

浅谈动力定位船舶配电系统检验要点

王远长

中国船级社实业有限公司南京分公司 江苏 南京 210011

摘要: 本文按照动力定位船舶的电气专业特点, 针对船舶配电系统按照技术设计、现场安装等时间阶段, 对其各自的检验注意点进行叙述。

关键词: 船舶电气; 自动化; 检验; 工作要点

1 船舶配电系统检验要点

1.1 设计阶段检查注意点

首先需要关注《电力系统单线图》、《选择性保护分析书》、《短路电流计算书》等基础性设计文件。船舶配电系统是由发电设备、配电设备、送电网络和负载按照一定的联结方式组成的整体。上述文件需要核实下列技术要点:

I. 是否详细检查发电机的励磁控制方式、发电机并车控制方式、自动启动方式等; 需要检查配电板系统的原理设计, 需要检查自动电站的设置功能(包括发电机的控制及报警, 负荷分配和调频调载等)等。需要关注发电机供电及发电机监控、运行和保护, 配电板与应急发电机、岸电连锁等之间的技术状态。需要核实配电系统开关选型是否按照选择性保护分析和短路电流计算的结果进行配置, 对开关的分断能力进行核实。

II. 针对发电机的过载和短路保护, 需要检查发电机开关和各馈电开关的型号, 查看其开关整定值设置是否合适, 是否船级社规范的要求。以发电机开关为例, 应注明发电机额定电流 I_e 、主开关额定电流 I_n 、长延时整定电流 I_r 、短延时整定电流 I_{sd} 和瞬时保护整定电流。

1) 当发电机电流大于110%时, 应设置长延时保护, 规范要求2分钟内断路器脱扣, 正常情况下整定为发电机额定电流的125%~135%。当然具体设定值按照短路电流计算和选择性保护分析的结果进行设定。

2) 发电机组断路器的短延时整定, 一般设定在200%-250%, 具体设定值按照短路电流计算和选择性保护分析的结果进行。

3) 在可能有3台及以上发电机并联连接的情况下, 断路器保护设置瞬时保护, 一般整定值稍大于所保护发电机的最大短路电流计算值。

4) 容量为1500kVA或以上的发电机应配备差动保护。即通过在发电机端设置的电流互感器CT与配电板断路器端设置的电流互感器CT之间的电流测量进行比较, 当

超过整定值, 断路器分断。

5) 并联运行的交流发电机应设有延时10s左右动作的逆功率保护。

6) 并联运行的发电机应设有欠电压保护;

III. 针对应急发电机的保护: 应急发电机应有短路保护措施。应急发电机过载应发出听觉和视觉报警信号, 但是其断路器不能分断。

IV. 针对舵机系统的保护: 电路及电动机应设置短路保护和过载报警装置, 如设有包括启动电流在内的过电流保护, 则应不小于所保护电路或电动机满载电流的2倍, 并应配能够允许适当的启动电流通过。当遇到变频器供电并限制在满载电流的舵机电动机电路, 可不设过电流保护, 但过载报警的设定值应不大于变频器的正常负载电流。正常负载电流系指尽可能接近于制造商使用说明书中规定的最恶劣正常工作条件下的负载电流。当采用三相供电时, 则应设置能断相报警。这里所要求的警报须为视觉和听觉警报, 设置在驾驶室、集控室和就地控制处所等位置。

V. 需要关注抑制谐波的措施及谐波计算的结果。

首先这里阐述一下谐波的危害, 如下:

1) 对船舶电力系统中电动机的影响。电网中含高次谐波时, 会使运行中的电机发热。其次会产生机械共振、噪声和谐波过电压。

2) 在船舶电力系统中的控制回路发生误动作, 该动的不动, 不该动的乱动。对船舶通讯系统产生噪音。

3) 高次谐波对导航等电子设备的危害

4) 针对谐波, 船级社规范的要求是: 交流电气设备应能在供电源的电压谐波成分不大于8%的情况下正常工作。

再谈关于谐波的抑制措施如下:

• 主要的方法是增加装设滤波器。当然动力定位船舶一般要进行谐波计算。在设备选型时一般选择移相变压器(通过改变变压器副边的相位的方法来抑制谐波)

或者采取AFE主动前端控制的方法来抑制谐波。当选用移相变压器配置的同时,动力定位船舶一般通过两两配合相移的方式来抑制谐波。譬如某项目配备了6台推进器,每组变频器(DFE 12脉整流回路)的推进系统移相变压器的相移是 $\pm 7.5^\circ$,然后两组变频器在配电板上闭合形成 $\pm 15^\circ$ 的相移,构成虚拟24脉冲系统;以此来消除谐波。为达到上述目的,移相变压器联结组别设置为Dd0y11/Dd2y1。这里要提到的是移相变压器应配置预充磁变压器,变压器在空载合闸时会产生大的励磁涌流使得电网受到大的波动,由于大型发电机组都配备了差动保护,因此会导致发电机组断路器分断,导致汇流排失电的情况发生。

VI. 关于柴油发电机组之柴油机技术要点: 1) 对于大功率的柴油机(规范要求是(额定功率在2250kW以上或者缸径大于300mm),应配置油雾探测报警保护系统和主轴承温度监测报警保护装置,规范要求的两者二选一,笔者与多位轮机长探讨,认为在有条件的情况下都应配置。2) 大型柴油机的负荷加载方式基本是两次以上(不超过5次)的加载方式。柴油机所配置的调速器,其调速特性应满足规范的要求,瞬时变化率不超过 $\pm 10\%$,稳定后不超过 $\pm 5\%$ 。由于需要并联运行的缘故,各柴油发电机组的调速特性应尽量保持一致 3) 额定功率大于等于 220kW 的带动发电机的柴油机,除调速器外,还应装有单独的超速保护装置。4) 关于柴油机调速机构、发电机调压机构需要满足电站的要求。两者之间的接口需要确认。譬如柴油机调速机构的调速特性一般有有差调速特性和无差调速特性两种。发电机并车时,PMS的调频调载方法有两种。一种是ISO(恒频模式),即一台发电机组调速特性为有差特性,另外一台发电机组为无差特性。PMS实现电网的频率由无差特性机组决定,并且电网负荷变化量主要由无差特性机组承担。在ISO模式下,让多台发电机的调速环并接在一起,这样再经过调速器参数修正,便可达到多台发电机并列运行,频率稳定,并且能稳定频率运行。另外一种模式是DROOP(调频调载模式,有差调速特性)模式并车,即只靠调速器的有差特性进行一次调节,没有采用调频调载装置进行二次调节,所以系统会有一定的频率降,发电机机组在带负载时需要牺牲转速。但是无论哪种模式下并车,均需要满足规范关于发电机频率和有功功率分配的要求。

VII.5) 柴油机的启动能力,主电源交流发电机组柴油机在周围环境温度不低于 5°C 时,不采取任何机外措施应能够顺利启动,启动时间不超过10秒。应急电源交流发电机组柴油机在周围环境温度不低于 0°C 时,不采取任

何机外措施应能够顺利启动,启动时间不超过10秒。详见《GBT29192-2012 船用交流发电机组用柴油机》。6) 柴油机应具有在110%额定功率下连续运转1小时的能力。

VIII.关于柴油发电机组之发电机技术要点: 1) 发电机电压应在一定的范围内可调,规范要求的范围是95%-105%之间。2) 稳态电压调整率和瞬态电压调整率应满足规范的要求($\pm 2.5\%$),主发电机组之间需要在稳态电压调整率方面保持一致。主发电机在空载,转速为额定转速,电压接近额定值的状态下,突加和突卸60%额定电流且功率因数不超过0.4Lag的对称负载时当电压跌落时,其瞬态值应不低于额定的0.85;当电压上升时,其瞬态值应不超过额定的1.2,电压恢复到与最后稳定值相差3%以内所需的时间应不超过1.5s。注意Lag(滞后)Lead(超前)3) 短路能力;主发电机及其励磁系统,在稳态短路状态下,至少能维持3倍额定电流历时至少2s。4) 超速;发电机在空载情况下应能够在一定的时间内(规范要求2分钟)承受由于超速(规范要求120%)对发电机的损坏或者有害变形。5) 谐波为满足规范对电力推进系统谐波要求,同时考虑到主开关分断能力,发电机超瞬态电抗 X_d'' 应3满足计算要求。6) 并联运行主发电机组之间能长期并联运行。当负载在总额定功率的20%~100%范围内变化时,有功功率和无功功率的分配应满足规范要求,笔者建议尽快地保持比例分配,如果是相同功率的发电机组应尽量保持一致7) 发电机的冷却方式一般为IC8A1W7,具体的意思是外装式冷却器(用远方介质)初级冷却介质为空气,初级冷却介质的推动方式为自循环,次级冷却介质为水,次级冷却介质的推动方式为冷却介质系统压力。有的也有采用IC01(自然冷却方式)和IC7A1W7(7为内装式冷却器)(具体描述请见GBT1993-1993 旋转电机冷却方法)。为了防止绕组过热和监视电机绕组温度,在IC01加装空气过滤器的发电机和IC7A1W7/IC8A1W7的发电机中应配置绕组温度传感器。传感器的特性需要与电机的绝缘等级相匹配,电机绝缘等级一般为H级(180°C)或者F级(155°C)。正常情况下报警温度需要低于跳闸温度10K(1K约等于 1°C 注意看温升)。(温升的设置具体描述请见CCS钢质海船入级规范第4篇第3章第2节3.2.3温升的描述)8) 发电机组轴承一般为滑动轴承强制润滑方式,若配置滑油泵组,应配置滑油滤器堵塞报警装置和滑油流量低报警值。需要配置轴承温度传感器用于防止轴承过热和监视电机轴承温度。当温度过高时原动机应自动停车,防止造成轴承轴瓦烧坏事故的发生。发电机应有防止轴有害电流的措施(详见GB12795-2008 船用同步发电机通

用技术条件)。要求是滑动轴承的轴电压允许峰值不超过500mV。正常的做法是驱动端加装轴接地装置,非驱动端增加绝缘措施。9)发电机组倘若冷却方式为IC8A1W7或者IC7A1W7,即配置水冷却器装置,应配备漏水报警和监视冷却介质温度的报警装置。(通常为冷风和热风温度传感器)。此外,必要时还应考虑设置检测电机外壳内冷却液泄漏及报警设备。推进电动机要求同样。10)需要确定发电机转子所需的转动惯量,在确认后才能确定柴油机飞轮的转动惯量。这样整个发电机组中包括柴油机、飞轮、联轴器、发电机转子等旋转质量的转动惯量可以得到确认。大的转动惯量可以降低载荷变化时转速波动的幅值,从而减小瞬态频率偏差。11)其他

a.发电机组需要注意发电机的进线方式和进线方向,在技术阶段就要确定好。b.发电机与柴油机之间的联结方式需要确认好,发电机的驱动端轴承类型,倘若是半键联结,那么联轴节谁供应需要确认。c.由于涉及到发电机并车运行,电压下垂补偿CT应明确,并与AVR相匹配。出厂时设备厂家一般会在此CT短接,调试时应断开。

1.2 建造阶段检查要点:

I. 关于主发电机组的安装 当基座焊接合格后,按图纸尺寸要求定位固定垫片,固定垫

片焊接前检查间隙,0.1mm的塞尺应无法插入;用标准平板对固定垫片上平面进行拂磨;检查固定垫片接触色点分布均匀,每个工艺要求的区域内色点不少于3点,接触面积需要满足规范的要求(70%以上),以其中一块垫片为基准,用工字尺和水平仪测量单个基座内各固定垫片的平面高度差,计算调整垫块厚度。当调整垫块、减震器安装时,应在调整垫块下平面与固定垫块上平面之间进行拂磨,要求每工艺要求的区域内色点不少于3点,接触面积需要满足规范的要求(70%以上)使用工艺要求厚度的塞尺进行插入检查,测量调整垫块上平面单个垫块的平面不超过工艺要求,整机平面度不超过3mm;松开减震器上的锁定螺栓,将发电机组吊装到位,需要预压48小时后,才能将底脚螺栓拧紧,需要测量单个减震器的四个角高差,不超过工艺要求,整体高度差不超过3mm。需要进行底脚螺栓及限位螺母扭力检查;需要满足调整减震器限位螺栓底平面与调整垫块面板的间隙在工艺要求之内。

II. 关于调试,需要验证上述柴油发电机组、配电开关的开关特性外,还需要验证PMS(电站管理)的功能。

首先需要考虑无论在那种模式下,影响发电机安全运行的保护功能均应有效。譬如主发电机过流脱扣、欠压脱扣、低频脱扣、轴承温度高脱扣、逆功、差动保

护、绕组高温等。

需要在手动模式下尽量保证发电机功率、电压波动在一定的范围内,否则自动模式下无法进行有效的调节。

还有动力定位模式下尤其是DP-2/DP-3的设计模式下,配电板系统的PMS CPU应是冗余性配置,其供电需要按照规范要求的方式进行。如果是环网设计,除了上述配置外,还需要考虑增强型发电机保护单元的配置问题。

需要考虑到固定功率模式。动力定位船舶的发电机在正常工况下其实所用的功率有限,但是由于考虑动力定位系统冗余性的要求,不得不多有台发电机在网(最起码保证一段母排有一组发电机运行),这样的情况下,发电机组经常出现在低负荷运行的状态,长期低负荷运行会造成柴油发电机组的喷油器积碳,影响柴油机的运行。因此需要使用固定功率模式,保证并车时需要除积碳的发电机组在高负荷下运行。

需要考虑到PMS操作站的控制权问题,原则是:配电板本地控制>集控室工作站>驾驶室工作站。在配电板本地工作stations上设置就地/远程控制位置选择,当选择在地时,由本地工作站控制;当选择在远程时,可以由集控台或驾控台控制。在集控台工作站设置集控台/驾控台模式选择。当本地工作站选择在远程时,且在集控台工作站选择集控台时,集控台才可以控制。当本地触摸屏选择在远程,且在集控台工作站选择驾控台时,驾控台才可以控制。在显示屏上显示控制权限位置,有控制权限的才能操作;没有控制权限不能操作,仅可以查看状态及参数显示以及确认屏幕上的报警,不能复位PMS PLC)。当控制权限在远程时,配电板本地工作站可以随时收回权限(控制位置选择一直有效)。当控制权限在驾控台时,集控台可以随时收回权限。

2 结论

动力定位船舶,其船舶电站是船上重要的动力装置,供给全船所需电力。它保障整个船舶能够安全有效运行的重要前提。对我们监理工程师来讲,是监理重点。因此需要详细梳理好各个阶段的监理工作要点,这样才能在日常工作中有的放矢,不犯错误。由于本人能力有限,上述肯定有不到的地方,烦请指正。

参考文献

- [1]谢绍惠 船舶电站(M)北京:国防工业出版社1981
- [2]刘宗德 船舶电站及其自动装置(M)北京:人民交通出版社1994
- [3]段远才 柴油发电机组并联运行及调整(M)北京:国防工业出版社1998