

# 有载分接开关挡位遥控装置的研制

邓浩,黄雯

(国网德阳供电公司,四川 德阳 618000)

**摘要:**在变压器电气试验过程中,多个试验项目需要多次切换有载分接开关,在现场须设专人就地调节分接开关,增加了试验人员的工作量。因此研制了一种有载分接开关挡位遥控装置。该装置由无线数传设备和上位机组成。无线数传设备利用 ZigBee 协议实现了上位机与有载控制器间的无线通信,上位机程序利用 Visual Basic 语言进行编写,完成升挡、降挡、停止和读取挡位信息的功能。经过现场测试,该装置能有效地遥控有载电动机构,并跟踪当前挡位,从而在试验时 1 个人就地调节分接开关,1 个人操作试验仪器的工作方式可简化为由仪器操作人员来遥控分接开关,减少 1 个人的工作量,提高了电气试验的效率。

**关键词:**分接开关;挡位遥控装置;ZigBee 协议;Visual Basic 语言

**Abstract:** In electrical test of transformer, a number of pilot projects require to switch over the on-load tap-changer several times, so there should be some staff to adjust the tap changer on the spot, which increases the workload of electrical test. The remote control device for on-load tap-changer is researched and developed, which consists of the wireless data transmission device and PC. The Zigbee protocol is used to realize wireless communication between PC and load controller. PC program is realized by Visual Basic language, which can complete upshift, downshift, stopping and reading position information. After the field test, the device can effectively control the electric mechanism, and track the current gear. So the work of adjusting the tap changer on the spot is replaced by the device, which improves the efficiency of electrical test.

**Key words:** on-load tap-changer; remote control device; Zigbee protocol; Visual Basic language

中图分类号: TM764.2 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)03-0080-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.03.018

## 0 研制背景

变压器是电力系统的核心设备,其各种停电试验较其他设备耗时长,直接影响整座变电站的送电时间。在主变压器试验时,多个试验项目需要频繁地调节有载分接开关才能完成试验。以 1 台 110 kV 三绕组变压器为例,高压侧分接头有 17 挡,交接试验中需要调挡的试验项目和次数如表 1 所示,总共调档 82 次。现场挡位调节的方式为,设置 1 个人就地调节分接开关,1 个人操作试验仪器,两人相互呼唱才能完成试验项目。由于就地调节分接开关工作内容重复单一、工作时间长;同时,在环境嘈杂时,仪器操作人员与分接开关调节人员之间信息传递容易出现错误,延长了主变压器停电试验时间,因此,改善变压器有载分接开关的调节方式,成为提高工作效率,大幅度降低变压器整体试验用时的关键。

表 1 变压器试验项目及调挡次数

	试验项目	调挡次数
1	有载分接开关特性试验	2
2	直流电阻试验	16
3	变比试验	32
4	短路阻抗试验	32
合计		82

为此,研制了一种有载分接开关挡位遥控装置,能够无线遥控分接开关,由仪器操作人员在操作仪器的同时遥控分接开关,从而减少了 1 个人的工作量,提高了电气试验的效率。

## 1 研制方案

变压器有载分接开关电动机构分为传统型和智能型电动机构。传统型电动操作机构采用接触器、继电器、凸轮开关、杠杆等组成复杂的传动系统,以 CMA7 和 CMA9 电动机构为代表;智能型电动操作机构采用机电分装和无触点转换的先进结构,以 SHM-I 和 MAE 型电动机构为代表。在新投运的

设备中,智能型电动机构在系统中逐步取代了传统型电动机构,故针对有载分接开关智能型电动机构开发了一种挡位遥控装置。

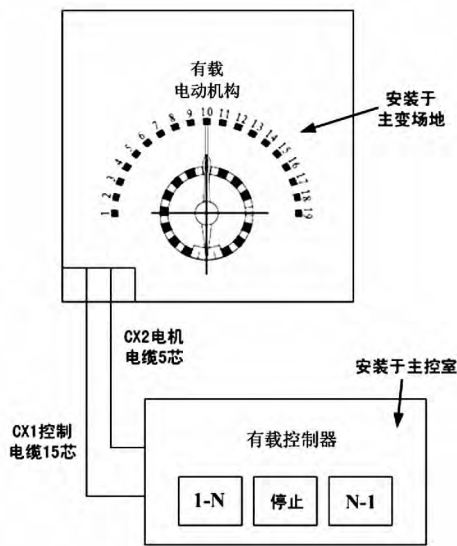


图 1 有载电动机构与控制器连接示意图

如图 1 所示,有载分接开关智能型机构由有载电动机构和有载控制器组成,有载电动机构安装于主变压器场地,有载控制器安装于主控室,两者通过控制电缆和机电缆实现通信。有载控制器设有 RS485 接口,在平时是处于未使用状态;如果能有效地与 RS485 接口进行通信,那么就能通过该接口输入操作指令和读取分接挡位,故本次遥控装置的研制主要利用 RS485 接口来实现。

### 1.1 通信方式的选择

有载分接开关挡位遥控装置需在主变压器场地遥控分接开关,利用上位机发出控制命令,其与主控室的有载控制器大约有 100 m 的距离。如果选择有线通信的方式,会存在场地限制、布线困难的问题,因此,选择短距离无线通信的方式。常用的短距离无线通信协议有蓝牙协议、WiFi 协议和 ZigBee 协议。

表 2 3 种无线通信协议比较

标准	蓝牙	WiFi	ZigBee
工作频段	2.4 GHz	2.4 GHz	868/915 MHz , 2.4 GHz
传输速度	1 m/s	54 m/s	250 kb/s
传输距离	10 m	100 m	100 m +
安全性	高	低	高
功耗	低	高	低
优点	体积小, 受用群体广	易实现, 受用范围大	可自组独立网络, 几乎不掉线
应用领域	手机、掌上 电脑及智能 家居等领域	图片、视频 等大容量信息 的传输	自动控制和远 程控制领域,可 以嵌入各种设备

表 2 为 3 种无线通信协议相关参数比较,蓝牙协议安全性高、功耗低,缺点为传输距离近;WiFi 协议的传输速度快、有效距离远,缺点为安全性低、功耗高、易受强电磁场环境的干扰;ZigBee 协议的传输距离远、安全性高,缺点为传输速度低,由于上位机传输的控制命令对速度要求不高,250 kb/s 的速度完全能满足要求<sup>[1]</sup>。同时,ZigBee 协议采用小功率通信模块,抗强电磁场干扰能力强,且不会对二次设备的正常运行造成影响。该协议已在变电站有很多成功的应用,如基于 ZigBee 协议的变电站监测报警系统等<sup>[2-3]</sup>。综合分析,通信方式选择 ZigBee 协议。

### 1.2 控制方案的确定

有载分接开关挡位遥控装置的控制方案如图 2 所示,上位机和无线设备 A 在主变压器场地上使用,上位机通过 RS232 接口与无线设备 A 进行连接,无线设备 A 将 RS232 串口信号转换为 ZigBee 信号,利用天线传输出去。安装于主控室内的无线设备 B 接收到 ZigBee 信号,并将其转换为 RS485 串口信号,并传输给有载控制器,从而驱动有载电动机构完成相应的动作。同时,有载分接开关的实时挡位通过 ZigBee 无线通信传输给上位机,从而保证了挡位的一致性。如图 2 所示,虚线框中部分为需要研制的有载分接开关挡位遥控装置。

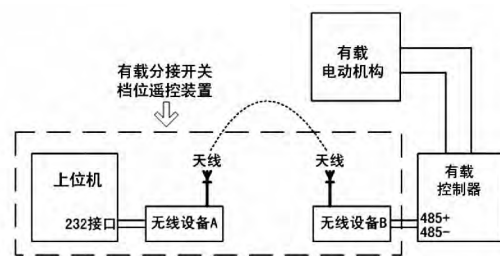


图 2 无线控制方案

### 1.3 控制程序的编写

利用 Visual Basic 语言设计的控制界面如图 3 所示,由端口参数设置、控制命令输入 2 个部分组成<sup>[4]</sup>。端口参数设置可根据有载控制器的串口通信参数,在控制界面上设置与之对应的波特率、校验位、数据位、停止位以及站地址。在本次测试系统中,控制器选择华明 HMK7 控制器,故其参数设置为:波特率 9600,校验位无,数据位 8,停止位 1,站地址 1,串口端号根据上位机分配的端号进行选择。

控制命令的输入由 3 个按钮 I-N、STOP、N-1



图 3 有载分接开关档位遥控软件的控制界面组成。当不点击按钮时,无控制命令输入,按钮内圈为灰色;当点击 I-N 或者 N-1 按钮时,按钮内圈变为红色,输入升挡或降挡命令,有载电动机收到控制命令完成挡位切换,并且返回新的挡位信息时,按钮内圈变为灰色,表示一次操作完成。当出现异常情况,点击 STOP 按钮,有载电动机开关电源跳闸,停止当前一切动作。

表 3 控制指令代码

控制指令	B0	B1	B2	B3	B4
I-N	0x01	0x05	0x01	0x01	0x08
N-1	0x01	0x05	0x04	0x04	0x0E
STOP	0x01	0x05	0x02	0x02	0x0A
读取挡位	0x01	0x05	0x05	0x05	0x10

控制指令的指令代码如表 3 所示,其中,B0 为地址,缺省为 0x01;B1 为帧长度,固定为 0x05;B2、B3 为指令;B4 为和校验,B4 = B0 + B1 + B2 + B3,不考虑溢出。表 3 列出了 I-N、N-1、STOP 和读取挡位的指令代码,要实现升挡操作,就需要将 0x01-0x05-0x01-0x01-0x08 指令传送给有载控制器,其程序如下所示<sup>[5]</sup>:当点击 I-N 按钮时,该按钮内圈变为红色,输出升挡指令。同样,N-1、STOP 和读取挡位的控制程序与 I-N 升挡控制程序类似,读挡命令的触发信号为定时器,设置为每隔 1 s 发送读挡命令一次。

```
Private Sub Label12_Click()
    Shape2.FillColor = RGB(255,0,0)
    Dim length As Integer
    Dim sum As Integer
    intOutMode = 1
    sum = Val(Combo6.Text) + 7
    strSendText = "05" + "01" + "01"
```

```
length = strHexToByteArray(strSendText,byt-
SendByte())
MSComm1.Output = Chr(Combo6.Text)
If length > 0 Then
    MSComm1.Output = bytSendByte
End If
MSComm1.Output = Chr(sum)
End Sub
```

当每秒发出读挡命令时,有载控制器会返回当前挡位数据,对返回数据进行判断。当地址位为 1,帧长度为 5,数据指令第三位 B2 的值小于 20,和校验满足要求,那么将该数据指令第三位 B2 设置为当前挡位值。当前挡位值与前一次挡位不相同,表示完成一次挡位操作,升/降挡按钮内圈变为灰色,等待下一次操作;当前挡位值与前一次挡位相同时,表示挡位未切换,继续循环读取挡位,其控制程序如下所示:

```
Private Sub MSComm1_OnComm()
    Select Case MSComm1.CommEvent
        Case comEvReceive
            MSComm1.InputMode = 1
            intInputLen = MSComm1.InBufferCount
            bytInput = MSComm1.Input
            If intInputLen >= 5 Then
                If bytInput(num + 1) = 5 And bytInput(num) = Val(Combo6.Text) And bytInput(num + 2) < 20 Then
                    byt = CInt(bytInput(num)) + CInt(bytInput(num + 1)) + CInt(bytInput(num + 2)) + CInt(bytInput(num + 3))
                    If byt = bytInput(num + 4) Then
                        truenum = bytInput(num + 2)
                        Text1.Text = truenum
                        now = bytInput(num + 2)
                        If now <> last Then
                            Shape2.FillColor = RGB(224,224,224)
                            Shape4.FillColor = RGB(224,224,224)
                        End If
                        last = now
                    End If
                End If
            End If
        End Select
```

End If  
End If  
End Select  
End Sub

## 2 调试应用

### 2.1 硬件的选择

无线通信设备选用 WSN-22 无线数传设备,如图 4 所示。该无线设备接口丰富,可将 RS232/485 串口信号转换为 ZigBee 信号进行传输,工作电压为 12 V,支持 DC 接口和接线端子两种供电方式,能实现内部通信协议的转换及射频信号的自动收发。上位机选择 10 寸工控机,如图 5 所示,该装置接口丰富,自带 USB 和 RS232 接口,并装有 windows XP 系统,能运行多种编程语言。



图 4 WSN-22 无线数传设备



图 5 工控机

### 2.2 实验室调试

将上位机与无线设备进行连接,并封装在仪器盒内,如图 6 所示,便于现场携带。利用单片机开发有载控制器模拟装置,并通过 RS485 接口与无线设备进行连接,如图 7 所示。上位机与有载模拟装置



图 6 上位机与无线设备的封装

距离 100 m 以上,中间相隔多层建筑,上位机能遥控有载模拟装置,并跟踪到当前挡位信号。通过实验室调试,表明了控制程序编写正确,无线通信方式有效。

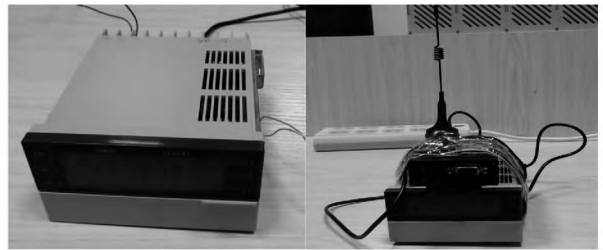


图 7 有载模拟器与无线设备的连接

### 2.3 现场应用

当某 110 kV 变压器停电例行试验时,对有载分接开关挡位遥控装置进行现场应用。只需要在有载控制器上 RS485 接口接两根信号线,该装置就能对有载分接开关进行遥控操作。当上位机发出升挡、降挡或停止命令时,有载电动机构能快速响应,完成相应动作;当分接开关挡位发生变化时,上位机能快速跟踪,并刷新当前挡位信息,该装置的功能达到了预期的效果。



(a) 使用前



(b) 使用后

图 8 有载分接开关挡位遥控装置使用前后效果对照

如图 8 所示为有载分接开关挡位遥控装置使用前后的效果对照。使用前,现场需要设置专人就地调节分接开关,使用后,分接开关调节人员的工作由该装置代替,仪器操作人员可完成操作仪器和分接

开关遥控,从而减少了1个人的工作量,提高了变压器试验的效率。同时,该装置的使用减少了仪器操作人员和分接开关操作人员的中间呼唱环节,有效地提高了试验的准确性。

### 3 结 语

从有载分接开关挡位调节存在的弊端出发,提出了有载分接开关挡位遥控装置的研制,主要从通信方式的选择和控制方案的确定进行了分析,利用 Visual Basic 语言编写了控制程序。最后,通过实验室的调试和现场的应用,验证了控制程序的正确性和 ZigBee 无线通信的有效性。该装置已在现场进行推广使用,效果良好,减少了试验人员的工作量,提高了变压器试验的效率,达到了预期的目标。

(上接第48页)

提,在运行中尽量留足机组的旋转备用,增加电压的支撑点。

2) 南疆地区短路容量仅为乌北变电站的 16%~25%,在小负荷期间火电厂、水电厂开机减少进一步降低 220 kV 短路容量,在南疆断面下发生喀发 3 期大机组跳闸故障时暂态电压跌幅达到 30~60 kV,电压跌落严重,电网抗风险能力差,严重依赖稳控装置。

3) 南部 750 kV 网架补强后,疆南、阿克苏地区短路容量水平平均大幅提升。喀发 3 期 6 号机组出力 300 MW 故障跳闸后金鹿变电站 220 kV 电压降幅最大,其中在 2015 年网架情况时最低跌至 179.7 kV(跌幅 57.3 kV),南部 750 kV 库车—喀什工程建成后电压最低跌至 220.3 kV(跌幅 16.7 kV),表明南部 750 kV 网架补强后喀发 3 期电厂机组具备大功率运行的能力。

#### 参考文献

[1] 郑超,汤涌,马世英,等. 网源稳态调压对暂态无功支撑能力的影响研究[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 115-122.

#### 参考文献

[1] 蔡型,张思全. 短距离无线通信技术综述[J]. 现代电子技术, 2004, 27(3): 65-67.  
[2] 梁湖辉,张峰,常冲,等. 基于 ZigBee 的变电站监测报警系统[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(12): 122-124.  
[3] 李旭彦. 基于 ZigBee 的无线通信模块射频电磁场抗干扰性能研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.  
[4] 魏赞,魏邦农,冯婕,等. Visual Basic 语言模块化程序的设计[J]. 农业网络信息, 2014(10): 114-116.  
[5] 邱李华,曹青,郭志强,等. Visual Basic 程序设计教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

作者简介:

邓浩(1986), 硕士,从事变电检修、高压试验工作。

(收稿日期: 2016-01-07)

[2] 杨海涛,丁茂生,宋新立,等. 电力系统动态稳定机理和稳定措施分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(14): 35-39.  
[3] 董凌,王亦婷,成静. 750 kV 电网形成初期对青海电网影响[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(5): 30-34.  
[4] 夏翔,熊军,胡列翔. 地区电网的合环潮流分析与控制[J]. 电网技术, 2004, 28(22): 76-80.  
[5] 栾军,张智刚,寇惠珍,等. 提高 500 kV 电网输电能力的技术研究[J]. 电网技术, 2005, 29(19): 15-17.  
[6] 黄明良. 拉西瓦水电站接入系统与西北 750 kV 电网建设方案的研究[J]. 电网技术, 2005, 29(13): 20-25.  
[7] 孙宇光,郝亮亮,王祥珩. 隐极同步发电机励磁绕组匝间短路的多回路电感参数计算[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(13): 55-60.  
[8] 吴新振,王祥珩,罗成. 多相异步电机谐波电流与谐波磁势的对应关系[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2005, 45(7): 865-868.  
[9] 万书亭,李和明,李永刚. 转子匝间短路对发电机定子振动特性的影响[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(10): 122-126.

作者简介:

辛超山(1989), 硕士,从事电网规划相关工作。

(收稿日期: 2016-01-07)