

基于 STM32F103R8T6 的数字式量度继电器设计与应用

景沈锋¹ 姚波² 汤建军² (1中煤西安设计工程有限责任公司 陕西西安 710054)
(2上海安科瑞电气股份有限公司 上海嘉定 201801)

摘要: 数字式量度继电器具有测量精确、设定简单、保护功能多、速度快等优点,是传统的电磁、静态继电器理想的替代产品。本文详细介绍了基于 STM32F103R8T6 的数字式量度继电器的总体设计方案。该产品能针对不同的对象在实际使用中遇到的多种故障进行保护,使被保护的對象在故障状态下不会产生损坏,提高可靠性,减少损失。

关键字: 数字式、量度继电器、保护

Design and Application of Digital Measurement Relay Based STM32F103R8T6

Jing Shenfeng¹ Yao bo² Tang Jianjun² (Xian Engineering Design Co. Ltd, China Coal, Xian Shanxi 710054)
(Shanghai Acrel Co., Ltd., Jiading Shanghai 201801)

Abstract: The digital measurement relay which has many merit, such as exactitude measurement setting simple, many protect function, speed quick and so on, is the traditional electromagnetism, the static relay ideal substitution product. This article introduced in detail based on the STM32F103R8T6 digital measurement relay's overall project design. this Relay have many protect functions for protecting the objects which using in the errors, to make the objects not damaged in the state of errors, increase the reliability, decrease the loss.

Keyword: Digital, Measurement Relay, Protect

0 引言

在电力及工业自动化控制系统中,常用各种类型的继电器应用于需要进行状态监控的场合,作为保护的闭锁动作元件或启动元件。目前,大部分用于此类场合的继电器都为静态继电器,完全采用模拟电路设计,参数设置、整定值设定都采用旋钮调节,采用此方式设置精度低、误差大、保护功能单一,不带有显示装置,用户无法从继电器上得知当前各种电参量,且无法组网实现智能化网络化。

另有一类为多功能综合性保护型继电器,如南京因泰莱的 PA100 系列综合数字继电器、ABB 的 615 系列继电器,此类型继电器名称上为继电器,其实为多功能继电保护装置,此类型的继电器功能强大,集保护、测量、控制、监测、通讯等多种功能于一体,是高端的电力系统自动化硬件装置,但在许多要求简单的应用场合使用此类继电器则存在使用成本高,功能浪费等缺点。

本文将要介绍的是一款数字式量度继电器(ASJ 系列数字式量度继电器)的设计和应用,该继电器功能上除了具有传统静态继电器具有的特点外,还兼具了方便灵活和智能的特点,具有保护功能较多,灵敏度高,动作时间整定灵活,过欠模式同机整定,实时测量并显示当前电参量的值,相当于在智能电测仪表的基础上增加了保护继电器的功能。

1 继电器的硬件设计

本数字式量度继电器的硬件电路包括主 CPU 芯片、电源、信号采集电路、人机交互单元、RS485 通讯接口及继电器输出接口(图1)。

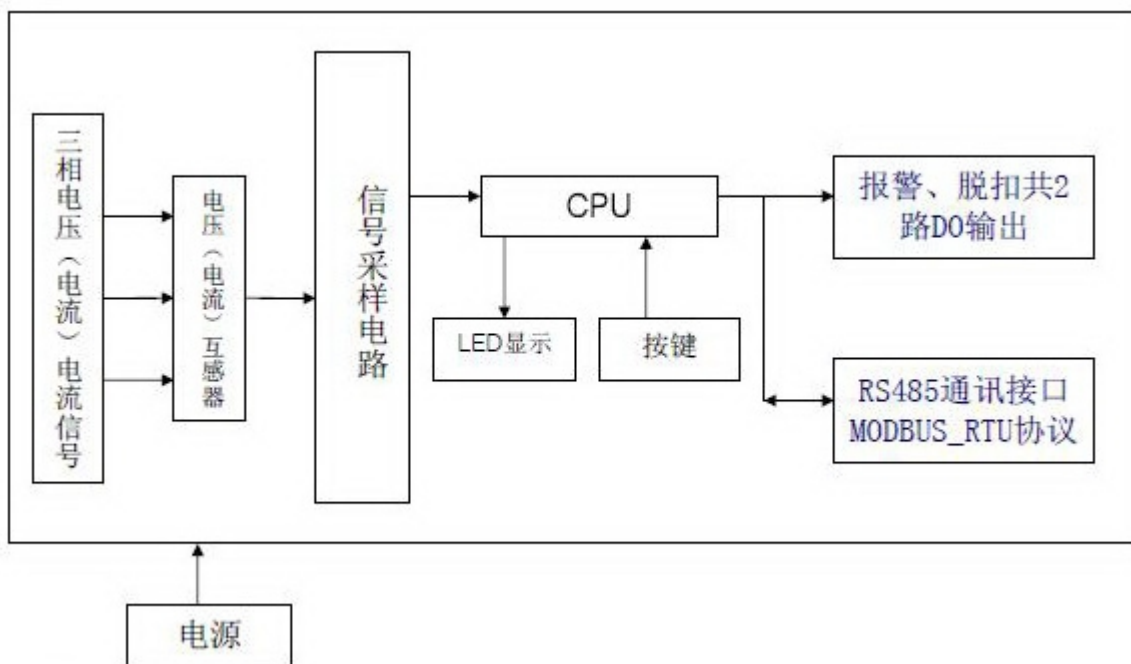


图1 硬件电路框图

1.1 主控 CPU

本量度继电器的 CPU 采用 ST 公司的基于 ARM 最新 Cortex-M3 架构内核的 32 位处理器 STM32F103R8T6，时钟频率最高可达 72MHz，内置 64K 的 Flash、20K 的 RAM、12 位 AD、4 个 16 位定时器、3 路 USART 通讯口等多种资源，具有极高的性价比。

1.2 电源

电源是一台设备能否正常、稳定、可靠工作的关键部分，该继电器采用本公司常用的通用开关电源模块。该电源模块输入电压为 AC85V~265V，输入频率 45Hz~60Hz，具有多路隔离电压输出，满足多种功能对不同供电电压的要求。输出电压稳定、故障率小，输出纹波 <1%。具有过压、过流保护。该模块经实际现场使用，具有很高的稳定性、可靠性和抗干扰能力。

1.3 信号采集电路

信号采集电路采用互感器隔离输入，将电流、电压等电量信号进行隔离，提高系统的安全性和可靠性。采样信号经放大电路放大后进行 A/D 转换。图 2。

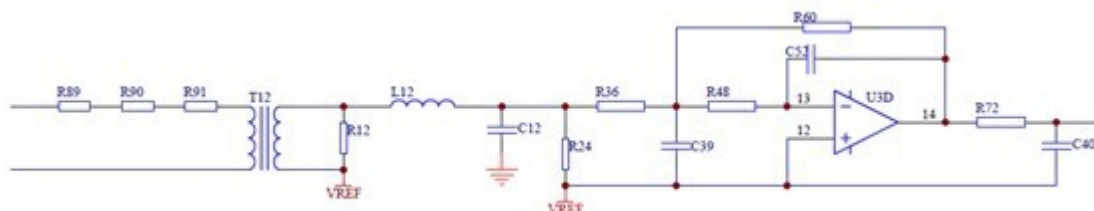


图2 信号采集电路

1.4 人机交互单元

人机交互单元采用 LED 显示和按键输入，系统采用单排四位 LED 数码管显示各种信息。用户可根据实际需要进行设置。在编程状态下显示菜单及参数。数码管显示采用动态扫描方式，其驱动电路使用一片 74HC595 加三极管构成。

1.5 RS485通讯接口

通讯接口模块采用通用的 RS-485、Modbus RTU 通讯规约，能实现遥测、遥控、遥信等功能，见图3。

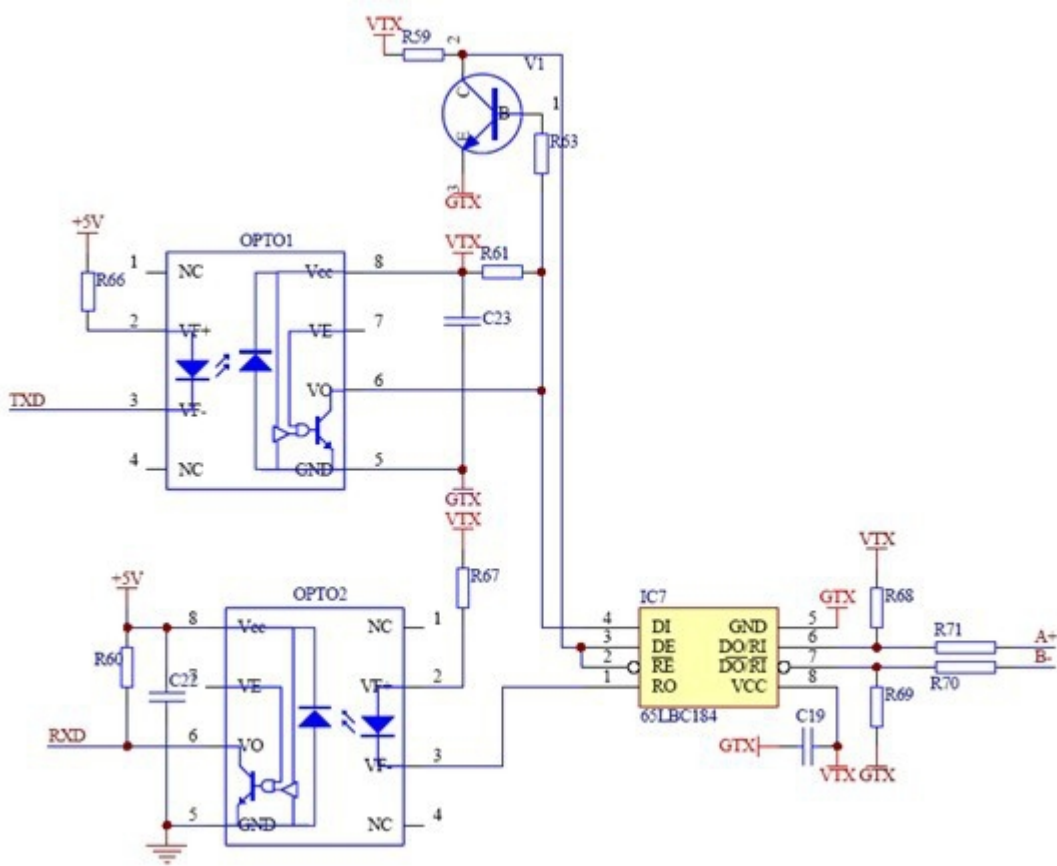


图3 通讯电路原理图

1.6 继电器输出接口

继电器输出接口（图4）是动作的执行机构，当出现故障时，继电器便会产生动作，发出报警或脱扣信号。

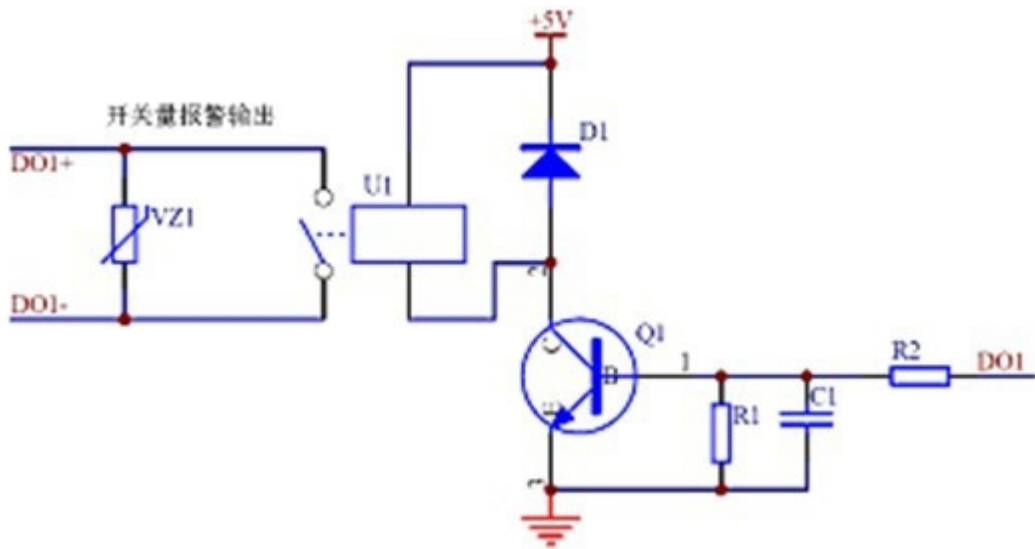


图4 继电器输出原理图

2 软件设计

由于本量度继电器采用数字电路，核心元件采用的是32位单片机，运算速度快（时钟频率72MHz），保护算法都由软件实现，因此，由同一电参量引申而出的保护功能可集成于一体（如测量三相电流可实现过载、欠载、不平衡、断相、相序等多种保护），不像静态继电器那样，不同的保护功能需要不同的模拟电路来实现，导致单个静态继电器往往只有一种保护功能。

2.1 程序设计

本继电器的软件设计主要包括计算、保护、显示、按键、通讯等各种功能子程序。其中计算子程序主要用于进行信号的采集和运算，实时测量保护对象的电参量；保护子程序主要集成有各种保护算法，将测量得到的各种参数与预先设定的值来进行对比，来确定是否有故障出现，及时进行保护；显示、按键子程序用于人机交互；通讯子程序则用于将各种参量通过通讯接口远传给后台控制系统。

由于程序内容较多，现给出主程序流程（图5）和保护子程序流程图（图6）。

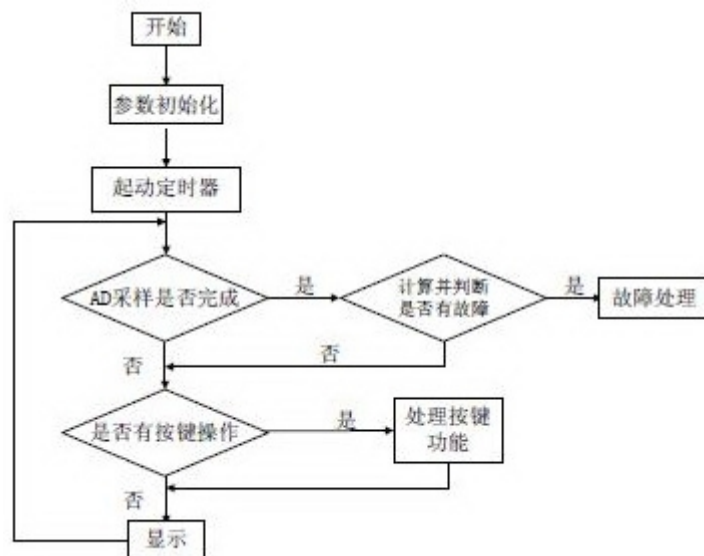


图5 主程序流程图

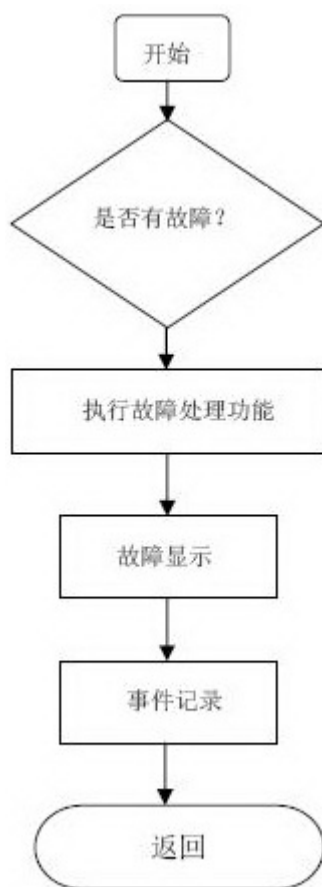


图6 保护子程序流程图

2.2 过采样

在本产品设计时，便定位于既可作为保护继电器使用，又可作为低压电测仪表使用，因此要求本产品的测量精度要高，但出于成本上的考虑，采用主控芯片 STM32F103R8T6 内部自带的 12 位 AD，为实现高精度的测量，需要在采样上使用过采样的技术。根据奈奎斯特定理可得，每增加一位分辨率，信号必须被以 4 倍的速率过采样： $f_{os}=4^w \times f_s$ 。其中， w 是希望增加的分辨率位数， f_s 是初始采样频率要求， f_{os} 是过采样频率。根据此公式，在采样时将采样频率提高 256 倍，即将分辨率位数提高 4 位，达到了 16 位的分辨率。采用此方法后，本产品的测量精度达到 0.5 级，完全可以满足作为测量型仪表的要求。由于 CPU 的速度很快，因此不会因为采用过采样后，采样点和运算量的增加而导致保护速度不够。

3 性能测试

3.1 测量精度的测试（电流型）

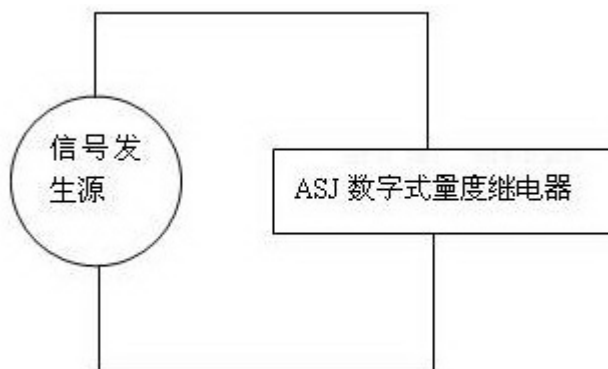


图7

试验装置由图7所示，信号发生源采用深圳科陆公司的 RTU 检定装置 CL301V2-R，精度等级0.05。由 CL301V2-R 输出三相交流电流来测试 ASJ 的测量精度，测试结果见表1。

表1

DK 输出值	ASJ 显示值
0.100A	0.099A
1.000A	0.999A
5.000A	4.999A
10.000A	9.999A

由 GB/T22264.1-200《安装式数字显示电测量仪表》第1部分：定义和通用要求中5.2 基本误差的计算方法，结合表1测量数据可得，精度等级能够满足0.5级。

计算公式如下：

仪表的基本误差不应超过公式（1）表示的测量值的绝对误差 Δ 。

$$\Delta = \pm(a\%U_x + b\%U_m) \quad (1)$$

式中： U_x —被测量的读数值；

U_m —被测量的满度值；

a —与读数值有关的误差系数；

b —与满度值有关的误差系数；

公式（1）中应满足如下关系： $a \geq 4b$

3.2 动作误差测试（电流型）

继电器的动作误差是一项重要的指标，因此，需要使用专用的继保测试仪来对 ASJ 的动作时间误差进行测试。这里使用“ZS-740微机继电保护校验仪”来测试 ASJ 的动作误差时间，测试结果见表2。

表2

功能	设定值		是否准确动作	动作时间 ms
	域值	延时时间 s		
起动超时	----	2.0	√	2036
欠载报警	70%	2.0	√	2041
欠载脱扣	50%	5.0	√	5049
阻塞报警	200%	1.0	√	1043
阻塞脱扣	250%	3.0	√	3037
不平衡报警	20%	10.0	√	10033
不平衡脱扣	30%	5.0	√	5042
断相报警	----	0.5	√	545
断相脱扣	----	15.0	√	15036
速断	----	----	√	47

其中各项功能的延时时间是可任意设定的，报警和脱扣是2个独立的继电器输出。由上图可以看出，动作时间的误差都在±50ms 以内。

4 产品特点

ASJ 系列数字式量度继电器在结构上采用 DIN35mm 导轨安装式和96mm×48mm 外型嵌入安装式两种方式。该为数字式继电器，实时采样三相交流电量、采用真有效值的计算方法，在较宽的频率范围内实现了较高精度的测量。集成有多种保护功能，仅需简单选择即可实现保护的投入或退出、报警或跳闸；精度高、功耗小、动作快、返回系数高、无抖动。本产品集低压电测仪表功能和量度继电器功能于一体，是传统的静态继电器的理想替代方案。产品符合 GB/T 14598量度继电器的相关标准和 GB/T 22264安装式数字显示电测量仪表中的相关标准。

按功能可分为电流、电压、频率等多种类型，主要技术指标见表3。

表3

类型	型号	主要功能	通用指标
电流	ASJ10-AI3/C	欠载、阻塞（定时限）、不平衡、断相、过载（反时限）、速断	污染等级2级 防护等级 IP54 安装类别 III 级
电压	ASJ10-AV3/C	过压、欠压、不平衡	
频率	ASJ10-F/C	过频、欠频	

5 应用案例

ASJ 系列量度继电器因其具有很宽的频率测量范围(20Hz~70Hz 内都能准确测量),较高的测量精度及多种保护功能集于一体的特点,已经广泛应用于多种场合。

图8为本产品应用于某柴油发电机上用于对柴油发电机的欠、过压进行保护的图。由于柴油发电机的输出电压与其转速有关,因此要求测量柴油发电机输出电压的装置具有较宽的频率测量范围,在本应用案例中,柴油发电机的欠压点为230VAC (对应23Hz),额定460VAC (对应50Hz),过压点530VAC (对应55Hz),而采用的 ASJ10-AV3电压型量度继电器的测量频率范围为20Hz~70Hz,在此频率范围内,能够准确测量出电压值,完全能够满足此场合的使用要求。其工作流程为: ASJ10-AV3测量柴油发电机组的输出电压,并将此电压与预先设定的欠压、过压值进行比较,一旦出现测量值超出限值,则进入故障延时,延时时间到但故障状态未解除则报警或脱扣继电器动作,发出告警信号或直接停掉柴油发电机,从而起到保护柴油发电机稳定运行的作用。

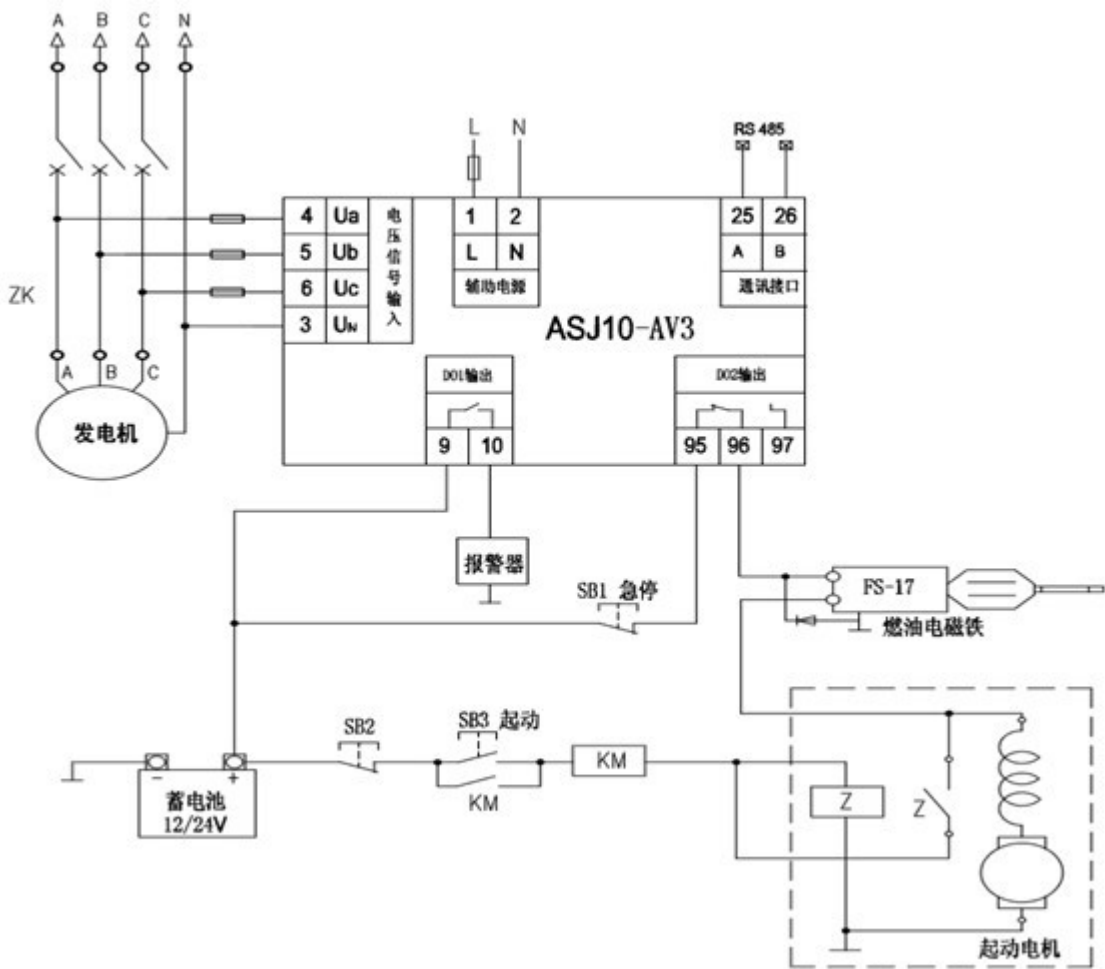


图8 电压型应用图

图9为本产品应用于电动机上用于对电动机运行过程中出现的各种故障进行保护的图。在电动机运行中,常出现的故障主要有过载和断相,而对过载的保护又分为定时限、反时限、速断等多种。在本应用案例中, ASJ10-AI3能够提供欠载、过载(定时限、反时限、速断)、不平衡、断相等多种保护功能。其工作流程为: ASJ10-AI3测量电动机供电电路中的电流值,并将此电流值与预先设定的值进行比较,一旦出现测量值超出限值,则进入故障延时,延时时间到但故障状态未解除则报警或脱扣继电器动作,发出告警信号或断开接触器 KM 使电动机停止运行,从而起到保护电动机的作用。

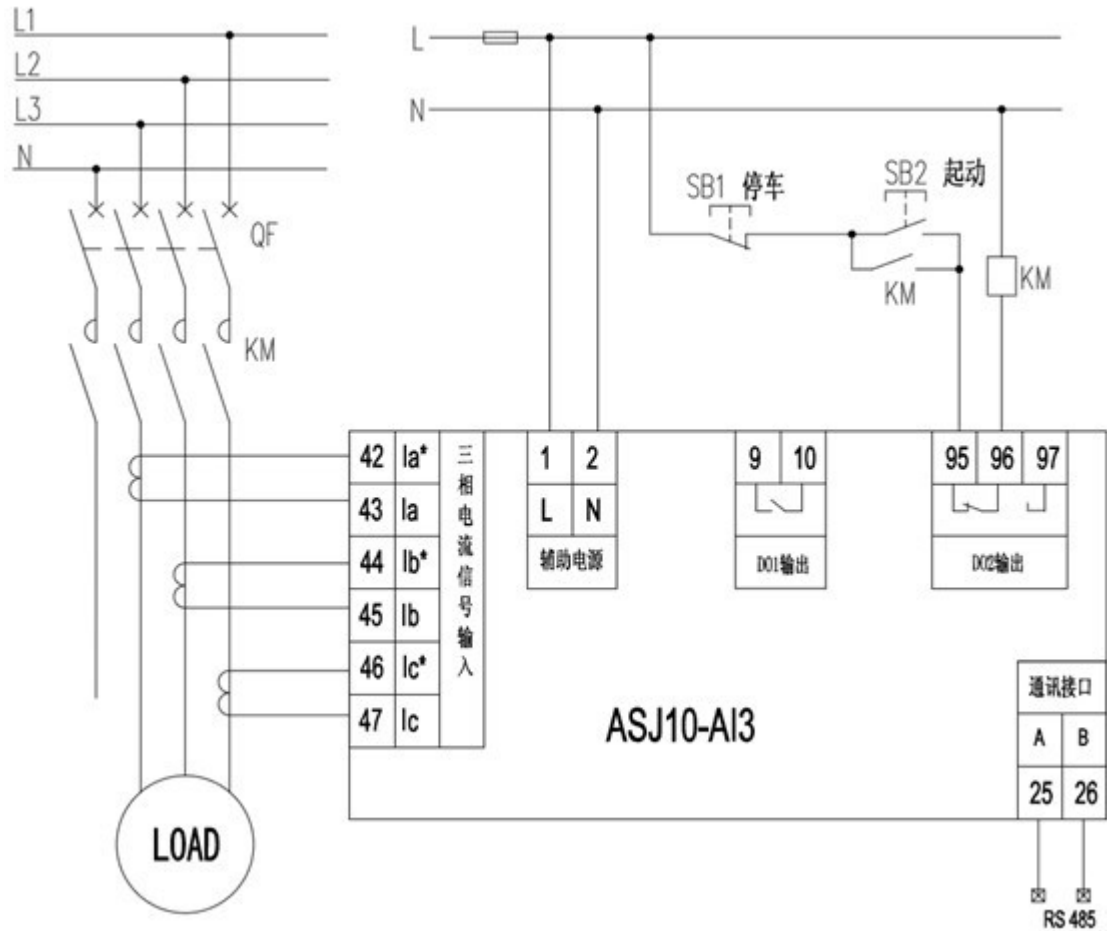


图9 电流型应用图

6 结语

ASJ 系列数字式量度继电器采用先进的设计方案，能够针对不同的使用场合提供多种保护方式，产品稳定可靠，是静态模拟继电器的理想替代产品。

文章来源于：《现代建筑电气》2010年11期。

参考文献[1] 上海安科瑞电气有限公司，ASJ 系列量度继电器选型手册，2009。

[2] 中国电力出版社，电工与电子技术，1999。

[3] 任志程，周中，电力电测数字仪表原理与应用指南，中国电力出版社，2007

作者简介

姓名：姚波

性别：男

出生年月：81年3月

技术职务：助理工程师

工作单位：上海安科瑞电气股份有限公司

研究方向：低压电测仪表

联系电话：13701630945

Email: acrel002@VIP.163.com

