

# 胜利油田220 kV系统优化规划研究

油田电网220 kV系统运行基础较为薄弱,重载条件下已无法满足“ $N-1$ ”校核,“ $N-2$ ”方式下会导致220 kV线路严重过载,进而诱发系统瓦解崩溃事故。结合实际,首先对油田电网220 kV系统进行了优化规划研究,依托胜利电厂及省网500 kV网架提出220 kV网架优化方案;然后按照《电力系统安全稳定导则》提出加强电网三道防线建设总体要求,并配置220 kV系统稳控装置;最后基于不同故障条件下的潮流分析,制定了科学合理的稳定控制策略,为油田电网安全稳定运行提供了重要保障。

张利 吴磊/胜利油田电力管理总公司

## 0 引言

胜利油田电网是全国最大的企业电网之一,220 kV系统四角环网运行,年度最大负载已突破1 000 MW,其中油田220 kV四角环网内负载可达550 MW。在夏、冬两季负载高峰时,油田电网220 kV系统已无法满足“ $N-1$ ”校核,除盐孤线外,任何一条220 kV线路跳闸均会导致其他220 kV线路不同程度的过载,且当环境温度较高时,线路载流能力下降,此时极易诱发连锁反应,导致系统崩溃事故的发生。而“ $N-2$ ”方式下的计算表明负载转移使220 kV线路严重过载,并存在烧断线的危险。因此必须对油田电网220 kV系统进行优化规划,确保油田电网安全稳定运行。

## 1 油田电网220 kV系统网架结构优化方案

### 1.1 对220 kV新孤变电站进行扩建,增强220 kV环网末端电源支撑

新孤变电站系统位于四角环网末

端,负载增长迅速,且事故条件下负载调出困难,为增强新孤变电站系统供电能力,减轻220 kV四角环网运行压力,提升整个油田电网安全稳定性,需对新孤变电站系统进行扩建。

#### (1) 主变压器扩容

新孤变电站原有主变压器3台(每台容量90 MV·A),总容量270 MV·A。由于滨海地区电网缺乏其他220 kV电源点,对新孤变电站系统依赖性较强,在夏、冬两季负载高峰时,新孤变压器3台主变压器接近满载运行,一旦1台主变压器跳闸,将造成另外2台主变压器严重过载,此时不得不切除部分负载,以确保电网安全运行。新孤变电站扩容后,主变压器由3台增加至4台,其中1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>主变压器单台容量90 MV·A,3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>主变压器单台容量150 MV·A,总容量480 MV·A,完全满足当前及未来负载增长需求。

#### (2) 新建500 kV黄河变电站至新孤变电站220 kV双回供电线路

500 kV黄河变电站已于2016年投运,距离新孤变电站仅20 km,预留有220 kV出线间隔。220 kV黄新双回供电线路建成后,为避免电磁环网,不参与四角环网运行,但可与新孤变电站两台主变压器形成独立环网运行方式,以提升新孤变电站系统供电可靠性及电能质量,同时有效缓解四角环网运行压力,使“ $N-1$ ”方式下过载问题得到解决。

#### (3) 新建胜利电厂220 kV母线至新孤变电站的220 kV供电线路

220 kV万新线建成后,胜利油田220 kV四角环网将升级为双环网结构,新



张利/高级工程师

#### 关键词/Keywords

油田电网·  
优化规划·  
安全稳定·  
控制策略·  
潮流分析·

孤变电站系统将胜利电厂直接送出的第一级线路作为电源，不再完全依赖盐镇变电站和九分场变电站的转供，末端电网电源薄弱的问题得到彻底解决，与此同时，油田电网220 kV系统可以满足“N-2”校核，因此安全可靠性得到全面提升。

1.2 扩建九分场变电站220 kV出线间隔，增强与500 kV主网联络

当前油田电网通过胜利电厂220 kV母线并入山东电网，而省网主网为500 kV系统，一旦胜利电厂两条220 kV母线同时故障，机组全停，则油田电网无法获得省网500 kV系统的紧急功率支援。为此，新建500 kV油城变电站至九分场变电站220 kV双回供电线路，增强与省网联络，在220 kV系统事故条件下，油田电网可以通过九分场变电站220 kV母线并入山东电网，快速恢复供电。

1.3 220 kV胜九线参与环网运行

220 kV胜九线为胜利变电站与九分场变电站之间的联络线，由胜利变电站侧充电备用。胜利变电站220 kV电源为万胜线和油胜线，胜九线参与环网运行后，胜利电厂和500 kV油城变电站可以提供坚强有力的电源支撑，在不增加电网建设投资的前提下，解决“N-1”方式下过载问题，虽无法满足“N-2”校核，但可以缓解线路严重过载问题。

2 油田电网稳控系统优化研究

为确保油田电网安全稳定运行，仅对电网结构进行优化调整是不够的，必须按照《电力系统安全稳定导则》的要求，加强安全稳定三道防线建设。其中，第一道防线：可快速切除单一故障的继电保护装置已经配置完毕，随着变电站综合自动化改造、智能变电站建设的稳步推进，第一道防线将得到进一步加强。第三道防线：频率和电压的紧急控制措施也已经配置完毕，其中低周减载装置在2001年的杨九线故障时可靠动作，使油田电网在与主网解列的情况下孤网运行，有效避免了系统崩溃。因此，油田电网稳定控制系统优化的重点在于加强第二道防线的建设，即基于不同运行方式下的潮流分析，制定科学合理的控

制策略（切机、切负载），防止电网事故的连锁反应，确保主网稳定运行。

2.1 220 kV系统潮流分析

220 kV环网负载按550 MW计算，其中九分场变电站227 MW，新孤变电站226 MW，盐镇变电站98 MW。220 kV线路导线型号为LGJQ-400，夏季负载电流按743 A控制。针对不同电网故障进行潮流计算，线路过载情况如表1所示。

表1 不同故障条件下，线路过载情况

| 过载设备  | 负载量          | 故障条件        |
|-------|--------------|-------------|
| 万九II线 | 349 MW，过29%  | 万九I线跳闸      |
| 盐孤线   | 453 MW，过68%  | 万九I、II线跳闸   |
| 万盐线   | 550 MW，过104% | 万九I、II线跳闸   |
|       | 324 MW，过20%  | 九孤线跳闸       |
| 九孤线   | 324 MW，过20%  | 万盐线跳闸       |
|       | 324 MW，过20%  | 万盐线、万九II线跳闸 |
|       | 550 MW，过104% | 万盐线、万九II线跳闸 |
| 万九I线  | 364 MW，过35%  | 万九II线跳闸     |
|       | 341 MW，过26%  | 万盐线跳闸       |

由表1可知，“N-2”情况下过载最为严重，主要有两种因素：①万九I、II线有一段同塔架设，存在同时跳闸的几率；②万盐线、万九II线运行于胜利电厂220 kV I母线，当母线故障时，这两条线路同时被切除。

2.2 稳控装置安装地点

为快速消除线路过载，确保主网稳定，在九分场电站、盐镇变电站和新孤变电站安装稳控装置，盐镇变电站万盐线、新孤变电站盐孤线和九孤线以及九分场万九I线、万九II线分别配置过载联切保护。除新孤变电站海洋甲、乙线外，3个220 kV站的所有中、低压出线均接入装置，满足最大切28万MW负载的要求。当上述任一条220 kV线路过载情况发生时，稳控装置按照预定策略，自动就地切除过载线路所在变电站的中、低压线路开关。稳控装置安装地点示意图如下图所示。

2.3 稳定控制策略

(1) 负载联切的基本原则

根据220 kV线路过载情况，稳控装置设定5个

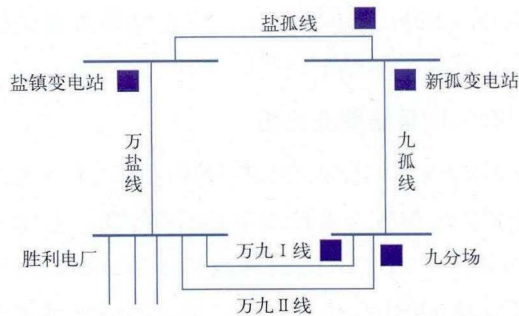


图 稳控装置安装地点示意图

动作轮次分批切除负载，最大限度地确保对用户连续可靠供电，基本原则如下：

- 1) 第1~3轮以“小步快跑”模式切除部分负载，消除“ $N-1$ ”时过载程度不大的状况。
- 2) 第5轮和第4轮“快速大量”切除负载，消除“ $N-2$ ”情况下严重过载的状况。
- 3) 在多重复杂故障条件下，低周减载与过载联切存在同时触发的可能，应确保二者动作时限及切负载策略相互配合，使负载损失最少。

## (2) 负载联切的具体方案

稳控装置基于潮流分析，可以依据线路过载状况对系统故障模式进行识别，采取分轮次、分地点进行“软配合”，与采用光纤通道“硬连接”相比更加实用可靠，简化了配置及接线。如当220 kV万盐线负载超过400 MW时，判定万九I、II线同时跳闸，此时由万盐线一条线带起3个220 kV变电站负载，安装于盐镇变电站的稳控装置启动，以最短时间（8 s）切除盐镇变电站全站负载（90 MW）。当220 kV盐孤线负载超过350 MW时，判定万九I、II线同时跳闸，由盐孤线一条线带新孤、九分场两个220 kV变电站负载，安装于新孤变电站的稳控装置启动，以第5轮（10 s）切除新孤变电站部分负载（60 MW），仍过载时，再切第4轮（12 s），以此类推，直到切第1轮（18 s）为止。具体方案如表2、表3所示。

## 2.4 实际案例

2016年7月16日，220 kV九孤线事故跳闸，重合不成功，此时220 kV万盐线带盐镇变电站和新孤变电站负载总计330 MW，稳控装置启动第3轮

表2 220 kV盐镇变电站负载联切方案（万盐线过载时）

| 轮次  | 过电流定值     |          |            | 联切线路                                    |
|-----|-----------|----------|------------|-----------------------------------------|
|     | 电流值<br>/A | 延时<br>/s | 切负载<br>/MW |                                         |
| I   | 780       | 300      | 10         | 盐陈线、盐郑线、盐集线、盐庄线、盐津线                     |
| II  | 810       | 240      | 20         | 盐河线、盐庄线、盐津线                             |
| III | 840       | 22       | 30         | 盐二线、盐利线、盐庄线、盐津线                         |
| IV  | 890       | 20       | 50         | 盐五线、盐河线、盐庄线、盐津线                         |
| V   | 1 120     | 8        | 90         | 盐五线、盐河线、盐二线、盐利线、盐陈线、盐郑线、盐集线、盐大线、盐庄线、盐津线 |

表3 220 kV新孤变电站负载联切方案（盐孤线过载时）

| 轮次  | 过电流定值 |      |        | 联切线路           |
|-----|-------|------|--------|----------------|
|     | 电流值/A | 延时/s | 切负载/MW |                |
| I   | 810   | 18   | 20     | 镇东线、桩西线、桩净线    |
| II  | 840   | 16   | 30     | 孤东线、孤六线        |
| III | 870   | 14   | 40     | 孤三线、孤二线        |
| IV  | 890   | 12   | 50     | 新渤线、孤五线        |
| V   | 980   | 10   | 60     | 电孤I线、电孤II线、桩东线 |

次切负载方案，切除盐镇变电站30 MW负载，确保故障后220 kV主网潮流控制在允许范围之内。调度下令将盐镇变电站负载调沾盐线运行，然后盐镇变电站被切除的负载陆续恢复供电。此时万盐线只带新孤变电站230 MW负载，沾盐线带盐镇变电站100 MW负载。稳控装置的可靠动作限制了事故的发展，确保了功率输送畅通，为调度调整运行方式争取了宝贵时间，最大限度地保证了黄河以北地区的安全可靠供电。

## 3 结束语

通过对油田电网220 kV系统网架的优化调整以及稳定控制系统的科学配置，可以有效缓解220 kV环网运行压力，彻底解决负载的快速增长与供电能力不足之间的矛盾，改善末端电网电能质量，提高整个油田电网的安全稳定性。220 kV电网改造项目投资较大，建设周期长，在此期间，充分发挥安全自动装置的作用，可以有效避免电网事故连锁反应和系统瓦解，增强大扰动条件下电网的运行安全。

（收稿日期：2017-02-10）EA