

浅谈潜油电泵保护器设计原理

访中国昆仑工程公司电气专业总工程师范景昌

■ 胡 颖/本刊记者



范景昌 教授级高工
中国昆仑工程公司电气专业总工程师

新式潜油电泵保护器改进了老式同类产品的缺点，可以提高潜油电泵的利用率和设备稳定性，降低投资成本，符合数字化油田的发展。

潜油电泵是油田中使用的一种中压机械采油设备，随着油田开发自动化程度的提高，原潜油电泵定频控制柜暴露出如下不足：保护功能不完善、数据分析不方便、无波形记录以及没有通信功能无法直接接入系统。造成这些不足的主要原因是原潜油电泵保护器不支持上述功能。

目前，研究、开发潜油电泵的国内厂家较少，且规模较小，产品没有形成系列化和规模化。为增强国内潜油电泵保护器的竞争力，弥补老式保护器的不足，有必要研制一种富有针对性的潜油电动保护器。为此本刊记者特约采访了中国昆仑工程公司电气专业总工程师范景昌，请他就此类产品的设计原理及相关问题予以解答。

潜油电泵保护器的特点和组成

电气应用：您好！非常感谢您在百忙之中接受我刊的采访！潜油电泵保护器是潜油电泵机组中与潜油电泵配套使用的重要部件之一，首先请您介绍一下潜油电泵保护器和电动机保护器有何区别？

范景昌：电动机保护器包含潜油电泵保护器，潜油电泵保护器属于电动机保护器的细分应用产品。在测量、保护和通信等功能上基本通用，但潜油电泵的多种保护大部分采用反时限类型，例如：欠载、电流不平衡、过电压和欠电压等，而这些保护在通用电动机保护器中多采用定时限，此处为区别1。

另外潜油电泵保护器需要带有历史数据记录和导出功能，而常规电动机保护器产品只需带有故障记录即可，此点是区别2。

为兼容原潜油电泵维护和考核流程，新式潜油电泵保护器带有打卡功能，可以进行打卡考核，而常规电动机保护器不必带有打卡功能，此点是区别3。

从以上区别可以看出，潜油电泵保护器属于电动机保护器延伸出的产品，但因应用及工艺等原因又不等同于常规电动机保护器产品。

电气应用：新式潜油电泵是由常规电动机保护器产品衍生出的新一类电动机保护器，那么新式潜油电泵保

护器具有哪些特点呢?

范景昌: 新式潜油电泵保护器具有如下特点。

(1) 多电量参数采集功能

新式潜油电泵保护器可以实时测量三相电流、三相电压和频率,同时可显示有功功率、电能等电参量;可以通过DI、模拟量测量检测开关量类型工艺参数、4~20 mA类型工艺参数,将参数采集到本设备中,通过通信功能统一发送给系统,简化原设计。

(2) 完善的保护功能

新式潜油电泵保护器具有过载、断相、电流不平衡、堵转、阻塞、欠电压、过电压和电压不平衡等保护功能,并可以实现欠载自启动,保护功能更完善,更符合实际需要。

(3) 实时曲线、历史曲线显示功能

新式潜油电泵保护器可以显示三相电流、三相电压等参数的实时曲线和历史曲线,显示直观,方便查看。

(4) 历史数据查询、导出功能

新式潜油电泵保护器可以将存储的历史数据导出到U盘中,导出文件格式支持EXCEL操作,U盘插入计算机后可直接进行数据分析,不必安装附加分析软件。此功能可用于取代原电流记录仪。

(5) MODBUS、PROFIBUS通信功能

新式潜油电泵保护器支持工业常用的MODBUS、PROFIBUS通信协议,通过通信可直接进行实时数据传送、发送起停命令,提高自动化程度,减少工程布线,节约成本。

电气应用: 新式潜油电泵保护器改进了老式同类产品的缺点,可以提高潜油电泵的利用率和设备稳定性,降低投资成本,符合数字化油田的发展需要。那么新旧潜油电泵保护器的组成结构有何改变?

范景昌: 保护器的一项主要作用是平衡电泵系统的内外压力,补充系统内部在运行过程中的电动机油消耗,电泵在下入油井启动或停止过程中,电动机内温度将会随着环境热胀冷缩而发生变化,电动机油的体积将发生膨胀或收缩,即电动机油的“呼吸”,所以保护器需要满足电动机的呼吸量,从而使电泵系统内外压力平衡。

目前常用的保护器按结构型式分为沉降式和胶囊式两种,因两种产品结构的形式差异决定了其适用性的差别:沉降式腔体大,可有效避免电动机进入井液,但因受重力影响,其主要适用于直井;而胶囊式则可以适用于斜井甚至水平井。在胶囊式保护器中,根据连接方式又分为串联和并联两种方式:若胶囊以一种“包含”的

关系连接,就称之为并联型;若胶囊以头尾相连的方式连接,就称之为串联型。串联方式与并联方式对比,串联方式保护器多了一道机械密封,因此保险系数更高;而并联方式呼吸量较大,保护器结构及组合方式的确定即选择胶囊和沉降式保护器的组合方式以及胶囊的连接方式。

新式潜油电泵保护器由保护器主体+人机操作单元+开关电源组成。保护器主体完成参数采集、保护和通信功能;人机操作单元实现实时参数显示、参数设置、实时曲线显示、历史曲线显示、历史数据查询和故障查询等功能;开关电源实现AC/DC 220 V(或其他等级)转换为低电压供主体、人机操作单元使用,组成结构如图1所示。

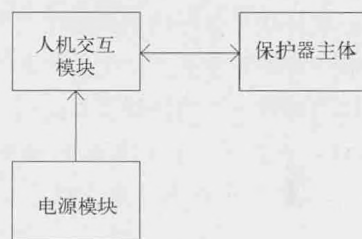


图1 潜油电泵产品组成

潜油电泵保护器的设计原理

电气应用: 最后请您谈谈潜油电泵保护器的设计原理。

范景昌: 潜油电泵保护器设计分为硬件设计和软件设计两方面,硬件设计包括电源设计、信号采集部分设计、开关量输入输出设计、通信设计和可靠性设计等。软件设计主要包括软件架构、测量算法、保护算法和控制算法等。

(1) 新式潜油电泵保护器的硬件设计

常用的潜油电泵工作电压从AC 200~2 000 V,此时不宜将潜油电泵供电直接作为潜油电泵保护工作电源,常规做法是采用隔离变压器将潜油电泵工作电压转换为AC 110 V控制电压,针对此种情况电源设计采用开关电源,开关电源有工作范围宽、效率高等特点,适用于此种情况。

信号采集部分。信号采集包括电压、电流等电参量的采集,为保证采集的可靠性,通常采用TV、TA作为电压、电流信号隔离变换。选用TA时应注意TA电压等级,常规TA电压等级为0.66 kV,而有的潜油电泵工作电压达到AC 1 000 V甚至AC 2 000 V,此时不能在选用常规的0.66 kV等级TA,而应选用3.3 kV等级的TA,以保证隔离安全,例如安科瑞公司的AKH-3.3P-F35为3.3 kV等级TA。开关量输入输出设计、通信电路设计属于常规

设计,没有过多特殊性,在此不进行详细介绍。

可靠性设计。可靠性设计包括电磁兼容、安全性设计。电磁兼容设计初期要充分考虑各种可能出现的问题,做好预留措施规划,常用的抗干扰设计方法包括:电源部分加EMC滤波器;信号采集部分增加滤波电路;在作信号处理的各芯片输入输出端加端口保护电路;在各芯片电源输入处加去藕电容等。

(2) 新式潜油电泵保护器的软件设计

常用的采样算法有直流采样、交流采样,交流采样可以测量非正弦波信号,在电参量测量中广泛采用。常用测量算法可以分为两类:一类是基于正弦信号的算法;另一类是基于非正弦的算法。基于正弦的算法包括半周内取最大绝对值算法、半周绝对积分算法、一阶导数算法、二阶导数算法、采样值积算法和三采样值算法等算法;基于非正弦信号算法包括傅里叶算法、一阶差分后半波傅里叶算法和真有效值算法等算法。各种算法都有各自优缺点,例如基于正弦信号的算法,算法简单、消耗资源少,当有谐波或波形变换之后测量不准确;而基于非正弦信号的算法,算法较复杂,但可以保证测量值的正确性。

保护算法。保护算法中设计反时限曲线算法有一定难度,有些产品虽标注为反时限,实际却是定时限分割,如(1.2~1.5)倍60 s保护、(1.5~2)倍40 s保护以及2倍以上10 s保护,这样违背反时限曲线的基本原则,如果信号在临界点上下跳动,最后动作时间将不准确,更

确切的说的不合理,真正的反时限可以实现一条连续的反时限曲线,真正做到倍数大动作快,倍数小动作慢,反时限曲线示意图如图2所示。

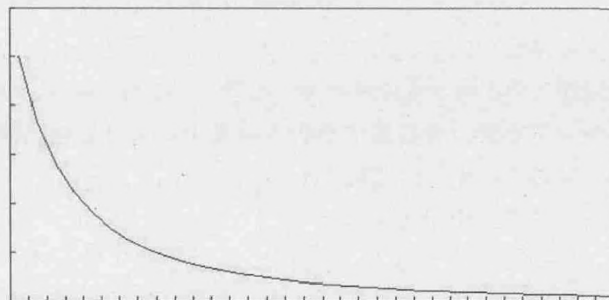


图2 反时限曲线示意图

软件设计时除选取合理的算法外,还要注意软件设计的规范化。软件设计是将问题抽象出来,其基本原则是信息隐蔽与模块独立性,好的软件要求高内聚(模块强度的度量),低耦合。测试是软件设计中不可缺少的一个重要环节,软件测试的目的是检验软件是否满足规定的需求,并弄清预期结果与实际结果之间的差别。

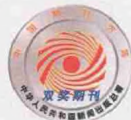
软件测试从是否关心软件内部结构和具体实现角度划分为白盒测试、黑盒测试和灰盒测试;从是否执行程序的角度划分为静态测试、动态测试;从开发过程分为单元测试、集成测试、确认测试、系统测试和验收测试。开发过程中要遵循早测试、早改正的原则,单元测试通过后再进行集成测试、确认测试和验收测试。EA



典藏技术 革新应用

专业专注

时刻关注并推动中国电气技术的发展



《电气应用》是一本拥有光荣发展历程的全国优秀科技期刊。

自1982年创刊至今,已走过34年艰苦创业、改革发展的光辉历程。其所荣获的“全国优秀期刊、中国期刊方阵‘双奖期刊’和国家期刊奖‘百种重点期刊’、中文核心期刊”等诸多荣誉见证了编辑们的专业与勤奋,也博得了广大读者和业内专家的支持与厚爱,在众多电工类专业技术期刊中颇具影响力。



电气应用

国内统一刊号: CN11-5249/TM 国际标准刊号: ISSN1672-9560 国内邮发代号: 82-341 国外发行代号: M1409