

海上平台 10.5kV 电力系统优化

古文威 高 晶 廖正燊 刘树华 李金华

中海石油（中国）有限公司湛江分公司 广东 湛江 524000

摘要：本文介绍的某海上平台的 10.5kV 电力系统的电源是通过两根海缆从 FPSO 输送至平台，两根海缆分别通过平台的两个真空断路器 VCB101 和 VCB102 输送至 2 段高压母排。2 段高压母排由 VCB103 连接。由于前期平台的用电量不大，VCB101 和 VCB102 不需要并网运行。所以在 VCB101、VCB102、VCB103 三个断路器之间只设置了 3 选 2 的连锁合闸功能。平台经过多年的生产和发展，用电量也不断的增加。为了确保平台电力系统的稳定运行，通过安装一套同期装置对平台 10.5kV 电力系统进行优化，实现 VCB101 和 VCB102 并网运行。

关键词：电力系统；并网；同期；母排；VCB

Optimization of 10.5kV Power System Located on Offshore Platforms

Gu Wen-wei, Gao Jing, Liao Zheng-yi, Liu Shu-hua, Li Jin-hua

(CNOOC Zhanjiang Ltd., Zhanjiang, Guangdong 524000, China)

Abstract: The power supply of the 10.5kV power system of a certain offshore platform introduced in this article is transmitted from the FPSO to the platform through two submarine cables, which are respectively transmitted to two high-voltage busbars through the platform's two vacuum circuit breakers VCB101 and VCB102. The two high-voltage busbars are connected by VCB103. Due to the low electricity consumption of the early platform, VCB101 and VCB102 do not need to operate in parallel with the power grid. So only a 2 out of 3 interlocking closing function is set between the three circuit breakers VCB101, VCB102, and VCB103. After years of production and development, the platform's electricity consumption has also been continuously increasing. In order to ensure the stable operation of the platform's power system, a set of synchronization devices was installed to optimize the platform's 10.5kV power system, achieving grid connected operation of VCB101 and VCB102.

Key words: power system; grid connection; simultaneous; busbar; VCB

一、引言

信息技术的发展推动了电气自动化技术的进步，促使我国电力系统智能化发展进程^[1]。当一个电力系统有两段或者两段以上母排需要并网运行，那么在母排之间就需要通过同期装置来控制，一个电力系统并网运行有以下 3 个方面的优势：

(1) 提高电力系统的利用率：多个母排并网运行可以实现电力系统优化配置以及母排之间的电力共享。

(2) 提高电力系统的灵活性：多个母排并网运行可以实现母排之间供应和需求的平衡。

(3) 提高电力系统的可靠性：多个母排并网运行可以实现母排之间可以相互支持和备份，大大提高了母排由单一电源提供电力的可靠性。

二、原 10.5kV 电力系统

平台 VCB101 和 VCB102 开关是连接油轮两条海缆的进线 VCB，VCB103 为平台 10.5kV 电力系统的母联 VCB。正常情况下母联 VCB103 断开，VCB101 和 VCB102 合上，两条海缆分别给平台 10.5kV 配电盘两段母排送电。若有一条海缆出现问题，可断开该段海缆进线 VCB，合上母联 VCB103，由另一段海缆通过另一个进线 VCB 和母联 VCB103 单独给 10.5kV 母排送电。由于 VCB101、VCB102、VCB103 均无

同期装置，若不同步并网两段母排，对电力系统而言，极易造成短路，对发电设备和高压设备造成损害。为了避免误操作将 VCB101、VCB102 和 VCB103 一起投入工作，所以在 VCB101、VCB102 和 VCB103 做了 3 选 2 连锁合闸功能，不能 3 个同时合闸，必须先断开一个，才能合上另外一个。在切换的过程中，平台 10.5kV 电力系统其中一段母排就必须先停电和停产，会给平台的产量带来一定的损失。原 10.5kV 电力系统如下图所示：

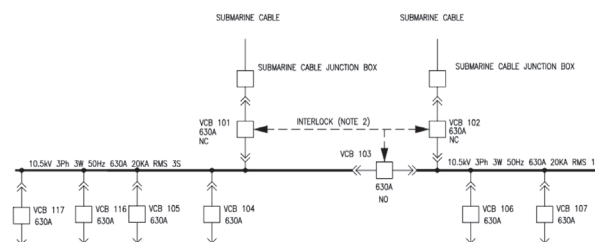


图 1 原 10.5kV 电力系统图

三、同期装置的选型

随着微机技术的快速发展，将微机技术引入电力系统已形成一种崭新的局面^[2]。为了 VCB101 和 VCB102 能够稳定的并网运行，需要在 VCB101、VCB102 和 VCB103 上增加一套同期装置，由于平台配电间现有的空间限制以及考虑到电力稳定对平台的重要性。需要选一套适合平台使用的同期

装置。

电力系统同期是指电力系统的两个区段中，母排电压、相位和频率是相同的。在电力系统中主要分为两种同期方式：1、准同期方式，2、自同期方式。由于自同期方式仅适用于发电机断路器的并网操作，所以对于电力系统母排并网只能选择准同期方式。

电力系统准同期方式是将两段母排在并入电网前，通过调节母排对应发电机的转速，使两段母排的频率相同；通过调节母排对应发电机的励磁装置，使两段母排电压相同；然后选择在零相角差的时刻通过同期装置合上两段母排的并网断路器，使得母排在冲击电流最小的情况下迅速并入电网并同步运行。

电力系统理想的准同期条件：

(1) 在电力系统并网断路器两侧母排的电压相等，即 $U_g=U_s$ ；

(2) 在电力系统并网断路器两侧母排的频率相等，即 $f_g=f_s$ ；

(3) 在电力系统并网断路器合闸的瞬间两侧母排的相角差为零，即 $\Phi=0$ 。

使得并网瞬间对电力系统母排的冲击电流为零。

电力系统现实的准同期条件：

(1) 在电力系统并网断路器两侧母排的电压差在给定值内，即 $U_d=U_g-U_s<$ 电压差给定值；

(2) 在电力系统并网断路器两侧母排的频率差在给定值内，即 $f_d=f_g-f_s<$ 频率差给定值；

(3) 在电力系统并网断路器合闸的瞬间两侧母排的相角差为零，即 $\Phi=0$ 。

在允许的范围内进行同期并网可以使电力系统的母排瞬间冲击电流在允许的范围内。

准同期指的是电压幅值和相位等都相等，但一般而言无法达到，因此实际情况不同系统的同期并列运行采用的都是自动准同期方式^[3]。根据平台电力系统的情况，也为了满足现场的使用需求，增加的同期装置必须满足以下功能：

(1) 该装置可供线路母排同期并网复用，并具有并网性质自动识别功能。

(2) 可以整定的同期参数和装置参数有：低电压闭锁值、系统侧 TV 二次电压应转角、允许功角、单侧无压合闸确认、无压侧选择、双侧无压合闸确认、同期对象类型、同频阈值、断路器合闸时间、均压控制系数、均频控制系数、自动调压功能选择、自动调频功能选择、同频调频脉宽、并列点代号、设备号、通讯波特率、装置控制方式、语言选择、装置输出方式、装置允许同期时间等。

(3) 同期器采用精确严密的数学模型，能自动识别当前是差频并网还是同频并网，并确保第一次捕捉到零相角差，做到无冲击并网。

(4) 保证频差、压差以最快、最平稳的速度进入同期并网过程中的整定范围，实现电力系统母排频率、电压控制快速并网。

(5) 可按整定参数实施并列点单侧无压合或双侧无压合，当单侧无压合时可设定无压合侧。

(6) 提供录波信号，用于合闸接点及脉振电压。

(7) 设备提供两路 RS485 通讯接口，同时通过 RS485 接口监控设备并网运行过程或查看设备速写参数，采用 MODBUS 标准通讯规约。

四、10.5kV 电力系统优化改造

(一) 同期装置安装

根据平台电力系统的需要，在安装同期装置前，应具备五种工作模式：参数整定模式，参数查询模式，正常工作模式，标定模式，查询模式。为保证各个模式之间工作的可靠性和独立性，模式之间必须通过复位装置才能进行切换。该装置同期工作状态的树状图如下图所示：

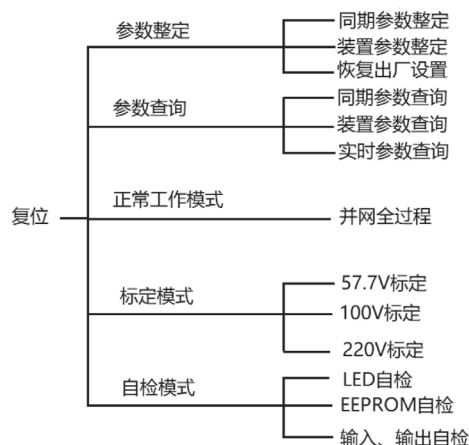


图2 工作状态树形图

装置同期工作进程：

在装置同期进入正常工作模式后，首先进行装置自检，若自检不通过，装置会发出警报，进入闭锁状态，自检通过后进行输入量检查。

进入输入量检查后若开入量或电压不满足条件，装置会发出警报，进入闭锁状态；如果输入量符合进入同期过程要求，前提是要有“开始同期工作”的信号输入。

进入同期流程后，要确定同期模式，同期模式主要4种，分别为：单侧无压合闸、双侧无压合闸、同频并网、差频并网。

在确定同期模式后，也就正式进入了同期过程。在同期过程中，如果出现非无压合闸并网、并网单母排或者双母排无压、同期时间超过整定值等现象时，装置就不能自动完成同期操作的情况，则装置报警，进入闭锁状态；当该装置下达合闸指令，符合同期合闸条件，装置自动完成同期操作。

当整定装置的输出方式为控制时，若频差或压差超过整

定值，且允许调频调压时，装置发出相关的控制指令，并且快速的完成同期操作，等同期操作结束后装置自动进入闭锁状态。装置同期工作进程如下图所示：

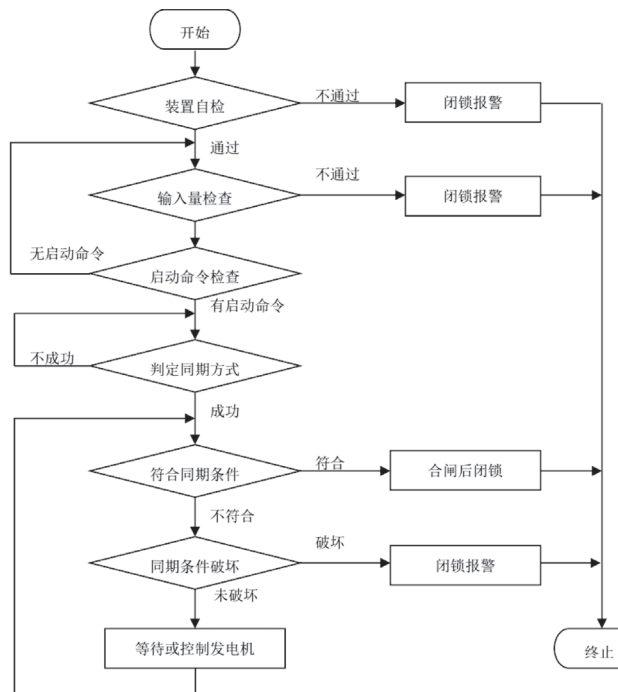


图3 装置同期工作进程

为了确保同期装置的正常运行，也是为了电力系统能够正常的并网运行，同期装置会有较多的输入和输出端子。端子对应的功能由下面两个表所示：

同期装置的输入：

表 1

1	2	3	4	5	6	7
启动同 期工作	单侧无 压合闸 确认	双侧无 压合闸 确认	断路器 信号	远程复 位	220V 输 入公共 端	110V 输 入公共 端
8	9	10	11	12	13	14
TV 断线	装置闭 锁 +	同频 / 差 频 +	装置闭 锁 -	同频 / 差 频 -	功角越 限 +	压差越 限 +
15	16	17	18	19	20	21
功角越 限 -	压差越 限 -	系统侧 TV	待并侧 TV	脉振电 压 +	脉振电 压 -	屏蔽地

同期装置的输出：

表 2

1	2	3	4	5	6	7
就绪 +	报警 +	就绪 -	报警 -	合闸录 波 +	失电 +	合闸录 波 -
8	9	10	11	12	13	14
失电 -	同期闭 锁 +	降压 -	同期闭 锁 +	降压 -	升压 +	减速 +
15	16	17	18	19	20	21
升压 -	减速 -	加速 +	合闸 +	加速 -	合闸 -	屏蔽地

(二) VCB101、VCB102、VCB103 控制线路改造

由于新增了同期装置，所有需要对 VCB101、VCB102、VCB103 控制线路进行改造。

(1) VCB101 控制线路改造，去掉合闸回路中 3 选 2 连锁合闸功能，保持本地 / 远程合闸方式。

(2) VCB102 控制线路改造，去掉合闸回路中 3 选 2 连锁合闸功能，保持本地 / 远程合闸方式。

(3) VCB103 控制线路改造，去掉合闸回路中 3 选 2 连锁合闸功能，把原来的本地 / 远程合闸方式改为同期合闸。具体修改如下图所示：

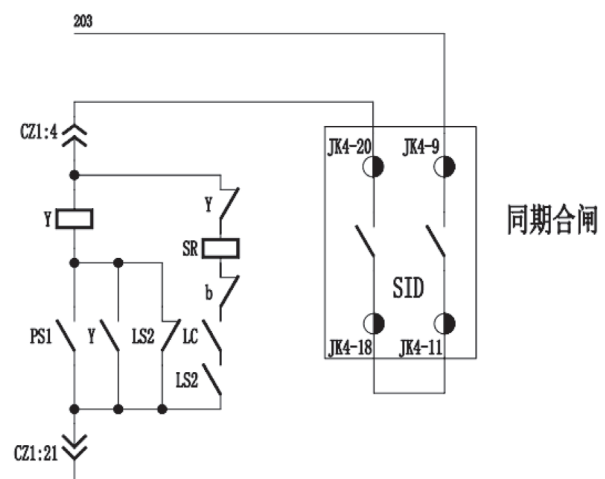


图4 VCB103 合闸线路改造

五、结语

平台 10.5kV 电力系统由两段母排组成，而两段母排都是由各自的发电机提供电力供应的，通过增加同期装置把两段母排并网运行，当某段母排对应的发电机出现故障的时候，另外一段母排可以同步提供稳定的电源，这种运行方式大大提高了平台电力供应的稳定性，也保证了平台的正常生产。

参考文献：

- [1] 陈利忠. 自动化技术在电力系统中应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (04), 336-337
- [2] 汪俊俊. 微机自动准同期装置在电力系统中的应用. 装备制造, 2009, (04), 173-173+2
- [3] 王文怡, 陈柏森, 王晓伟, 廖清芬, 陈笙. 基于 PowerFactory 的影响电力系统同期运行能力关键因素 [J]. 农村电气化, 2020, (05), 10-14