

# PMS在海洋石油平台的应用

阐述了电力管理系统（PMS）为海洋石油平台的输配电提供监测和控制功能，PMS通过对平台配电系统的数据采集，根据各个发电机组的带载能力和工作特性，对其发出相应的电力调度命令，最终达到维持石油平台电力稳定的目的。

武岳 叶露 林永章 王晶/海洋石油工程股份有限公司



武岳/工程师

## 0 引言

海洋石油平台电力系统是石油平台的一个重要组成部分，海底石油和天然气的勘探、开采是一项高投资、高技术难度和高风险的工程，而电力系统的安稳运转是海上石油平台正常安全运行的必要条件。据分析，每一次平台的电网意外停电所造成的经济损失高达上百万元。所以，配备一套可靠稳定的电力管理系统（PMS）就显得尤为重要。

本文以南海西部某石油平台电力系统为例进行说明：该平台变配电系统由2台4 400 kW燃气轮机组、1台3 300 kW燃气往复式机组、2台2 500 kV·A中压变压器、8台大功率中压电动机、1台400 V应急发电机及断路器等构成。机组设计正常运行工况为：①2台燃气轮机组正常运行，1台燃气往复式机组备用；②1台燃气轮机组+1台燃气往复式机组正常运行，1台燃气轮机组备用。

由于燃气轮机组、燃气往复式机组不同机组厂家调速调压控制逻辑不同，因此机组本身调速特性具有一定差异。PMS的首要功能是实现对两种不同型号机组的全面管理和控制，使机组处于经济、稳定状态下运行。同时，根据本项

目负荷实际情况，大负荷设备较多、小负荷设备较少，大负荷设备上线/离线可能对平台电网造成冲击，从而导致系统运行不稳定。PMS的另一个重要功能就是在负荷波动时实时调整机组出力，维持平台电网稳定。

## 1 PMS对配电系统的采集和控制

### 1.1 配电系统数据采集

PMS对断路器的合分状态通过硬线DI采集；PMS对断路器相关的电网系统数据（模拟量—电网相关数据）采用通信方式（Modbus）采集，相关采集设备如下：

1) 中压系统通过Modbus通信采集综合保护继电器和多功能表数据，PMS的相关逻辑控制以综合保护继电器数据为准，多功能表数据仅作为参照。

2) 低压系统通过Modbus通信采集多功能表数据，参与PMS系统负荷计算。

3) PMS对机组相关的运行参数（电网及工艺相关数据）采用以太网通信方式采集；PMS对机组Local/Remote运行状态通过硬线DI采集；PMS对变压器、变频器等设备运行参数采用Modbus通信方式采集。

### 1.2 配电系统的控制

#### (1) 对发电机组的控制

PMS可以对发电机组进行控制，对燃气轮机组及燃气往复式机组的升速、降速、升压、降压及DROOP/ISOCH模式通过硬线DO进行控制。

### 关键词/Keywords

PMS •  
CASE •  
卸载 •  
功率因数 •

## (2) 对断路器的控制

PMS对断路器的分合闸操作、大负荷上线抑制通过硬线DO进行控制。PMS的合闸功能仅在盘柜控制处于Remote位置时才能操作。

## (3) 旁通抑制和上线抑制控制

1) 加入卸载抑制逻辑的负荷, 对应断路器操作窗口中显示卸载抑制状态。

2) 加入上线抑制逻辑的负荷, 对应的断路器操作窗口中显示上线抑制状态。

## 2 PMS对发电机组的控制

石油平台的电力系统一般分为孤岛电站运行和多发电机组并网运行两种形式。多发电机组并网的核心是保障安全、稳定运行, 也就是在保持系统电网运行参数稳定的情况下, 保证电网负荷、机组出力平衡, 在出力与负荷出现不平衡时通过二次调节确保机组再次达到平衡。

### 2.1 机组控制模式分析

通过对以往项目海上平台机组的调研, 发电机组控制常见模式分为ISOCH模式和DROOP模式。机组运行模式如图1所示。

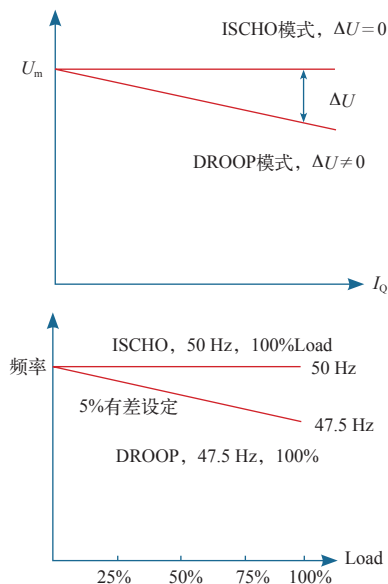


图1 机组运行模式

ISOCH模式为电压(频率)设定方式, 即无差模式, ISOCH模式下机组转速和负荷曲线是一条平行X轴的直线, 机组稳定以50 Hz(机组设定

频率)和6 300 V(机组设定电压)为目标, 保证电网稳定。

DROOP模式为电压(频率)跟随方式, 即有差模式, DROOP模式下机组转速和负荷曲线是一条下垂的直线区间带, 调速系统会根据负荷情况修正调速环调整后的频率, 而这个频率并不是稳定的频率, 而需要二次调速(如手动或PMS介入)以达到稳定的频率。这样做的目的是机组带载率突然变很高和很低时, 防止发电机过载或被托反向导致跳机。

结合上述分析, 同时考虑到机组运行的经济性及稳定性, PMS接管后总体控制原则确定为:

1) 单台在线时, PMS接管时考虑运行于ISOCH模式。

2) 两机及以上机组在线PMS接管时考虑一台机组处于ISOCH模式, 其余机组处于DROOP模式。

3) 当ISOCH模式机组离线时, PMS随机设置一台在线机组处于ISOCH模式, 以稳定系统频率, 燃气往复机组尽量不处于ISOCH模式。

4) 当中压系统母联跳闸解列时, PMS自动进行判断, 将无ISOCH段机组随机设置一台为ISOCH模式进行稳压稳频, 由操作人员查明原因后再进行后续并网操作。

### 2.2 PMS控制权限获取

发电机组运行控制上需包含就地控制方式(Local—本机控制)和远程控制方式(Remote—PMS控制)。Local位置时, 机组可以通过本地控制盘或者遥控盘进行控制, PMS不可控; Remote位置时, PMS可以通过程序预设的控制逻辑控制发电机组的输出状态。

控制权限转移通过Local/Remote转换开关来切换, 在本项目中, 燃气往复发电机组控制权转换开关安装在发电机控制盘上, 燃气轮发电机组在机组控制柜触摸屏软切换, 与PMS控制柜间均通过硬线连接。

控制权切换为PMS控制后, 在控制程序中设置有Auto/Manual两种控制模式。

Auto模式指发电机运行由PMS逻辑自动控

制，此时处于ISOCH模式的机组按照PMS接管前进行带载，并承担负荷波动。处于DROOP的机组按照PMS程序设定调节各机组等负荷率带载运行，负荷率=(DROOP机组实际带载/DROOP机组总额定功率)×100%。PMS会自动调节ISCHO机组带载率小于DROOP机组。

Manual模式指发电机带载量由电网操作人员手动输入，PMS执行相关的设定，也可称之为手动调度模式。在Manual模式下，处于ISOCH模式的机组可以通过HMI手动调节电压、频率升降，从而调节电网参数；处于DROOP模式的机组根据设定值自动调节至设定负荷，出力稳定不变。

### 2.3 PMS机组并网控制策略

PMS的Auto/Manual两种控制模式与机组的ISOCH/DROOP模式配合控制。

燃气轮机组和燃气往复式机组控制原则为：燃气轮机组稳定，突增突卸承载能量强，额定功率大，是电网主力机组，负荷瞬间变动承担大部分负荷；燃气往复式机组相对燃气轮机组出力小、突增突卸承载能量弱，电网负荷波动时承担较小的负荷变化，主要进行稳态的负荷分配。

因此，在实际运行中，执行策略为：

1) 燃气往复式机组与燃气轮机组并网。将往复式机组设定为DROOP- Manual模式，按操作人员设定值恒功率带载运行，其余负荷由Auto模式下的燃气轮机组承担。

2) 燃气轮机组并网。一台机组置于ISOCH- Auto模式，另外机组置于DROOP- Auto模式。

### 2.4 功率因数限定控制

电力系统中功率因数的实际值反映了电网运行的实际状况。对于感性负荷大量应用的系统，提高功率因数，可以增加系统的能效，降低电网损耗，并提高负荷侧的电能利用效能。

功率因数限定控制原则：为防止发电机组超限运行，发电机功率因数实际值不应低于其额定功率因数。

具体程序控制逻辑为：

1) 功率因数计算值由各个发电机有功功率、

无功功率分别计算得出，或者通过以太网通信直接读取机组当前功率因数。

2) 功率因数设定值初始设定为0.8，可以由操作人员通过HMI手动设定。

3) 当功率因数计算值接近设定值时（误差0.01），系统发出报警，提醒操作人员采取措施提高报警机组功率因数。

4) 并网初始状态的发电机为防止并网初始阶段单机功率因数在带载较小时出现功率因数超限，在PMS自动模式下，确定功率的最小值死区（100 kW，100 kvar）。

### 2.5 机组有功分配和无功分配

机组有功分配和无功分配的原则为：确保各发电机组工作在其特性曲线范围内。发电机组通常的工作区域如图2所示（绿色区域），其中包含有功功率、无功功率的限定及功率因数的限定。

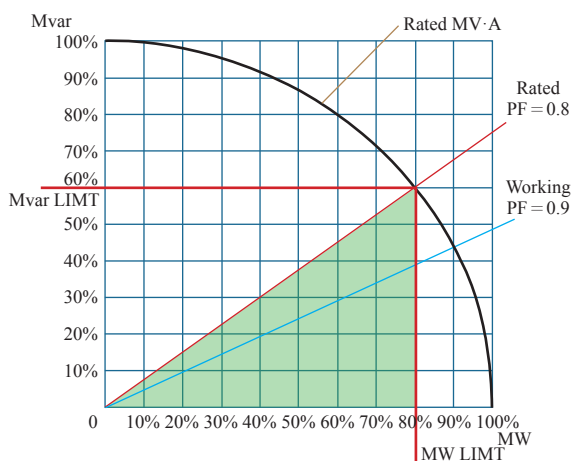


图2 典型发电机组功率特性曲线

实际运行时如果超出了正常运行范围，通常会造成发电机系统保护动作，负荷降能运行，系统运行状态劣化。

操作人员可以自由设定机组处于ISOCH或DROOP模式，配合PMS的Auto&Manual模式进行有功和无功调节。

机组为ISOCH模式并处于Remote状态，PMS控制为Manual模式，用户可以在HMI界面上手动调度机组的无功出力和有功出力。

机组为ISOCH模式并处于Remote状态，PMS

控制为Auto模式，ISOCH机组按照PMS接管前的负荷带载，接管后与DROOP机组带载率进行对比，PMS自动调节ISOCH机组带载率小于DROOP机组，使ISOCH留有较大热备承担负荷波动（最小比较差值预设5%，可工程师权限更改）。

机组为DROOP模式并处于Remote状态，PMS控制为Manual模式，用户可以根据机组实际情况在HMI界面上手动调度机组的有功出力和无功出力。

机组为DROOP模式并处于Remote状态，PMS控制为Auto模式，PMS根据当前在线有功/无功负荷量计算出系统有功/无功平均负荷率，自动调整机组按照平均负荷率进行有功/无功带载。

### 3 PMS的负荷控制

#### 3.1 负荷计算

1) 热备功率计算如下

总热备功率 = 所有在线发电机单机热备功率之和

单机热备功率 = 单机额定功率 × 运行系数 - 单机在线功率

2) 单机运行系数不大于1，根据发电机厂家提供的功率年限输出特性进行设定，缺省值为0.7（工程师可以根据发电机对应的具体情况在HMI修改相关设定）。

3) 中压段负荷的电参数测量值取自综合保护继电器，对应的多功能电能表的电参数通信数据仅作为后备参照。

4) 低压端负荷电参数测量值取自多功能电能表。

#### 3.2 负荷准入

(1) 计算原则

按判断条件比较需上线的负荷和当前系统的总热备功率。

判断条件：总热备功率 ≥ 需上线负荷功率 × K。K = 1 + (需上线功率/总热备功率)，K可根据现场实际经验手动输入（工程师权限）。

如果满足条件，则该负荷可以上线，PMS输

出无源常闭点至负荷对应的合闸回路，允许合闸操作，负荷准入；如果不满足条件，PMS输出无源常开点至负荷对应的合闸回路，不允许合闸操作，合闸抑制。

(2) 负荷上线抑制功能旁通

考虑到本平台使用需求，在HMI操作画面上将提供操作人员可控的大负荷上线抑制功能旁通的设定，可以旁通对相关负荷的合闸抑制功能（工程师权限）。

#### 3.3 优先脱扣

根据本平台的负荷特征，为保证故障发生时能够卸载足量负荷的同时尽量减少停电范围，将卸载等级分为10级，1级别最低（如风机、空调器等），计算时最先脱扣，10级别最高（如原油外输泵、天然气压缩机等），计算时最后脱扣。

PMS优先脱扣的原则是基于电网热备值的计算，应用穷举法，预先计算出现各种故障情况时需卸载设备的级别，并进行标记，一旦故障条件触发，对相应脱扣级别的负荷同时发出脱扣指令（包含对应的低等级负荷脱扣），如触发3级脱扣，对应的低等级1级、2级和3级设备脱扣同时发出。

### 4 应用效果分析

南海西部该石油平台PMS于2017年5月投入使用，对平台的安全稳定运行起到了至关重要的作用。据平台运行记录，对平台电网事件进行了统计，如表1所示。

表1 平台电网事件统计

| 时间               | 事件记录                   |
|------------------|------------------------|
| 2017.6.28 19:54  | 燃气轮机组GTG-7001A滑油温度高，停机 |
| 2017.8.3 21:02   | 燃气轮机组GTG-7001B燃油压力低，停机 |
| 2017.12.8 07:10  | 发电机进线断路器VCB-101ESD误动作  |
| 2017.12.15 08:32 | 旋转备用不足，海水泵启动抑制         |
| 2018.3.20 02:56  | 燃气轮机组GEG-7001进气压力低，停机  |
| 2018.4.10 10:20  | 旋转备用不足，压缩机启动抑制         |

根据平台电网事件统计，从该平台投产运行至今，共发生过三次机组故障停机事件和一次误动作停机事件，PMS均有效进行了故障卸载动作，

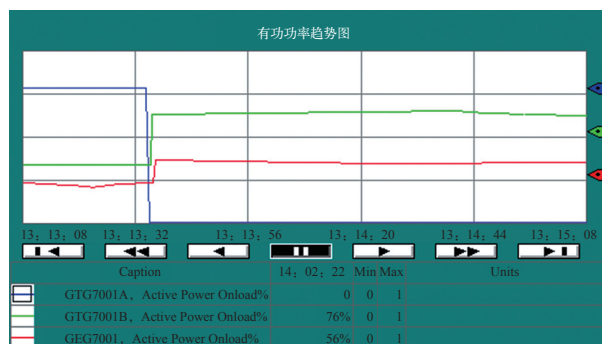


图3 电网各机组有功功率趋势图

截止目前未发生过一次平台黑网事件。图3为燃气轮机组GTG-7001A发生跳机后电网各机组有功趋势图。

典型发电机组功率特性曲线用于大型电动机设备的起动，PMS通过旋转备用预计算，两次对大型电动机设备起动进行了抑制，有效保证了电网安全。PMS系统事件如表2所示。

表2 PMS系统事件记录截图

|                             |
|-----------------------------|
| 发电机A（燃气轮机组）出线柜VCB101合闸状态    |
| 无功分配燃气轮A机无功可控               |
| 无功分配燃气轮A机在线                 |
| 有功分配燃气轮A机有功可控               |
| 有功分配燃气轮A机在线                 |
| 无功分配等比例模式下燃气轮A机 kvar<平均值 升压 |
| 无功分配等比例模式下燃气轮B机 kvar>平均值 降压 |
| 有功分配等比例模式下燃气轮A机 kW>平均值 降速   |
| 有功分配等比例模式下燃气轮B机 kW<平均值 升速   |

(续)

|                                   |
|-----------------------------------|
| 燃气轮与燃气联网时无湿气，跳1台燃气轮机组旋转备用不足       |
| 燃气轮与燃气联网时1台湿气，跳1台燃气轮机组旋转备用不足      |
| 燃气轮机组并网1台湿气，跳1台燃气轮机组旋转备用+可卸负载不足   |
| 燃气轮与燃气联网时1台湿气，跳1台燃气轮机组旋转备用+可卸负载不足 |
| 电站内机组全并网时，跳1台燃气轮机组旋转备用不足          |
| 电站内机组全并网时，跳1台燃气轮机组旋转备用+可卸负载不足     |

## 5 结束语

综上所述，PMS是维护海洋石油平台输配电的重要保障，当平台出现发电机组跳机、母联解列等故障状况时，PMS能够作出快速响应，并及时卸载次要负荷，保障了主要设备的正常运转。

## 参考文献

- [1] 乔亚军. 海上石油平台电站系统燃料切换综合控制方法研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
- [2] 黄悦华, 任克忍. 我国海洋石油钻井平台现状与技术发展分析 [J]. 石油机械, 2007, 35 (9): 157-160.
- [3] 谷文君. 浅析燃气轮机发展历程 [J]. 黑龙江科技信息, 2008 (34): 25.
- [4] 糜洪元. 国内外燃气轮机发电技术的发展现状与展望 [J]. 电力设备, 2006, 7 (10): 8-10.

(收稿日期: 2018-04-20) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告