

СТРУКТУРА УНУТРЫТРУБНОЙ ПРЫЛАДЫ ПОШУКАВАЙ СІСТЭМЫ ДЛЯ РУХОМЫХ ТЭХНІЧНЫХ ПРЫЛАД НАФТАПРАВОДА

Анджар Хафід, Ю. В. Крышнёў, А. Я. Запольскі,
С. М. Кухарэнка, А. У. Сахарук

*Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухого,
Рэспубліка Беларусь*

У артыкуле прадстаўлена структура і прыныцыпы работы ўнутрытрубнай прылады пошукавай сістэмы, прызначанай для выяўлення, кіравання і кантролю стану рухомых тэхнічных сродкаў унутры нафтаправодаў. Апісаны архітэктурна-тэхнічныя асаблівасці мікракантролера модуля, сілавога каскаду шыроўна-імпульснага мадулятара, індуктара, сістэмы сілкавання, рэзервовага элемента і модуля бесправодной сувязі. Прылада дазваляе фарміраваць розныя віды пеленгацыйных сігналаў (сінусоідныя з імпульсна-кодавай і фазовай маніпуляцыяй), рэалізоўваць энергаэфектыўнае кіраванне, а таксама ажыццяўляць дыстанцыйную канфігурацыю праз Bluetooth. Прыведзены разліковыя суадносіны для выбару кампанентаў, апісаны тэхнічныя характарыстыкі і рэжымы работы. Рэалізацыя прапанаваных рашэнняў забяспечвае высокую надзейнасць, аўтаномнасць і дакладнасць пошуку тэхнічных прылад унутры трубаправода.

Ключавыя словы: унутрытрубная прылада, пошукавая сістэма, мікракантролер, індуктар, шыроўна-імпульсная мадуляцыя, Bluetooth, пеленгацыйны сігнал, фазавая маніпуляцыя, імпульсна-кодавая маніпуляцыя, энергаэфектыўнасць, рэзервовае сілкаванне.

STRUCTURE OF IN-PIPE DEVICE OF SEARCH SYSTEM FOR MOBILE TECHNICAL DEVICES OF OIL PIPELINES

Andzhar Hafid, Yu. V. Kryshneu, A. Ya. Zapolski,
S. M. Kukharenska, A. Ul. Sakharuk

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

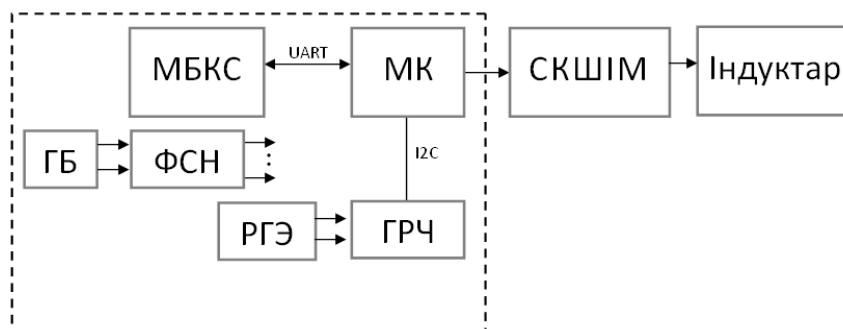
The article presents the structure and operating principles of an in-pipe device for a search system designed to detect, control, and monitor the condition of mobile technical means inside oil pipelines. Architectural and technical features of the microcontroller module, PWM power stage, inductor, power supply system, backup element, and wireless communication module are described. The device enables the generation of various types of direction-finding signals (sinusoidal with pulse-code and phase manipulation), implements energy-efficient control, and allows remote configuration via Bluetooth. Calculation relationships for component selection are provided, along with technical specifications and operating modes. Implementation of the proposed solutions ensures high reliability, autonomy, and accuracy in locating technical devices inside pipelines.

Keywords: in-pipe device, search system, microcontroller, inductor, pulse-width modulation (PWM), Bluetooth, direction-finding signal, phase manipulation, pulse-code manipulation, energy efficiency, backup power.

Структура ўнутрытрубнай прылады (УП) пошукавай сістэмы для рухомых тэхнічных прылад нафтаправода прыведзена на мал. 1. Мікракантролер (МК) задае форму сігнала, які пры дапамозе сілавога каскада шыроўна-імпульснага мадулятара (СКШІМ) пераўтвараецца ў электрычныя калыханні з зададзенымі параметрамі выхадной магутнасці. Пры дапамозе індуктара электрычныя калыханні пераўтвараюцца ў прапарцыянальны пераменны магнітны струмень, які ў інфармацыйным сэнсе з'яўляецца пеленгацыйным сігналам у пошукавай сістэме. У схеме УП, з мэтай сумяшчальнасці з раней выкананымі распрацоўкамі, прадугледжаны два асноўныя рэжымы фарміравання сігналаў:

– фарміраванне сінусоідных сігналаў з імпульсна-кодавай маніпуляцыяй (колькасць перыядаў сінусоіднага сігнала частаты 22 Гц і колькасць перыядаў паўзы задаецца ад ПЭВМ з дапамогай бесправаднага канала сувязі на аснове Bluetooth);

– фарміраванне фазаманіпуляваных сігналаў, у якіх правіла кадавання задаецца 2-узроўневай кодавай паслядоўнасцю (даўжыня і код паслядоўнасці задаецца ад ПЭВМ з дапамогай бесправаднага канала сувязі на аснове Bluetooth).



Мал. 1. Структурная схема унутрытрубнай прылады пошукавай сістэмы (трансмідара):

МК – мікракантролер; СКШІМ – сілавы каскад шыроўна-імпульснага модулятара; МБКС – модуль бесправаднага канала сувязі на аснове Bluetooth;

ГБ – гальванічная батарэя; ФСН – фарміравальнік сілкуючых напружанняў;

РГЭ – рэзервовы гальванічны элемент; ГРЧ – мікрасхема-гадзіннік рэальнага часу

Шпуля магнітнага індуктара ўнутрытрубнай прылады прызначана для фарміравання электрамагнітнага поля перадаванага сігнала. Канструктыўна шпуля выканана ў выглядзе цыліндрычнай абмоткі на каркасе з растуленым ферамагнітным стрыжнем [1–3]. Каркас шпулі выраблены з палімернага матэрыялу, па чарцяжы, прадстаўленым на мал. 2, а. Абмотка шпулі выканана медным абмотачным провадам маркі ПЭВ-2 з дыяметрам токаводчай жылы 1 мм, намотка ажыццяўлялася двума паралельнымі правадамі. Абмотка выкладзена ў каркас чатырнаццаццю слямі па 32 віткі ў кожным. У выніку абмотка змяшчае 448 віткоў. Знешні выгляд шпулі пасля намоткі паказаны на мал. 2, б.

Мікракантролерны модуль (мал. 1) прызначаны для кіравання рэжымамі работы ўнутрытрубнай прылады пошукавай сістэмы. Модуль павінен забяспечваць наступныя функцыі [4]:

– фарміраваць кіруючы сігнал для індуктара (пеленгацыйны сігнал трансмітара);

– дазваляць задаваць алгарытм работы ўнутрытрубнай прылады з ПК з выкарыстаннем бесправаднага канала сувязі;

– кантраляваць стан асноўнай гальванічнай батарэі ГБ і рэзервовага гальванічнага элемента РГЭ;

– ажыццяўляць адключэнне сілкавання пры дасягненні зададзенага нізкага ўзроўню напружання на асноўнай гальванічнай батарэі ГБ.

Акрамя гэтых функцый, адным з асноўных патрабаванняў да дадзенага модуля з’яўляецца нізкае энергаспажыванне.

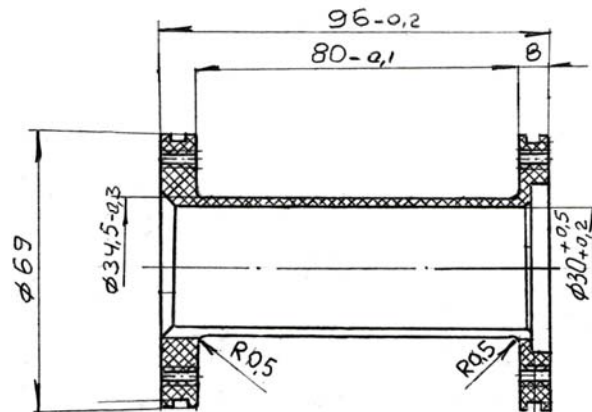
Тэхнічныя характарыстыкі мікракантролернага модуля:

– напружанне сілкавання: 6–24 В;

– спажываны ток: < 10 мА;

- канал сувязі з ПК: Bluetooth 2.0;
- дакладнасць задання часавай кропкі: 1 с;
- максімальны часавы інтэрвал паміж часавымі кропкамі: 30 сутак;
- аналагавы інтэрфейс: ШІМ.

Асноўная гальванічная батарэя (ГБ) забяспечвае сілкаваннем усю ўнутры-трубную прыладу, уключаючы перадаючую частку. Дадзены модуль дазваляе выкарыстоўваць розныя тыпы батарэй з дыяпазнам напружанняў 6–24 В.



а)



б)

Мал. 2. Каркас шпулі індуктара (а),
знешні выгляд індуктара пасля намоткі (б)

Фарміравальнік сілкуючых напружанняў (ФСН) рэалізаваны на аснове імпульснага пераўтваральніка напружанняў і прызначаны для забеспячэння сілкаваннем усіх частак унутрытрубнай прылады. Як ужо было адзначана, сілкавальнае напружанне ад ГБ можа змяняцца ў даволі шырокіх межах, а сілкаванне ўсіх частак модуля павінна падтрымлівацца на ўзроўні 3,3 В. Акрамя гэтага, модуль павінен быць энергаэфектыўным: імпульсны пераўтваральнік павінен мець высокі ККД. Гэта дасягаецца за кошт выкарыстання высокай частаты пераўтварэння, а таксама малага ўласнага спажывання на ўсім магчымым дыяпазоне ўваходнага напружання.

Мікракантролер прызначаны для кантролю і кіравання ўсімі складовымі часткамі модуля. Зыходзячы з патрабавання нізкага спажывання, ён павінен забяспечваць максімальную прадукцыйнасць пры малых токах спажывання, а таксама мець шырокі набор інструкцый па кіраванні рэжымамі энергаашчаджэння.

Гадзіннік рэальнага часу (ГРЧ) прызначаны для сінхранізацыі пераключэння рэжымаў у адпаведнасці з заданай праграмай. Яго сілкаванне ажыццяўляецца ад рэзервавага гальванічнага элемента РГЭ, не звязанага з агульным сілкаваннем ўсяго

модуля. Такая реалізація дазваляе вырабляць адлік часу нават пры адключэнні асноўнага сілкавання. Пры дасягненні заданай часавай кропкі, ГРЧ фарміруе перапыненне, якое перадаецца мікракантролеру, сігналізуючы аб тым, што неабходна ажыццявіць наступнае пераключэнне рэжыму работы прылады.

Модуль бесправаднага канала сувязі (МБКС) прызначаны для падлучэння МК да ПК (альбо планшэта) і прыёму канфігурацыйнай інфармацыі.

Як асноўную функцыю МК фарміруе двухканальны сігнал шыротна-імпульснай мадуляцыі (ШІМ), які перадаецца далей на сілавы каскад (узмацняльнік магутнасці), у ланцуг індуктара. З дапамогай змены параметраў ШІМ паводле заданых законаў, на індуктары ствараецца патрэбная форма пеленгацыйнага сігнала (сінусоідны сігнал з імпульсна-кодавай маніпуляцыяй або фазаманіпуляваны сігнал). Вывады абодвух каналаў і сігналы кіравання сілавым каскадам ШІМ падключаюцца да выхаднага канэктара мікракантролернага модуля.

Литература

1. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. – М. : Наука, 1971.
2. Дударев, М. С. Исследование частотной зависимости магнитной проницаемости ферромагнитных изделий : авторефер. дис. ... канд. техн. наук / М. С. Дударев ; РАН Урал. отд-ние, Ин-т физики металлов, Екатеринбург, 1999.
3. Сердечники для катушек индуктивности и трансформаторов, используемых в аппаратуре дальней связи. Ч. 1. Методы измерений : ГОСТ 29004-91.
4. Крышнев Ю. В. Система поиска, управления и контроля состояния внутритрубного герметизатора / Ю. В. Крышнев, Э. М. Виноградов, В. О. Старостенко [и др.] // Доклады 1 част Sixth scientific conference with international participation and exhibition «the civil protection» 2011 – София : Акад. на MBP, 2011. – С. 50–55.