



港口低压配电设计常见问题分析

姚建新

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 在港口低压配电设计实例中, 经常会出现一些不可忽视的常见问题, 譬如变压器进线断路器的瞬时保护不满足选择性要求、开关柜出线电缆截面偏小、消防泵配电回路违反规范的强制性条文、剩余电流保护装置选型不当等。通过工程案例, 分析造成设计差错的原因, 并提出解决问题的思路与方法, 供港口电气设计人员参考。

关键词: 短路电流; 热稳定; 过负荷; 自动转换开关; 剩余电流保护装置

中图分类号: U 653.95

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)08-0094-04

Analysis of Common problems of low-voltage power distribution design of port

YAO Jian-xin

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: There are always noticeable problems in the port low-voltage distribution design. For example, instantaneous protection of the incoming circuit-breaker for the transformer can't meet protection selective requirements, cable sections of L.V switchgears are too small, distribution circuits violate the mandatory provisions, error selections of residual current operated protective devices, and etc. Taking engineering projects as study cases, this paper analyzes the reasons for the design errors, and puts forward train of thought and countermeasures, serving as a reference for port electrical designers.

Key words: short circuit current; thermal stability; over load; automatic transfer switch equipment; residual current protective device

目前, 国内港口工程, 无论是集装箱码头还是散货码头, 都趋向大型化、专业化、自动化发展, 装卸设备, 包括集装箱桥吊、场桥、卸船机、装船机等为了满足生产需要, 装机容量也随之越来越大, 整个码头采取高压供电的单机设备的比重也在不断提高, 因此建设单位、设计部门等各工程参与方对港口工程的高压供配电系统均非常重视, 保证供电的可靠性, 保障港口装卸货物的正常运行。

虽然高压供配电系统对于港口的重要性勿容置疑, 但也不能忽视低压配电系统的重要性, 假如设计方案不合理、设备选型不恰当, 就会给运行单位带来无尽的烦恼, 主要原因就是低压配电

系统已深入到港口的各个角落——生产、后勤、生活保障、对外联络等各个方面, 如发生断电现象就不可能正常运转。因此, 必须重视低压配电系统的设计, 在工程前期把隐患排除掉。

因低压配电系统牵涉诸多方面, 因此不可能对工程实践中发生的所有事故、不合理现象等一一阐述。下面仅针对一些港口工程低压配电设计中的普遍性问题进行分析。

1 变压器进线断路器的保护设置

一般情况下, 变压器进线断路器的长延时过电流整定值、短延时过电流整定值发生错误的现象较少, 但瞬时过电流整定值的选择经常发生错

收稿日期: 2012-02-03

作者简介: 姚建新(1968—), 男, 高级工程师, 从事港口电气设计工作。

误, 与馈出线断路器整定电流无选择性配合。当变电所某一出线回路发生短路故障时, 该断路器与下级断路器同时联跳, 甚至越级跳闸, 使得事故扩大。

某工程变电所内设置1台干式变压器, 容量为800 kVA, 其阻抗电压为6%, 变压器高压侧短路容量为200 MVA, 变压器至进线断路器及低压开关柜内均为铜母排, 规格为TMY-3(100×10)+1(80×8)。回路1(母排首端)的母排长度为6 m, 出线电缆为YJV-4×185, 短路点d2的电缆长度为20 m; 回路2(母排末端)的母排长度为12 m, 出线电缆为YJV-4×4, 短路点d4的电缆长度为10 m。系统接线与断路器的各段过电流整定值见图1。

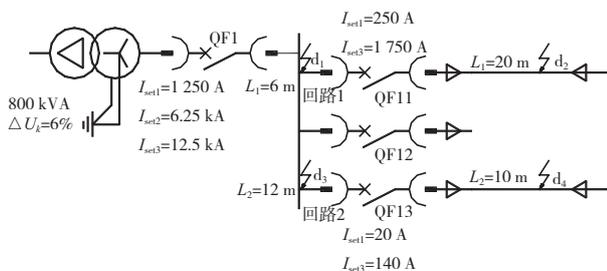


图1 系统接线与电流整定值

根据上述数据, 按照《工业与民用配电设计手册》(第三版)中“短路电流计算”章节的有关要求并查找相关数据^[1], 经计算, 得到各故障点的短路电流(表1)。

表1 短路电流计算

故障点	kA		
	三相短路 电流	二相短路 电流	单相接地 电流
回路1首端d ₁	16.58	14.36	14.83
回路1电缆d ₂	14.61	12.65	11.54
回路2首端d ₃	15.37	13.31	12.83
回路2电缆d ₄	4.83	4.18	1.66

由表1可以看出: 在d₂点发生三相或二相短路时其故障电流均大于进线断路器QF1的瞬时整定电流值(I_{set3}) 12.5 kA, 除QF11跳闸外, QF1也瞬时跳闸, 整个低压系统失电, 将故障事故扩大。如将QF1的 I_{set3} 整定值调高, 又无法满足母排末端d₃发生短路时对母线的保护。在此两难情况下, 考虑到变电所内母排发生短路的概率极小, 且QF1已配置了短延时过电流保护, 为了保证港区供电的

可靠性和连续性, 满足选择性要求, 一般关闭QF1的 I_{set3} 值。

因此, 变压器进线断路器的瞬时过电流保护一定要在计算低压开关柜母排首末端短路电流的基础上进行整定, 如工程设计中缺乏相关的外部数据, 可将瞬时过电流保护功能关闭。

2 变电所低压开关柜出线电缆截面选择

按照《电力工程电缆设计规范》中第3.7节要求, 电缆截面选择一般情况下按温升选择截面, 按容许电压降、机械强度、热稳定、经济电流等进行校验^[2]。但是在工程设计过程中, 部分设计人员对热稳定校验比较忽视, 主要原因为: 1) 外部系统短路容量数据不易取得; 2) 计算过程内容多且较为繁琐。电缆截面偏小, 不能满足热稳定要求, 引起的后果是短路故障时烧毁电缆。

因港口工程占地面积较大, 绝大部分线路较长, 为满足电压偏差的要求, 电缆截面较大, 同时由于断路器全分断时间极短, 且部分断路器具有有限流特性, 因此一般能够满足热稳定要求。但当变压器容量较大, 供电回路容量较小、线路较短, 直接由低压开关柜引接电源时, 电缆截面一般较小, 这时必须进行热稳定校验, 查看电缆截面是否满足规范要求。

图1中QF13为直流电源屏供电回路的非限流型塑壳断路器, 按照《工业与民用配电设计手册》(第三版)中第十一章第一节的计算公式并查找相关数据^[1], 当全分断时间为20 ms时, 回路2出线电缆在不同短路点的最小截面有所不同, 见表2。

表2 不同短路点的电缆最小截面

故障点	短路点d ₃	短路点d ₄
电缆最小截面/mm ²	15.2	4.8

由表2可以看出: 回路2出线电缆按短路点d₄校验热稳定时, 最小截面可选择6 mm²; 当按短路点d₃, 即断路器QF13安装位置处短路校验热稳定时, 最小截面至少选择16 mm²。而工程设计中回路2出线电缆截面仅为4 mm², 不能满足热稳定要求。

为满足热稳定要求，可以采用多种办法：

1) 加大电缆截面，选择YJV-4 × 16电缆。

2) 采用限流型断路器，如选择T1N160-TMD20，其允通能量为0.32(kA)²s，交联电缆最小截面为4 mm²，该回路电缆已满足热稳定要求。

因此，针对小截面电缆，必须校验热稳定，为了减小电缆截面，设计时尽量选择限流型断路器，此外也可以在变电所内独立设置交流电源屏，一些小容量回路可以由该电源屏供电，降低出线回路的短路容量。

3 消防泵配电回路

消防泵配电回路包括变电所至消防泵房的线路、泵房配电与控制回路、泵房内线路等，图2为某工程消防泵配电回路接线图。

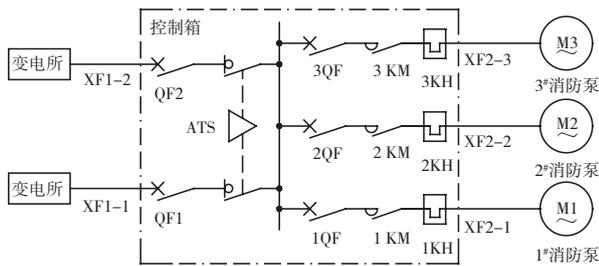


图2 消防泵配电回路接线图

在很多工程设计实例中，变电所至消防泵房的线路采用专用的供电回路，主干电缆（回路XF1-1、XF1-2）或室内分支线缆（回路XF2-1~XF2-3）采用阻燃耐火型，均能满足《建筑设计防火规范》的强制性条文的要求。但是由于对该规范没有完全理解，控制箱内电气元件配置与选型，如自动转换开关、过负荷反馈信号等，因此经常发生一些错误。

3.1 自动转换开关（ATSE）选择

《建筑设计防火规范》中第11.1.5条明确规定：“消防控制室、消防水泵房、防烟与排烟风机房的消防用电设备及消防电梯等的供电，应在其配电线路的最末一级配电箱处设置自动切换装置。”^[3]即消防泵控制箱前端必须采用自动转换开关（ATSE）。ATSE分为PC级和CB级两大类，根据《低压配电设计规范》中第4.3.5条规定：“突然断电比过负载造成的损失更大的线路，其过负载保护应作用于信号而不应用于切断电路。”^[4]

因此消防泵前端ATSE不应使用过载动作的CB级ATSE，只能采用无过载保护功能的PC级ATSE。如果消防泵前端采用CB级ATSE，一旦消防泵过载运行，CB级ATSE动作，灭火工作将不能正常进行，将会造成不可预计的重大损失。

同时消防泵ATSE控制器还应该采用自投不自复方式控制，这样就能够避免在主电源失电后又来电的情况下ATSE来回跳越的现象，减少切换次数为消防灭火赢得宝贵的时间。

3.2 隔离电器选择

根据《低压配电设计规范》第2.1.3条规定：

“当维护、测试和检修设备需断开电源时，应设置隔离电器。”^[4]因此消防泵控制箱进线处应设置断开双回路电源的装置，较多工程设计中忽略了该规范要求，使得运行人员意见不少。对此，可以采取下述2种方式来解决：

1) 市场上PC级ATSE种类多，其中只有三位置型ATSE可以满足上述要求，即ATSE具有主电源接通、备用电源接通、双电源断开三种转换位置，在设计图纸中应强调三位置型要求。

2) 在ATSE前加装检修开关，即图2中的QF1、QF2开关，通常检修开关选择隔离开关。但为了监测线路过负荷情况，尤其在多台消防泵运行状态下要监测电源回路的过负荷情况，隔离开关就不能满足要求，只有选择带有隔离功能的断路器。该断路器按规范要求只能过载报警不脱扣，市场上该类型的断路器极少，CM3系列断路器具备上述功能。采用断路器作为隔离电器，还可以在消防泵控制箱母线短路时防止事故扩大。

同样的原因，单台消防泵控制回路中设置断路器1QF~3QF，且满足过载报警不脱扣的要求。

3.3 过负荷反馈信号

在完成控制箱配电回路设计后，电气设计人员往往会忽略断路器过载报警信号的外送，有的虽在图纸中说明报警信号需外送，但没有说明外送至什么系统，造成信号资源的浪费。因此在施工图设计中，除了将规范要求的单台消防泵的过负荷信号（取自热继电器1~3 KH）反馈外，还需将断路器QF1、QF2的过负荷报警触点通过输入模

块接入火灾自动报警系统,将信号送至消防控制室,让值班人员了解整个消防泵房的运行情况,以便指挥灭火工作。

4 剩余电流保护装置的应用

剩余电流动作保护装置(RCD),是指电路中带电导线对地故障所产生的剩余电流超过规定值时,能够自动切断电源或报警的保护装置。在港口工程设计中应用RCD的场所非常多,不合理使用RCD或RCD选型不当的现象相当普遍。

要正确合理地选择RCD,首先要理解RCD的几个主要参数,如额定剩余动作电流 $I_{\Delta n}$ 、动作时间、极数等,这样才能保证设计的正确性:在发生触电或泄漏电流超过额定值时,RCD应可靠动作;RCD在正常泄漏电流作用下不应动作,防止供电中断而造成不必要的经济损失。

4.1 船舶或大机辅助用电配电箱RCD选择

港口工作船,如港作拖轮、供应船、消防船、交通船等,停靠码头时可使用港口电源。大机设备,如装卸桥、装卸船机、斗轮堆取料机等,在非作业情况下,为节能也可使用港口配置的低压备用电源。

供电箱内配置了大容量插座或接线柱,在工程实例中,其保护断路器RCD的动作电流选择30 mA,结果现场投入使用时就发生跳闸现象,无法正常供电。原因在于:船舶或大机设备内配电线路较长、电动机与灯具较多,按照《工业与民用配电设计手册》中表11-43~表11-45的数据进行计算^[1],一般船舶或大机设备在正常运行时的泄漏电流可达20~30 mA,那么断路器发生跳闸,对线路进行保护,属于正常的保护动作。

为了供电可靠、保护合理,按照《剩余动作电流保护装置安装和运行》,RCD的额定不动作电流不小于最大泄漏电流的2倍,额定动作电流不小于正常泄漏电流的2.5倍^[5],因此供电箱内RCD应选择可调节型的RCD,额定动作电流不小于100 mA,且为了与船舶或大机内部的末端瞬动型RCD配合,满足上下级保护时间差不小于0.2 s的要求,动作时间一般选择0.3 s。

4.2 不间断电源前端RCD选择

为保证供电可靠性,港口计算机信息系统、通信系统等都采用不间断电源(UPS)进行供电,这些系统所在综合办公楼内低压配电系统较为复杂,且绝大多数线路敷设在竖井和吊顶内。为防范电气火灾,楼内一般会设置防火剩余动作监控系统,如果建筑物总配电箱内进线断路器RCD不加分析地采用300 mA或500 mA的动作电流,则反而使UPS不能工作,影响供电可靠性。

UPS本体及所带负载,如计算机与网络类设备等具有特殊的电路结构,相地之间允许有电流泄漏,同时为了使UPS达到相应的EMC标准要求,UPS输入或输出两端配置了谐波滤波器,更加剧了供电线路的电流泄漏程度。依据艾默生公司的各种UPS用户手册,小容量的UPS泄漏电流在3.5~1 000 mA,大容量的UPS泄漏电流在3.5~2 500 mA。可以看出UPS最大泄漏电流远远大于500 mA,所以RCD按常规选择500 mA作为动作电流值,就会使得进线断路器无法合闸进行正常供电。

因此,当办公楼内装设较大容量UPS时,建议供电回路单独由变电所引接电源,进线断路器的RCD选择额定动作电流和动作时间都可调型的RCD,动作电流最大值一般不小于10 A,并根据现场调试情况选择合适的动作电流值,以满足使用要求。

5 结语

要做好低压配电设计,应该全面、准确地理解规范的要求,把握基础参数,做好各项基本计算,合理选择保护电器类型,正确整定各项参数,完整、系统地执行规范的规定,这样才能保证规范的全面实施,确保供电的安全、可靠。

参考文献:

- [1] 中国航空工业规划设计研究院.工业与民用配电设计手册[M].3版.北京:中国电力出版社,2005.
- [2] GB 50217—2007 电力工程电缆设计规范[S].
- [3] GB 50016—2006 建筑设计防火规范[S].
- [4] GB 50054—1995 低压配电设计规范[S].
- [5] GB 13955—2005 剩余动作电流保护装置安装和运行[S].

(本文编辑 郭雪珍)