

基于 Zigbee 技术的无线—低压载波通信系统设计方案

张尧¹, 任登峰², 张安琳¹, 黄道颖¹

(1. 郑州轻工业学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南工程学院, 河南 郑州 450007)

摘要: 提出了基于 Zigbee 无线通信技术的无线—低压载波通信系统的设计方案。该方案在以 MCU 和电力载波 modem 为基本元件所构成的智能三相耦合器上增添 Zigbee 无线通信模块, 并通过 Zigbee 无线通信链路把多个智能三相耦合器连接起来, 不但可以实现低压载波通信系统对多台变压器供电区域的覆盖, 还能支持低压载波通信系统与高压载波通信系统的安全连接, 实现电力线载波通信系统对更广阔地域的覆盖。对该系统方案的设计思路和软件、硬件的设计方法及工作流程进行了分析。

关键词: 电力线载波; Zigbee 网络; 变压器; 无线通信

A solution for low-voltage carrier communication system based on Zigbee wireless technology

ZHANG Yao¹, REN Deng-feng², ZHANG An-lin¹, HUANG Dao-ying¹

(1. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: This paper proposes low-voltage carrier communication system design based on Zigbee wireless communication technology. In this proposal, MCU and power line carrier modem are taken as basic components to construct a smart three-phase coupler. It adds Zigbee wireless communication module on the coupler, and through Zigbee wireless communication link, the smart three-phase coupler are linked, which realizes not only the broader region coverage of low carrier communication system for multiple power transformers, but also supports a secure connection between a low voltage carrier communication system and a high carrier communication system, to achieve a broader geographical coverage by power line carrier communication system. In this paper, the design idea of the system and software program, hardware design methods, and processes are analyzed.

Key words: power lines carrier; Zigbee network; transformer; wireless communication

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)10-0110-04

0 引言

利用已有的电力线路进行载波数据通信, 实现与供电系统连接的各类用电设备和各类数据采集设备的互联互通, 很久以来一直被人们寄予了很多的期望, 并已在抄表和运动控制中实际应用。但是, 由于电力变压器绕组自身电感的影响和基于安全因素的考虑, 现有的电力线载波通信 Modem 只能支持在一条相线上的数据通信。即使通过三相耦合器 (Coupling Network) 等技术措施实现了单台变压器三条相线之间可跨相的电力线载波数据信息传输, 但由于单台变压器的功率有限等因素的影响, 其覆盖的区域也十分受限。特别值得注意的是, 目前在工矿企业、居民小区和农村均已经广泛地推广了分布式的供电方案, 即在一个供电单位所辖的区域内

往往会分布安装有多台变压器, 如何实现可跨变压器的电力线载波数据信息传输也就成为在该类环境下推广应用电力线载波通信技术的关键课题之一。

1 单台变压器三相间数据跨相传输方案分析

为了介绍无线—低压载波数据通信系统的构成和工作过程, 要首先讨论单台变压器的三条相线之间数据跨相传输的技术方案。

由于电力线载波通信 Modem 只能支持在一条相线上的数据通信, 要实现单台变压器三条相线之间可跨相的电力线载波数据信息传输就需要采用三相耦合器技术。三相耦合器设计有两种可选择的方案, 即利用电感、电容滤波器网络组成的无源三相耦合器方案和利用由 MCU 控制的智能嵌入式系统组成的智能三相耦合器方案。下面针对这两种方案

的主要特性进行简单的对比和分析。

1.1 基于无源三相耦合器的系统特性分析

无源三相耦合器的基本工作原理是基于电力线载波频率(选择范围为 50~150 kHz)远高于工频频率(50 Hz),只要合理设计三相耦合器中的带通滤波器中心频率,跨接在三条相线上的三相耦合器就能形成对较高频率载波信号的通路节点,而对于工频信号该节点则相当于完全开路。该无源三相耦合器主要由电感、电容等无源器件所构成,其电路结构比较简单,运行维护费用很低。

为了使三条相线上的载波信号都能够通过该通路节点,就要求分别在三条相线上连接的调制解调器都必须工作在同一个载波频率上。无源三相耦合器的这个基本工作特性对通信系统产生了如下的不良影响:

- 1) 限制了其所连接信息点设备的数量;
- 2) 影响了各信息点间的平均数据通信速率;
- 3) 不利于系统的扩展和更新。

1.2 基于智能三相耦合器的系统特性分析

智能三相耦合器可由以 MCU 为核心的嵌入式系统和与其连接的三个电力载波 Modem (AM、BM 和 CM) 所构成。如图 1 下部的虚线框部分所示。

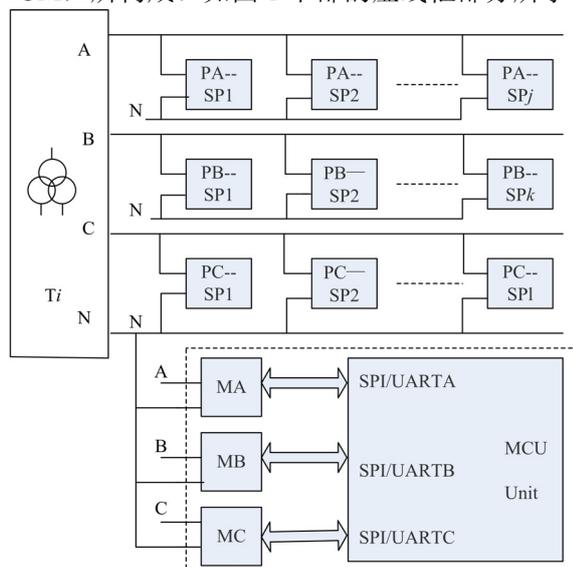


图 1 基于智能三相耦合器的跨相通信系统

Fig.1 Communication system of phase-expandable based on intellectual three-phase coupling network

该系统中,智能三相耦合器实际上起到了网络桥节点的作用,利用嵌入式系统强大的数据处理能力,只要合理地设计系统中信息点的地址编码和通信协议就能把三条相线上独立形成的电力线载波通信网络桥接起来。

一种简单的地址编码形式为相地址+信息点序号。如在图 1 中用 A、B、C 分别表示三相线的符号地址,SP_i 表示各相线上所连接的信息点(Signal Point)地址,并组合成为各个信息点的网络地址。同时在通信数据帧的结构中包含有发送地址和接收地址信息,为通过程中帧处理提供基本的支持。

由于智能三相耦合器是通过三个独立工作的电力载波 Modem 分别连接到三条相线上,无论它们工作在相同的载波频率还是工作在不同的载波频率,都能使 MCU 同时监听到来自于三相的数据通信信号。而且当选择使用相同的载波频率时则实现了频率资源的复用,有利于增加系统中信息点的总个数,有利于提高数据通信速率,有效地解决了无源三相耦合器的缺陷。

1.3 智能三相耦合器的工作流程

智能三相耦合器的工作流程如图 2 所示。

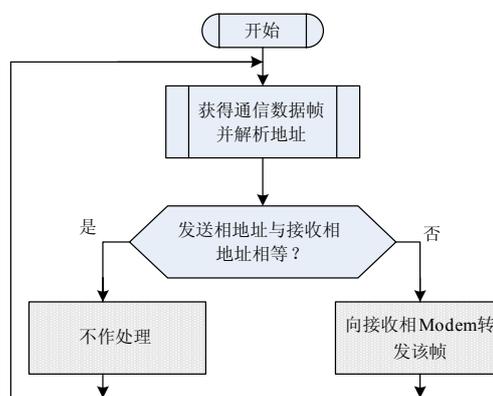


图 2 智能三相耦合器工作流程

Fig.2 Flow chart of intellectual three-phase coupling network

即每当 MCU 收到一个通信数据帧,首先解析其地址段信息:若该数据帧的发送地址和接收地址属于同一相线,则将其放弃不做处理;若收到的数据帧的发送地址和接收地址属于不同的相线,则通过电力线载波 Modem 把数据帧转发到接收地址所属的相线上。

2 不同台区区域内低压载波通信系统设计方案

2.1 系统的构成

构成不同台区变压器间电力线载波数据通信系统的基本思路是利用无线网络作为中间媒介把连接在各变压器上的智能三相耦合器连接起来。一种可行的方案就是为前述智能三相耦合器增加 Zigbee 无线通信模块构成可支持无线和低压载波数据通信

的网关设备，并通过该网关设备构建起不同台区区域内的电力线载波通信系统。如图 3 所示。

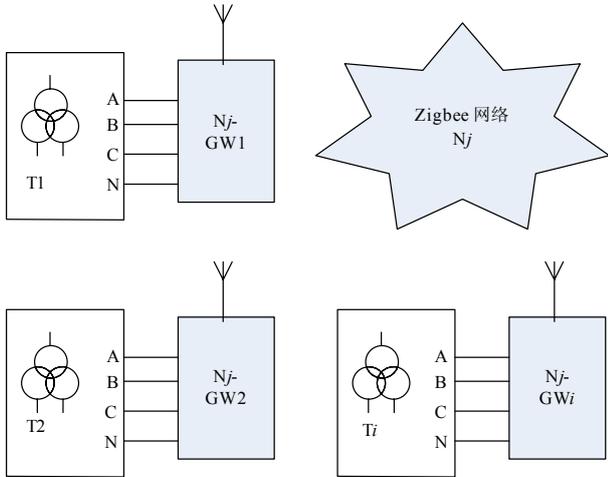


图 3 可跨变压器数据通信系统结构

Fig.3 Data communication architecture of transformer-expandable system

图 3 中的 GW_i 表示连接在第 i 台变压器上的无线—低压载波通信网关。即在该通信系统中，每台变压器的各相之间的数据通信基于电力线载波技术和通信网关的智能三相耦合器功能来实现，通信网关的电力线载波通信 Modem 和连接在各相线上的信息点构成底层的电力线载波通信网络子系统；而各台变压器之间的通信则基于网关的无线通信模块来实现，分别连接在多台变压器上的网关的无线通信模块构成了上层的 Zigbee 无线通信网络子系统。并用 N_j 表示一个 Zigbee 网络，称为网络区域地址。

2.2 系统中信息点的地址编码

通信网关与变压器的应用连接方式可如图 4 所示。在该连接方式下，为了保证数据通信的可靠性和通信系统的可扩展性，系统中信息点的完整网络地址设计为四个组成部分，即 Zigbee 网络区域地址+变压器地址+相地址+信息点序号。其中相地址和信息点序号的意义与前述智能三相耦合器中的定义相同，而区域地址和变压器地址则分别表示不同的 Zigbee 网络区域和每个 Zigbee 网络区域内的多个不同的变压器。在图 4 中， T_i 表示供电系统中的第 i 个变压器。而信息点网络地址 $N_j-T_i-A-SP_2$ 则表示了在第 j 个 Zigbee 网络区域内、第 i 个变压器 A 相线上连接的第 2 个信息点。

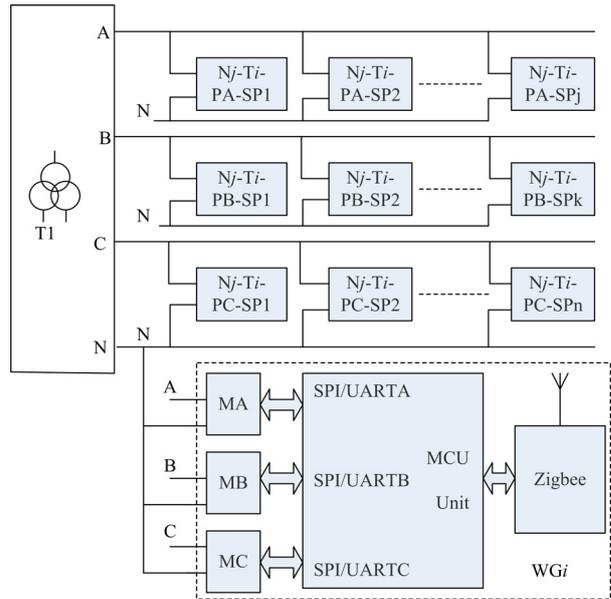


图 4 电力线载波通信网关设备的连接

Fig.4 Connection among the communicated gateways carried by power lines

2.3 系统的跨变压器通信工作流程分析

在该电力线载波数据通信系统中，每个网关设备均要同时监视来自于该网关所连变压器的各相线上的通信数据帧和来自于 Zigbee 网络的通信数据帧，并基于对每个接收到的数据帧进行收发地址分析执行相应的处理操作，实现跨变压器的数据通信。其基本工作流程如图 5 所示。

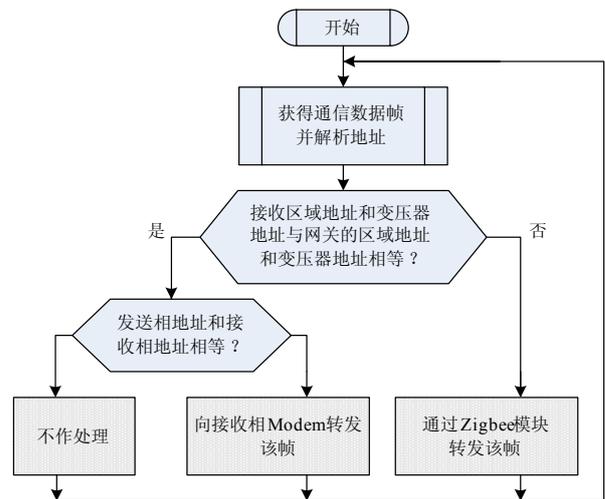


图 5 跨变通信工作流程

Fig.5 Flow chart of the communication among transformers

图 5 中 N_j 和 T_i 表示网关在的 Zigbee 网络区域地址和其所连接的变压器地址， T_x 表示同 Zigbee 网络区域内的其它变压器。图 5 所示的工作可分为

两个主要部分:

1) 对来自本台变压器各相线的数据帧,若发送地址和接收地址属于同一相线则放弃后续处理;若发送地址和接收地址属于同一变压器,但是属于不同的相线,则在本变压器范围内经过本网关所含的电力线调制解调器执行该数据帧转发;若数据帧中的接收地址不在本变压器覆盖范围内,则经过本网关的 Zigbee 模块执行该数据帧转发。

2) 对来自其它电力线载波通信网关的数据帧,若接收地址中的变压器地址不是本变压器地址,则放弃后继处理;否则继续分析其接收地址中的相线地址,并经过相应的电力线调制解调器执行该数据帧转发。

3 结论

基于 Zigbee 无线通信技术的无线—低压载波通信系统工作原理简单,工作过程清晰。已进行的基本通信实验证明,利用该数据通信系统具有工作可靠,维护方便,运行费用低廉的特点,有利于在集中抄表、电力系统供电质量监控和工业自动化控制系统中的应用和推广。

参考文献

- [1] 姚存治,张桂香. 电力载波集中抄表系统的设计与实现[J]. 继电器, 2008, 36(17): 77-79, 83.
YAO Cun-zhi, ZHANG Gui-xiang. Design and Realization of the Collective Meterreading System with Power Lines Carrier[J]. Relay, 2008, 36(17): 77-79, 83.
- [2] 曹弋. 电信设备监控系统的网络通信实现[J]. 微计算

机信息, 2008, 18(38), 89-90.

- CAO Yi. To Supervise and Control Telecommunication Equipments based on Power Line Communication[J]. Microcomputer Information, 2008, 18(38): 89-90.
- [3] 甘勇,王华,常亚军,等. 基于ARM平台的Zigbee网关设计[J]. 通信技术, 2009, 42(1): 199-201.
GAN Yong, WANG Hua, CHANG Ya-jun, et al. Design of Zigbee Gateway System Based on ARM[J]. Communications Technology, 2009, 42(1): 199-201.
- [4] 魏守包,唐慧强. 基于嵌入式ARM_uClinux的ZigBee网络设计[J]. 仪表技术与传感器, 2009, 42(1): 62-64.
WEI Shou-bao, TANG Hui-qiang. Design of ZigBee Network Based on Embedded ARM and uClinux[J]. Instrument Technique and Sensor, 2009, 42(1): 62-64.
- [5] 张高群. 电力系统应用ZigBee技术初步研究[J]. 电子测量技术, 2008, 26(11): 83-86, 107.
ZHANG Gao-qun. Preliminary Study of Application ZigBee Technology in Electrical Power System[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 26(11): 83-86, 107.

收稿日期: 2009-06-15; 修回日期: 2009-07-07

作者简介:

张尧(1951-),男,副教授,主要从事计算机应用教学和短距离无线通信应用技术的研究工作; E-mail: zhangyao@zzuli.edu.cn

任登峰(1965-),男,讲师,在读博士,主要从事计算机系统模拟、通信系统、软件开发工作;

张安琳(1971-),女,高级实验师,从事计算机网络和控制系统研究。

(上接第 42 页 continued from page 42)

- [2] Tolbert L M, Habetler T G. Novel multilevel inverter carrier-based PWM method[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1999, 35(5): 1098-1107.
- [3] WU Bin. 大功率变频器及交流传动[M]. 卫三民,等译.北京:机械工业出版社, 2008.
WU Bin. High-power converters and AC drives[M]. Beijing: China Machine Press, 2008.
- [4] Carrara G, Gardella S, Marchesoni M, et al. A new multilevel PWM method: A theoretical analysis[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1992, 7(3): 497-505.
- [5] Lai Jih-sheng, et al. Multilevel converters-a new breed of power converters[J]. IEEE Trans on Industry Applications, 1996, 32(3): 509-517.
- [6] Wang Hong-yan, Zhao Rong-xiang, Deng Yan, et al. Novel carrier-based PWM methods for multilevel

inverter[C].//industrial electronics society, 2003. IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE. 2003.2777-2782.

- [7] 李建林,李晶,等. CPS-SPWM在级联有源电力滤波器中的应用[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(9): 64-68.
LI Jian-lin, LI Jing, et al. Carrier phase shifted SPWM and its applications in shunt APF[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9): 64-68.

收稿日期: 2009-07-02; 修回日期: 2009-09-28

作者简介:

孙运全(1969-),男,副教授,博士,主要从事电能质量与控制研究;

尹强(1984-),男,硕士研究生,主要从事电力电子与电力传动。E-mail: yin-l-qiang@163.com