

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А.И. Разумов

Введение

Массовое распространение регулируемых приводов на базе силовых преобразователей частоты — ПЧ (стандартные приводы для работы от сети с напряжением 220–380 В, 50–60 Гц и мощностью от сотен ватт до сотен киловатт различные фирмы выпускают сотнями тысяч штук в год) вызвало появление целого ряда специализированных микропроцессоров, ориентированных для работы в таких устройствах. Цифровая реализация системы управления регулируемого электропривода требует от вычислителя высокой производительности, вследствие чего большинство приводов ведущих западных фирм выполнено на процессорах цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Этим обусловлена высокая стоимость инверторов, что очень жестко ограничивает применение последних на предприятиях, выделяющих ограниченные средства для нововведений и обновлений в области автоматизации.

Для потребителей агропромышленного комплекса такие экономические затраты могут позволить себе крупные, единичные объекты с большим капиталооборотом, такие, как хлебоперерабатывающие предприятия, элеваторы, и.т. д. Средним и мелким предприятиям остается довольствоваться средствами автоматизации, которые были установлены еще в советские годы, если такая автоматика существует вовсе.

В необходимости внедрения и применения частотно – регулируемого привода (ЧРП) в сельском хозяйстве нет повода сомневаться. Один из выгодных и удачных примеров применения ЧРП – это хлебоперерабатывающий пункт в с. Советское Советского района Алтайского края, где регулируемый инвертором асинхронный двигатель приводит в движение дробилку, и в зависимости от частоты вращения ротора меняется качество помола, а соответственно и сорт крупы. Данное усовершенствование позволило не только выполнить прямую задачу ЧРП – энергосбережения (экономится 40 – 45 % энергии), но также получать крупу различного качества. Еще один двигатель приводит в движение

транспортёр фасующего устройства и позволяет поддерживать постоянный уровень зерна в расфасовочном бункере, он также автоматизирован и частота вращения вала двигателя регулируется инвертором. Данная технологическая схема позволяет экономить до 30 % энергии по сравнению с предыдущей схемой автоматизации данного процесса.

Во всех случаях внедрения ЧРП главной целью преследовалась автоматизация технологического процесса или замена прежней автоматики на более новую и совершенную. Эффект энергосбережения не являлся главной целью и достигался уже как сопутствующий результат.

Это не значит, что других средств автоматизации не существовало. Они были либо громоздки, либо не эффективны. Например, тиристорные преобразователи и двигатели постоянного тока занимают много места и капризны для тяжелых условий эксплуатации, там где работает асинхронный двигатель.

Управление передачей момента вращения с вала двигателя на вал приводимого механизма через промежуточное механическое устройство позволяют регулировать скорость вращения в небольших пределах, при этом возникает сложность встраивания привода в автоматизированную систему управления.

Получается, управляемый асинхронный двигатель это выгодно, но сами инверторы для большего числа объектов, где возможно применение регулируемого асинхронного привода, остаются непозволительной роскошью.

Существует ли выход из создавшейся ситуации?

Исходя из данных приведенных выше стоимость инверторов складывается:

- из управляющего процессора, созданного специально для работы с ключами силовых транзисторов или тиристоров;
- блоков силовой электроники, высоковольтных выпрямительных диодов и IGBT – транзисторов;
- блоков защиты процессора, силовых транзисторов или тиристоров и самого двигателя от перегрева перегрузки и.т. д.
- частотных фильтров, установленных для сглаживания высших гармоник и исклю-

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

чения возможности искажения параметров питающей сети.

1. Краткое техническое описание

Предлагается система управления двигателем с помощью IBM (рисунок 1).

Закладываемая стоимость данной системы на этапе проектирования во много раз ниже стоимости аналогичного по мощности преобразователя частоты ведущих европейских и российских фирм производителей.

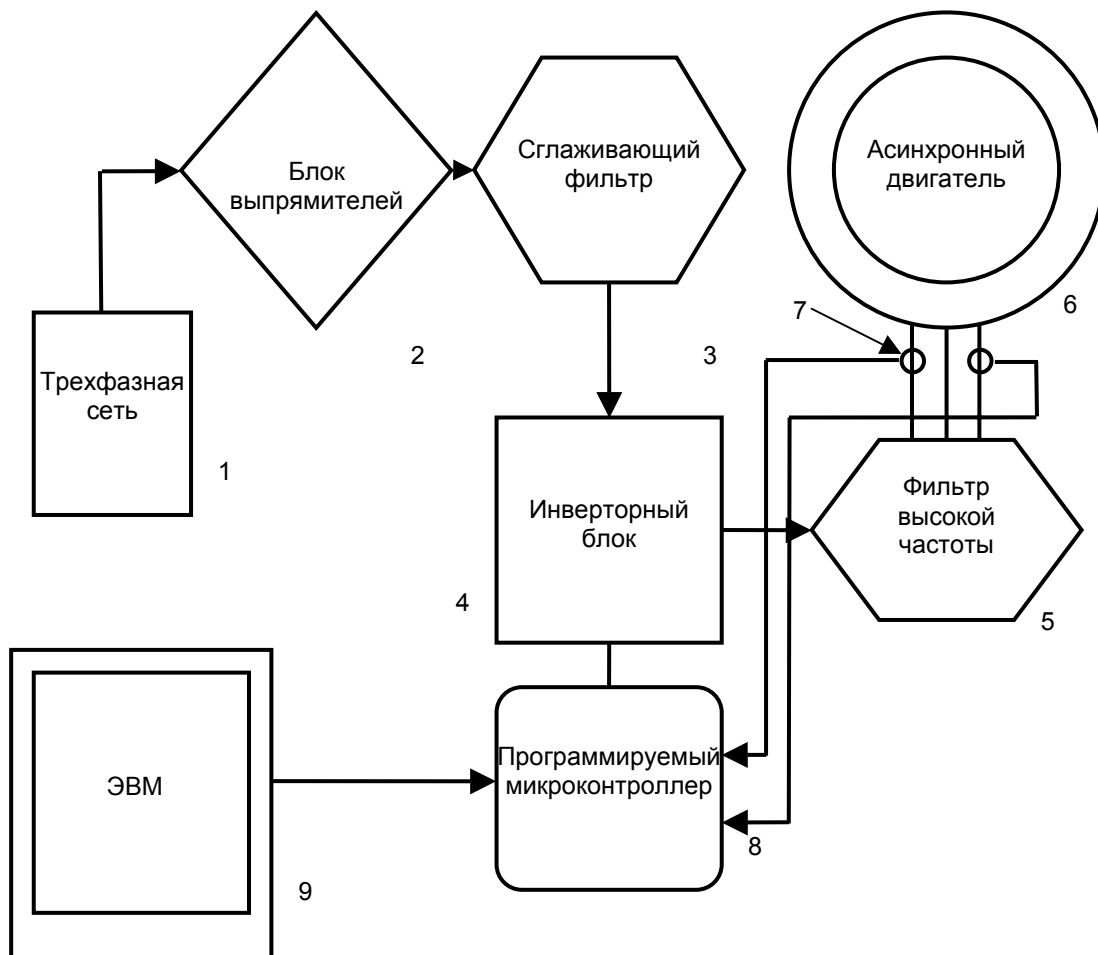


Рисунок 1 – Структурная схема частотного регулирования двигателем с помощью ЭВМ и программируемого микроконтроллера

Из питающей сети (1) переменное напряжение промышленной частоты ($\sim U, = f$) поступает на вход выпрямителя (2).

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя устанавливается фильтр (3).

И уже постоянное ($= U$) (сглаженное) напряжение подаётся на вход управляемого импульсного инвертора тока (4).

Электронные ключи инвертора по сигналам системы управления состоящей из микроконтроллера (8) и ЭВМ (9) открываются и закрываются таким образом, что формируемые при этом различные по длительности импульсы тока складываются в результирующую кривую синусоидальной формы с необходимой частотой.

Для сглаживания пульсаций, на выходе инвертора устанавливается дополнительный фильтр (5).

Затем напряжение подаётся на обмотки электродвигателя (М), который является приводом механизма технологической системы (6).

Подлежащий регулированию параметр технологической системы измеряется датчиком (7), который осуществляет векторное управление двигателем (8). Либо внешняя система управления в качестве ЭВМ (9) собирает информацию о многих параметрах, характеризующих работу технологической системы, обрабатывает её и подаёт результирующий сигнал в систему управления приводом.

В зависимости от величины, иногда скорости изменения этого сигнала, и программных установок, система управления микроконтроллер - ЭВМ формирует и подаёт управляющие импульсы на электронные ключи выпрямителя и инвертора.

Для самоконтроля и защиты система управления собирает и обрабатывает сигналы о наличии или величине ряда параметров, характеризующих работу собственных подсистем. Контролируются токи и напряжения на входе, выходе из преобразователя и в магистрали постоянного тока. При наличии специального датчика в корпусе электродвигателя измеряется, а при отсутствии датчика рассчитывается по электрическим характеристикам потребляемой двигателем энергии температура двигателя. Таковы общие принципы частотного регулирования предлагаемой системы. В основе своей они мало, чем отличаются от принципов частотного регулирования стандартного инвертора.

2. Примерная экономическая оценка

Теперь примерно посчитаем экономическую эффективность данной системы. Она складывается из:

- ЭВМ класса не ниже Pentium 2;
- микроконтроллер;
- силовые диоды;
- тиристоры или IGBT – транзисторы;
- дополнительные элементы электроники;
- рабочее время на построение математической и имитационной моделей;
- рабочее время для монтажа и настройки инвертора;
- рабочее время для программирования микроконтроллера.

ЭВМ требуемого типа можно приобрести в среднем в пределах 5000 – 7000 рублей.

Микроконтроллер является главным управляющим звеном устройства, так как он считывает информацию из АЦП и общается с персональным компьютером по последовательному каналу. В устройство также входят преобразователи питания для выработки +5 В для цифровой части и для выработки +/-10 В для операционного усилителя, а также микросхема преобразования уровней (логические <0> и <1> в -15:+15 В и обратно) для обмена информацией по последовательному каналу типа RS232. Назовем основные из микросхем:

- преобразователь питающего напряжения MAX 680 или аналогичная ей микросхема LT 1026 стоимостью около 1500 руб.;
- аналогово-цифровой преобразователь MAX 1241 или аналоги MAX 187, LTC1286, LTC1298, AD7894 стоимостью около 2000 руб.;

- преобразователь уровней MAX 202E или аналог AD 232 стоимостью около 1500 руб.

Силовые диоды можно применять любые подходящие для мостового выпрямителя например Д248Б по ценам московской фирмы «ПРОМЭЛЕКТРОНИКА» его стоимость 9 руб., для мостового выпрямителя их необходимо 4 штуки в итоге 36-00 руб.ей.

Схема инвертора проектируется на тиристорах, силовые быстродействующие тиристоры примем типа ТБ151-50 по ценам данной фирмы 330 руб. для блока импульсного инвертора их необходимо 6 штук в итоге 1980 руб.

В рамках дополнительных элементов электроники рассматриваются необходимые для построения схемы управления конденсаторы, резисторы, а также затраченное время на моделирование, монтаж, настройку и программирование войдет в дополнительные затраты и составит около 5000 руб.

В итоге получим сумму в размере около 20000 руб., тогда как стоимость инвертора на малую мощность < 10 кВт заключается в пределах от 1000 до 1500 \$. Как видно из приближенного расчета данная система выгодна, есть необходимость приступить к ее осуществлению.

3. Преимущества предложенной системы

Предложенная система является универсальной для любого типа нагрузок, в то время как стандартный ряд инверторов предлагает использование конкретного инвертора для определенного типа нагрузок. В предложенной схеме нужно только заменить программное обеспечение для перехода на другой тип нагрузок.

Данная система управления производит сбор информации и записывает данные на жесткий диск с целью дальнейшего анализа и более точного «подгона» управляющей программы.

В схеме управления данной системы ЭВМ может быть заменена стандартным генератором импульсов и логическим счетчиком для управления ключами силовых тиристоров. Например если нагрузка циклична и не меняется в течении продолжительного времени.

Еще одним из наиболее значимых преимуществ можно считать то, что данная система позволяет запускать и регулировать число оборотов трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети. Хотя данное преимущество может использоваться только на малых мощностях.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В дополнение можно сказать, что данная система на порядок дешевле чем стандартный ряд инверторов.

4. Математическая модель блока управляющего ключами силовых тиристоров

Первой необходимостью при разработке любого устройства, будь то проектируемое здание, новый автомобиль или механический агрегат, проектируемая воздушная или кабельная линия и т. д. является проведение математического анализа процессов, происходящих во время работы данного объекта, включая анализ процессов критических (аварийных) ситуаций. В основе математической модели преобразовательного устройства лежит расчет мгновенных значений токов и напряжений на любых участках и элементах исследуемой конструкции или устройства. Именно с помощью математической модели возможно воспроизвести любые условия эксплуатации устройства, например, номинальный режим работы, режим переходных процессов, аварийный режим.

Основным методом управления питающей частотой двигателя является широтно-импульсная модуляция. Представленная математическая модель построена именно на данном принципе регулирования частотой.

Самым ответственным и высокоточным блоком в преобразовательном устройстве является система, отвечающая за включение – выключение управляющих электродов силовых тиристоров.

Система управления открывающими электродами силовых тиристоров представляет собой достаточно сложное устройство, поэтому ее исследование необходимо производить с помощью математической модели.

Для разработки сложных программ рекомендуется разбивать (декомпозировать) на отдельно функционирующие элементы, а затем из этих элементов собирается общая программа или модель.

Блок схема модели, позволяющей управлять открывающими электродами тиристоров, представлена на рисунке 2.

В задающем блоке формируется синусоидальный сигнал, аналогичный сигналу, поступающему из электрической однофазной сети.

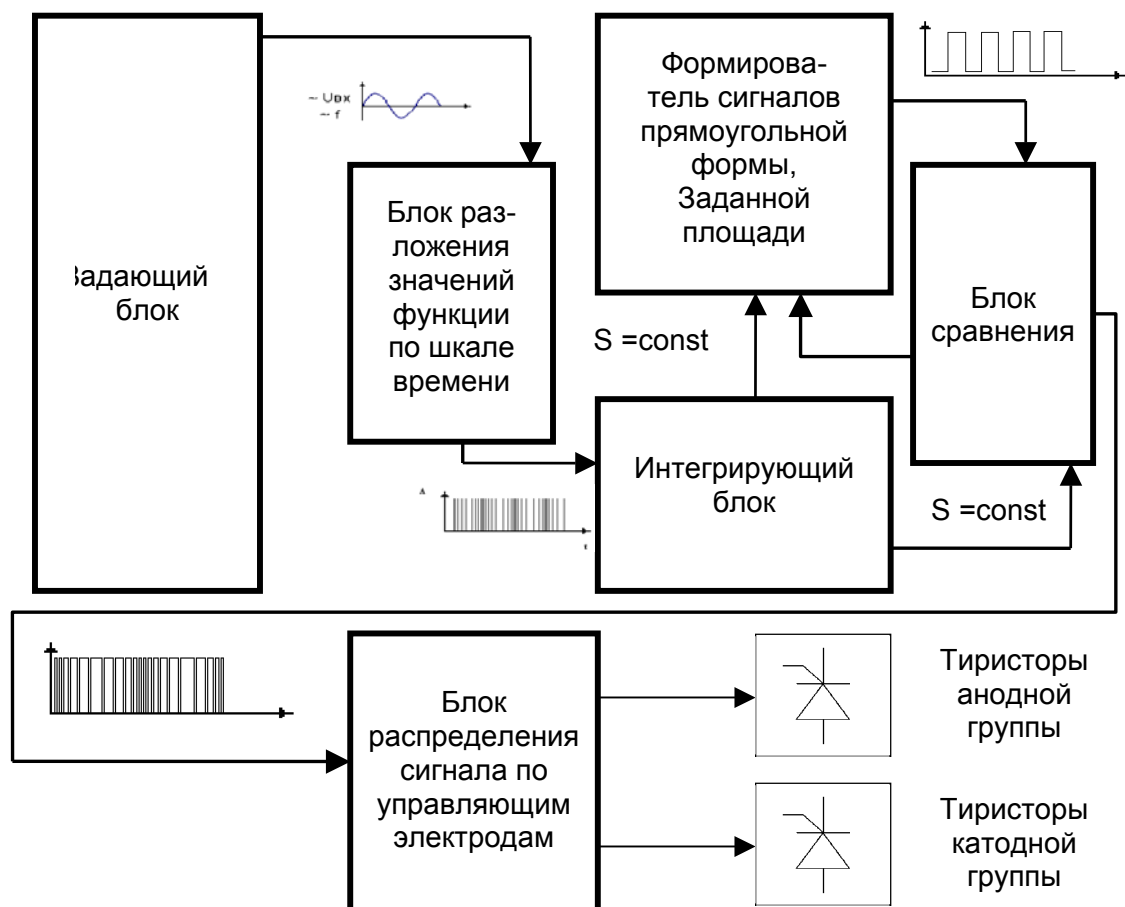


Рисунок 2 – Блок схема модели управляющей работой открывающих электродов тиристоров

Определенные, заданные значения функции данного сигнала откладываются на временной шкале, устанавливая, таким образом, пределы интегрирования. Данная операция происходит в блоке разложения значений функции по шкале времени.

Непосредственная операция интегрирования происходит в интегрирующем блоке, на выходе которого образуется конкретное числовое значение площади задающей функции в пределах, определяемых предыдущим блоком.

Интегрирующий блок отправляет данное значение на блок формирования прямоугольных импульсов, где путем считывания данного числового значения создается прямоугольный импульс, равный по площади участку синусоиды на заданном интервале.

Сравнение данных сигналов происходит в блоке сравнения, который пропускает сигнал при одинаковой их площади и возвращает в блок формирования прямоугольных импульсов при разном численном значении площади.

Далее сигнал прямоугольной формы поступает к блоку, где происходит распределение сигналов по управляющим электродам анодной или катодной групп.

Рассмотрим каждый представленный выше блок подробнее.

- Задающий блок формирует на выходе сигнал синусоидальной формы, эквивалентный сигналу электрической сети. Математически задается формулой $y = \sin(x)$ период задается от 0 до 2π , что соответствует временному отрезку 0,02с для одной волны синусоиды при частоте тока 50 Гц (рисунок 3, рисунок 4).

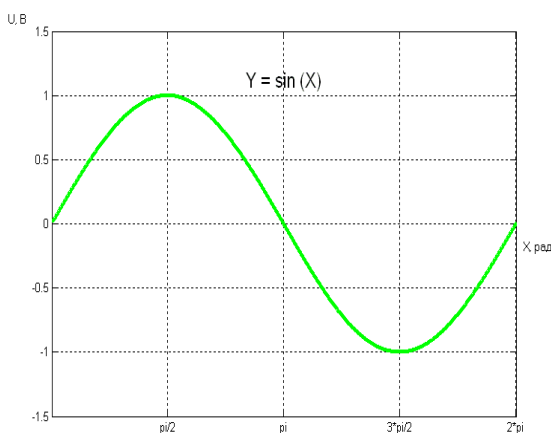


Рисунок 3 – График функции эквивалентный синусоиде однофазной электрической сети

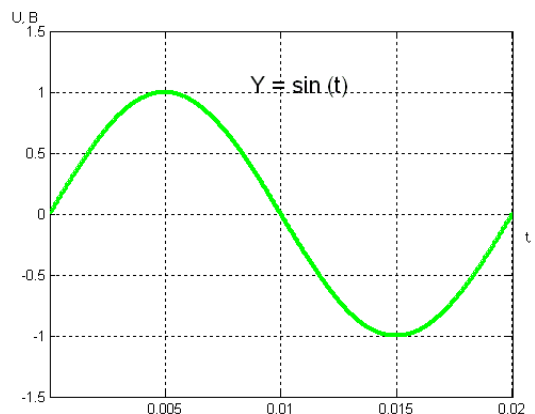


Рисунок 4 – График функции эквивалентный синусоиде

- Блок разложения функции разлагает синусоидальный сигнал по временной шкале для дальнейшей его обработки. Математически это описывается следующим выражением: $t_1 = \arcsin(Y)$ (рисунок 5).

- Интегрирующий блок по значениям времени t , полученным в предыдущем блоке, разбивает кривую на определенное количество отрезков и вычисляет площадь полученной фигуры на определенном интервале $t_{n-1} - t_n$, используя данные значения как нижний и верхний предел интегрирования. Реализованный алгоритм основан на квадратурных формулах Ньютона – Котеса с автоматическим подбором шага. Процесс выбора узлов интегрирования представлен на рисунке 6. Математическая интерпретация представляется в следующем виде:

$$S = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \sin x dx$$

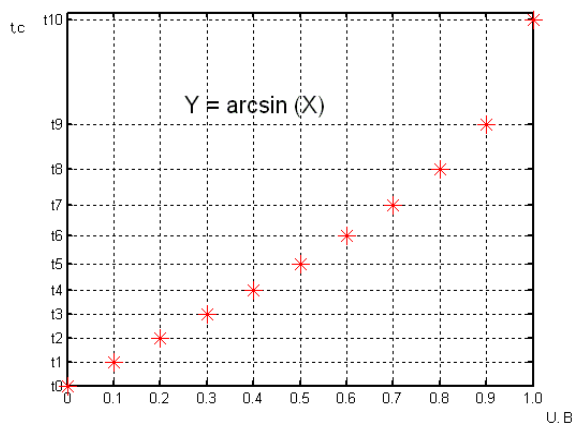


Рисунок 5 – График разложения полупериода синусоиды на определенном отрезке времени

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

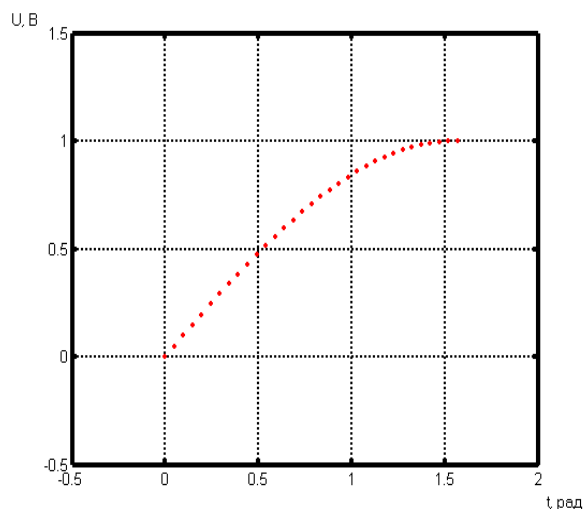


Рисунок 6 – Узлы квадратурной формулы Ньютона – Котеса

• Полученное числовое значение поступает на вход блока формирования импульсов прямоугольной формы, необходимой площади и соответственно ширины, где формируются управляющие импульсы для управляющих электродов тиристоров. Для рассмотренного на приведенных выше рисунках периода импульсы формируются, как представлено на рисунке 7.

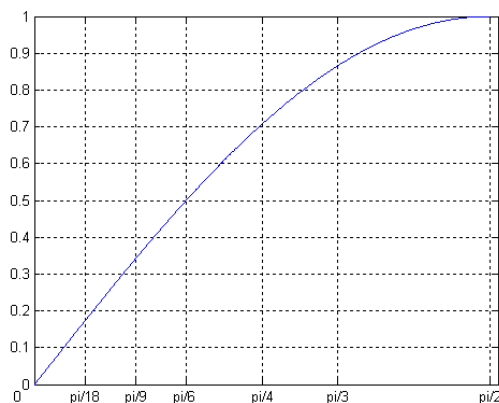
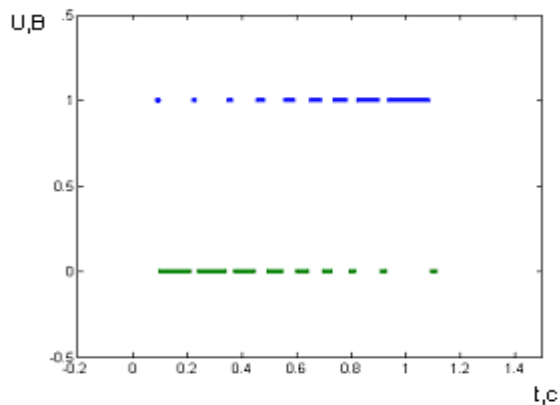


Рисунок 7 – Широтно-импульсная модуляция для $[0; \pi/2]$

Данный сигнал в цифровом виде подается на один из портов ЭВМ. Сигнал, усиленный до необходимого уровня, посредством микроконтроллера передается на управляющие электроды тиристоров. Для трехфазной схемы необходимо выполнить делитель и счетчик для создания аналогичного ШИМ – сигнала.

Математическая модель выполнена с помощью программных блоков в среде MatLab 6.0. Модель позволяет получать сигналы необходимой формы и заданной длительности. Это является основополагающим фактором разработки алгоритма, и построения компьютерной программы в операционной системе реального времени. Полученная модель необходима при разработке системы управления асинхронным частотно-регулируемым электроприводом для использования программы в качестве управляющего блока тиристорного инвертора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов В. Matlab 6: учебный курс – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
2. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.