

智能潜油电泵有载调压变压器的设计

王 铭¹ 王道军² 师剑鹏³

(大庆油田装备制造集团销售公司技术中心¹, 大庆 163318; 大庆油田力神泵业有限公司技术研发中心², 大庆 163318;
大庆油田工程建设有限公司管道公司³, 163000)

摘 要 在进入高含水期的油田开发中,潜油电泵得到广泛应用。而如何提高其采油系统效率,降低电泵采油井耗电量,成为油田节能减排工作的重点。设计了一种新型智能潜油电泵有载调压变压器,分析了最佳运行电压的确定方法。给出了结构组成及工作流程,进行了室内外的现场实验。结果表明,该装置可以有效地选择最佳电压,节电效果显著。

关键词 潜油电泵 有载调压变压器 节电 智能

中图法分类号 TM423; **文献标志码** A

近年来,随着油田开采的逐步深入,部分油田开发已进入中后期,油井综合含水率可达90%左右,进入了特高含水期开发阶段。油田含水的不断上升引起油田总产液大幅度增加,造成油田产量递减速度明显加快,加大了油田的能耗,进而增加了油田各个采油厂的成本。因此,如何有效降低油井开采过程中的能源消耗成为油田实现节能降耗的一个重要方面^[1,2]。

相对于抽油机和螺杆泵来讲,潜油电泵作为一种石油行业人工举升设备,具有排量大、扬程高、适应性强、生产压差大、井下工作寿命长、地面工艺简单、管理方便、经济效益明显等特点,但从三种机械采油方式看,电泵的能耗是比较高的,油田很长时间都把电泵井节能作为主要科研来研究。虽然电泵井的数量在逐年下降,但是到目前为止,电泵井仍占整个油田油井总数的6%左右,这些电泵井每年的电能消耗粗略计算大概在5亿度左右。有载调压变压器可以有效节约能耗,本文设计了一种智能型有载调压变压器,在不需要大幅提高成本的前提下,通过电泵井地面设备的技术改造,有效降低了电泵井的能耗,取得了明显的经济效益。

1 智能有载调压变压器原理

智能有载调压变压器用于机组欠载运行,电机

工作效率低的工况不理想的油井,能够自动调整电机的工作电压、电流,使电机工作在与负载相适应的工作点,达到节省电能的目的。对于潜油电机来说,在拖动同一负载的情况下,电压不同,电机的功率损失也将不同,而且电压过高或者过低,都将导致电机的功率可损失率增大(效率降低),电压为某值时电机的功率损失达到最小值,该值为电机拖动该负载的经济运行电压^[3,4]。

最佳节能点的选择:电动机欠载运行时,控制器控制有载调压变压器在转差率 s 不变,电机出力变化不大的条件下,搜寻电机输入功率最小点,在功率变化不大的情况下,比较定子电流,考虑到转差率变化,使其在电流最小的状态下工作,保证电机转速,维持电泵产量基本不变。

通过分析潜油异步电机的转矩特性,可以得出以下结论:

当电源电压下降,不记负载变化时,转差率变大。而电机转子电流受转差率因素影响,可知当转差率变大时,转子电流也会随之上升,相应的定子电流也会增大。最终由于电源电压下降,导致定子电流上升。

通过以上理论分析,当电源电压调整至最佳值时,定子电流将保持为最小值。当井下负载发生变化时,若能通过适当调整电源电压至最佳值时,则定子电流始终将保持为最小值,即可实现节能目的^[5,6]。

基于以上原理,本文设计的智能有载调压变压器包括智能节电控制器、有载调压电力变压器和测量系统(电压、电流互感器),如图1所示。

2011年11月14日收到

第一作者简介:王 铭(1984—),男,黑龙江大庆市人,助理工程师,研究方向:潜油电泵技术。

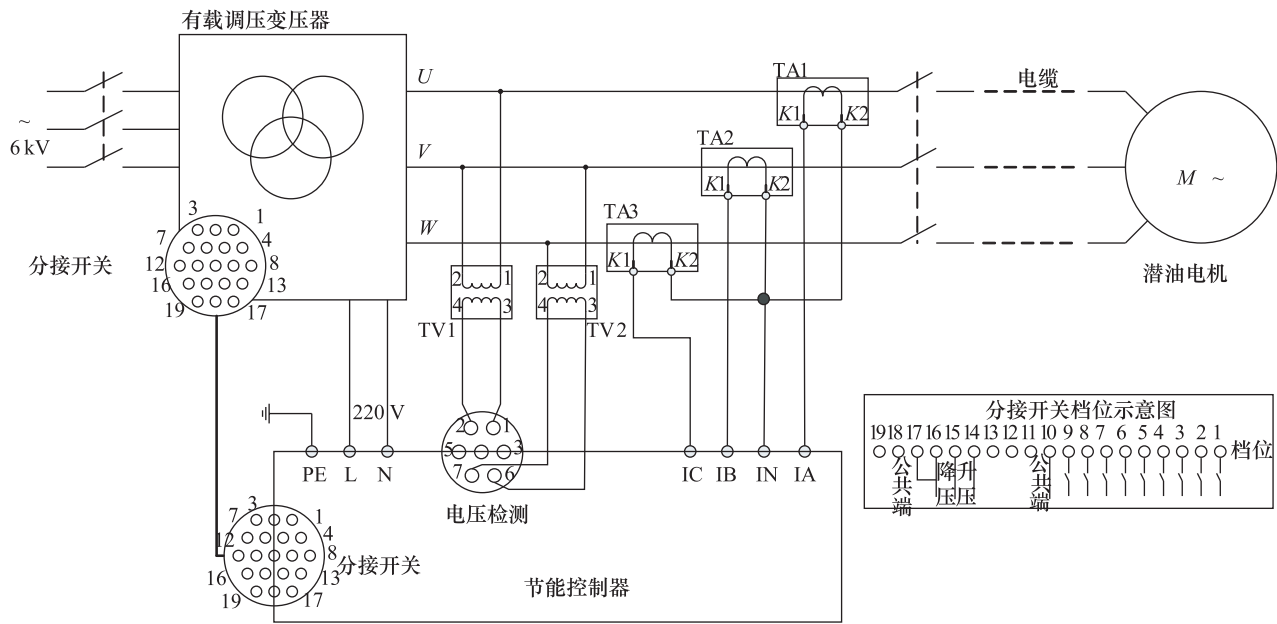


图1 智能有载调压变压器结构原理框图

潜水电泵节电控制器采集到主回路的电流和电压,计算实时的有功功率、无功功率和功率因数,综合考虑有功功率和电流之后,判断当前电压是否为最优,是最优值则无须调节;否则预测出电压最优值,向有载调压变压器发出调节命令,由变压器完成分接头的切换。经过数次切换后,变压器即可输出最优值电压。

2 智能有载调压变压器工作流程及特点

当电机启动后,智能有载调压变压器根据电机实际运行参数的变化,及时快速的调节潜水电机的供电电压,使潜水电机始终保持工作在近似最佳效率点上,从而提高电机功率因数,降低电能消耗。但是在实际调节供电电压的过程中,需要考虑井下负载波动程度,比如像含气或含砂量较大的油井,负载波动比较剧烈,有载调压变压器的档位切换如果跟随负载变化,则会严重缩短有载调压变压器的工作寿命,甚至烧毁变压器,在这种情况下,智能有载调压变压器的控制器就需要采取特定的控制策略,在保证调压变压器正常工作的前提下,减少档位切换的次数,使潜水电机近似工作在最佳点附近,从而达到节能的目的。

本文研制的智能有载调压变压器具有以下特点。

2.1 节约电能

在机组运行时,实时测量电流和电压参数,并将供电电压调节至最佳值,从而实现最小的电能消耗。同时可以克服电网电压波动、供电电缆压降的不利影响,从而保证在各种工况下达到最佳节能效果。

2.2 实现机组软启动

通过降低启动电压,实现软启动。减小电动机的启动电流,降低对电网的冲击和电动机本身的冲击,同时还可减小对整个系统的机械冲击,降低故障率,实现运行维护成本的下降。

2.3 监测功能

可以显示潜水电泵机组运行电压、电流、有功功率、无功功率,分析电机的运行状态给出各种报警信号,并且能够存储和输出相关数据。

3 实验结果

为测试该装置的性能,在室内实验井进行实验,潜水电机额定电压为700 V,功率为37 kW,机组额定排量为200 m³/d。

3.1 负载实验

在手动模式下,测试分别在3—9档电压下,排量分别为33、60、85、110、135、150和180 m³/d,系统的运行参数;(在以上实验数据的基础上,对优化算法的各种判据进行整定,然后完成以下实验项目。)

3.2 档位实验

在手动模式下,先将电压调至最低档,然后切换到自动模式下。测试排量分别为 33、60、85、110、135、150 和 180 m^3/d ,验证控制器搜索的系统最优电压是否与 1 的实验结果一致。

3.3 负载变化实验

在自动模式下,排量为 33 m^3/d ,控制器搜索到系统最优电压后,依次增大排量为 60、85、110、135、150 和 180 m^3/d ,验证当排量变化时,控制器搜索的系统最优电压是否与 2 的实验结果一致。

室内试验效果分析:

1) 负载试验的数据表明,当排量不变化时,电源(变压器输出)电压调整至最佳值时,电机电流将保持为最小值,此时,电机本身的有功功率保持为最小值,而且潜油电缆上的功率损耗也将保持在最小值。这表明本项目的理论基础是正确的。而且,在轻载下节能效果更加显著,而且电缆越长节能效果越明显。

2) 档位试验和负载变化试验的结果具有一致性,说明本系统确实能够达到节能的目的。

图 2 是室内试验情况下各排量点的节电效率曲线。从图 2 可以明显看出机组在轻载状态下节能效果更加明显。这对于那些在实际应用当中长期处于欠载运行状态下的电泵井更具有实用价值。

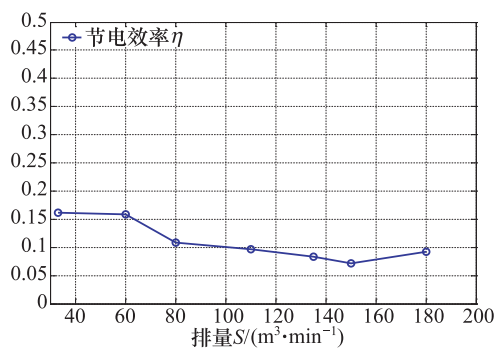


图2 室内试验情况下各排量点的节电效率图

在室内实验的基础上,在某采油厂运行井进行测试,电机额定电压为 900 V,功率为 37 kW,额定排量为 200 m^3/d 。实际排量为 180 m^3/d 时的数据图(图 3)。该结果说明,当实际排量小于额定排量时节能效果十分明显。

由图 3 左图可见,在实际排量为 180 m^3/d 时,

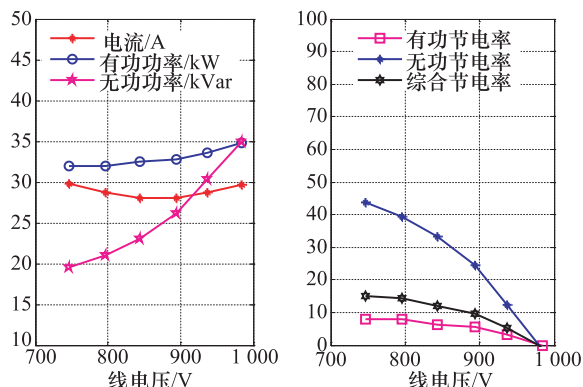


图3 排量 180 m^3/d 时的数据图

电机的有功功率和无功功率随电压降低而显著降低,但是电机电流存在拐点,该点表明此时电机的转子电流开始增大,电机的转差增大加快,不宜再过大的降低电压了,因此,最佳电压为 800 V。

此时,有功节电率为 8.45%;无功节电率为 37.57%;综合节电率为 14.71%。

4 结论

本文设计了智能有载调压变压器,给出了其结构框图和工作原理,实验结果表明,该装置可以自动选择最佳节能电压,具有明显的节电效果。通过几年来对智能有载调压变压器的研制,并结合用户的使用情况来看,智能有载调压变压器的应用能够显著降低电泵井的能耗,具有良好的经济和社会效益,有着很好的应用前景。

参考文献

- 魏秦文,张 茂,郭咏梅. 潜油电机驱动采油技术的发展. 石油矿场机械, 2007; 36(7): 1—7
- 王志海,李国勇,王丙全,等. 潜油电泵智能节电装置的研究. 黑龙江电力, 2008; 30(1): 12—32
- 刘广孚,席文静,刘小华,等. 基于数字信号处理器的潜油电泵机组转速测量系统的设计. 中国石油大学学报, 2009; 33(1): 154—161
- 张大禹,纪延超,王建曠. 中压异步电动机软起动装置的研制. 电气应用, 2008; 27(8): 27—31
- 董振刚,张铭钧,张 雄,等. 潜油电泵合理选配工艺研究. 石油学报, 2008; 29(1): 128—131
- 王志海,李国勇,王丙全,等. 潜油电泵智能节电装置的研究. 黑龙江电力, 2008; 30(1): 12—32

Design of Smart On-load Tap-changer Transformer for Electric Submersible Pump

WANG Ming¹, WANG Dao-jun², SHI Jian-peng³

(Daqing Oilfield Equipment Manufacturing Group Sales Company Technology Center¹, Daqing 163318, P. R. China;

Daqing Oilfield Powerlift Pump Limited Corporation Technology Development Center², Daqing 163318, P. R. China;

Daqing Oilfield Construction Engineering Company pipeline company³, Daqing 163000, P. R. China)

[Abstract] In the exploiting oil fields in the stage of high water-cut, the submersible pump has been widely applied, whereas how to improve the oil recovery systems efficiency, reduce power consumption of pump wells became the focus of energy conservation field. A new intelligent on-load tap-changer transformer of the electric submersible pump is designed. The optimum operating voltage is analyzed, and the composition and the working processes are provided. Finally, the indoor and outdoor experiments are carried out. Experimental results show that the device can effectively select the best voltage, and the effect of power conservation is remarkable.

[Key words] electric submersible pump on-load tap-changer transformer power conservation smart

(上接第 781 页)

3 阎小俊,蒋德明. 甲烷-空气-稀释气的层流燃烧特性研究. 内燃机学报,2000;18(4):353—358

4 钟北京,伍 亨. 甲烷/空气预混气体在微通道中催化转化的数值模拟. 燃烧科学与技术,2005;11(1):1—5

5 李军伟,钟北京,王建华. 甲烷/空气在微小型 Swiss-roll 燃烧器内燃烧的实验研究. 热能动力工程,2008;23(2):195—200

6 李宇红,祁海鹰,张宏武. 甲烷预混燃烧火焰的详细数值模拟. 工

程热物理学报,2002;23(1):119—122

7 董 刚,黄 鹰,陈义良. 不同化学反应机理对甲烷射流湍流扩散火焰计算结果影响的研究. 燃料化学学报,2000;28(1):49—54

8 肖保国,钱炜祺,杨顺华,等. 甲烷点火燃烧的简化化学反应动力学模型. 推进技术,2006;27(2):101—105

Analysis on the Factors Influencing the Diffusion and Burn Performance of the CBM

JIANG Feng-li, FAN Kai-feng, WANG Wei-qiang

(Liaoning Shihua University, Fushun 113001, P. R. China)

[Abstract] Based on the model of the FLUENT vortex dissipation, using the method of the limited volume, the mathematics model of the burning and diffusing phase is build. And so nozzle combustor is simulated whose long is 2.9 meters and diameter is 0.5 meter numerically. Research indicates: with the methane concentration in the CBM increasing, the peak concentration of the oxygen moved to the right, the maximum temperature and the average temperature gradually increase in the CBM; with the speed ratio increasing, the methane burn faster; with excess air coefficient increasing, the maximum temperature in the non-premixed system move to the right. This result supply the theory instruction for the actual product.

[Key words] nozzle combustor methane concentration speed ratio excess air coefficient numerical simulation