

2. Техническая документация на Raspberry Pi. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/>. – Дата доступа: 20.10.2022.
3. Документация Apache HTTP Server. – Режим доступа: <https://httpd.apache.org/docs/>. – Дата доступа: 20.10.2022.
4. Шлее, М. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее. – СПб. : БХВ-Петербург, 2018. – 1072 с.
5. Что такое протокол HTTPS, и как он защищает вас в интернете. – Режим доступа: <https://yandex.ru/blog/company/77455>. – Дата доступа: 20.10.2022.

СІСТЭМА КІРАВАННЯ ДЛЯ МАЛАМАГУТНЫХ АСІНХРОННЫХ РУХАВІКОЎ

А. Я. Запольскі

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухога», Рэспубліка Беларусь

Навуковы кіраўнік Ю. В. Крышнеў

Разгледжана распрацоўка сістэмы кіравання для маламагутных асінхронных рухавікоў.

Ключавыя словы: асінхронны рухавік, маламагутны рухавік, сістэма кіравання, тармажны модуль, праграмны комплекс, праграма для кіравання, мабільнае прыкладанне, кампутарная праграма, ШІМ, вектарная ШІМ, Telegram-бот.

Сістэма кіравання для маламагутных асінхронных рухавікоў – гэта сістэма для запуску трохфазнага маламагутнага асінхроннага рухавіка ад аднафазнай сеткі з магчымасцю рэгулявання частоты і напрамку кручэння вала рухавіка.

Пры гэтым сістэма кіравання павінна забяспечваць: рэгуляванне частаты ў дыяпазоне ад 1 да 75 Гц; крок змянення частаты павінен раўняцца 0,5 Гц; сілкаванне ад аднафазнага сеткавага напружання (220 В, 50 Гц); трохфазнае выхадное напружанне (380 В, 1–75 Гц); святлодыёдную індывідуальную параметраў і наладаў; адсочванне аварыйных сітуацый работы; змену напрамку кручэння вала рухавіка.

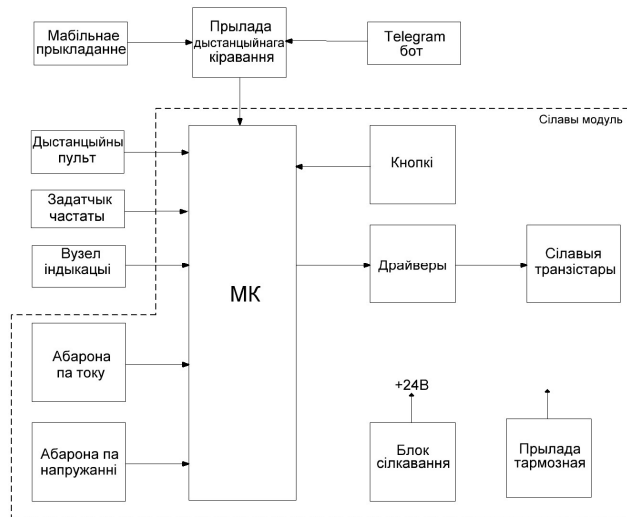
Для візуалізацыі паказчыкаў работы сістэма кіравання мае ў стандартнай камплектацыі лічбавы індывідуальны экран наступныя паказчыкі: паказанне зададзенай частаты; аварыйны стан і пасведчэнне аб памылках работы; налады частаты запуску.

Асновай сілавога блока сістэмы кіравання маламагутнымі асінхроннымі рухавікамі з'яўляецца мікракантролер Microchip PIC16F648A. Для сілкавання сілавога блока і другіх прылад сістэмы кіравання павінен прымяняцца блок сілкавання, – які адказвае наступным параметрам: 1) уваходнае напружанне сілкавання – ў дыяпазоне ад 150 да 450 В; 2) выхаднае напружанне – стабілізаванае, 24 В, з хібнасцю не больш, чым 5 %; 3) выхадны ток – не менш, чым 1 А; 4) наяўнасць гальванічнай развязкі уваходнага і выхаднага напружанняў; 5) магчымасць выдачы стабільнага выхаднага напружання без паніжэння на працягу 2 с пасля аварыйнага адключэння сілкавальнага напружання [1].

Схемная рэалізацыя блока сілкавання уяўляе з сябе адваротнаходавы пераўтваральнік (flyback-канвэртар) на базе ШІМ-кантролера UC3842В (айчынны аналаг кантролера – мікрасхема 1114ЕУ7). Ужыванне дадзенай схемы ў якасці маламагутнай крыніцы сілкавання мае наступныя плюсы: прастата і таннасць вырабу; малая колькасць элементаў і адсутнасць дроселя, магчымасць рэалізацыі крыніцы сілкавання з некалькімі гальванічна развязанымі выходамі, звязанымі напружаннямі

выходных обмоток; практычна адсутнічае адчувальнасць да кароткага замыкання на выхадзе крыніцы; магчымасць працаваць на ёмістную нагрузку [4].

Для адлюстравання параметраў работы сістэмы кіравання маламагутнымі асінхроннымі рухавікамі (выходная частота, стан гатоўнасці і памылкі у рабоце) неабходным з’яўляецца вузел індывідуальнасці.



Мал. 1. Структурная схема пашыранага варыянту сістэмы кіравання для маламагутных асінхронных рухавікоў

У дадзеным вузеле ў якасці асноўнага ядра кіравання ўжыты мікракантролер Microchip PIC16F676. Для індывідуальнасці рэжымаў работы выбіраем святлодыёдны лічбавы трохразрадны сямісегментны індывідуальнасці Kingbright BA56-11.

Для задання значэння частаты выходнага напружання неабходны вузел задання частаты. Найбольш простым і зручным спосабам кіравання з’яўляецца заданне частаты з дапамогай аналагавага сігналу. Вузел задання частаты з’яўляецца аўтаномным вузлом, работа якога не залежыць ад сілавога вузла. Ён гальванічна развязаны ад сілавога вузла, што павышае бяспеку яго выкарыстання.

Сутнасць работы вузла задання частаты заключаецца в пераўтварэнні напружання на выхадзе пераменнага рэзістара (0–5 В) у значэнне задання частаты і перадачы гэтага значэння на сілавы вузел сістэмы кіравання. У якасці асноўнага вузла кіравання вузла задання частаты таксама ўжыты мікракантролер PIC16F676 [1].

Для рэалізацыі эфектыўнага і хуткага тармажэння асінхроннага рухавіка неабходна, каб сілавы блок сістэмы кіравання меў тармазную прыладу. Тармазная прылада здольна максімальна хутка правесці тармажэнне асінхроннага рухавіка ва ўсіх рэжымах працы, у тым ліку і інэрцыйнымі нагрузкамі. Пры тармажэнні асінхроннага рухавіка адбываецца рэкуперацыя энергіі нагрузкі, пры якім кінэтычная энергія кручэння механізма пераўтвараецца ў электрычную, што прыводзіць да перанапружання ў звязе пастаяннага току (DC-зв’язе). Каб прадухіліць перанапружанне ў DC-зв’язе, і рассяць энергію рэкуперацыі, неабходна выкарыстоўваць тармазныя (разрадныя) рэзістары, якія пераўтвараюць залішнюю электрычную энергію ў цеплавую. Для хуткага спрацоўвання тармазной прылады падлучэнне тармазнага рэзістара адбываецца праз IGBT-транзістар Infineon (IRF) G4PH50U, які кіруецца токавым ШІМ-кантролерам UC3842B [3].

Для таго каб сістэмай кіравання можна было кіраваць па бесправадным канале сувязі, неабходна прылада дыстанцыйнага кіравання. У якасці бесправаднага інтэрфейса для сувязі была выбрана тэхналогія бесправаднай локальнай сеткі с прыладамі на аснове стандартов IEEE 802.11 – WiFi. Для рэалізацыі прылады дыстанцыйнага кіравання праз бесправадны інтэрфейс WiFi у якасці кіруючага ядра быў абраны аднакрыштальны мікракантролер Microchip сямейства megaAVR – ATmega328P-AU. Для таго каб прылада дыстанцыйнага кіравання магла кіраваць сілавым вузлом сістэмы кіравання маломагутнымі асінхроннымі рухавікамі, выкарыстоўваецца блок электрамагнітных рэле JQC-3ff-S-Z.

У пашыранам пульце дыстанцыйнага кіравання замест мікракантролера PIC16F676 выкарыстоўваецца мікракантролер ATmega328P. Таксама адметным адрозненнем з'яўляюцца наяўнасць вадкакрысталічнага дысплэя. У якасці дысплэя выкарастаны LCD1602 HD44780. Кантролер HD44780 – папулярны кантролер вадкакрысталічнага дысплэя (LCD) з алфавітна-лічбавай матрыцай, распрацаваны кампаніяй Hitachi. Гэты кантролер можа кіраваць да двух радкоў па 16 знакаў або адным радком па 40 сімвалаў, і падтрымлівае розныя наборы знакаў [2].

Праграмныя дадаткі для кіравання сістэмай кіравання маламагутнымі асінхроннымі рухавікамі маюць некалькі акон – «Уваходная старонка», «Хатняя старонка», «Налады», «Інфармацыя».

Праграма-бот павінна мець наступныя функцыянальныя магчымасці: рэгуляванне частаты ў дыяпазоне ад 1 да 75 Гц; змена напрамку кручэння вала рухавіка; наяўнасць інфармацыі аб прыладзе; агульнае ўключэнне або выключэнне сістэмы; ўключэнне або выключэнне рухавіка; сувязь с прыладай праз бесправадны канал WiFi.

Асноўным прынцыпам кіравання маломагутнымі асінхроннымі рухавікамі ў распрацаванай сістэме кіравання з'яўляецца генерацыя скалярнай трохфазнай прасторава-вектарнай шыротна імпульснай мадуляцыі (ШІМ), якая кіруе работай рухавіка. Прасторава-вектарная ШІМ – гэта метада мадуляцыі шырыні імпульсаў, які выкарыстоўваецца для кіравання магутнасцю шляхам змены шырыні і часу імпульсаў. У адрозненне ад простаай шыротна-імпульснай мадуляцыі, якая выкарыстоўвае толькі адзін сігнал кіравання, прасторава-вектарная ШІМ выкарыстоўвае два ці больш сігналаў кіравання для стварэння больш складаных выходных сігналаў.

Літаратура

1. Запольскі, А. Я. Эксперыментальны ўзор кіраванага пераўтваральніка аднафазнай сеткі ў трохфазную для асінхронных рухавікоў / А. Я. Запольскі, Ю. В. Крышнеў // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Международ. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А.А. Бойко. – Гомель, 2021. – Ч. 2. – 307 с. – С. 10–13.
2. Запольскі, А. Я. Пульс дыстанцыйнага кіравання пераўтваральніка аднафазнай сеткі ў трохфазную для асінхронных рухавікоў / А. Я. Запольскі, Ю. В. Крышнеў // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXII Международ. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2022 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2022. – Ч. 2. – С. 33–36.
3. Запольскі, А. Я. Тармазны модуль кіраванага пераўтваральніка аднафазнай сеткі ў трохфазную для асінхронных рухавікоў / А. Я. Запольскі, Ю. В. Крышнеў // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXII Международ. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2022 г. :

- в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2022. – Ч. 2. – С. 29–33.
4. Крышнеў, Ю. В. Блок сілкавання кіраванага пераўтваральніка частаты для асінхронных рухавікоў / Ю. В. Крышнеў, А. Я. Запольскі // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т (Йемен. Респ.) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2023. – С. 211–214.

**СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ
ПОТЕНЦИАЛОВ В ЗАДАННЫХ ТОЧКАХ
ПОДЗЕМНОГО НЕФТЕПРОВОДА**

М. В. Дравица

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. В. Крышнев

Рассмотрены вопросы формирования и автоматического регулирования электрохимических защитных потенциалов подземного нефтепровода. Представлены базовая схема катодной защиты и схема дистанционного автоматического регулирования защитных потенциалов.

Ключевые слова: нефтепровод, электрохимическая защита, коррозия, поляризация, катодная станция защиты, защитный потенциал, дистанционное регулирование, диспетчерский пульт.

В настоящее время нефтепроводы являются основным средством транспортировки нефти и нефтепродуктов, и их надежность и безопасность имеют критическое значение для экономики и экологии. Подземные нефтепроводы находятся в постоянном контакте с окружающей средой, что может привести к возникновению коррозии и, как следствие, – к авариям, утечкам или простоям.

Коррозия – процесс и результат физико-химического взаимодействия материала со средой. Коррозия приводит к изменению свойств как самого металла (в основном – к ухудшению свойств конструкционного материала), так и среды или технической системы, частью которой этот материал является. Исходя из механизма реакции взаимодействия металла со средой различают химическую и электрохимическую коррозию. Химическая коррозия происходит в соответствии с законами химической кинетики гетерогенных реакций, и не сопровождается формированием или протеканием электрического тока. Электрохимическая коррозия образовывается из-за окисления металла в электропроводных средах и сопровождается возникновением и протеканием электрического тока. При этом происходит дифференциация корродирующей поверхности на катодные и анодные зоны, причем продукты коррозии образуются в основном на анодных участках, а скорость коррозии зависит от сопряженных катодных и анодных процессов.

Электрохимическая защита является одним из наиболее эффективных методов защиты металлических конструкций, в том числе и подземных нефтепроводов, от коррозии. Этот метод основан на использовании электрического тока для создания определенного защитного потенциала на поверхности металла, который предотвращает процессы коррозии. Защитным называется потенциал, при котором скорость коррозии металла в определенных условиях окружающей среды принимает самое низкое, насколько это