

[故障定位]

船舶电力绝缘故障智能定位的研究与运用

文/镇江赛尔尼柯自动化有限公司 陆焜林

随着大型或者超大型船舶电站容量的需求日益增加，原始单层简单的电站结构已经不能满足现代船舶的需求。面对多层次的电力系统，重点从如何智能、实时及连续地采集、监测并快速准确定位绝缘故障点出发，深入研究快速精准定位电网中绝缘故障点的综合系统，同时结合实船经历进行分析和总结。

船舶电站与陆用电站在工作环境、使用环境上相比更加恶劣，船舶系统的电气设备需要综合考虑盐雾、油污、湿度和温度等因素，同时还有船舶的倾斜摇摆等因素。这些苛刻的环境对整个船舶电力系统的绝缘保护是一个检验。长期的绝缘故障的存在会导致船舶电气产品的短路事故，电气设备的损坏，甚至导致船舶电力系统的瘫痪和全船电力的丢失，船舶失去安全航行的电力保障，影响船员的安全和船舶的安全。在如此复杂的多层的电力系统中，当绝缘故障点发生时，智能、快速准确定位到绝缘故障点的系统研究与运用将对船舶领域有着重大的影响和前沿意义。从效益层面来讲，为用户设备维护、维修和保养提供系统支持，节约维护、维修和保养成本，这个系统也必将成为船舶标准配置的一个安全系统。

超大型船舶电站组成和相关规范对电力系统绝缘的具体要求

在研究船舶电力系统绝缘故障智能定位系统之前，首先要了解超大型船舶电站系统的组成以及相关的纲规对绝缘系统的具体阐述和要求，了解了整个系统，才能研究出如何连贯的对整个系统进行监测、采集、判断、准确定位和快速排除

故障。本文所借鉴的是一个非常典型的超大型船舶电站，电站由两套6.6 kV系统、两套450 V系统、两套230 V系统、一套应急系统和多套450 V子系统组成。

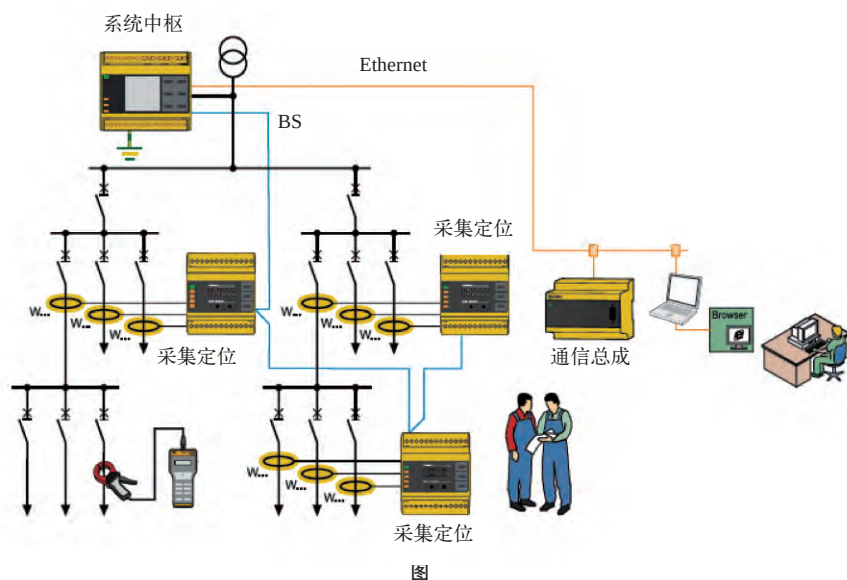
结合对电力的了解和纲规要求，无论是电力一次系统、二次系统还是多个子系统，要保证足够的电气间隙和爬电距离，需要设置连续的绝缘监测系统，同时有听觉或视觉报警发出，循环电流不超过30 mA，同一电力系统中只能允许一套绝缘监测系统工作，最低绝缘值是1 MΩ。随着超大型电站的大量运用，传统的绝缘表和绝缘指示灯已经无法满足现代智能化船舶的需求，全船电力系统智能绝缘监测、快速准确故障定位和高效故障排除系统的研究和运用将完全与现代化智能船舶需求同步和匹配。

智能绝缘故障监测技术、故障定位技术的研究

通过实船调查研究经验，要实现全船电力系统的绝缘网络情况的掌控，需要有最基层的测量装置、接收测量值的装置、测量值运算判断对比装置、测量值显示装置、测量值与其他系统共享装置。所以本系统的研究也是从这几个方面深入研究。本系统分为系统中枢、采集定位和测

量装置三部分。系统通过采集定位装置和基层测量装置来工作。系统中枢在船舶电力系统中一直运行着,不间断地监视着整个系统的绝缘阻值。如果系统中枢在电网中检测到有绝缘故障,采集定位装置将可以手动或者自动工作,系统中枢会根据当前电网电压和绝缘故障配置一个定位电流,定位电流超过测量装置的测量电流值,报警信息会出现在系统中枢上,可以快速通过分布在各个电力系统中的测量装置定位故障点。同时,

对于船舶而言,有限的空间也是系统研究时需要重点关注的一个因素,要求整个系统采用先进的控制技术,集成度高、结构紧凑及安装方便,实现对大型船舶电网监测的智能化、数字化与网络化。具有响应速度快,测量精准,同时支持多支路的故障定位功能。系统可设定预报警值,实现绝缘预报警、报警,故障精准定位功能,提供丰富的液晶显示、数据共享、参数设置和事故记录等。如下图所示。



1. 系统中枢的研究与要求

(1) 系统中枢的基本要求

系统中枢需要具有对被监测的船舶电力系统对地绝缘电阻监测、故障预警及故障报警功能;通过在电网中配置定位电流信号,对系统进行整体的绝缘故障的快速查找和定位,要求能够应用于不大于690 V、45~66 Hz船舶交流电网电力系统。系统中枢的界面上绝缘监测测量显示范围为2 kΩ~5 MΩ,预报警、报警设定范围为20 kΩ~5 MΩ。当设定的预报警被触发时,要求点亮预报警指示灯与报警指示灯,同时能够有继电器报警无源触电的输出,必需的LED显示及参数设置,方便用户查阅和便捷调整,支持CAN总线或RS 485现场总线,将系统数据与外部系统进行共享,可以远程读取。对已经发生的事件要求有记录功能,并能够就地读取和远程读取。

(2) 系统中枢需要满足的工作环境

结合船舶电气设备的工作环境,要求系统中枢的工作温度为-5~+55℃,存储温度为-25~+70℃,相对湿度≤95%不结露。对于

一些相对更加恶劣的环境,需要特殊处理,以满足不同环境的需求。

(3) 系统中枢的主要功能

系统中枢主要的功能至少要包括管理、测量、指示、显示和通信。对于超大型船舶电站,层次较多,分支较多,智能绝缘定位系统可以采用多个分支的方法来进行监测,系统中枢要求可以对这些分支进行高效的集中管理,据统计至少要能够有效地管理255个通道。系统中枢要能够实时准确地对电网中的绝缘电阻进行不间断测量,实时测量的数值能够清晰地就在地在显示屏或者在延伸显示屏上进行显示。对于整个系统的设定操作只需要在系统中枢上完成,整定和修改步骤要简化便捷,达到预设定值时要进行预报警和报警,报警内容和记录可以结合不同船舶具体要求以及不同船级社纲规要求进行存档和保存,建议至少要求能够查找近20条的报警记录。面对现代智能型船舶,网络通信技术的快速发展,数据共享技术的快速发展,系统中枢充分利用好不同的网关,分配好通信地址,实现多种通信途径和多

种数据共享途径,快速便捷的远程访问,最常用的是RS 485/422。

(4) 系统中枢的技术指标

系统中枢对整个船舶电力系统绝缘值测量的测量准确度(误差)至少应该控制在5%,如 $100 \pm 5 \text{ k}\Omega$,准确度太低会影响电力系统中绝缘值的真实性、准确性和及时性。

根据不同的安装位置,例如船舶机舱较为潮湿,系统中枢本体、就地显示屏以及远程显示屏的面板防护等级至少要达到IP44,才能很好地满足各类船舶实际使用的环境需求。

为满足不同电力系统的需求,系统中枢的工作电压需要考虑宽范围电压等级和不同频率系统,常规可以考虑AC 100—240 V 50 Hz或60 Hz,监测电压要考虑690 V电力系统,功耗控制在 $15 \text{ V}\cdot\text{A}$ 以内,输出的报警继电器无源触点要能够安全的运用在AC 250 V/10 A回路中。

另外,在研究的过程中会发现,类似仪表嵌入式结构更加便于安装、读取、操作和维护,当然也需要考虑船舶的震动和摇晃。

2. 采集定位系统的研究与要求

(1) 采集定位系统的特点

采集定位系统同样也要考虑运用的电力系统的电压范围,要求能够运用在AC 690 V及690 V以下45~66 Hz的电力系统中,每个采集定位系统可以采集多个支路的相关数据,通常为8个或者16个。当系统中枢监测到整个电力系统发生绝缘故障时,采集定位系统需要能够手动或者自动地启动定位功能,对于监测超时的情况下,采集定位系统要求能够手动或者自动复位,重新启动定位功能。由于超大型电站的层级很多,系统很复杂,为了实现所有必要分支的采集定位功能,采集定位系统之间以及采集定位系统与系统中枢之间需要具备通信功能,并且为每个系统配置地址的能力,常规地址范围可以是1~16。

(2) 采集定位系统的工作环境

要求满足船舶电气设备的相关工作温度,如 $-5 \sim 55^\circ\text{C}$,存储温度为 $-25 \sim 70^\circ\text{C}$;相对湿度要求在 $\leq 95\%$ 时,不结露。

(3) 采集定位系统主要功能

采集定位系统的数据主要来源是基层的测量装置,通过基层测量装置进行测量,多路基层测量装置的测量值可以同时输入到采集定位装置,并且同步读取,各个采集定位系统之间可

以通过内部CAN通信的形式进行通信。根据设定的故障阈值,进行故障检测和故障支路自动定位,与此同时,在采集定位系统上也可以考虑故障支路的显示。

(4) 采集定位系统的技术指标

采集定位系统通常安装船舶电气设备中,同样对工作环境温度有一定的要求,常规是 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ 。单个采集定位系统的输入通道可以设置在8~16路,功耗控制在 $15 \text{ V}\cdot\text{A}$ 以下,响应时间小于35 s,工作电压可以考虑36 V以下的常规工作电压,在导轨式安装板上安装采集定位系统。

3. 基层测量装置的研究与要求

(1) 基层测量装置的功能

根据整个智能绝缘定位系统的研究,所有的数据来源都是来自基层测量装置。需要注意的是,被测量的船舶电力系统小支路、局部总支路三相电缆或者铜排都需要穿过基层测量装置,基层测量装置测量设备对地的漏电电流,并且加以配合采集定位系统和系统中枢进行故障电流的分析判断,故障回路的监测和定位。

(2) 基层测量装置的技术指标

为了实现整个系统的测量准确度和定位准确度,需要基层测量装置的准确度来加以保障,要求基层测量装置的线性度小于0.5%,允许误差在 $\pm 1\%$,相位差控制在 3° ,额定容量为 $5 \sim 30 \text{ V}\cdot\text{A}$ 。除了以上这些技术参数,作为基层测量装置还需要充分考虑设备电缆或者铜排穿越的空间,结合实船主流规格标准的负载电缆,可以设定 $\Phi 10$ 、 $\Phi 25$ 、 $\Phi 40$ 、 $\Phi 80$ 、 $\Phi 120$ 和 $\Phi 210$,即可满足各类大型船舶电力系统的基层测量。

结束语

综合各类大型和超大型船舶电力系统的实际需求和安全因素,通过对船舶绝缘故障智能定位系统全面的研究和分析,采用先进的测量采集技术、通信技术、定位技术和实时数据分享技术,能够高效快速准确地定位到大型船舶电力系统中的具体支路。随着电站的不断扩大,电站层次不断增加,此智能定位系统也将会在各类型的船舶上得到广泛的运用,很好地解决船舶电气设备的安全问题和船舶船员的安全问题,同时为将来的全智能船舶提供一份支持。EA

(收稿日期:2018.12.24)

(编辑:朱金凤)