

ARD3T 智能电动机保护器主体与测量模块设计原理

赵波¹, 胡景泰², 黄文涛³

(1.上海安科瑞电气股份有限公司, 上海 嘉定, 201801; 2. 上海电器科学研究所(集团)有限公司, 上海, 200063; 3.江苏安科瑞电器制造有限公司, 江苏 江阴 214405)

摘要: 为了弥补国内电动机保护器行业没有完全模块式产品的空白, 给出一种模块式电动机保护器 ARD3T 的主体、测量模块设计方法。按照功能进行模块划分, 各模块利用内部数据总线进行数据传输, 通过内部总线进行模块供电。给出主体、测量模块设计方法、典型硬件原理图, 指出设计中所要注意的事项。给出各种环境下的测试数据, 最后进一步给出了产品采用的抗干扰处理措施, 测试结果表明设计的正确性和合理性, 产品的设计思想、设计理念更符合未来市场的需求

关键词: ARD3T 电动机保护器 模块

the design principle of ARD3T motor protector and measurement modules

ZHAO Bo¹, HU Jing-tai², HUANG Wen-tao³

(1.Shanghai Acrel Co.,Ltd, Shanghai Jiading 201801,China; 2.Shanghai Electrical Apparatus Research Institute(Group) Co.,Ltd, Shanghai 200063,China;3. Jiangsu Acrel Co.,Ltd, Jiangyin 214405,China)

Abstract: To full in the gap that the domestic motor protector industry has not fully modular products, this gives the main body and measurement module design method of ARD3T motor protector. ARD3T consists of several modules, Which are divided according to the product function. Each module uses internal data bus to realize data transmission and power supply. Design methods and typical hardware schematics of the main body and measurement module are proposed, and the precautions in the design are pointed out. Test data under various environments are given, and anti-jamming measures used by the product are provided further at the end of this paper. The test results show the correctness and rationality of the design method. The design concept is more in line with future needs of the market.

Key words: ARD3T; motor protector; module

中图分类号: 文献标识码: 文章编号:

0 引言

目前市场中各类电动机保护装置种类繁多, 从简单的电子式热继电器到高端的多功能、智能化、网络化产品, 但独立模块化的产品较少, 尤其是国内电动机保护器生产厂家没有真正意义上的模块式产品。通常国内电动机保护器将全部功能集中在主体内, 这类产品的功能模块是线路板式模块, 只适用于工厂内部生产使用, 在使用场所需要进行功能扩展时要拆除主体单元, 或通过调换新产品的方式来实现功能扩展, 如果线路上某一功能发生故障需要进行维修时, 需要拆除整个产品, 这样不利于现场使用。

ARD3T 是模块式产品, 有如下几种模块: 测量模块、温度模块、模拟量模块、通讯模块、开关量模块、显示模块、主体模块。由主体和测量模块组成基本模块, 实现基本的测量、保护、控制功能, 其它模块作为选配模块, 由基本模块加选配模块实现复杂功能, 添加删除模块后, 直接对产品组态即可投入使用, 不需返厂, 利于生产使用, 本文主要介绍主体、测量模块的设计原理。

1 主体、测量模块功能介绍

主体模块是 ARD3T 的大脑, 协调各模块工作, 对各模块的信息进行分析、判断、处理。主体带有的硬件资源有: 开关量输入、开关量输出、RS485 通讯电路、PTC 测量电路、故障记录等。可提供的编程功能有: 对开关量输入、输出编程、定时器、计数器、真值表、各种起动方式、保护动作、4~20mA 变送输出等。

测量模块完成电流、电压、剩余电流测量, 将测量结构通过内部数据总线发送给主体。测量模块电流测量范围为 0.4A 至 800A, 电压为 AC380V、AC660V, 频率 45Hz~65Hz, 漏电流为 50mA~5A、3A~30A。

电机电流小于等于 100A 时，采用一体式互感器模块（互感器安装于测量模块内部），大于 100A 时采用外置式电流互感器+测量模块。

2 主体、测量模块设计原理介绍

2.1 主体、测量模块产品特点

常规电动机保护器产品的组成通常包括：互感器模块、主体模块、显示模块。互感器模块为保护级电流互感器，直接将互感器二次侧信号传输给主体模块，电流采样处理电路在主体模块内部。这种处理方式设计简单，但有以下不足：每种电流规格的互感器模块和主体模块是一一对应的，如果客户更换了使用的电机或生产工艺有变动时，原产品额定电流设定不能满足要求时，需要将互感器、主体两部分返厂重新更换；互感器模块出现故障后，主体无法给出提示；互感器模块没有与主体连接或连接不可靠，二次侧开路产生的高压。大多数常规电动机保护器仅能对开关量输入、开关量输出进行编程，可编程功能较少，不带有定时器、计数器、真值表功能，无法进行相关的编程，通常只带有一种起动方式，不可以现场对起动方式进行设定。

模块式的 ARD3T 产品主体与测量模块通过内部数据总线连接，测量模块供电来自内部数据总线，通过内部通讯协议主体可自动识别测量模块种类，主体模块检测到测量模块有故障时，自动发出报警提示。在实际使用因各种原因而需要更换电机，并且新电机的额定电流、功率等参数不在原保护器参数可设定范围内时，只需更换 ARD3T 测量模块，主体模块不必更改，新的测量模块与主体连接后，通过重新组态即可直接进行生产。测量模块本身带有 CPU 单元和信号采样处理电路，用于完成电参数的测量。主体和测量模块之间采用数字方式进行通信，信息传送可靠，主体和测量模块间没有通过连接线连接时，测量模块与主体接口不会产生高压危险。

与常规电动机保护器相比，ARD3T 主体模块开关量输入、开关量输出可编程功能除常规的运动控制外，还包括各类报警输出、脱扣输出、计数器输出、定时器输出、真值表输出、通讯输出等，可以通过可编程功能实现较复杂的电机操作。ARD3T 主体同时带有：保护模式、直接起动、双向起动、星三角起动、自耦降压起动、双速单绕组起动、双速双绕组起动等起动方式，通过液晶或上位机配置软件可以直接在不同起动方式间切换，更符合现场使用需求。ARD3T 主体带有模块扩展接口，现场人员通过简单的外部接线即可实现模块功能扩展。

2.2 主体、测量模块硬件原理

根据主体、测量模块的功能可知：主体模块硬件上必须能提供如下功能：电源、开关量输入电路、开关量输出电路、PTC 测量电路、通讯处理电路、CPU 单元等；测量模块上必须具备电压、电流、剩余电流采样电路、信号处理电路、CPU 单元、通讯电路等。主体、测量模块硬件框图如图 1、图 2 所示。

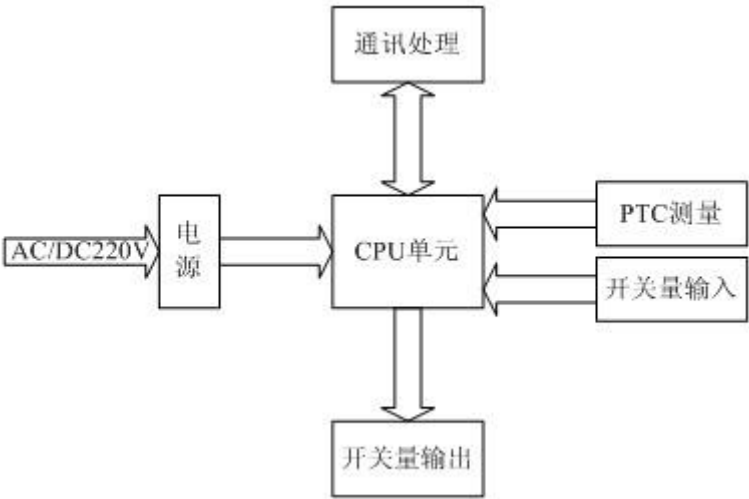


图 1 主体硬件框图

Fig.1 main module hardware block diagram

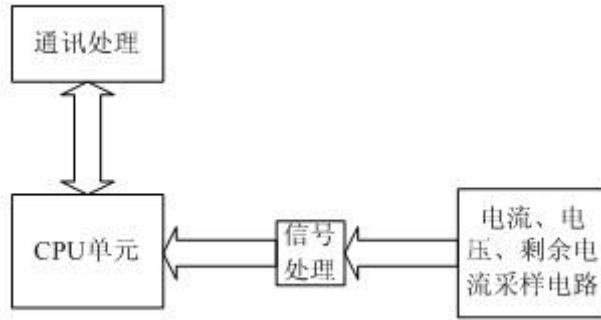


图 2 测量模块硬件框图

Fig.2 measurement module hardware block diagram

ARD3T 模块供电来自内部数据总线，即整个产品供电全部来源于主体的电源部分，主体电源稳定性决定了产品的可靠性。开关电源具有效率高、适用范围宽等优点，本项目采用开关电源作为主体电源，电源采用 PI 公司的 TENY 系列芯片。

主体开关量输入用于外接起动、停止等控制按钮或作为工艺连锁使用，现场布线时如将控制线同动力线绑接在一起或线缆铺设时不注意分层处理，连接线过长且不使用屏蔽电缆，都会容易引起开关量输入信号的误动作，直接影响生产的安全可靠。为此设计开关量输入电路时，要有相应的抗干扰处理措施，使电路有强抗干扰能力，ARD3T 开关量输入信号电路见图 3 所示，电阻 R71、R94 为限流电阻同时通电容 C31 组成第一级滤波电路，根据滤波要求计算电阻、电容参数，二极管 D1 为 TVS 管，有两中作用：一是用于误接保护；另一是作为第二级滤波使用。U12 为光耦用于信号隔离，电容 C35 为光耦后级的滤波电容，可以消除高频脉冲信号，进一步保证对开关量输入信号检测的正确性。

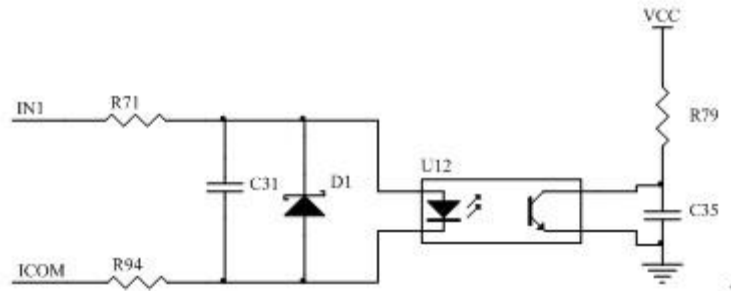


图 3 开关量输入电路

Fig.3 Switching input circuit

主体开关量输出用于控制接触器、中间继电器、信号输出（运行信号、故障信号等），开关量输出信号的正确性同样影响着生产的可靠性。设计开关量输出电路时，首先选好继电器，通常我们最关心的参数有：触点负载、最大切换电压、最大切换功率、最大切换电流、浪涌电压、介电电压等。这些参数在技术手册上都可以查到，但手册上给出的“触点负载”通常指的是纯阻性负载，实际使用中的负载以感性居多，带感性负载时触点容量需要乘以相应的降容系数才是我们所需要的数值，如果无法知道确切的降容系数，可以通过继电器试验进行实测。ARD3T 开关量输出电路如图 4 所示，图 4 中 C44、C20、R10、R11 组成滤波、限流电路，防止外部干扰引起继电器输出误动作，同时 R10、R11 组成分压电路同样可以吸收小的脉冲干扰信号；D6 为续流二极管，用于释放继电器关断时线圈产生的自感电动势。

ARD3T 主体带有 RS485 通讯电路，通讯协议为 MODBUS，通讯电路原理如图 5 所示，本电路的巧妙之处在于数据收发直接由硬件来控制，不用 CPU 参与控制，这样可以节省 CPU 资源简化程序设计。RS485 通讯电路设计时要根据通讯最高波特率选取光耦，最高波特率为 38400 时，通常选

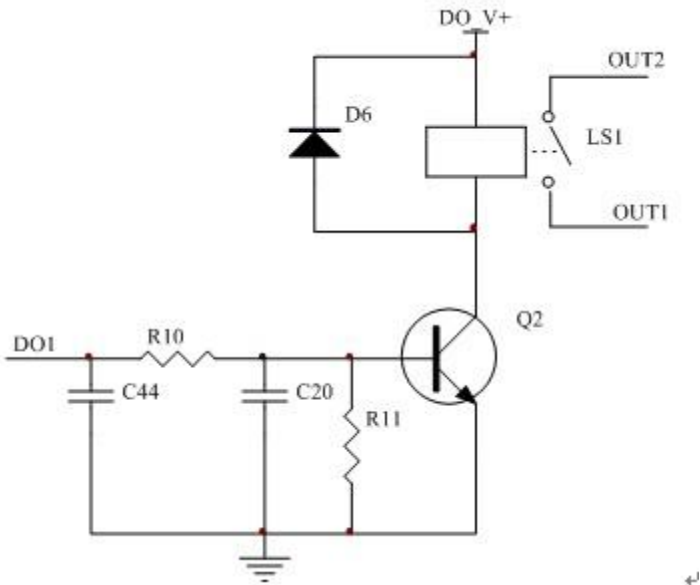


图 4 开关量输出电路

Fig.4 Switching output circuit

取 6N137、TLP115 等高速光耦。最高波特率为 9600/19200 时，可以使用 TLP181 等常规光耦，但要注意电阻值 R56、R6、R3、R4 的参数匹配，否则在高低温测试时，通讯线长度为 1200 米时，通讯可靠性将降低。

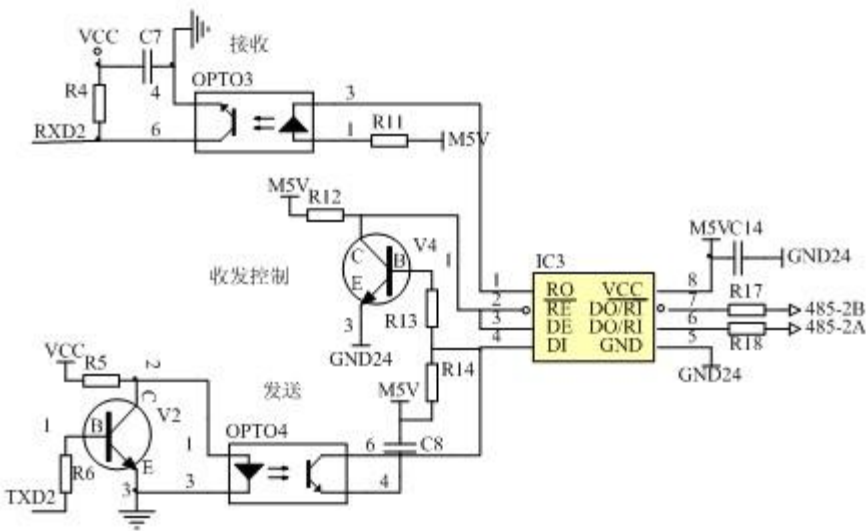


图 5 通讯电路

Fig.5 Communication circuit

测量模块作为 ARD3T 必备模块之一，负责完成电流、电压、剩余电流、频率、功率的测量，并及时的将计算结果通过内部总线传送给主体模块。测量模块采用交流采样的真有效值算法完成对电流、电压、剩余电流的测量，真有效值在信号有畸变的情况下可以保证测量的准确性。

电流、电压、剩余电流测量都是对模拟信号的测量，硬件设计中原理是相同的，都有以下组成：信号采样电路、滤波电路、信号放大电路、A/D 电路。电流信号采样通过互感器进行隔离，通过取样电阻取电流互感器二次侧信号，电压信号是通过电阻分压的方式实现信号采集，取样电阻需要选取精度高、温漂系数好的金属膜电阻。滤波和信号放大电路一起构成了信号处理电路，鉴于 RC 低通滤波电路具有结构简单、可靠性高、能耐受较大过载和浪涌冲击等优点，电路设计中滤波电路采用了 RC 低通滤波电路。RC 滤波电路滤除的信号频率与采样频率有关，设计时将采样频率一半以上的信号滤除。

测量模块信号处理电路见图 6 所示。图中 RB5 为取样电阻，完成信号采样，R15、C19 组成 RC 滤波；Q3 为保护电路，防止大信号输入，引起后极芯片损坏，U3B 实现信号反向放大，输出信号给后极 AD 使用。

测量模块测量的电流、电压频率通常都是工频频率，当频率有偏离工频频率时仍按工频频率进行测量会引起较大测量误差，为此 ARD3T 测量模块采用频率跟踪技术进行频率自动跟踪，可跟踪范围为 45Hz~65Hz，频率跟踪的基础是频率测量，频率测量可以分为软件测频、硬件测频两种方法，硬件测频最常用的方法是硬件锁相环，软件测频常用的方法有最小二乘法、牛顿类算法、离散卡尔曼滤波算法，离散傅氏算法及其改进算法，正交去调制法等。各种测频方法都有其自身的特点，ARD3T 测频是通过硬件上使用滞回比较器，软件上对滞回比较器输出计时的方法来实现频率测量。在纯正弦波的信号时，测频容易实现，但有谐波干扰时仍保证频率测量的准确性有一定的难度，ARD3T 测频的硬件电路带有滞回比较功能，可以保证频率测量的准确性。

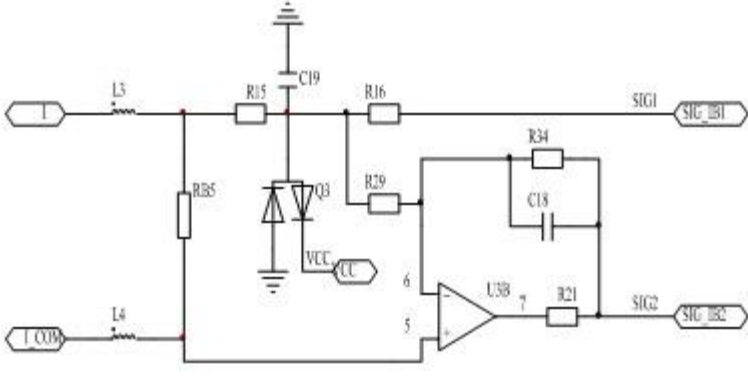


图 6 测量信号处理电路

Fig.6 Signal acquisition amplifier

2.3 ARD3T 电流、电压测量数据

使用 2.2 中测量电路测量到的电压、电流数据见表 1、表 2 所示，测试时为验证电路的可靠性测试环境分为常温常湿（+25℃，60%湿度）、低温（-20℃）、高温高湿（+65℃，95%湿度），三种环境温度，信号分为工频无谐波的纯正弦信号、工频有谐波的信号、45Hz/65 正弦信号、45Hz/65 有谐波信号，将各种情况下的测量结果同仪器输出参数进行比对可知：测量模块在测试的各种环境、各类信号下都可以保证测量的准确性。

表 1 测量模块实测数据 1

Tab.1 measured data 1 measurement module

测试环境条件	数据类型	仪器输出参数			
		I=25A	I=100A	I=100A	I=25A
		U=380V	U=380V	U=380V	U=380V
		F=50Hz	F=50Hz	F=45Hz	F=65Hz
		谐波无	谐波无	谐波无	谐波无
+25℃，	Ia	25.00	100.0	100.0	25.00
60%湿度	Ib	25.00	99.9	99.9	25.00

	Ic	24.98	100.0	100.0	24.98
	Uab	379.9	379.9	379.8	380.0
	Ubc	379.8	379.8	379.8	379.8
	Uca	380.0	380.0	380.0	380.0
+65℃， 95%湿度	Ia	24.92	99.9	99.9	24.93
	Ib	24.92	99.8	99.8	24.93
	Ic	24.93	99.9	99.9	24.93
	Uab	379.9	380.0	379.9	379.9
	Ubc	380.0	379.8	379.8	379.8
	Uca	379.8	380.0	380.0	380.0
-20℃	Ia	25.17	100.1	100.1	25.16
	Ib	25.16	100.2	100.1	25.16
	Ic	25.15	100.2	100.1	25.16
	Uab	381.6	381.8	381.6	381.8
	Ubc	381.7	381.7	381.6	381.8
	Uca	381.6	381.5	381.6	381.8

表 2 测量模块实测数据 2

Tab.1 measured data 2 measurement module

测试环境条件	数据类型	仪器输出参数			
		I=25A；	I=100A	I=100A	I=25A
		U=380V	U=380V	U=380V	U=380V
		F=50Hz	F=50Hz	F=45Hz	F=65Hz
谐波（1-31 次组合，最大 40%）					
+25℃， 60%湿度	Ia	24.98	100.0	100.0	25.00
	Ib	25.00	99.9	99.9	25.00
	Ic	24.98	100.0	100.0	24.98
	Uab	380.1	380.0	379.9	380.0
	Ubc	380.0	380.0	379.9	379.9
	Uca	380.1	380.1	380.0	380.1
+65℃， 95%湿度	Ia	24.92	99.8	99.8	24.91
	Ib	24.92	99.8	99.8	24.91
	Ic	24.93	99.9	99.9	24.91
	Uab	380.1	380.0	379.9	380.0
	Ubc	380.0	380.0	379.9	379.9
	Uca	380.1	380.0	380.0	380.0
-20℃	Ia	25.15	100.2	100.1	25.17
	Ib	25.16	100.2	100.2	25.15
	Ic	25.15	100.2	100.1	25.15
	Uab	381.5	381.7	381.6	381.6
	Ubc	381.7	381.7	381.8	381.6
	Uca	381.5	381.7	381.6	381.6

3 ARD3T 主体、测量模块抗干扰措施

ARD3T 主体、测量模块中设计时,采用了多种软硬件抗干扰处理措施。硬件中在电源部分设计有共模电感、X 电容、差模电感组成的滤波器电路,通过该电路可以使产品通过 4 级电快速脉冲群试验;产品设计有专用的浪涌保护电路,可以保证产品通过 4 级浪涌测试;开关量输入处添加必要的滤波电路可以有效地防止干扰信号引起的开关量误导通;信号处理芯片管脚处加入合理的保护电路,防止异常信号造成芯片损坏;信号处理电路处设计合理的滤波电路有效的衰减了高频干扰引起的测量误差;测量软件中加入数字滤波技术,可以很好的保证测量准确性。

4 结束语

随着电动机保护器使用的普及,市场对产品的需求在不断变化,产品的研发要着眼于未来市场的发展,ARD3T 电动机保护器是在总结市场发展方向,结合本身原产品的特点的基础上而推出的,产品设计思想、设计理念先进、功能可靠,更符合未来市场的需求。ARD3T 电动机保护器在实际使用中不仅可以替代热继电器、温度继电器等传统的电动机保护产品,还可替代各种指针式电量表、信号灯、电量变送器常规元件,还可以作为 MCC 的核心元件完成一定的逻辑运算,简化电动机控制电路,在现场可任意添加、删除产品模块,使用方便,更符合未来市场需求。

文章来源于:《电力系统保护与控制》2012 年 12 期。

[1] 孙莉.电力系统软件测频的改进方法[J].继电器, 2006, (19): 38-41

SUN Li. An improved method of frequency measurement for power system[J].Relay, 2006, (19): 38-41.

[2] 戴光武, 都洪基, 贾磊, 章柯.基于 P89LPC952 单片机的电动机保护装置研究[J].电力系统保护与控制, 2009, (2): 73-75.

DAI Guang—WH, DU Hongdi , JIA Lei,ZHANG Ke. Motor protection equipment research based on P89LPC952microcontroller [J]. Power System Protection and Control 2009, (2): 73-75.

[3] 黄玉春.电力谐波对电能计量影响的分析与探讨[J].电力系统保护与控制, 2009, (10): 123-124

HUANG Yu—chun. Analysis and discussion of power harmonics influencing the electric energy computation[J]. Power System Protection and Control 2009, (10): 123-124.

[4] 丁菊霞, 张华俊, 张秀峰.一种改进的无锁相环三相电路谐波电流检测方法[J]. 电力系统保护与控制, 2009, (24): 41-45

DING Ju. xia , ZHANG Hua-un , ZHANG Xiu-fen. An improved method without PLL on harmonics detection [J]. Power System Protection and Control 2009, (24): 41-45.

作者简介:

赵波 (1982-), 男, 工程师, 本科, 从事电动机保护控制器研究; E-mail:acrel009@vip.163.com。