

船舶电气接地故障的解决方法

随着现代船舶电气自动化程度的不断提高，船舶电站容量已由千瓦级发展到兆瓦级，随之而来的是电网的绝缘问题更加突出。由于船体之间存在分布电容等因素，电网并非理想的对“地”绝缘系统。若电网绝缘较差，可能发生单相接地故障，将产生较大的漏电流或接地故障电流。虽然其电流数值不足以触发保护，但此故障如长期存在，将导致如下后果：1) 引起局部发热，使绝缘损坏加剧，特别是中压电系统易产生电弧，甚至引起火灾；2) 在接地装置紧固不牢靠或接地电阻 $>10\text{m}\Omega$ 时，人员误触设备带电金属外壳会引发触电危险；3) 故障进一步扩大，当2根相线接地时，会发生短路故障，造成开关跳闸断电，对船舶航行和人身安全带来不同程度的危害。为保障电力系统的安全可靠，对电气系统接地故障类型进行分析和快速查找，就显得尤为重要。

1 电气绝缘电阻对接地故障的影响和解决方法

1.1 电缆绝缘性能影响主要因素

- 1) 船舶电气设备工作环境特殊，其长期处于高温、高湿、高盐及振动环境。直流电机碳刷产生的“碳粉”往往会造成本体电气设备和电缆的绝缘体老化、破损、绝缘电阻下降，导致接地故障的发生。
- 2) 舰船建造时，照明灯具接线“碰壳”问题往往会导致电气接地故障；使用“自攻螺钉”来固定安装在内装板上的设备时，经常由于刺穿电缆绝缘等问题导致电气接地故障。在船舶建造、修理及日常管理过程中，需要对电气设备和电网的绝缘性能进行定期测量，并将测量数据进行对比。必要时可绘制相应的曲线图，以此来判断绝缘电阻的变化趋势，进而制订对电气设备和电缆的检修、更换及保养计划。本文将以电力系统中常见的电动机和电缆为例，分析其绝缘电阻的变化情况。

1.2 电动机绝缘性能分析

- 1) 当电动机绝缘电阻在 $1\text{M}\Omega$ 以上时，电机处于正常工作状态，可随时投入运行。需注意其工作环境的变化并避免长期在过载临界值处运行电机。
- 2) 当电动机的绝缘电阻在 $0.1\text{M}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ 范围内时，在电机停止工作后，可利用其自带的加热器或灯泡进行烘潮操作以提升其绝缘性能。在电动机重新投入工作前测量其绝缘电阻，若仍未恢复，则严禁工作并及时进行维修保养。
- 3) 当电动机的绝缘电阻在 $0.05\text{M}\Omega \sim 0.1\text{M}\Omega$ 范围内时，应将电动机进行解体清洁、烘烤、浸漆操作，使其绝缘电阻稳定在 $1\text{M}\Omega$ 以上。在紧急情况，将电动机投入使用时，若电动机绝缘性能降低为受潮所致，可采取“点动”方法以提高其绝缘性能。
- 4) 当电动机遭海水浸渍，绝缘电阻严重降低时，为了避免更换全部绕组，可将海水浸透的电动机放在温度为 80°C 左右的蒸馏水中，浸15h以上，使电动机内的盐分完全溶解于蒸馏水。然后，采用真空烤炉加热干燥绕组，并测量绕组的绝缘值，若绝缘情况改善，则电动机可继续采用。

1.3 船用电缆绝缘性能分析

舰船用电缆由于长期运行在湿热、高温、振动、盐雾和油雾等不良环境中，其绝缘材料会逐渐老化，进而导致电缆的绝缘性能降低，严重时甚至引起火灾，危及舰船的航行安全。

1.3.1 电缆绝缘电阻测试方法

- 1) 测试设备：经检定合格的兆欧表。
- 2) 测试电压选择：额定电压为 $36\text{V} \sim 500\text{V}$ 的电缆采用 500V 兆欧表进行测量；额定电压 $500\text{V} \sim 3300\text{V}$ 的电缆，采用 1000V 的兆欧表测量。
- 3) 将电缆与设备的接线端脱开，令电缆的屏蔽层接地，测量导体和屏蔽层之间的绝缘电阻及芯线与芯线之间的电阻值。

1.3.2检测依据

电缆芯线与芯线之间、芯线与地（屏蔽层）之间的冷态绝缘电阻应大于5M。

1.3.3电缆绝缘检测数据应用

一般情况下，电缆绝缘数据检测只适用于船东计划延长舰船使用周期的改装工程，目的是为了控制改装成本及避免更换电缆带来的牵连工程。而对于其他情况，则应按相关标准和规范要求对电缆进行定期更换。

1.4电气接地故障查找方式

电气接地故障可通过绝缘状态和性能进行判断。当电网断电或设备未供电前，可根据便携式兆欧表测量的静态绝缘电阻进行判断；当电网带电时，根据配电板式兆欧表或交流绝缘监测装置测量得到的动态电阻进行判断。动态电阻能较好地反映环境、介质损耗、极化以及机械振动等因素对电阻的影响，从而更为真实地反映电网的绝缘状况。

1.4.1绝缘仪表法查找故障

1) 配电盘式绝缘仪表工作原理

配电盘式绝缘仪表电路图见图1。当船舶电力系统为理想绝缘状态时，电网与船体之间无漏电，仪表指针停在 标记处。当发生任意一相接地时，便有电流通过测量电路，电流由整流电源正极到仪表指针正端并通过兆欧表的接地端和电网的接地点构成闭合回路。开关K用于380V和220V网络测量转换。配电板式绝缘仪表可指示电网的绝缘电阻数值，可通过附加声光报警器增强报警的效果。

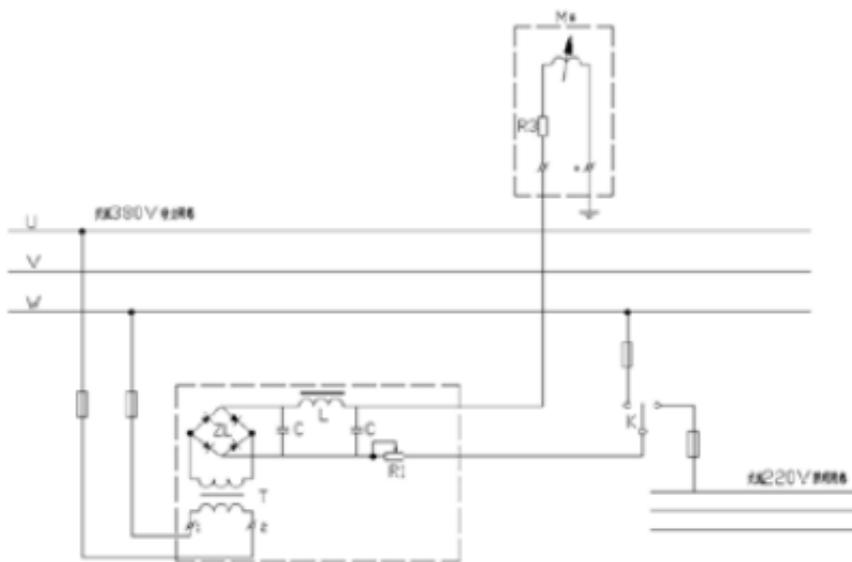


图 1 配电盘式绝缘仪表电路图

2)确定故障区域

在出现接地故障后，首先要确定故障区域，分析在绝缘仪表发出报警时，船舶中分别有哪些电气设备正在运行、哪些设备处于恶劣的工作环境，并对其采用切断电源的方法进行查找。若在切断相应的配电开关后，报警消除，则可确定故障发生点。

通常以线路中每个开关作为“结点”进行分段排查[3]，排查顺序一般为主配电板 区域配电板 分配电箱 具体用电负荷。对于照明系统，为减少查找的工作量，可使用分割法进行排除，将配电开关后的照明负载分为2路，利用兆欧表分别测量，然后集中排查电阻较低的一路。

1.4.2交流绝缘测量装置法查找故障

配电盘绝缘测量仪表只能起到监视绝缘状态的作用，对于具体故障点还需要人工排查。新型交流绝缘测量装置不仅能监测接地故障，还能快速指出故障位置，进而提高了故障排查效率、减轻了舰员的劳动强度。

1)交流绝缘测量装置的组成

如图2所示，交流绝缘测量装置通常包括主机、液晶显示器、转换器和传感器。主机由CPU板、信号源板、继电器板、电源、电连接器和接线端子等组成。主机内所有电气信号通过总线通信方式相互联系，主机通过机箱上的电连接器及接线端子和外部信号相连。转换器由CPU板、信号放大板及电源板组成，主要完成380V和220V各支路传感器的输出信号采集，并与主机通讯联系传送故障支路号及故障支路阻值。液晶显示器分别显示绝缘电阻值、故障支路编号和系统运行状态等信息，具备实时记录和历史查询功能，并配置有操作按钮。传感器用于感应电网支路的泄漏电流，其输出信号通过相应的转换器处理后，向主机提供故障定位信息。

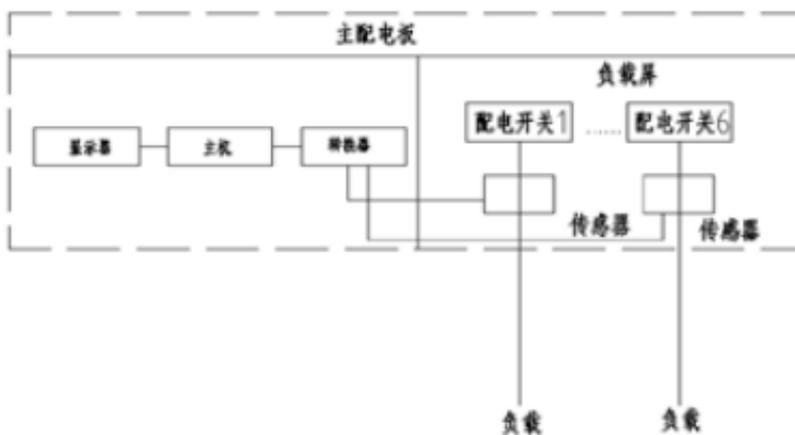


图2 交流绝缘测量装置系统组成示意图

2)接地故障的查找

当三相负载平衡或无相线接地时，三相电流的瞬时值之和恒为零，因此，导线周围的磁通恒为零。当发生单相接地时，三相电流的平衡被破坏，从而引起磁场的变化。传感器采集磁场变化信息，经转换器进行相应的数据转化后提供给主机，进而判断出故障点。

2电气接地故障的预防措施

2.1加强管理，提高思想意识

船舶电力系统，通常为三相三线绝缘供电系统。当线路中发生一相接地时，只会引起非接地相的电压升高，电气设备仍可正常运行。但若不及时排除，当再有一相接地时，则会引起短路故障、开关跳闸，进而对电网供电的可靠性造成不利影响。因此，机电设备管理人员应加强对接地故障的风险意识，严格遵守规章制度，切实避免接地故障的发生。

2.2定期测量绝缘电阻并做好记录

1)根据系统和设备的电压等级，选用相应的兆欧表。

2)通常情况下，动力网络绝缘电阻应 $1M$ ，照明网络绝缘电阻应 $0.5M$ 。

3)建立数据库管理系统，并将数据作为维护保养的基础。

2.3加强设备的管理

1)保持电气设备密封的完整性。对于安装在露天环境与潮湿处所的电气设备，应定期观察密封胶圈的老化程度并及时进行更换。对于带有填料函的设备，在电缆引入密封后可用热缩胶管进行密封，这样可提高密封性能并避免密封胶圈的老化。

2)避免电气设备长时间过载运行，防止绝缘部分由于过热而老化。应合理选择热继电器和空气断路器并按相关标准对过载数值进行整定。

3)设备接线应符合相关工艺要求，尽量采用冷压铜头，避免电缆芯线刺穿绝缘。

4)内装舱室安装固定相关设备时应注意电缆分布情况，避免安装螺钉刺穿电缆绝缘层。

2.4强化技术保障，防微杜渐

1)采用变压器进行2次隔离

由于影响电气设备绝缘性能的主要因素是潮湿环境，因此，对于安装在厨房和浴室等潮湿处所的电气设备，采用隔离变压器进行2次隔离，进而避免由于上述电气设备绝缘性能的降低对电网其他设备造成影响。

2)采用新型交流电网绝缘监测装置

随着现代科学技术的发展，新型交流电网绝缘监测装置不仅能对电网的绝缘性能进行监测，还能快速指出接地故障点位置，进而为船员快速排除故障提供了技术保障。

3绝缘监测及绝缘故障定位产品

3.1绝缘监测及绝缘故障定位产品

AIM-T系列工业用绝缘监测仪



AIM-T300



AIM-T500



AIM-T500L

AIM-T系列绝缘监测仪主要应用在工业场所IT配电系统中，主要包括AIM-T300、AIM-T500和AIMT500L三款产品，均适用于纯交流、纯直流以及交直流混合的系统。

其中AIM-T300适用于450V以下的交流、直流以及交直流混合系统，AIM-T500适用于800V以下的交流、直流以及交直流混合系。AIM-T500L相比AIM-T500增加了绝缘故障定位功能。

3.2绝缘故障定位产品



ASG200



AIL200-12



AKH-0.66 L-45

工业用绝缘故障定位产品配合AIM-T500L绝缘监测仪使用，主要包括ASG200测试信号发生器，AIL200-12绝缘故障定位仪，AKH-0.66L系列电流互感器，适用于出线回路较多的IT配电系统。

3.3绝缘监测耦合仪



ACPD100



ACPD200

绝缘监测耦合仪配合AIM-T500绝缘监测仪使用，主要包括ACPD100，ACPD200，适用于交流电压高于690V，直流电压高于800V的IT配电系统。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/204196.html>