

建筑配电系统设计常见问题分析

陈 博

武汉正华建筑设计有限公司 湖北武汉 430014

摘 要: 随着我国经济的快速发展,城市化进程不断提高,建筑行业得以高速发展,计算机技术的应用,又将效率进一步提高。为适应这样的快速变化,建筑行业从前期设计,到具体施工过程,都在不断追求效率的提升,将常见的流程模块化、机械化,将速度提升到极致,在建筑设计中曾出现过当天出图的“神话”。模块化设计对效率提升的效果是显著的,刚毕业参加工作,从理论到实践都严重欠缺的情况,在经过短暂培训后,就可以画出施工图。追求效率过程中带来的问题也不容忽视,设计师如果对自己画的图纸不能理解,只是机械的套用模块,会给工程带来各种隐患。本文针对建筑配电系统设计的一些常见的易错问题进行分析,并给出对应的处理意见。

关键词: 供电距离; 接地故障保护; 灵敏性; 分断能力; 限流技术

Analysis of Common Problems in Building Distribution System Design

Bo Chen

Wuhan Zhenghua Architectural Design Co., LTD., Wuhan 430014, China

Abstract: Along with the rapid development of our economy, the process of urbanization and continuous improvement, the construction industry has been able to develop in a high speed, the application of computer technology, and further improve the efficiency. In order to adapt to such rapid changes, the construction industry, from the preliminary design to the specific construction process, is constantly pursuing the improvement of efficiency, modularization and mechanization of common processes, and speed to the extreme. In architectural design, there has been a "myth" of drawing on the same day. The effect of modular design on efficiency improvement is significant, just graduated to work, from theory to practice are seriously lacking in the situation, after a short training, you can draw the construction drawing. The pursuit of efficiency in the process of the problem can not be ignored, if the designer can not understand their drawings, just mechanical modules, will bring a variety of hidden dangers to the project. This paper analyzes some common error prone problems in the design of building distribution system and gives corresponding suggestions.

Keywords: Power supply distance; Ground fault protection; Sensitivity; Breaking ability; Current limiting technique

1 供电距离

工程实例1: 某地下车库

变电所低压配电柜至照明配电总箱: WDZB-YJY-4*35+16, MCCB 100A/3P, 计算电流为81A, 距离为80米;

照明配电总箱至终端照明配电箱: WDZB-YJY-5*10, MCCB 40A/3P, 计算电流为22.8A, 距离为80米;

终端照明配电箱至末端设备: WDZC-BYJ-3*2.5, MCB C16A/1P, 计算电流为3A, 最远供电距离100米;

系统短路容量按200MVA考虑, 配电变压器为SCB13-1250KVA, 本例为常见工程配电场景, 下面来分析本例中出现的问题。

问题1: 变电所低压配电柜出线供电距离过长, 断路器MCCB 100A/3P接地故障保护灵敏度不足。

当线路末端短路时, 根据计算得三相短路电流为5.23kA, 单相短路电流为1.13kA。根据《低压配电设计规范》GB 50054-2011中条文6.2.4的要求“当短路保护电器为断路器时, 被保护线路末端的短路电流不应小于断路器瞬时或短延时过电流脱扣器整定电流的1.3倍”

断路器瞬时脱扣整定值为 $14 \times 100 = 1.4 \text{KA}$, $1.13 \text{kA} / 1.4 \text{kA} = 0.81 < 1.3$, 即断路器保护灵敏度不足。

针对断路器保护灵敏度不足的情况, 下面我们换一个思路考虑。线路单相接地故障电流一定, 可以降低保护脱

扣器的整定电流。针对本例，可将断路器调整为智能型断路器，短延时过电流脱扣整定值为 $4 \times 100\text{A} = 0.4\text{kA}$ ，延时 0.4s ，校验灵敏性： $1.13\text{kA} / 0.4\text{kA} = 2.83 > 1.3$ ，当采用短延时脱扣作为单相接地故障保护时，满足灵敏性的要求。

当断路器不能在规定时间内切断电源时，设备金属外壳可能会带有危险电压，使人处于危险中。根据《低压配电设计规范》GB 50054-2011中条文5.2.5的要求“当电气装置或电气装置某一部分发生接地故障后间接接触的保护电器不能满足自动切断电源的要求时，尚应在局部范围内将本规范第5.2.4条第1款所列可导电部分在做一次局部等电位联结……”可知，当在规定时间内无法切断时，可设置等电位。根据条文5.2.10的要求，先验证总等电位联结装置的有效性，总等电位设置于变配电室，导体阻抗与截面近似成反比，简化计算： $35 > (50/220) \times 16$ ，即总等电位无法对此提供保护，应在照明配电总箱处设置辅助等电位联结。

结论：1. 在配电设计过程中，应对配电线路的单相接地故障保护进行校验，当灵敏不足时，可采用短延时保护。2. 从变配电室直接引出的配电箱应设置在配电间内，配电间应设置辅助等电位联结。

问题2：照明配电总箱出线供电距离过长，断路器MCCB 40A/3P接地故障保护灵敏度不足。

采用短延时保护的分析和问题1，下面对是否在终端照明配电箱处设置辅助等电位联结进行分析。导体阻抗与截面近似成反比，简化计算： $10 < (50/220) \times (10+10+16+35)$ ，即上一级配电总箱处设置的等电位能提供保护，本级配电箱处可不设置辅助等电位联结。

结论：1. 供电距离较远的配电箱应尽量考虑设置在配电间内，并设置辅助等电位联结。

问题3：终端照明配电箱出线供电距离过长，断路器MCB C16A/1P接地故障保护灵敏度不足。

当线路末端短路时，根据计算得三相短路电流为 0.26kA ，单相短路电流为 0.08kA 。当线路末端发生接地故障时，无法提供保护。

结论：1. 终端配电箱应考虑设置在负荷中心，使末端供电距离尽量短；2. 可采用减小断路器瞬时脱扣整定值的办法，采用10A断路器或B型曲线，需要验证是否能启动；3. 当以上方法均无法解决时，可设置剩余电流保护器。

思考：末端灯具为固定类设备，按照《低压配电设计规范》GB 50054-2011中的要求最长切断时间为 5s ，以上分析为按照瞬时切断和短延时切断的情况来分析，脱扣时间远

小于 5s ，要求是否过于苛刻？当在 5s 内切断时，对于微型断路器来说，落在反时限曲线的区间，查曲线脱扣电流约为 $6 \times I_n$ ，远远低于C型曲线瞬时脱扣器 $10 \times I_n$ 的要求，再考虑 1.3 倍系数，即为 $13 \times I_n$ ，供电距离在原有基础上可增加 2 倍多。

回复：对于灯具来说，最长切断时间为 5s 不适用，《低压配电设计规范》设计规范中只说明固定类设备不大于 5s 。查规范《低压电气装置第4-41部分：安全防护电击防护》GB16895.21-2011/IEC60364-4-412005 中411.3.2.2“对于不超过 32A 的终端回路其最长的切断电源的时间”，对于不超过 32A 的终端回路，交流 220V 最长切断时间为不超过 0.4s 。对于微型断路器来说， 0.4s 落在瞬时脱扣保护范围内，所以，当利用断路器作为灯具接地故障保护时，只能利用瞬时脱扣、不超过 0.4s 的短延时保护或采用剩余电流保护。

2 断路器分断能力

工程实例2：某地下车库，距离变配电室最近的防火分区设置电动汽车充电桩，在该防火分区设置充电桩配电总箱，WDZB-YJY-4*70+35，MCCB 160A/3P，计算电流为 124A ，距离为 40m ；

系统短路容量按 200MVA 考虑，配电变压器为SCB13-2000KVA，交流充电桩每个为单相 7kW ，配出断路器为MCB C40/2P。

问题1：充电桩出线断路器分断能力不够。

当充电桩配电总箱处短路时，根据计算得三相短路电流为 16.77kA ，单相短路电流为 6.33kA 。充电桩出线断路器为微型断路器MCB，常用微型断路器分断能力为 6kA ， 10kA ， 15kA ，最高分断能力也仅为 15kA ，低于三相短路电流 16.77kA ，当发生三相短路时，无法安全可靠分断短路电流，断路器分断能力不足。

根据低压三相短路电流计算公式： $I_k = 230 / ((RL+RT+Rm)^2 + (XL+Xr+Xm)^2)^{1/2}$

由计算式可知，其它条件一定情况下，线路阻抗越低，短路电流越大。当配电箱距离变配电室距离较近，且电缆截面较大时，此时短路电流较大。在不考虑其它措施的前提下，可调整设计，降低短路电流。

是否可以不降低短路电流，而通过相关措施提高下级断路器的分断能力，下面介绍断路器的级联和后备保护。级联就是利用断路器的限流技术，在下级给定点允许安装低分断能力的断路器。在下级下游发生过电流故障时，上级断路器在下级分断时协助分断高于下级分断能力的故障电

流，这种协助分断可以通过上下级断路器同时脱扣分断产生电弧，也可以是下级分断而上级触头只轻微拆开燃弧但不脱扣，从而实现上个级断路器在切除下级下游故障时共同燃弧（燃弧时间重合），利用上级脱扣分断或者触头斥开时串联高阻抗电弧限制电流，限制下级开断的能量，确保限制以后的短路电流峰值和焦耳能量不超过下级断路器的动、热稳定的耐受极限，避免下级断路器分断时因动、热稳定不足而损坏，保护下级断路器的安全，进而保障供电系统的安全。级联只能由实验室试验来检验，并且可能的组合只能由断路器制造商来规定，下面为施耐德的级联配合表：

上级断路器	NSX160F	NSX160N	NSX160H
分断能力 (kA rms)	36	50	70
下级断路器	分断能力 (kA rms)		
DPN (230 V 相电压)	10kA	10kA	10kA
DPN N (230 V 相电压)	15kA	15kA	15kA
C65N ≤ 32 A	25kA	25kA	25kA
C65N ≤ 40 A	25kA	25kA	25kA
C65H ≤ 32 A	30kA	30kA	30kA
C65H ≤ 40 A	30kA	30kA	30kA
C65L ≤ 25 A	30kA	40kA	40kA
C65L ≤ 40 A	30kA	40kA	40kA
C65L ≤ 63 A	30kA	30kA	30kA
C120H/L	25kA	25kA	25kA
NG125N	36kA	36kA	36kA
NG125H		40kA	50kA
NG125L		50kA	70kA

由图可知，当上级采用NSX160N型断路器时，下级断路器采用C65N 40A/3P，6kA断路器的分断能力可提高到25kA，满足断路器安装位置发生短路情况下分断能力的要求。

谈到限流，我们了解熔断器的特性，发生短路时，熔断体的狭颈（断口）全部同时熔化，形成了与熔体狭颈数量相同的系列电弧，结果电弧电压保证了电流快速减小直至为零。这种现象称作限流。熔断器具有有限流功能，当短路电流流过熔断器时，熔断器能够在5毫秒的时间内熔断。对比断路器，断路器的短路保护开断时间不小于25毫秒。熔断器具

有限流特性，能快速地切断较高的短路电流。可以利用熔断器在短路情况下快速动作的特性，作为断路器的后备保护，以保证安全。当电路中同时配置熔断器与断路器时，将熔断器设置在断路器前，以实现提前开断短路电流，利用熔断器作为后备保护。

结论：1. 充电桩配电总箱可调整位置，相对设置在负荷中心，增加了主干线路长度，降低短路电流。2. 将原设计1个配电总箱调整为两个，通过减小电缆截面的方式降低短路电流。3. 利用断路器之间的级联作为后备保护，增加下级断路器的分断能力。4. 级联（限流）技术的应用不够普遍，且相关数据只能通过试验取的，可安装熔断器作为后备保护，以提高分断能力。

3 结语

本文中举例均为设计中常见的案例，也是我们在设计工作中经常会遇到的，通过本文分析可知，如果不对具体情况加以分析，可能会埋下很多工程隐患。我们在提高效率的同时，也应该加强理论学习，对于容易疏忽的问题应提高敏感性，发现问题解决问题，在工程中实践中灵活运用。

参考文献：

- [1] 中机中电设计研究院有限公司. GB 50054-2011低压配电设计规范[S]北京：中国计划出版社，2011.
- [2] 中国联合工程公司. GB 50052-2009低压配电设计规范[S]北京：中国计划出版社，2010.
- [3] 中国建筑东北设计研究院有限公司. GB 51348-2019民用建筑电气设计标准[S]北京：中国建筑出版传媒有限公司，2019.
- [4] 中国航空规划设计研究院有限公司. 工业与民用供配电设计手册（第四版）[M]北京：中国电力出版社，2016.