

油田电网无功补偿的优化措施的探究

文/张涤新

中油电能供电公司电力调度中心

油田开采作业需要高效快速、安全稳定的配电网络系统支持，所以新油田建设过程中对油田电网供电质量及运行效率提出了新的要求。在新建设的油田电网系统中，增加了无功动态补偿技术以提升油田电网的稳定性，因此，油田电网相关工作者对于无功补偿技术的研究刻不容缓。

为了保证输配电网系统的正常运行，有效控制功率损耗，通常在低压配电网中安装电容器无源功率补偿装置。随着科技进步，市场上出现了各种新式无功补偿装置，无功补偿装置的使用大幅增加了油田电网负荷设备的运行稳定性，同时符合国家绿色发展的理念，大大降低了生产中电能的浪费。在此基础上，讨论了无功补偿的概念、电网系统常用的无功补偿技术、油田电网系统中使用无功补偿的影响和常见的无功补偿方式，并提出了油田电网无功补偿的优化措施。

电网无功补偿的概念

电网无功补偿技术是在一定程度上降低电网中变压器设备和输电线路的负荷，从而提高电网中变压器设备和输电线路的工作效率，减少电力输送线路的热量损失，并在输电线路安装无功补偿电容器，以减少无功电量。从而进一步提高供电系统功率因数，减小电力变压器设备和输电线路因工作输出功率低产生的损失，明显改善计算机系统供电环境条件。无功补偿装置在所有的供电系统中成为重要组成部分，对推动电力企业发展和降低相关企业用电产生的损耗起到了积极作用。因此，在应用无功补偿装置和技术时，应优先选择有助于降低电网

损耗和提升电网质量的无功补偿器。

电网系统常用的无功补偿技术

1. 静态补偿

由电容器补偿柜驱动器测量电路的功率因数，确定需要补偿的电容器，并根据电容器的状态进行对应补偿。但补偿过程需要时间，特别是从电路中移除相关电容器时，必须在一定的时间间隔内对电容器进行放电操作，操作完成后电容器才能重新使用。有些负荷波动较大。此时，电容器输入速度无法跟上电路的负荷波动，因此称为静态补偿。静态补偿的优点是价格低，初始投资成本低，无漏电风险。缺点是进线电流大，影响接触器的工作周期，使用时应采取输电线路限流，从而提升接触器的工作周期。

2. 动态补偿

晶闸管用于控制电容器的连接和断开，是动态补偿的关键部件。当电网线路上的电压等于电容器上的电压时，流过晶闸管和电容器的电流为零，解决了电容器的输入电流问题。动态补偿的优点是进线电流小，无接触点，使用工作时长，开关迅速。缺点是成本高，工作状态设备发热严重，能耗高且有漏电风险。

1) 群补偿法是将电容器组安装在电网中低功率因数的高压或低压最终配电站母线上,也称为分布式补偿。该方法具有集中补偿方式的所有优点,缺点是无功补偿电容的容量小。群补偿方式效果显著,应用广泛。

2) 集中补偿方式是将电容器组直接安装在电网中变电站母线上,以提高整个变电站的功率比,使变电站供电范围内的无源功率基本持平,可以减少无源高压线的功率损耗,并且可以提高电源电压的质量。

3) 就地补偿方法是在异步电动机或感应电气等设备附近安装电容器组,进行就地无功补偿。这种补偿方法不仅可以提高电气设备电源电路的功率比,还可以优化电网上用电设备用电的电压质量,非常适合中小型设备。

油田电网应用无功补偿存在的问题及补偿方式

油田电网中运行的大多数设备在工作期间可以是无源电源或非消耗组件,这会造成油田电网负荷功率低、功率损耗大和负荷不稳定等问题。无功功率补偿可有效提高油田电网各点功率因数的稳定性,减少无功传输所产生的损耗,增大有功传输容量,从而降低成本。存在的主要问题是无功补偿的不足。油田电网大多处于偏远地区,对无功补偿电容器的安装和日常维护较为困难。无功补偿电容器的主要防雷措施是接地线。当雷电冲击发生时,电容器发生故障的概率将显著增加。同时,油田中的相关设备大多数是周期性或间歇性的工作状态,在工作中可能导致短时间内电容器中产生较高的残余电压,从而导致电容器涌流和电路中谐波增大等情况,对于无功补偿电容造成损坏,从而降低油田电网的整体效率。油田电网常见的无功补偿方式有如下几种。

1. 低压侧集中补偿

油田电网配电变压器的无功补偿是集中低压补偿。大多数补偿装置是由计算机控制的电容器,其容量变化很大。工作原理为:结合油田电网的实际情况,实时跟踪电网中的电容器数据,从而精准进行无功补偿,将无功补偿效益最大化。

2. 变电站集中补偿

在变电站中常用集中补偿法。在油田电网系统中,特别是当无功功率补偿应用于大于6 kV的电网

时,相应的补偿装置连接到总线,以便于日常维护和人员管理。缺点是它不能实现减少配电网损耗的目标。变电站集中补偿是我国许多油田电网常用的补偿方法,采用分层切换的方式实现。

3. 线路杆塔端补偿

梁式抽油机是油田企业相关生产设备中最主要的设备,它的工作过程分两个工作阶段,两个工作阶段转换时会使功率负荷产生较大的差异。最简单的补偿方法是在低压接线盒中采用无功补偿方式,但是这种方法不利于安全维护,不是一个完美的方案。目前油田电网普遍采用6 kV杆上无功补偿方案,这种方案的优点是可提高油田电网的功率比,最大限度地降低功率损失。缺点是安装的无功补偿电容器普遍远离变电站,前期的安装和后期的日常维护困难,且受自然环境的影响较大。

4. 客户终端分散补偿

分散补偿应通过本地补偿实施。通常使用的无源功率补偿装置具有容量大、负荷稳定的特点。同时,油田设备的使用频率很高。在电网系统中进行分散补偿的主要有注水泵电动机。与其他无功补偿相比,用户终端分散补偿具有电压损耗小、线路损耗小和电能质量明显改善的优点。缺点是在低压无源功率补偿期间,装机容量基于设备的最大无源功率,不适用于速度低的设备。

通过分析现阶段国内油田电网系统无功补偿应用的实际问题,须采取如下解决措施:

1) 改进无功补偿。油田企业的管理者特别关注国家电网的运行状况、电量因数和电流稳定性,忽略了谐波约束。为了降低电力损耗,有必要加强对油田企业无源和谐波潮流的研究,科学选择无功补偿方法。

2) 解决谐波问题。电容器自带有一定的对抗谐波电流的特性,但对抗大型电网中的谐波电流有些吃力,同时也会形成扩大效应。而谐波太大势必危及电容器的可靠性。所以在采用无功补偿时,油田电网应添加有效处理谐波电流的装置,从而降低谐波对无功补偿电容的影响。

优化油田电网无功补偿的相关措施

1. 维护电网电压的稳定性

在油田电网系统的运行中,无功补偿电容器电

介质的老化日益严重，这在一定程度上会导致无功补偿电容器因效率损失而失效。无功补偿电容器的寿命与施加到其上的电压与电场强度直接相关。如果工作电压与额定电压之比大，则无功补偿电容器的寿命将非常短。为提高无功补偿电容器寿命，应使配电网的电压保持稳定。

2. 正确设定补偿点、补偿量

油田电网系统配电线路中的负荷设备在油田中分散分布，数量多、负荷点也多，且运行地点偏远，周边环境复杂，若无功补偿手段只选用高压集中式补偿，因油田电网功率不足所产生的问题就无法得到解决。所以在实际设计和安装方案中，常采用高压集中式补偿与分散式补偿相结合的无功补偿设计方案，这可以避免大部分电网所产生的问题，但缺点也很明显，即补偿点选点量增加和补偿量测定难度、复杂度增大。结合相关技术经验可知：在测定油田电网中负荷设备补偿量时，需要充分考虑变台容量、补偿点设置的周边环境，对于不满足安装条件的要及时进行调整，对补偿点的选择要认真。补偿点选择不规范极易引发过补偿，从而造成油田电网的损失。根据实践得出的经验，设置补偿点的数量大于4个，产生的线损损耗最少。

3. 有效控制谐波干扰

油田企业需要重视谐波对油田电网的影响，并通过实验来测算谐波对油田电网的影响。实验过程中可以选取多台变压器，以保证测试数据的稳定性，并在相关测试的输送电路上安装变频装置。油田企业通过对测试数据的分析可以得到：在电力系统中正常供电频率是50 Hz，3次谐波就是在50 Hz的电路中夹杂有150 Hz的交流正弦波，由于150 Hz的交流正弦波是50 Hz的3倍，因此称之为3次谐波。如果电路中只含有3次谐波，则可用电容器和电感器联合组成的单通滤波器滤去3次谐波，一般电抗率为12%左右。谐波对于油田电网会产生干扰，导致电网线路电流、设备不能正常运行，损耗

及消耗增大等。

同时，谐波会干扰油田中的生产设备，使需求容量增大，进而导致无功补偿电容器对电网进行补偿作业时产生大量的热，造成补偿电容器的使用寿命大大降低和补偿设备的浪费，从而增加油田其他不必要的生产成本。因此，需在油田电网变电站的高压输送的进线上安装消谐波器，以消除谐波对油田电网产生的影响。

4. 正确选用和使用避雷器、过电压熔断器

油田电网的无功补偿电容器的保护装置通常选择避雷器和跌落式熔断器。这些保护装置能否发挥其功能，主要取决于无功补偿的选择。正常情况下，油田企业相关人员是按照无功补偿电容器额定电流的1.5~2倍选用熔断器的指标。在选择避雷器时需要确保其在雷击时能够顺利地放电到地面，避免雷击造成无功补偿电容器的击穿。在安装相关保护设备后，油田企业还要注意加强保护设备测试和维护，避免因设备老化所带来的问题。

结束语

无功补偿技术对新时代技术背景下的油田电网在生产活动中有很大影响。有效利用无功补偿技术可以更好地控制输配电系统中因设备问题产生的功率损耗，确保油田生产中相关电气设备的电压始终稳定，既保证了生产的安全稳定，又达到了节能环保的目的。因此，油田企业的负责人和相关工作人员需要重视无功补偿技术，并根据企业生产的实际情况采取有效措施优化电网中的无功补偿，保证生产过程中电网的稳定，提高油田企业的生产效率。EA

(收稿日期：2022-09-22)

参考文献

- [1] 谭军，张新征，张露维，等．低压无功补偿兼消谐装置的启用与停用[J]．电气应用，2021，40(7)：55-61.

