

海上发电机组保护装置与控制系统方案优化

程晓阳

(中海石油中国有限公司蓬勃作业公司, 天津 300459)

摘要: 海上油气田发电机组由控制系统、各种安全保护装置和辅机系统组成, 这些控制系统和安全保护装置既相互独立又相互合作, 构成一个有机整体, 从而实现无人值守全自动运行, 但是从现场实际情况看, 各个系统间接口设计还是存在一些缺陷或风险点。结合海上油田发电机继电保护装置和控制系统设计中存在的风险点和可能出现的后果进行研究分析, 在满足不同专业领域规范和实际要求的情况下, 兼顾经济效益提出优化的方案。以某海上油田涡轮发电机组为例, 通过对实际硬件和软件的分析, 不断完善控制系统之间、继电保护和控制之间以及继电保护与继电保护之间的接口设计, 提高设备的可靠性, 以避免资产损失或产生其他更严重的后果, 也可以为国产化涡轮机设计提供参考。

关键字: 发电机; 自动控制系统; 继电保护装置

Optimization of control system and protection relay of offshore generating set

CHENG Xiaoyang

(CNOOC China limited Pengbo operations company, Tianjin 300459 China)

Abstract: Offshore oil and gas field generating set by the control system, all kinds of safety protection device and auxiliary system, the control system and safety protection devices are independent of each other and mutual cooperation, and form an organic whole, so as to realize unattended automatic running, but judging from the scene actual situation, the system of interface design still has some defects or risk points. The risk points and possible consequences in the design of relay protection device and control system of offshore oil field generator are studied and analyzed, and the optimized scheme with the consideration of economic benefits when meeting the specifications and practical requirements of different professional fields is put forward. Based on a turbine generator sets for offshore oil field as an example, through the analysis of the actual hardware and software, between control system, relay protection and control, relay protection and relay protection interface design are constantly improved, to improve the reliability of equipment, and avoid assets loss or other more serious consequences. It can also be reference for the localization of turbine design.

Keywords: power generator; automatic control system; protection device

0 引言

目前大部分海上油气田生产电力系统是由几台或更多发电机组、电站控制系统、配电及所带的负载组成一个独立的电网^[1-2], 为海上油气田开发提供电力资源。发电机组实现无人值守的全自动化运行, 必然要依赖于各种必要的控制系统和安全保护装置。这些控制系统和安全保护装置既相互独立又相互合作, 构成一个有机整体, 但是

某海上油田机组系统间的接口设计还是存在一些缺陷或风险点。本文主要对发电机控制装置、继电保护装置和二次控制回路中的接口设计进行分析和优化。

1 海上电网和发电机的基本组成

海上电网一般由两台或两台以上的多台发电机通过同步装置同步到一个电网中, 并由电站控

制系统（Power Management System, PMS）进行实时控制，实现电网整体平衡和稳定。一般包括原动机、变速齿轮箱、发电机、励磁系统、起动系统、机组主控系统、发电机主继电保护装置、

火灾保护系统、主回路出口开关柜（含断路器和二次控制回路）、振动监测装置、发电机后备电源系统、后备保护装置、同期装置及辅机盘。发电机组框图如图1所示。现场实景如图2所示。

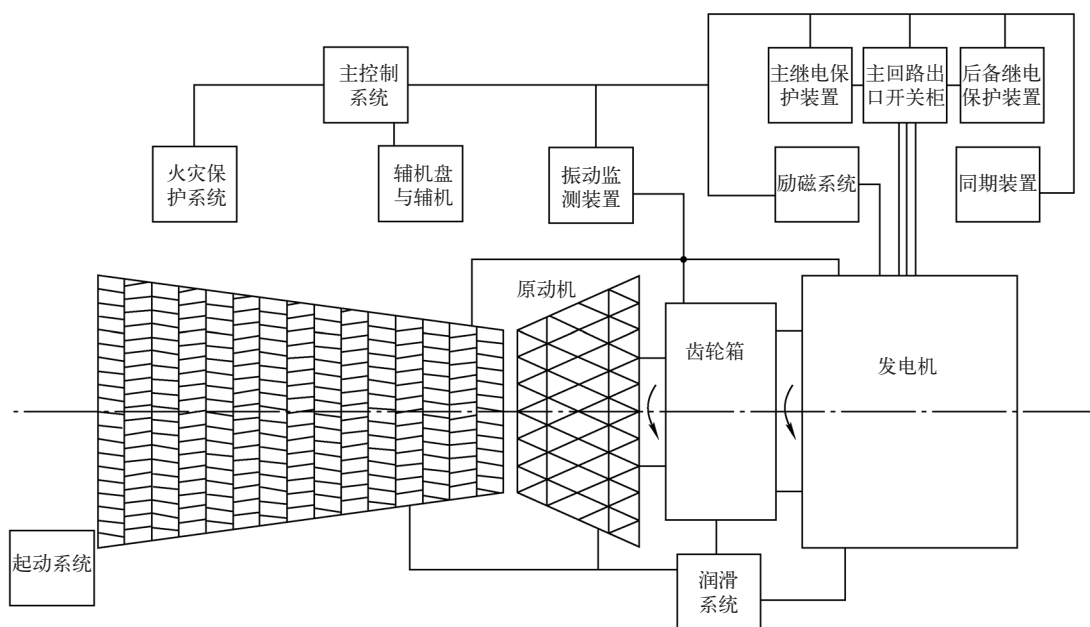


图1 发电机组框图

Fig.1 Generator block diagram

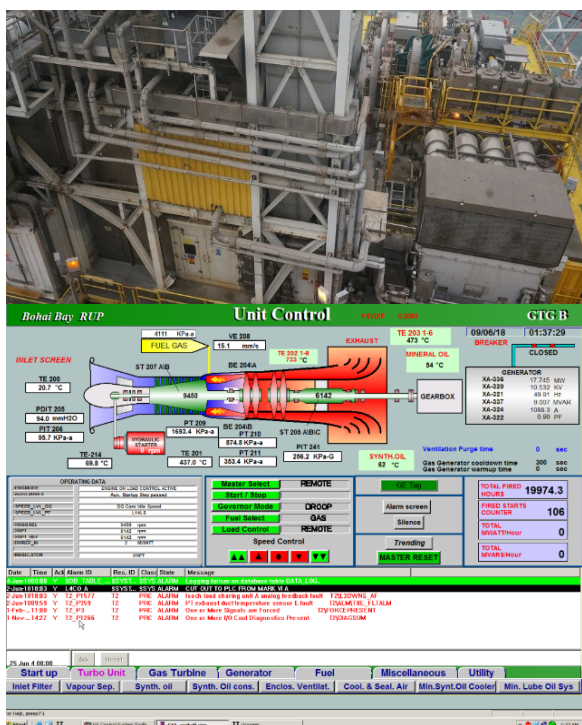


图2 海上涡轮发电机实景和控制界面

Fig.2 Scene and control interface of marine turbine generator

这些单个系统或装置功能相对独立，又相互配合和紧密联系，构成一个有机整体系统。在海上实际运行中，发现继电保护和控制系统之间接口设计存在一些不足或缺陷，同时存在着巨大的风险，可能会导致严重的后果。本文分别从这几个实际问题逐一分析和优化。

2 断路器状态信号

海上涡轮发电机断路器状态信号、继电保护装置分闸出口、发电机主控分闸信号和供电电源的接线图如图3所示。

2.1 断路器状态信号实际接线

MARK VI控制系统如图4所示。振动监控系统如图5所示。根据发电机组接线原理图设计，发电机出口主回路断路器辅助开关的一个常开触点接到发电机组主控系统MARK VI（见图4）的数字量输入模块一个输入点，发电机主控系统MARK VI用此信号来监测断路器实际状态；从发电机组

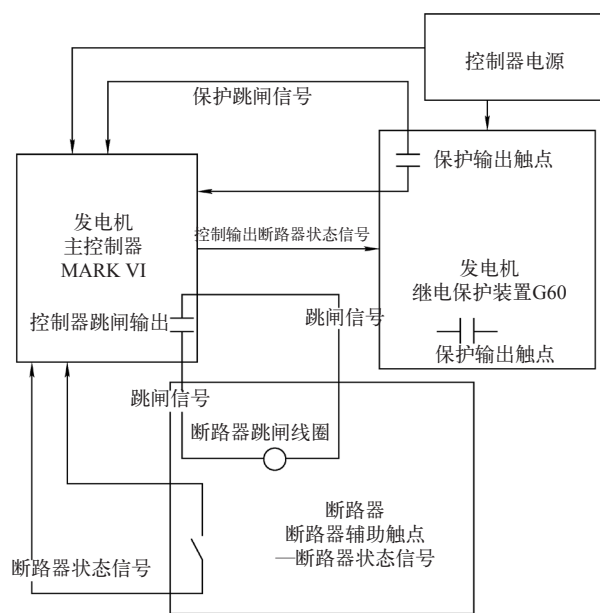


图3 原硬件接线原理图

Fig.3 Hardware wiring schematic diagram

主控制系统的数字量输出模块上有个常开触点接到发电机继电保护装置G60（见图5）的数字量输入模块，作为断路器状态监控的信号源。

2.2 主控制系统的逻辑配置

根据主控制系统的逻辑配置，主控制机制将断路器52-G状态信号取反后输出给继电保护装置G60作为断路器当前状态信号，如图6所示。

2.3 继电保护的逻辑配置

发电机的继电保护装置设置有发电机纵差保护、负序保护、逆功率、反时限过电流保护、过电压保护、欠电压保护、频率低保护、频率高保护、转子一点接地报警、转子二点接地分闸和失磁保护^[3]。根据继电保护装置的逻辑配置，继电

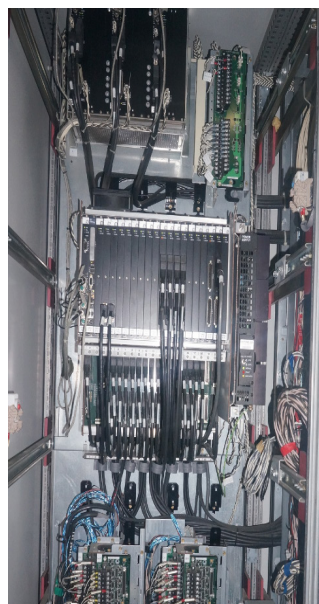


图4 MARK VI控制系统

Fig.4 MARK VI control system



图5 振动监控系统

Fig.5 Vibration monitoring system

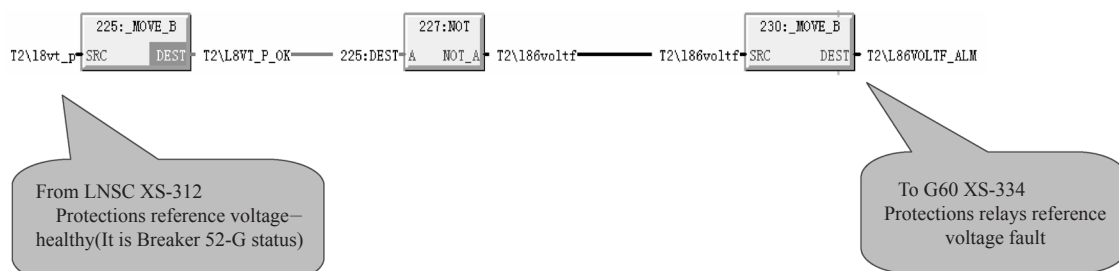
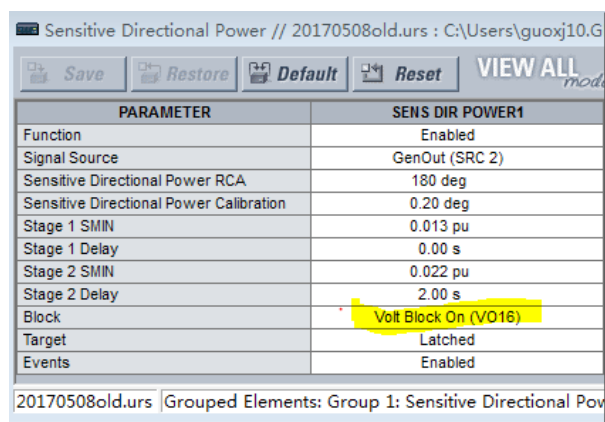


图6 控制器逻辑配置

Fig.6 Controller logic configuration

保护装置检测并启动了某个保护功能，同时需要判断发电机出口断路器状态信号是否处于合闸位置。若断路器处于合闸位置，则继电保护装置最终启动保护出口，发分闸信号去跳开发电机出口断路器；若发电机出口断路器处于分闸位置，则不发分闸信号，只是发装置错误信号，提示运维人员检修，如图7所示。



PARAMETER	SENS DIR POWER1
Function	Enabled
Signal Source	GenOut (SRC 2)
Sensitive Directional Power RCA	180 deg
Sensitive Directional Power Calibration	0.20 deg
Stage 1 SMIN	0.013 pu
Stage 1 Delay	0.00 s
Stage 2 SMIN	0.022 pu
Stage 2 Delay	2.00 s
Block	Volt Block On (VO16)
Target	Latched
Events	Enabled

图7 保护装置G60保护设定与逻辑配置

Fig.7 Protective setting and logical configuration of protective devices G60

2.4 风险点分析

这种接线风险是：当主控制系统突然死机瘫痪或主控制系统电源出现故障时，由于原动机失去控制而停车，主控制系统所有数字量输出会回到自然状态，所以继电保护装置检测到出口断路器状态为分闸，但是发电机出口断路器实际状态为合闸，这样发电机在失去原动机做功输出的情况下，从电网中吸收功率，变成电动机运行。此时继电保护装置能检测到逆功率事件，但是由于继电保护装置检测到断路器状态为分闸，而不启动分闸信号，仅仅发出一个装置错误信号。与此同时，由于发电机的主要控制系统瘫痪，所有的辅机包括润滑系统都会停止运行，若发现不及时，后果不堪设想，发电机、原动机和齿轮箱都可能会损伤。

3 分闸信号的实际接线

根据图3，发电机主保护装置保护出口分闸信号被接到发电机组主控制系统的数字量输入模

块，并没有直接接到断路器的分闸控制回路。发电机组主控制器分闸出口信号接到断路器的分闸控制回路。

3.1 逻辑配置

发电机组主控制器逻辑配置为接收到发电机保护装置分闸信号后，发电机组主控制系统立即将分闸出口信号置1，即启动分闸信号，同时也调整发电机组其他控制信号参数，确保机组安全平稳的运行或停车。

3.2 分闸信号接线风险点分析

当主控制系统或主控制系统电源出现故障时，保护装置已发出分闸信号，但主控制系统出现故障或主控系统电源故障而失效，即导致无法启动主控系统分闸出口信号，而出现保护不动作的问题。

4 控制系统和保护装置采用同一电源的风险点分析

从图3中不难看出，保护装置、控制系统电源不独立，一旦发电机组控制电源出现故障，则会导致控制系统关停或瘫痪，这时原动机也会因为控制系统瘫痪而关停，发电机必然还挂在电网上，会出现逆功率运行。此时由于保护装置和控制系统是一个电源，在电源故障时，保护装置也会失效，所以无法检测逆功率，更无法分闸。另外还会出现发电机带着原动机运行，后果也无法预料。

5 方案优化

结合以上风险点分析，充分考虑控制系统和电力继电保护装置各自的专业特点，在本着设备安全、电网安全的前提下进行以下几点优化，实际接线如图8所示。

5.1 硬接线的优化

5.1.1 断路器状态信号接线

主控制系统和继电保护装置分别直接从断路器的辅助开关上引独立的触点作为各自的信号源。若条件允许，则主控制系统接至保护装置的

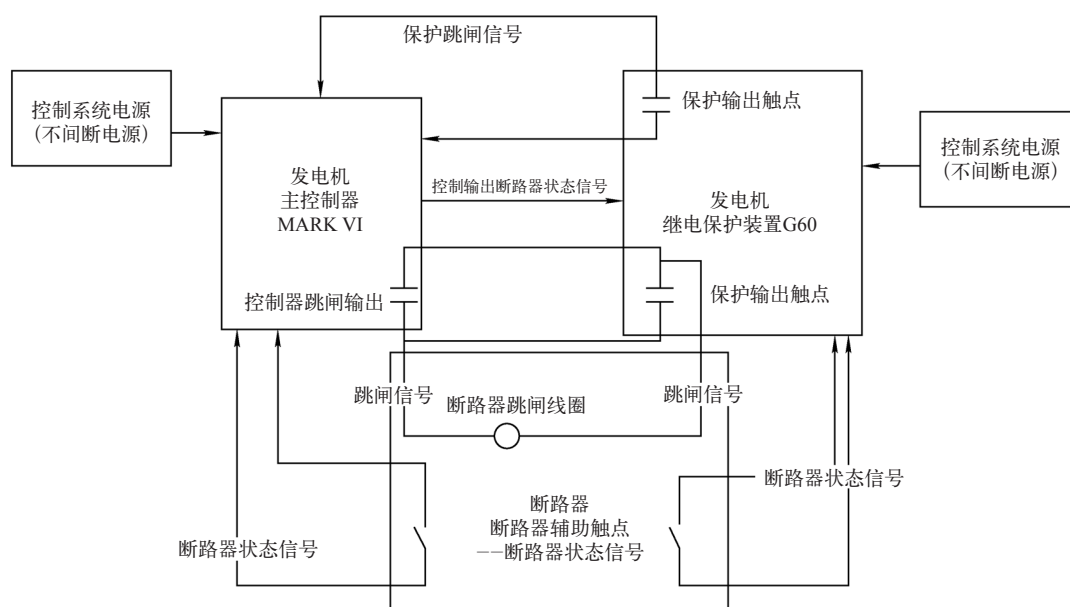


图8 优化后硬件接线原理图

Fig.8 Optimized hardware wiring schematic diagram

断路器状态输出信号可以保留，作为冗余判据。

5.1.2 保护装置保护分闸信号

原设计从继电保护装置接至主控制系统的保护分闸信号需要保留，主控制系统接至断路器分闸回路中的分闸信号也需要保留，同时另外引一路保护分闸信号直接并入断路器分闸回路；若保护出口不够用，可以考虑增加保护出口中间继电器来扩展信号。

5.1.3 主控制系统数字量输出点性质优化

为了保证设备安全，对于机组保护出口的数字量触点采用事故安全型。本方案可将分闸出口触点由原来的常开点改成常闭点。为了避免一合闸就分闸，将在软件中进行正常使能配置。

5.2 软件逻辑优化

5.2.1 继电保护装置逻辑优化

将断路器辅助开关触点信号作为断路器状态的主要信号，将主控制系统输出的断路器状态信号作为辅助判据。理论上，这两个信号应该是一致的，若出现不一致的情况，则肯定是线路中或者某个装置出现问题，这样继电保护装置可以配置一个报警信号，提示工作人员及时检修处理，不仅可以大大提高设备的可靠性，也可以让工作人员及时发现问题。

5.2.2 主控制系统的逻辑优化

对于主控制跳闸信号改成故障安全型设计，即使用常闭点，初始化时使能输出点使其变成常开点。保留接收到继电保护装置分闸信号后启动分闸输出逻辑。

5.3 电源的优化

一般来说，控制领域设计独立不间断电源系统(UPS)给控制系统供电，电气领域也设计具有UPS性质的开关柜操作电源，用于保护装置和电气设备操作电源。这样可以避免一个电源出现故障，整体系统出现瘫痪的局面，可以大大提高系统的安全性和可靠性(见图8)。

6 结束语

在做系统设计时，不同专业背景的工程师对系统的理解存在差异，可能会导致各个系统之间的接口设计部分存在一些缺陷。对于一个孤立的电网，自成一体的独立系统必须能够满足海上油田正常生产下的用电需要^[4]，因此系统的可靠性和安全运行至关重要。

针对以上情况，海上现场及时进行了优化改造，即使后来控制系统偶尔发生故障，也没有造

(下转第97页)

44(11): 13-15.

WEI Xing, XIAO Lan, YAO Zhilei, et al.
Design of LCL filter for three-phase grid-connected
inverters[J]. Power Electronics, 2010, 44(11):
13-15.

- [13] Liu F, Zha X, Duan S. Three-phase inverter
with LCL filter design parameters and research[J].
Electric Power Systems, 2010(3): 110-115.

作者简介



顾伟峰

顾伟峰 (1978—), 男, 工学
硕士, 高级工程师, 主要从事风
电变流器的设计与开发。

(收稿日期: 2018-05-10) **EA**

(上接第56页)

成严重的损失。考虑目前科技的发展, 结合本案
海上电力系统实际运行维护过程中遇到的问题和
经验, 建议在以后的设计中尽可能做好以下几个
方面工作。

1) 将所有的保护出口都设计成故障安全型模
式。故障安全型是当外围设备或控制系统发生故
障时, 系统向安全方向动作, 因而被用来实现控
制系统中的安全相关任务。也就是说在系统出现
意外故障时, 依然能保护设备安全、人身安全和
环境安全。要实现故障安全性, 从开始设计就需
要系统考虑, 从硬件和软件两个方面统筹考虑,
既可实现设备、人身和环境安全, 又不会增加很
大成本。

2) 尽可能采用冗余设计和表决机制, 在保证
各种功能的前提下, 冗余设计和表决机制会避
免不必要的误动作。

3) 各种功能设备设计时, 着实需要做好各种
风险分析, 尽可能地完善方案, 哪怕一个细小
的问题, 也要认真分析潜在的风险, 避免千里之
堤溃于蚁穴的局面发生。

4) 在设计和项目实施过程中, 所有不同专
业领域之间的沟通尤为重要, 需要做到专业化
设计, 同时还需要系统化统筹考虑。

严谨认真、系统全面的设计, 不仅可以提高
设备的可靠性和安全性, 从而避免事故发生或
财产损失。

参考文献

- [1] 咎智海. 某海上油田电力系统优先脱扣系统改造

研究[J]. 企业技术开发, 2015(12): 1-3.

ZAN Zhihai. Study on the improvement of optimized
outlet system of electric power system in an offshore oilfield
[J]. Technology Development, 2015(12): 1-3.

- [2] 陈永强. 绥中36-1海上油田群电站并网发电机控
制研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.

CHEN Yongqiang. Suizhong 36-1 research on
control of generator connected to power station
in offshore oilfield group[D]. Tianjin: Tianjin
University, 2012.

- [3] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 3
版. 北京: 中国电力出版社, 1994.

- [4] 赵均. 故障安全型自动系统的特点及应用[J]. 江
苏电力技术, 2000(4): 1-2.

ZHAO Jun. Characteristics and application of fault-
safe automatic system[J]. Jiangsu Electric Power
Technology, 2000(4): 1-2.

作者简介



程晓阳

程晓阳, 男, 本科, 工
程师, 主要研究方向为继电保
护、变电站与发电厂综合自动化
工程。

(收稿日期: 2018-07-03) **EA**