流 I_n 的 5 倍~10 倍。取上限 $10 I_n$ 进行校验。

若不满足公式（A.2）要求，则应缩短低压供电半径、增大导体截面或采用 B 脱扣特性（ $3 I_n \sim 5 I_n$ ）微型断路器。若采取上述措施后，仍不满足公式（A.2）要求，则应采用剩余电流保护电器 RCD 作为低压配电系统的故障防护（间接接触防护）。RCD 额定剩余不动作电流应不小于被保护线路和设备的正常运行时泄漏电流最大值的 3 倍。

当小容量配电变压器低压侧采用微型断路器兼着故障防护（间接接触防护）时，其低压最大供电半径计算值见表 A.4~表 A.6。

表 A.4 变压器容量为 30kVA 时低压最大供电半径计算值

变压器技术参数	$S=30\text{kVA}$, $\Delta P_k=0.63\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)	5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
断路器额定电流 (A)	变压器容量为 30kVA 时低压最大供电半径 (m)				
6	512	—	—	—	—
10	297	474	576	648	—
16	176	280	340	381	573
20	135	214	260	292	438
25	102	161	196	220	329
32	72	114	139	155	232

表 A.5 变压器容量为 50kVA 时低压最大供电半径计算值

变压器	$S=50\text{kVA}$, $\Delta P_k=0.91\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)	5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
断路器额定电流 (A)	变压器容量为 50kVA 时低压最大供电半径 (m)				
6	523	—	—	—	—
10	309	493	600	674	—
16	188	300	364	410	617
20	147	235	286	321	483
25	115	183	222	250	375
32	86	137	167	187	281
40	66	104	126	142	212
50	—	77	94	105	157

表 A.6 变压器容量为 100kVA 时低压最大供电半径计算值

变压器	$S=100\text{kVA}$, $\Delta P_k=1.58\text{kW}$, $U_k\%=4$				
低压电缆截面 (mm^2)	5×10	5×16	4×25+1×16	4×35+1×16	4×50+1×25
断路器额定电流 (A)	变压器容量为 100kVA 时低压最大供电半径 (m)				
6	530	—	—	—	—
10	316	505	614	691	—
16	195	312	379	427	644
20	155	248	301	339	510
25	123	196	238	268	404
32	95	151	183	206	310
40	74	119	144	162	243
50	—	93	112	126	190
63	—	—	86	97	145
80	—	—	—	72	108
100	—	—	—	—	80

附录 B

(资料性附录)

中压交联聚乙烯绝缘电力电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值

3kV~10kV 中压交联聚乙烯电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值见表 B.1~B.4。表 B.1~表 B.4 中电缆工作电容值根据 GB/T 12706.2—2008 所规定的结构尺寸计算。

表 B.1 3.6/6kV 交联聚乙烯电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值

电缆导体截面积 (mm ²)	工作电容 (uF/km)	系统标称电压 $U_r=6\text{kV}$	
		充电电流 (A/km)	充电功率 (kvar/km)
3×25	0.242	0.264	2.739
3×35	0.268	0.292	3.034
3×50	0.302	0.329	3.416
3×70	0.346	0.377	3.913
3×95	0.388	0.422	4.380
3×120	0.424	0.461	4.788
3×150	0.468	0.505	5.253
3×185	0.506	0.550	5.719
3×240	0.543	0.591	6.138

表 B.2 6/6kV 交联聚乙烯电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值

电缆导体截面积 (mm ²)	工作电容 (uF/km)	系统标称电压 $U_r=6\text{kV}$	
		充电电流 (A/km)	充电功率 (kvar/km)
3×25	0.192	0.209	2.170
3×35	0.211	0.230	2.385
3×50	0.237	0.258	2.679
3×70	0.269	0.293	3.041
3×95	0.300	0.326	3.391
3×120	0.327	0.356	3.696
3×150	0.357	0.388	4.036
3×185	0.387	0.421	4.375
3×240	0.429	0.467	4.849

表 B.3 6/10kV 交联聚乙烯电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值

电缆导体截面积 (mm ²)	工作电容 (uF/km)	系统标称电压 $U_r=10\text{kV}$	
		充电电流 (A/km)	充电功率 (kvar/km)
3×25	0.192	0.348	6.029
3×35	0.211	0.383	6.625
3×50	0.237	0.430	7.442
3×70	0.269	0.488	8.447
3×95	0.300	0.544	9.420
3×120	0.327	0.593	10.268
3×150	0.357	0.647	11.210
3×185	0.387	0.702	12.152
3×240	0.429	0.778	13.471

表 B.4 8.7/10kV、8.7/15kV 交联聚乙烯电缆线路的工作电容、充电电流及充电功率计算值

电缆导体截面积 (mm ²)	工作电容 (uF/km)	系统标称电压 $U_r=10\text{kV}$	
		充电电流 (A/km)	充电功率 (kvar/km)
3×25	0.158	0.286	4.949
3×35	0.173	0.313	5.417
3×50	0.192	0.348	6.019
3×70	0.217	0.393	6.804
3×95	0.240	0.435	7.536
3×120	0.260	0.472	8.173
3×150	0.283	0.514	8.899
3×185	0.312	0.566	9.806
3×240	0.344	0.623	10.798

附录 C

(规范性附录)

中压配电系统的设备状态评估标准

C.1 中压配电设备各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值

C.1.1 中压隔离变压器各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值见表 C.1。

表 C.1 中压隔离变压器各部件的评估分值、状态量及其最大扣分值

序号	部件名称	部件代号	满分值	分值权重	状态量 / 最大扣分值
1	绕组及套管	P1	100	0.40	绕组直流电阻/ 40, 绕组及套管绝缘电阻/ 40, 接头温度/ 40, 负载率/ 40, 污秽/ 40, 套管外管/ 40, 干式变压器器身温度/ 30, 三相不平衡率/ 20
2	分接开关	P2	100	0.10	分接开关性能/ 15
3	冷却系统	P3	100	0.30	温控装置性能/ 40, 风机运行情况/ 40
4	接地	P4	100	0.10	接地引下线外观/ 40, 接地电阻/ 30
5	标识	P5	100	0.10	标识齐全/ 30

C.1.2 中压开关设备各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值见表 C.2。

表 C.2 中压开关设备各部件的评估分值、状态量及其最大扣分值

序号	部件名称	部件代号	满分值	分值权重	状态量 / 最大扣分值
1	本体	P1	100	0.30	绝缘电阻/ 40, 放电声音/ 40, 主回路直流电阻/ 40, 导电连接点的温升/ 40, SF6 仪表指示/ 40
2	附件	P2	100	0.20	凝露(加热器、温湿度控制器异常)/ 30, 绝缘电阻/ 40, 污秽/ 40, 完整/ 40
3	操作系统 及控制回路	P3	100	0.25	绝缘电阻/ 40, 分合闸操作/ 40, 联跳功能/ 40, 五防功能/ 40, 辅助开关投切状况/ 10
4	辅助部件	P4	100	0.15	接地引下线外观/ 40, 接地电阻/ 30, 带电显示器/ 20, 仪表指示/ 10
5	标识	P5	100	0.10	标识齐全/ 30

C.1.3 中压配电变压器(埋地式)各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值见表 C.3。中压配电变压器(干式)各部件的评估参见表 C.1。

表 C.3 中压配电变压器（埋地式）各部件的评估分值、状态量及其最大扣分值

序号	部件名称	部件代号	满分值	分值权重	状态量 / 最大扣分值
1	绕组及电缆终端	P1	100	0.30	绕组直流电阻/ 40, 绕组及电缆终端绝缘电阻/ 40, 电缆终端接头温度/ 40, 负载率/ 40, 污秽/ 40, 电缆终端外管/ 40, 三相不平衡率/ 20
2	分接开关	P2	100	0.10	分接开关性能/ 15
3	油箱	P3	100	0.10	运行环境/ 40, 密封性/ 40, 油温/ 25, 锈蚀/ 30
4	温度保护	P4	100	0.05	温度保护装置绝缘电阻/ 30
5	绝缘油	P5	100	0.15	绝缘油颜色/10, 交流耐压试验/ 40
6	熔断器盒	P6	100	0.15	熔断器盒密封/ 40, 熔断件安装/ 40,
7	接地	P7	100	0.10	接地引下线外观/ 40, 接地电阻/ 30
8	标识	P8	100	0.05	标识齐全/ 30

C.1.4 中压电缆线路各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值见表 C.4。

表 C.4 中压电缆线路各部件的评估分值、状态量及其最大扣分值

序号	部件名称	部件代号	满分值	分值权重	状态量 / 最大扣分值
1	电缆本体	P1	100	0.20	线路负荷/ 40, 绝缘电阻/ 40, 电缆变形/ 40, 埋深/ 30, 防火阻燃/ 40
2	电缆终端	P2	100	0.20	防火阻燃/ 40, 污秽/ 15, 破损/ 15, 温度/ 15
3	电缆中间接头	P3	100	0.20	防火阻燃/ 40, 破损/ 15, 温度/ 15, 运行环境/ 40
4	接地系统	P4	100	0.10	接地引下线外观/ 40, 接地电阻/ 30
5	电缆通道	P5	100	0.15	防火阻燃/ 40, 电缆井/ 40, 电缆沟环境/ 40, 电缆线路保护区运行环境/ 40
6	辅助设施	P6	100	0.15	牢固/ 30, 标识齐全/ 30, 锈蚀/ 30, 抗震/ 40

C.1.5 中压电缆分支箱各部件的评估分值、评估内容状态量及其最大扣分值见表 C.5。

表 C.5 中压电缆分支箱各部件的评估分值、状态量及其最大扣分值

序号	部件名称	部件代号	满分值	分值权重	状态量 / 最大扣分值
1	本体	P1	100	0.60	绝缘电阻/ 40, 放电声/ 40, 凝露/ 30, 导电连接点的温升/ 40, 污秽/ 40
2	辅助部件	P2	100	0.40	五防功能/ 40, 防火阻燃/ 40, 带电显示器/ 20, 外壳/ 40, 接地引下线外观/ 40, 接地电阻/ 30, 标识齐全/ 30, 锈蚀/ 30

	名称 (P2)				
$m_2 =$; $K_F =$; $K_T =$; $M_2 = m_2 K_F K_T =$; 部件评估状态:					
	...				
	名称 (Pn)				
$m_n =$; $K_F =$; $K_T =$; $M_n = m_n K_F K_T =$; 部件评估状态:					
整体评估结果					
评估得分: $M = \sum K_p M_p \quad (P=1, 2, \dots, n) =$ 其中 $K_1 =$, $K_2 =$, \dots , $K_n =$					
状态评估: <input type="checkbox"/> 1类 正常状态 <input type="checkbox"/> 2类 注意状态 <input type="checkbox"/> 3类 异常状态 <input type="checkbox"/> 4类 严重状态 <input type="checkbox"/> 5类 危险状态					
注意、异常、严重、危险状态设备原因分析（所有 15 分及以上的扣分项均在此栏中反映）: 					
处理建议: 					
评估专家组组长（签字）:				评估日期: 年 月 日	

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准.GB/T 2900.15—2015 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器.北京:中国标准出版社,2016
- [2] 中华人民共和国国家标准.GB/T 2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备.北京:中国标准出版社,2016
- [3] 中华人民共和国国家标准.GB/T 10228—2015 干式电力变压器技术参数及要求.北京:中国标准出版社,2016
- [4] 中华人民共和国国家标准.GB/T 12706.2—2008 额定电压 1kV ($U_m=1.2$ kV) 到 35kV ($U_m=40.5$ kV) 挤包绝缘电力电缆及附件 第 2 部分:额定电压 6kV ($U_m=7.2$ kV) 和 30kV ($U_m=36$ kV) 电缆.北京:中国标准出版社,2008
- [5] 中华人民共和国电力行业标准. DL/T 814—2013 配电自动化系统技术规范.北京:中国电力出版社,2014
- [6] 中华人民共和国电力行业标准. DL/T 1102—2009 配电变压器运行规程.北京:中国电力出版社,2009
- [7] 中华人民共和国电力行业标准. DL/T 1253—2013 电力电缆线路运行规程.北京:中国电力出版社,2014
- [8] 中华人民共和国电力行业标准. DL/T 5725—2015 35kV 及以下电力用户变电所建设规范.北京:中国电力出版社,2015
- [9] 中华人民共和国交通行业标准. JTG/T H21—2011 公路桥梁技术状况评定标准.北京:人民交通出版社,2011
- [10] 中华人民共和国交通行业标准. JT/T 1037—2016 公路桥梁结构安全监测系统技术规程.北京:人民交通出版社股份有限公司,2016
- [11] 国家电网公司企业标准. Q/GDW 645—2011 配网设备状态评价导则.北京:中国电力出版社,2011
- [12] 中国航空工业规划设计研究院,等.工业与民用供配电设计手册(第4版).北京:中国电力出版社,2016