

船舶电气设计中常见问题的处理

孙 武

(中国船级社上海规范研究所 上海 200135)

摘 要:本文介绍了船舶电气设计中常见的一些问题,并从如何满足规范的角度,给出了这些问题的处理方法,其内容对船舶设计、审图和检验具有一定的指导作用。

关键词:船舶设计 电气 选择性保护

1 引言

近几年来,随着 SOLAS 新公约和新规范的生效,在电气方面提出了许多新的要求。在这些要求中,有些要求由于比较原则,往往难以入手;有些要求,由于国内设计单位较少接触,做起来也比较困难。下面就根据自己在工作中的积累,将一些常见的问题及其处理方法加以归纳整理,以期对船舶电气设计、审图和检验有所帮助。

2 供电连续性问题

2.1 主电源的供电连续性

在 SOLAS 公约 1996 修正案中,新增加了第 II -1/41.5 条:“如果船舶推进和操纵必需依靠主电源,则在任何一台运转中的发电机停止工作时,船舶推进、操纵和保证船舶安全所必需的设备应保持供电或者立即恢复(英文为 immediately restored)供电。”除非自航船外,几乎所有海船的推进和操纵都依靠船舶主电源,所以都要满足上述要求。要正确执行这一条,关键是如何理解“立即恢复供电”,为了统一理解,国际船级社协会统一为在 30 s 内恢复供电即为“立即恢复供电”。

30 s 是一个十分严格的指标,即使采用自动方式,也是难实现的,考虑到大多数船舶发电机的配备情况,在设计中可采用下述两种方式来满足:

(1) 船舶正常情况下由一台发电机供电,一台发电机出现故障停机时,应提供措施以保证备用发电机在 30 s 自动起动并连接至主配电板,且该备用发电机应具有足够的容量,以保证重要辅助机械的自动起动或自动顺序起动。

属于这种情况的船舶大多为小船,这种船舶的总吨位一般不会超过 1600 总吨。经过调查,我们发现即使采用自动起动方式,在 30 s 恢复供电也比较困难。考虑到这种情况,对于在有限航区航行的船舶(一般指在国内海域航行的船舶),发电机的总容量为 400 kW 及以下时,可不要求自动起动。

(2) 船舶正常情况由两台或两台以上发电机供电时,当运行中任何一台发电机停止工作后,应设有包括将非重要设备自动卸载,必要时也可将保证居住条件的设备和次重要设备自动卸去等保护措施,以保证航行安全不受到影响。

船舶正常航行情况(指航行状态和进出港状态)下,由两台发电机供电,例如由 G1 和 G2 供电,假设 G1 发生故障停车,应采取自卸载的方法,将非重要负载卸去,以保证发电机 G2 的容量能足以向主推进和操纵所必需的设备供电。在这种情况下,备用发电机 G3 的起动不需要自动起动。为了满足这一要求,在负荷计算时,应对主推进和操纵所必须的负荷进行计算,以确保选择的发电机满足上述要求。

2.2 设备的供电连续性和工作连续性

在船舶的用电设备中,根据设备对航行安全的重要性,可分为重要设备和非重要设备。在重要设备中,又分为主重要和次重要设备。所谓主重要设备系指为保持推进和操舵需连续工作的设备;次重要设备系指为保持推进和操舵不必连续工作的设备,但这些设备是保持船舶安全所必需的设备。

在船舶电力系统设计时,要保证主重要设备的供电连续性和次重要设备的工作连续性。如图 1 所示,在供电连续性中,由断路器供电的设备出现故

收稿日期:2002-08-15

障, 仅导致断路器②脱扣, 而断路器①不脱扣, 这样就保证由断路器③供电设备的连续供电, 要达到这个要求, 必须使断路器①和②之间、①和③之间实现选择性保护。在工作连续性中, 同样出现上述故障, 会导致断路器①同时脱扣, 再次合上断路器①可继续保证由断路器③供电设备的继续工作。这就要求我们在选择开关时, 要保证开关具有足够的分断能力和闭合能力。

3 选择性保护的实现

在 2001 版《钢规》中, 明文规定: “在电力系统的某处发生故障的情况下, 通过保护电器的选择

原则来实现, 即要求: 串联电路中的各个上、下级保护电器的动作时间应有长、短差别。对断路器而言, 其下级断路器的(全)分断时间应小于其上一级断路器的可返回时间, 这样才能实现短路情况下的选择性保护。如图 2 所示, 在实现短路选择性保护时, 可遵守下列原则:

(1) 发电机的断路器 K1、K2、K3 之间的动作要实现选择性保护, 可以将断路器的动作设定为稍大于单台发电机的最大短路电流下断路器瞬时分断, 整定值还应小于两台发电机最大短路电流的和, 即在图中 A 点短路电时, 仅开关 K1 动作。

(2) 对主重要设备, 为了实现短路时的选择

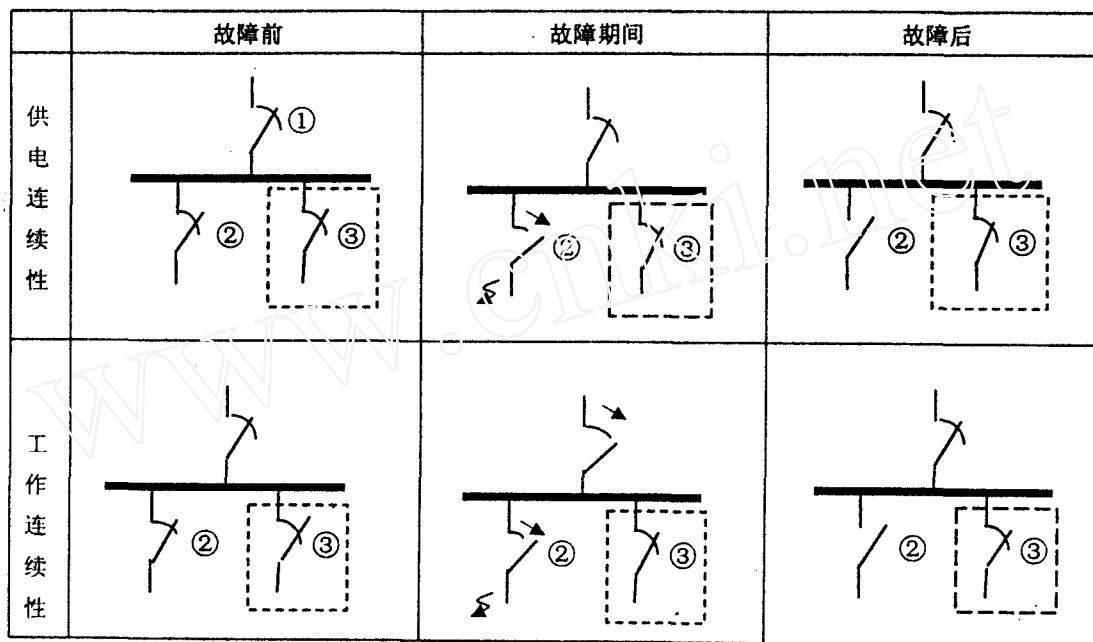


图 1 供电连续性和工作连续性

性作用确保无故障重要设备电路的供电连续性。”在 1996 版《钢规》中, 没有采用“确保”这个词, 而是采用“尽可能”这一词。由于采用“尽可能”的说法, 实际上设计单位均没有系统地考虑选择性保护问题, 而是按经验办事。

由于电力系统的选择性保护与船舶安全航行密切相关, 所以 IEC 有关标准和其他船级社规范都有明文规定。为了正确执行规范的规定, 实现上选择性保护一般采用下述原则。

过载选择性保护是容易实现的, 一般采用电流原则就可以实现, 即根据过载电流的大小整定断路器的动作值。对于短路选择性保护, 一般采用时间

性保护, 应尽量直接由主汇流排供电, 如图中的 K4 供电线路。对于无法单独由主汇流排供电的主重要设备, 如应急配电板供电的主重要设备, 串连连接的断路器之间应协调动作, 以保证主重要设备的供电连续性, 如图中的 K5 与 K6、K7 之间应协调动作。对于其他设备, 应实现设备的工作连续性, 即在选断路器时, 应确保断路器具有足够的分断能力和闭合能力。

(3) 在实现选择性保护时, 可以根据断路器制造商提供的断路器脱扣曲线(电流时间特性)进行协调, 另外他们还提供可以在上下级之间协调动作的开关组合, 例如梅兰日兰采用能量跳闸技术。

设计单位可直接选择。

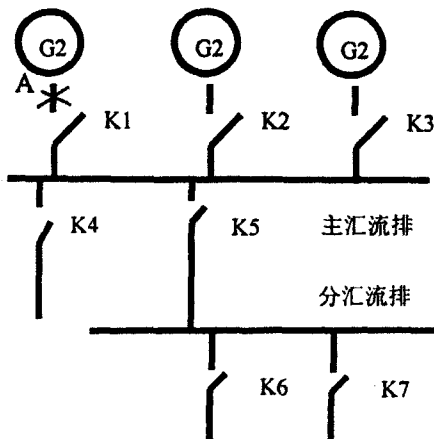


图 2 电力系统单线图

4 断路器的选择

正确选择断路器是船舶电力系统设计中的一个关键问题，也是保证设备供电连续性、工作连续性，以及实现选择性保护的重要环节。在 2001 版《钢规》中，根据设备的重要性不同，对断路器的选择作了详细的规定。在设计中可以遵循下列原则：

(1) 对于一般用途的断路器，其额定分断能力应不低于其安装点的最大预期短路电流。对于交流电力系统，其额定短路分段能力应不低于其安装点的预期对称短路电流（均方根值）。在选择开时，用断路器的 I_{CU} （极限分断能力）来考核；

(2) 用于重要设备的供电电路的断路器，其额定运行分断能力应不低于其安装点的最大预期短路电流。对于交流电力系统，其额定运行短路分段能力应不低于其安装点的预期对称短路电流（均方根值）。在选择开时，用断路器的 I_{CS} （运行或使用分断能力）来考核；

(3) 对于具有短延时的断路器，在选择开关时，还应考核断路器的额定短时耐受能力（ I_{cw} ），其值应不低于其安装点断路器触头分断瞬间的最大预期短路电流。对于交流系统，其额定短时耐受电流应不低于其安装点的断路器触头分断瞬间的预期对称短路电流（均方根值）。这就要求在计算短路电流时，应计算断路器触头动作时刻的短路电流值，对于延时时间较长的断路器，可用安装点的稳态短路电流来考核。经实验发现，船舶电力系统中短路电流在短路后 100 ms 至 200 ms 内已基本稳定，短路电流值相差极小，所以在校核断路器的短时耐

受能力时，可采用短路后 100 ms 的短路电流值。中国船级社开发的船舶交流电力系统短路计算程序可以计算从短路开始至 100 ms 内的任一时刻的短路电流值；

(4) 断路器的额定接通能力应不低于其安装点的预期短路电流的最大峰值。

对于大多数品牌的断路器，极限分断能力（ I_{CU} ）和额定运行分断能力（ I_{CS} ）是一样，有个别厂商的断路器，例如日本寺崎的断路器， I_{CS} 仅为 I_{CU} 的 50%，这是设计单位应注意的。

5 耐火电缆的使用

由于船舶火灾，特别是客滚船的火灾事故造成了较大的社会影响，所以国际海事界对耐火电缆的使用也特别重视。自“大瞬号”在渤海湾失火沉没后，2001 版《钢规》对耐火电缆的使用做出了规定。主要内容如下：

(1) 需在失火状态下维持工作设备的电缆，包括其供电电缆，如穿过较大失火危险区、防火区或者甲板，则除了全部在这些区域内的电缆以外，应采用耐火电缆。

(2) 需在失火状态下维持工作的设备包括：

- ① 通用紧急报警系统；
- ② 探火和失火报警系统；
- ③ 灭火系统和灭火剂施放报警系统；
- ④ 公共广播系统；
- ⑤ 动力操作防火门的控制系统和动力系统以及所有防火门的状态指示系统；
- ⑥ 动力操作水密门的控制系统和动力系统以及它们的状态指示系统；
- ⑦ 应急照明；
- ⑧ 低位照明系统。

上述第 (1) 条是原则性要求，第 (2) 条具体给出了哪些系统需要采用耐火电缆。初看起来，许多系统要求耐火电缆，成本较高，但经过仔细分析，耐火电缆的使用范围并不是十分大。从第 (2) 条来看，除应急照明的范围较大外，其他系统均为小系统。结合第 (1) 条的要求，并不是所有应急照明的电缆均要采用耐火电缆，而只要求穿过不同防火分隔的电缆才需采用耐火电缆。

如图 3 所示，1 号电缆的整个长度均在防火区 A 内，所以不需要采用耐火电缆。而 2 号电缆穿过

A 和 B 两个防火区, 所以要采用耐火电缆。其他系统可按此原则同样处理。目前国内已能生产以云母作为绝缘的耐火电缆。

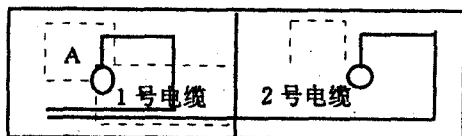


图 3 耐火电缆的使用

6 应急发电机的调速试验

在考核应急发电机的调速特性时, 我们以前的做法是采用一次突加 100% 发电机额定负荷进行试验, 这种考核方法主要是针对应急发电机的原动机是非涡轮增压柴油机的情况。目前随着船舶的吨位越来越大, 应急发电机的容量也越来越大。如果应急发电机还用为停泊发电机, 其容量将更大。在这种情况下, 一般采用涡轮增压柴油机作为应急发电机的原动机, 这样再采用原来的试验方法考核应急发电机的调速特性, 一次将难以突加 100% 的发电机额定负荷。此时, 可采用 2 次突加负荷的方法进行试验。一般应遵循下列原则:

(1) 对于平均有效压力低于 8 bar 的柴油机, 一次应突加 100% 发电机的额定负荷;

(2) 对于平均有效压力高于 8 bar 的柴油机, 一次突加的负荷应不低于规范所要求的应急负荷, 第二次再突加上剩余的所有负荷。

7 备用磁罗经的配备

1974 海上人命安全公约 (简称 SOLAS) 2000 年修正案第 V 章于 2002 年 7 月 1 日生效, 对备用磁罗经的配备要求与过去的 SOLAS 第 V 章的要求略有不同。在原 SOLAS 第 V 章要求中, 如果船舶

配备了电罗经, 或者配备了操舵磁罗经, 可以免配备备用磁罗经但在 SOLAS 新 V 章中, 备用磁罗经成了必须配备的设备。具体要求为: 所有 150 总吨及以上的船舶应配备一台与标准磁罗经互换的备用磁罗经, 通过替换装置或双套设备来完成标准磁罗经的功能。

显然在罗经甲板安装两台标准磁罗经是不现实的, 一是没有足够的安装位置, 难以满足磁安全距离的要求; 二是安装两个磁罗经也没有必要。所以可采用替换装置的办法来满足备用磁罗经的配备要求。一般情况下, 只要求备用标准磁罗经的磁碗即可。当主用磁罗经损坏以后, 可立即换上备用磁碗, 其他部件可不要求备用。

8 电子海图与显示装置的配备

近几年, 随着电子海图和显示装置在船舶上的应用, 其优越性也越来越明显。在 SOLAS 新 V 章中第一次明文规定电子海图可以代替纸海图。但有个要求, 即仅依靠电子海图进行航行时, 必须备用。如果配备了船舶航行海域的纸海图后, 可不要求备用电子海图与显示装置。有以下几种配备方法:

- (1) 纸海图
- (2) 纸海图+电子海图与显示装置
- (3) 电子海图与显示装置 (具有备用)

如果电子海图不能覆盖所航行的海区, 还要配备纸海图。另外, 还要注意纸海图和电子海图的随时更新。

9 结束语

近几年来, 经常有船舶设计单位、船厂、船舶审图和检验单位的人员向笔者询问上述问题的处理方法。所以特将具有代表性的问题及处理方法汇总成文, 以期对从事船舶设计、建造、审图和检验的有关人员有所帮助。 (无参考文献)

Solution of Common Problems Occurred in Ship's Electric Engineering

Sun Wu

(Shanghai Standard Institute of China's Register of Ship, Shanghai 200135, China)

Abstract: The paper introduces some problems often occurred in design of ship's electric Engineering. In complying with the Rules, It also gives some solutions to solve the problems. The paper may be used as a guidance to ship design, drawing approval and ship survey.

Keywords: ship design; electricity; selective protection