

海上平台电气系统无人化方案设计

高 璇, 张 昊, 刘国锋

(中海油研究总院有限责任公司, 北京 100028)

摘要: 目前国内外越来越多边际油田开发借助无人平台来实现, 降低油田开发成本的同时, 也对平台生产安全提出更高要求。无人平台电气系统的设计以系统网架结构简化为基础, 以实现全面监测、远程调控和安全可靠运行为目的, 以现有能量管理系统为基础平台, 将电气系统、能量管理系统及各设备监测系统联合实现远程管控, 从而为海上油气生产提供可靠、安全的供电保障。主要探讨海上油气田工程设施电气无人化的设计方法, 结合南海某海上油田工程设计案例, 详细论述无人平台电气设计方案, 从具体设计工作中提炼出符合海上平台电气系统的无人化通用做法, 为海上油气田无人化的推广应用以及无人平台电气系统的设计提供参考和借鉴。

关键字: 无人平台; 远程遥控; 状态监测; 能量管理系统

Unmanned scheme design of electrical system in offshore platform

GAO Xuan, ZHANG Hao, LIU Guofeng

(China National Offshore Oil Corporation Research Institute Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: At present, more and more marginal oil fields are developed by unmanned platforms in the domestic and overseas, which not only reduces the development cost of oil fields, but also puts forward higher requirements for production safety. Design of electrical system in unmanned platform is on the basis of simplification of electrical structure. To realize comprehensive monitoring, remote control, safe and reliable operation, electrical system, power management system and several equipment monitoring systems are integrated based on the existing electric energy management system, thus providing reliable and safe power supply for offshore oil and gas production. The design method of unmanned electrical system in offshore oil and gas fields is mainly discussed. One engineering design example is taken to expound electrical design scheme of unmanned platform at length. Common practices are proposed from detail design work, providing reference for the design and application of electrical system of unmanned platform.

Key words: unmanned platform; remote control; condition monitoring; power management system

0 前言

随着海洋石油资源的不断开发, 越来越多的边际油田逐渐涌现。利用常规开发方案和技术往往不能对这些边际油田进行经济性开发^[1], 寻求新的设计方法和思路来尽可能降低开发成本, 才能经济有效地开发这些边际油田。

目前国内外已有一些采用无人平台方案开发边际油田的案例, 据统计, 世界上约有1 600座海上无人平台, 国内从第一座无人平台BZ34-4^[2]开始, 目前已有无人平台约20余座。将海上平台设计为无人化生产模式^[3], 可以降低工程投资, 减少人员操作及设备维修费用。无人平台一般结构

形式和工艺系统简单,平台井数较少,上部设施比较简单。通常情况下,电气系统也力求简化,实现造价更低的同时,在功能上也略有掣肘,如智能化程度较低,电气、控制等各项技术不够先进,安全性有待进一步提高。

随着网络技术、自动化技术等新技术的发展,数字化、智能化成为工程设计的趋势,这也为海上无人石油平台的进一步完善提供了技术基础。海上平台电力系统的安全稳定运行是油田正常生产的前提,而无人值守模式则对海上平台的电力系统、电气设备提出了新的要求和挑战。因此有必要针对电气系统的无人化、智能化设计进行探讨,研究可操作性高的电气无人化设计方案,提高无人平台的数字化、智能化水平,从而为后续推广积累经验。

1 无人平台概述

井口平台无人化后,平台上长期无人驻守,正常生产时通过在周边依托平台上进行远程监控实现无人操作;仅在维修保养或定期巡检作业时,才有人员登临平台进行作业;或者在无人平台自身关停后,应急登临平台进行恢复工作^[4]。

无人平台一般都是通过海底电缆依托周边平台供电,负荷规模较小,主要用电设备为:电潜泵、加热器、置换泵、外输泵、化学注入撬和管线伴热等工艺设备,吊机、通风空调器等公用设备,照明系统、导航系统、雾笛系统和不间断电源系统(UPS)。

无人平台电气系统应具备功能如下:实时采集测量数据,向周边依托平台或海上油田控制中心及能量管理系统(EMS)上传电气设备信息及系统运行状态;同时可接受远程控制中心的遥控、遥调,使有人处理设施上电气操作人员能够完成运行、监视和控制等远程操作^[5]。

海上平台电气系统的无人化是以平台电力系统的网架结构简化为基础,以实现全面监测、远程调控和系统安全可靠运行为目的,以现有EMS为基础平台,将电气设备、能量管理系统及各设备监测系统等联合,通信联络整个平台甚至油田

群电气系统,基于计算机网络技术及智能控制技术,对无人平台电气系统情况进行监测、分析,从而实现远程管控。

鉴于海洋石油工程风险较高,不可预知性较大,平台操作现场自然环境恶劣,对可靠性、安全性和生产管理高效性需求较高,所以设计需要综合考虑安全、生产效率、无人化、智能化程度以及经济效益的平衡^[6]。

2 电气无人化方案设计

2.1 EMS升级

EMS可以实时采集和监控电网数据,并对全电网实时在线控制,根据电网各发电机组的运行情况,预先设置多种运行工况,制定多种切机、卸载负荷的CASE方案和控制策略^[7],实现各平台的数据采集和安全监视、发电机组的有功/无功分配、电抗器的自动投入、优先脱扣以及整个电网的稳定。

无人平台电气系统的核心是EMS,需要进一步完善EMS,对现有电网进行适应性升级改造,完善关键设备参数采集手段,增加可监控的电气设备信息和数据采集单元,加强关键设备的状态检测,及时收集系统中有必要监测的目标运行数据,如电参数、能耗和运行状态等信息,建立全时动态能量管理系统,这是后续在线监测和故障诊断的前提,也为配电网智能化升级创造条件。

EMS通过对配电盘、变压器、海底电缆和UPS等设备实时监控、数据采集并远传,满足远程监视、控制的运行要求。

2.2 设备远程操作

无人平台设计的初衷是取消平台人员值守,减少现场操作和设备维护,将油田开发的决策点转移至远程控制中心,非本平台自身关停的恢复通过控制中心进行远程复位,无人平台生产基本实现远程操作。

电气设计时,便要重点关注电力系统和电气设备的远程送电、起停、切换和故障复位等功能

的实现。高压配电柜、中压配电柜以及有必要的低压开关回路具备远程和就地控制功能。继电保护设备配置信息远传功能。

各系统之间完善通信线路建设。无人平台实地采集的各项电气数据根据需要分别通过硬线、数据线或者光纤传输至本平台EMS、中控系统以及依托平台或者周边中心平台的远程控制中心，如图1所示，实现无人平台数据共享。

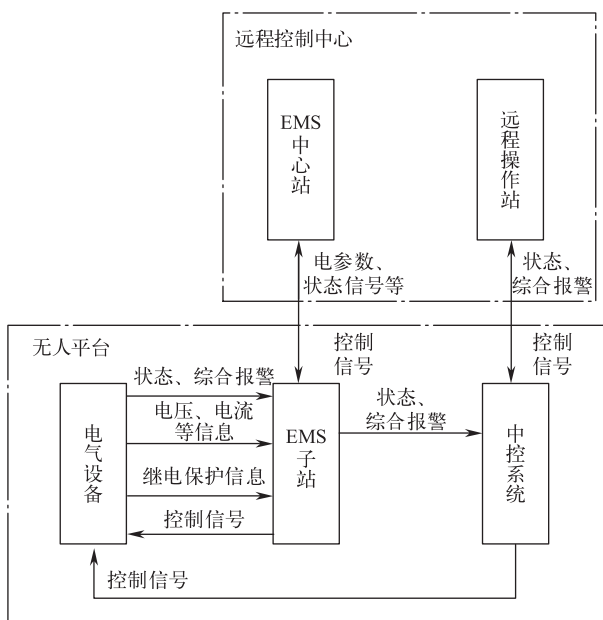


图1 电气数据传输示意图

Fig. 1 Schematic diagram of electrical data transmission

2.3 运行状态监测

无人平台电力系统的可靠运行是保障生产的前提，任何电力故障都可能引发停产，从而造成经济损失。因此，电力系统和电气设备的远程状态监测、故障诊断与预维护显得尤为重要。

利用先进的传感器、监测装置^[8]和通信手段实时监测设备动态。关键电气设备均需纳入在线监测范围，完善电气运行数据监测，实现设备状态在线监测与预警。对发电机、变压器、海底电缆、开关柜和UPS等分别根据需要进行温度、局部放电、应变和绝缘监测。通过全面的运行状态智能监测及信息远传，远程控制中心得以实时掌握无人平台的情况，提高了电网供电可靠性和安全性。

在关键设备和节点增加故障录波装置，精确记录故障出现的时间、状况等详细信息，实现对故障的预测，及时防患，维持供电连续性和可靠性，保障正常生产。无人平台电气设备监测系统示意图如图2所示。

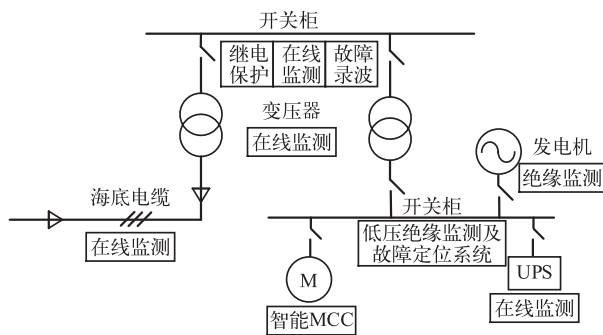


图2 无人平台电气设备监测系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of electrical equipment monitoring system

2.4 无人巡检

通过对配电间、变压器间等电气设备房间进行视频监控，实现电气设备外观及运行环境的监视，保障无人平台电气配电间安全，实现对配电间的远程管控。

使用无人巡检机器人代替人工巡检，通过在机器人机身挂载局部放电检测仪、有害气体传感器、SF₆传感器和红外热成像仪等，检测电气设备状态实况，记录重要电气参数并存档，实现对无人平台配电间的环境监测、局部放电监测、智能抄表和智能巡检，从而减少人员登陆平台次数，减少人工巡检工作量，降低生产操作费用，提高无人平台配电间电气安全管控水平。

2.5 功能集成

鉴于无人平台采集、监控的数据涉及电网各项电参数、设备状态和传输信号，为实现一体化监控，在EMS基础上建立大数据平台，实现设备信息与调度的互动，完成无人平台电气系统综合优化管控，对无人平台电气系统、设备提供全寿命周期故障检测、动态状态监测，为电气系统的远程操控和可靠运行提供管理平台^[9]。电气系统一体化监控示意图如图3所示。

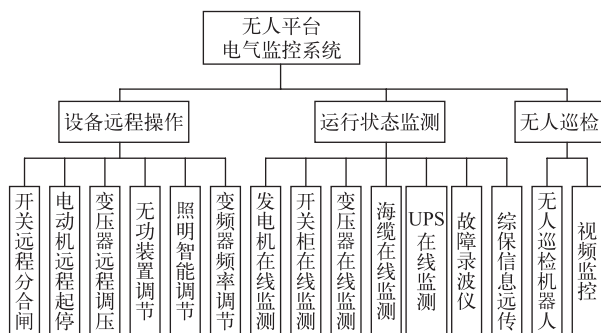


图3 电气系统一体化监控示意图

Fig. 3 Schematic diagram of integrated monitoring of electrical system

3 设计实例

南海某小型平台WHPC采用全海式开发，距离已建WHPA平台约4 km，借助附近平台的工艺流程及人员配置开发生产。WHPC平台通过1台4 km、35 kV海底电缆从WHPA平台35 kV系统引电。平台设EMS子站，并接入油田群EMS。

3.1 简化电网结构

WHPC负荷约2 MW，配置1台35 kV/0.4 kV 3 150 kV·A变压器降压后，为平台低压用户供电。

在保证电气系统供电可靠性的前提下，可简化平台电气系统，节约投资。WHPC上不设置应急发电机，使用20 kV·A UPS电源作为临时应急电源，以便在主电源发生故障时，给通信、火灾探测、仪表控制及电气脱扣等系统供电至少30 min。

常规设计方案中，相关应急负荷根据工艺流程更改其供电方式。应急置换流程考虑在依托平台WHPA上新增置换泵来实现^[10]。

在失主电工况下，依托WHPA置换无人平台管线的相关阀门及系统开启等操作时间要求为4 h，将海管远程应急置换情况下需要开启的阀门调整为可远程复位的关断阀SDV，并通过UPS电池维持中控系统供电，进而为SDV提供启动电源。

在主电源故障情况下，导航系统由自带蓄电池组供电，以确保其可连续工作96 h；应急照明

系统自带蓄电池供电，工作时间不少于30 min。

3.2 无人化功能实现

3.2.1 EMS 系统升级

无人平台配置EMS子站，接入油田电网EMS，EMS进行系统升级。EMS子站实时采集并传输电气设备情况及运行状态至WHPA平台，如开关柜分合闸状态、故障信息、综合保护装置动作信号、开关柜远程/就地操作指示和工作或试验位信号等，接受WHPA平台远程控制中心的遥调与遥控，便于WHPA平台上电气操作人员能够完成WHPC平台的运行、监视和控制工作。

3.2.2 设备远程操作

WHPC上高压真空断路器、低压空气断路器和低压塑壳断路器均配置电动操作机构，为非无人平台故障跳闸导致失电情况下各级断路器远程分合闸的实现提供硬件条件。EMS通过将遥控信号作用在分合闸回路上，实现对断路器的远程分合闸。

中控系统通过光纤与WHPA平台实现通信联络，通过远程控制WHPC平台电动机起动器实现泵类负载回路的起停。中控系统还通过硬线和数据线与生产井控制柜之间进行通信联络，可以根据生产井状况及时调节电潜泵变频器频率，从而远程调节产液量。

3.2.3 运行状态监控

WHPC平台海底电缆配置在线监测系统，对海缆的触碰、破坏和信息窃取等事件进行监测；同时进行温度与应变的测量，有效掌握海缆的运行状态，预先发现海缆的运行隐患和故障趋势。

主变压器配置变压器在线监测系统，对变压器局部放电及温湿度信息进行连续采集与监测，为变压器状态评估和预知性维修提供有效的基础数据。

低压系统增加绝缘监测及故障定位系统，实时检测各低压回路的测试电流信号，实现绝缘短路故障的预判断以及具体故障回路的位置锁定，并将这些信息传输到WHPA平台，以便WHPA平台上电气操作人员及时断开故障回路，从而提高

响应速度，减少故障范围，提高供电可靠性。

UPS配置在线监测系统，实时监测UPS电池状态，及时发现故障，确保UPS安全。

3.3 应急电源安全

平台不设应急发电机，应急电源来自UPS，在应急电源断电情况下只能依靠UPS后备电池供电。故UPS电源是无人平台远程操作的基础条件。

为确保UPS的可靠性，UPS采用双冗余加旁路的配电结构，保障高可靠性要求；同时增加UPS在线监测系统，实现远方监视和控制。

4 结束语

总的来说，无人平台设计可以降低设施投资，减少后期操作维护频次和费用，整体降低油田开发成本，在边际油田开发中起着重要作用，但也对平台生产的安全性提出更高要求。只有适应需要、完善设计，才能完成生产方式由有人到无人的转变。

本文对常规平台电气系统进行改进，提出一系列措施以提高无人平台电气系统智能化水平，形成无人平台电气设计较为通用的做法。通过使用智能仪表、增加设备监测装置及完善信息采集和通信手段等多种方式，提高电网远程监控水平，实现远程操作功能，达到无人平台远程操作安全可靠的目的。

本文所述的电气无人化设计方案对海上油气田经营模式的变革具有一定的促进作用，也为后期边际油田采用无人平台的开发工程提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 王春升. 海上无人平台的应用分析与设计建议[J]. 中国造船, 2009, 50: 65-70.
- [2] 杨福新. 我国第一座海上无人平台——渤中34-4 WP平台[J]. 中国海上油气, 1993, 5(5): 13-19.
- [3] 代齐加, 肖宇, 钱勇君. 海上某平台工艺系统无人化的设计[J]. 化工管理, 2020, 34: 193-194.
- [4] 吴红光. 应急发电机在海上无人平台远程管理的实现方法[J]. 广州化工, 2020, 48(9): 127-129.
- [5] 魏春先, 黄波, 徐建东. 海上石油平台无人化、智能化设计[J]. 机电信息, 2020(9): 98-99.
- [6] 刘红霞. 深海海洋平台控制系统智能化研究[J]. 海洋工程装备与技术, 2019(6): 404-408.
- [7] 周新刚. 海上平台电力组网中电网智能化升级研究[J]. 机电信息, 2012(9): 27-28.
- [8] 张焕芝. 国际大石油公司油气田开发关键技术研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2008.
- [9] 赵柏翔, 关焕新, 吴迪. 基于大数据平台的红外专家系统在智能变电设备中的诊断[J]. 沈阳工程学院学报, 2019, 15(2): 149-155.
- [10] 陈鑫, 付文字, 吴昊. 海上无人平台不设置应急机的电气解决方案研究与应用[J]. 机电信息, 2020(9): 27, 29.

作者简介

高璇(1987—), 女, 硕士, 工程师, 从事海上油气田开发工程电力系统研究设计工作。