

рирование такого вибратора с фидером легко выполняется с помощью соответствующего широкополосного трансформатора на ВЧ-феррите.

ЛИТЕРАТУРА

1. Harrington R.F. Field Computation by Moment Method. Macmillan / Harrington R.F. – New York, 1968. – 352p.
2. Makarov S. Antenna and EM modeling with MATLAB / Makarov S. – Wiley-Interscience, 2002. – 274p.
3. Gibson Walton C. The method of moments in electromagnetic / Walton C. Gibson. – Chapman & Hall/CRC, 2008. – 272p.

УДК 621.314.26

СЪЯНОВ А.М., д.т.н., профессор
КУЛИК М.В., ассистент
БОРОДАЙ О.Я., студентка

Днепродзержинский государственный технический университет

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕР-АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ

Введение. Системы генерирования, преобразования и распределения энергии фиксированной частоты получили широкое распространение благодаря своей универсальности. Однако в настоящее время многие технологические процессы могут быть оптимальными, если они будут работать на регулируемой нестандартной частоте. Для получения нестандартной частоты широко используются как электромашинные, так и полупроводниковые преобразователи электрической энергии (напряжения, частоты).

Одной из задач при создании полупроводниковых преобразователей электрической энергии является разработка автономных инверторов напряжения (АИН). Автономный инвертор напряжения представляет собой устройство, осуществляющее независимое от питающей сети формирование выходного напряжения переменного тока с заданным качеством электрической энергии, независимым регулированием выходной частоты и напряжения. Он строится на основе полноуправляемых силовых ключей-транзисторов (MOSFET или IGBT). Задача инвертора – получение из постоянного напряжения регулируемого по частоте и действующему значению трехфазного напряжения.

Создание системы управления АИН в большей степени зависит от алгоритмов и программ управления, отладка и настройка которых осуществляется на имитационных моделях. Одной из программ для виртуального моделирования является Proteus, которая позволяет выполнять моделирование микроконтроллеров и осуществлять отладку алгоритмов и программ. Виртуальные модели позволяют моделировать процесс любой сложности с достаточно большой точностью и минимальными финансовыми затратами. Система виртуального моделирования Proteus позволяет синтезировать схему будущего электронного устройства и промоделировать его работу, определить ошибки, доработать устройство, добавить новые элементы и т.д. Благодаря имитационным моделям, появляется возможность сопоставить форму и характер сигналов на выводах микроконтроллера с процессом выполнения программы и изменениями состояния внутренних регистров.

Постановка задачі. Розробити та дослідити імітаційні моделі АИН в середі Proteus для визначення завантаження процесора, перевірки алгоритму роботи преобразователя та дослідження його в аварійних режимах роботи.

Результати роботи. Для реалізації розробленої системи управління вибран спеціалізований мікроконтролер фірми Atmel. Мікропроцесори даної компанії характеризуються простотою програмування, можливістю працювати в широких діапазонах частот та надійністю к зовнішнім поємхам, підтримуючи стійку роботу інвертора напруги. Для дослідження режимів роботи та розробки пристрою були створені імітаційні моделі преобразователів в середі Proteus, що дозволяють визначити завантаження процесора та налаштувати програмне забезпечення для безперебійної роботи інвертора. В даній роботі створення моделей дозволило опрацювати алгоритм роботи преобразователя та дослідити його в критичних режимах роботи. В мікроконтролері ATmega48 були оцінені можливість написаного програмного забезпечення та запас надійності по швидкості обробки інформації, завдяки вивченню управління силовими ключами IGBT-модуля.

На рис.1 представлена розроблена імітаційна модель мікроконтролера та АИН.

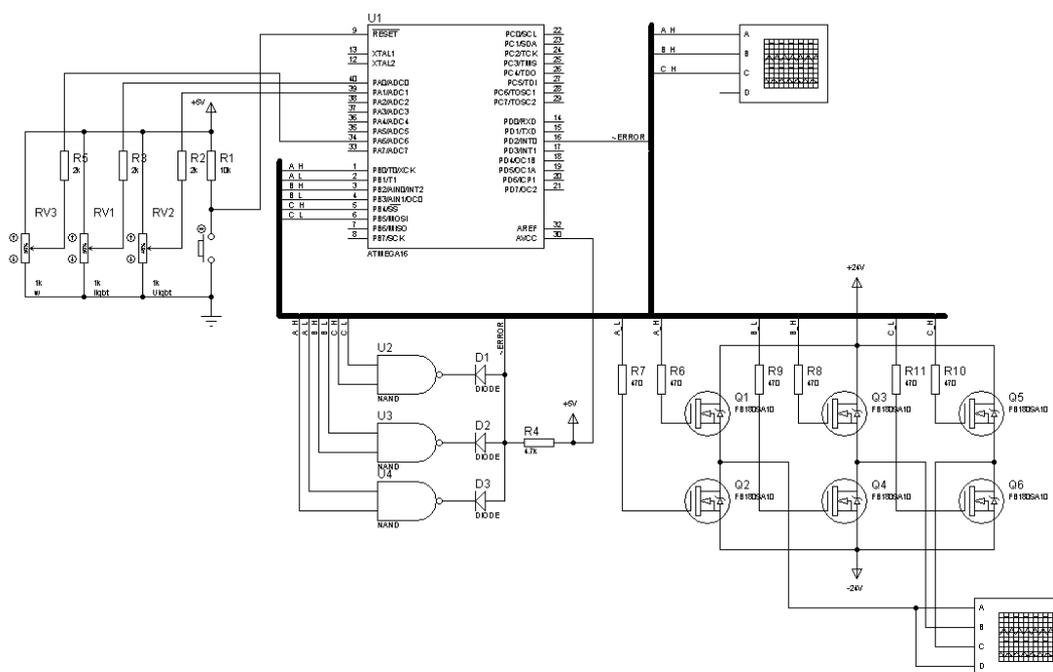


Рисунок 1 – Імітаційна модель мікроконтролера та АИН в середі Proteus

Досліджені на моделі алгоритми дозволили налаштувати програму управління АИН. На рис.2 представлений результат моделювання преобразователя енергії, PWM імпульси управління силовими ключами IGBT модуля. Дані результати надають можливість налаштувати програму управління та дослідити запас надійності по швидкості обробки інформації в даному мікроконтролері.

Використання в програмному забезпеченні преобразователя енергії стандартних ШИМ счѣтчиков, знаходячись в мікроконтролері ATmega48, є неефективним, так як в будь-який момент часу потрібно керувати всіма шестью сигналами фаз, а це вимагає 6 окремих 16-ти розрядних счѣтчиков, але навіть при наявності в мікроконтролері такого кількості ШИМ счѣтчиков існує проблема їх взаємної синхронізації. Крім того, захисні інтервали між імпульсами одного счѣтчика

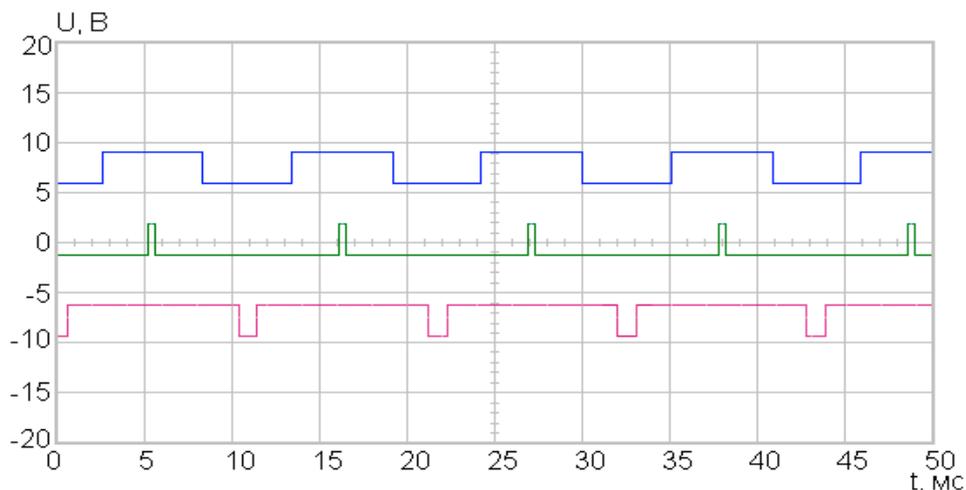


Рисунок 2 – Сигналы управления верхними ключами IGBT модуля преобразователя энергии

очень малы и равны скорости переключения логических элементов внутри микроконтроллера. Для решения этой проблемы был разработан алгоритм управления и написана программа, которая использует один генератор “пилы” или “треугольника” (сигнал увеличивается от 0 до разрядности счётчика с последующим сбросом обратно в 0), содержащая в себе все 6 сигналов управления IGBT модулем, позволяя решить проблему синхронизации импульсов и построения защитного интервала.

На рис.3 представлена имитационная модель защиты АИН.

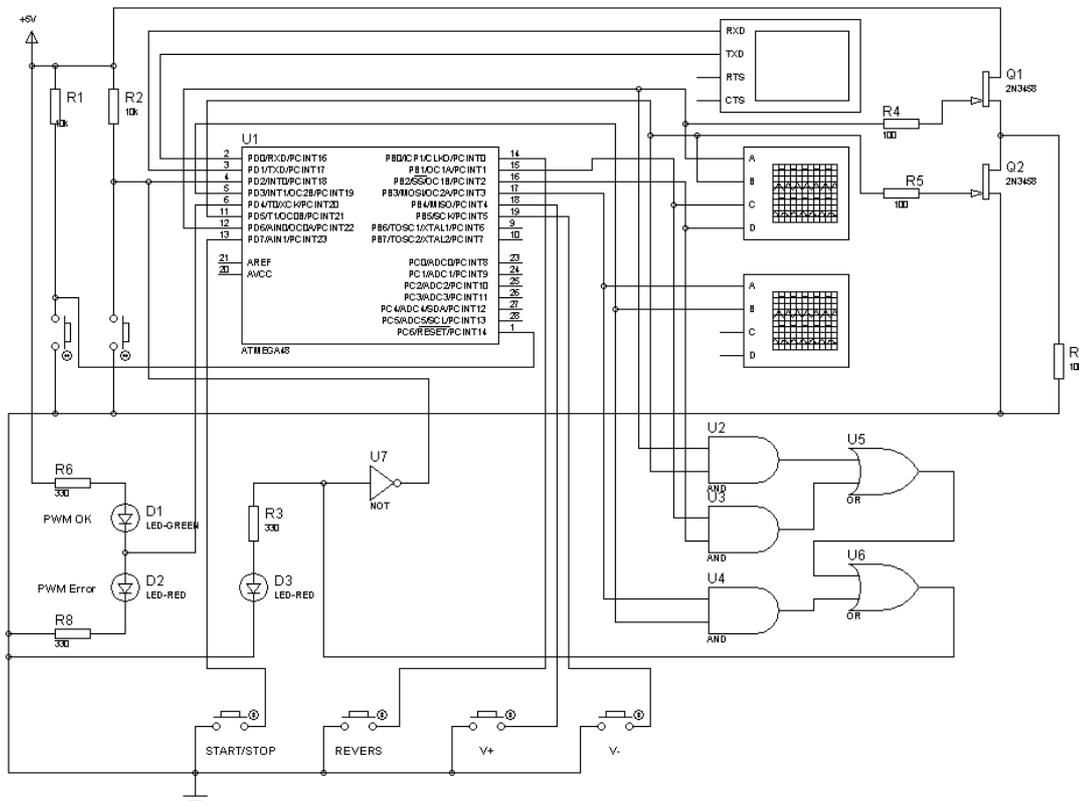


Рисунок 3 – Имитационная модель системы защиты АИН

Имитационная модель защиты АИН позволяет исследовать быстрдействие срабатывания защиты в случае превышения максимально допустимого тока в цепи питания IGBT модуля или при случайной помехе, которая вызовет одновременное открытие верхнего и нижнего ключа силового модуля.

На рис.4 отображен момент времени t_1 , в который эмитируется критическая ситуация, когда возникает пробой одного из транзисторов. За время $t_2 - t_1$ произойдет выключение всех IGBT транзисторов, и в момент времени t_2 произойдет остановка работы преобразователя.

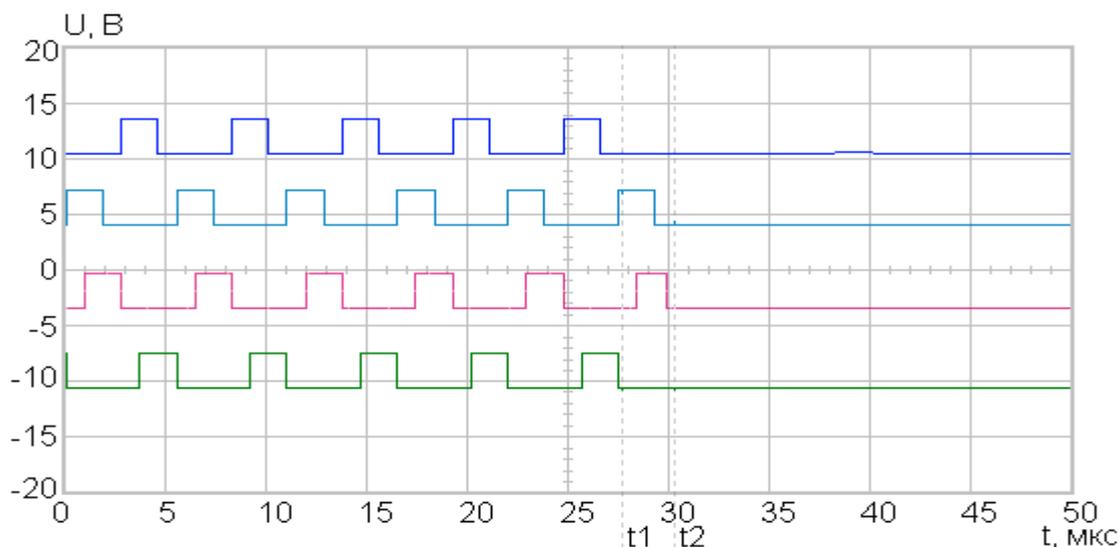


Рисунок 4 – Работа системы защиты

Как видно из рис.4, время, необходимое инвертору для отключения силового модуля, составляет не более $2,5 \mu\text{с}$, что является допустимым временем работы в режиме короткого замыкания большинства силовых модулей. Это время является максимальным, так как в этот интервал времени пришел импульс на нижний ключ одной фазы и верхний ключ другой фазы.

Такое быстрдействие системы защиты могут дать только аппаратные модули защиты, а в случае применения программной защиты без использования прерываний или же применение защиты в блоке анализа и контроля данных время отклика будет существенно больше, так как микроконтроллерам необходимы такты на исполнение своих инструкций, и суммарное время отклика составит: в случае применения одного микроконтроллера для отслеживания ошибки без прерывания

$$t = N \cdot \frac{1}{f_{CPU}}, \quad (1)$$

для двух микроконтроллеров, соединенных по модульной системе в режиме SMP с общей шиной данных,

$$t = N_1 \cdot \frac{1}{f_{CPU1}} + t_{DATA} + N_2 \cdot \frac{1}{f_{CPU2}}, \quad (2)$$

где N – количество тактов, необходимое микроконтроллеру, чтобы обработать исключительную ситуацию; f – частота процессора; t_{DATA} – время передачи информации по шине данных между микроконтроллерами.

Выводы. Моделирование системы микроконтроллер-АИН в среде Proteus позволило оптимизировать алгоритм построения сигналов трех фаз, подобрать оптимальную величину защитного интервала и разработать систему защиты в случае внештатных ситуаций. Для взаимной синхронизации работы шести IGBT ключей транзисторов был использован один генератор пилы или треугольника, содержащий в себе шесть сигналов управления IGBT-модулем, что позволило решить проблему синхронизации импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козаченко В. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к микроконтроллерам / В.Козаченко // Chip News. – 1999. – № 1. – С.2-9.
2. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод / Москаленко В.В. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 414с.
3. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателям / Булгаков А.А. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 183с.
4. Конев Ю.М. Полупроводниковые устройства для частотного управления АД / Конев Ю.М. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 239с.

УДК 006.91-389.14

ІГНАТКІН В.У., д.т.н., професор
ЛІТВИНЕНКО В.А., асистент
АВРАМЕНКО А.В., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПО РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Вступ. Надійність і ефективність функціонування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) знаходяться в прямій залежності від уміння поводитися з ними, вірного транспортування, зберігання, організації профілактики, своєчасності ремонту і перевірки. Метрологічні служби промислових підприємств вирішують великий обсяг задач з метрологічного забезпечення ЗВТ на стадії їх експлуатації. При цьому під експлуатацією ЗВТ розуміють сукупність наступних станів приладів: зберігання, функціонування, перевірка(яка займає 40% метрологічного забезпечення виробництва), відновлення (ремонт). Проведений аналіз розв'язку задач метрологічного обслуговування (МО) ЗВТ показав необхідність проведення моделювання процесів МО, побудови моделей функціонування метрологічних служб підприємства, конкретизації критеріїв рішення кожної задачі при їх комплексному розв'язку.

Постановка задачі. Метою роботи є створення і дослідження математичної моделі масового обслуговування ЗВТ для розрахунку часу очікування в черзі на ремонт і часу ремонту.

Результати роботи. Представимо систему МО ЗВТ у вигляді системи масового обслуговування з ремонту ЗВТ. Для кращого розуміння моделі наведемо спочатку спрощену ситуацію. Нехай на підприємстві є $M_{3в}$ типів ЗВТ по n_j одиниць ЗВТ в кожному типі $j=1, \dots, M_{3в}$. Припустимо, що всі ремонтні установки взаємозамінні й придатні для ремонту ЗВТ будь-якого типу, а число цих установок дорівнює ω . У цьому випадку ремонтне обслуговування моделюється ω -канальною системою масового обслуговування. Інтенсивність потоку заявок на ремонт λ визначається виразом: