

Полученные значения $W_{ВЭС}$ по (9) и (10) используются далее для оценки коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) для ВЭС.

Среднегодовое значение КИУМ рассчитывают исходя из фактически полученного значения $W_{ВЭС}$ и расчетного значения $W_{ВЭС\text{ рас.}}$, полученного из предположения, что все ВЭУ в составе ВЭС реализуют номинальную мощность $P_{ном}$ в течение всего года независимо от скорости ветра. Принимается всего рабочих дней 365, число часов в сутки 24 часа. Для учета расхода энергии $W_{сн}$ на собственные нужды (СН) $\Delta W_{сн}$ ВЭС, величину $\Delta W_{сн}$ принимают в процентах от $W_{ВЭС}$ в пределах от 1% до 5%, в зависимости от общей установленной мощности ВЭС.

Расчет КИУМ выполняется по соотношению (11)

$$КИУМ = \frac{W_{ВЭС} - \Delta W_{сн}}{365.24 \cdot P_{ном} \cdot N} \quad (11)$$

Величина КИУМ служит универсальным показателем эффективности генерации ВЭС за год, поскольку учитывает параметры ветра на площадке ВЭС, взаимное затенение ВЭУ, мощность применяемых ВЭУ, начальную скорость включения ВЭУ.

Разработанная программа не позволяет выполнить очередные вычисления до тех пор, пока не будут исправлены вводные и предыдущие некорректные данные. Если введенные данные являются числовыми, программа выполняет вычисления и выводит форматированное значение параметра с заранее определенным количеством знаков после запятой.

Программа написана на языке Java. Выбор языка обоснован тем, что он является Free –soursers, то есть не требует лицензии, и кросспланформенным, то есть его исполняемые файлы можно запускать на различных платформах без предварительной перекомпиляции.

ВЫВОДЫ

Представленная программа автоматизации расчета основных параметров ВЭУ и выработки электрической энергии ВЭУ и ВЭС при изменении установленной мощности ВЭС, номинальной мощности и количества ВЭУ, высоты башни ВЭУ, скорости и направления ветра на площадке ВЭС значительно ускоряет проведение расчетов при сравнении и выборе вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

5. З.У. Рамазанова. Метод аппроксимации характеристики мощности ветровой электрической установки с комбинированной системой управления мощностью // Відновлювана енергетика. 2005.- № 3-4– С.24-28.

6. Э.А.Бекиров, Д.Б.Бонев. Сравнительный анализ и разработка комбинированной системы автономного электроснабжения на базе ветрогенератора и фотоэлементов для Херсона и Евпатории // Відновлювана енергетика. 2010.- № 3– С.19-25.

УДК 621.314.5

УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОМ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Эбубекиров Э.А., студент группы ЭТ-401, Бекиров Э.А., д.т.н., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе рассматривается устройство управления генератором синусоидального напряжения с использованием микроконтроллера.

Автономные источники электропитания на базе солнечных фотоэлектрических преобразователей являются в настоящее время наиболее перспективными в плане электроснабжения, как индивидуальных потребителей, так и при генерировании электрической энергии в питающую электрическую систему.

Основным недостатком фотоэлектрических установок является отсутствие возможности генерировать электричество ночью или в плохую погоду. Но в то же время эту проблему можно решить, пользуясь электроэнергией из общей сети или используя избыточную электроэнергию, запасенную в аккумуляторных батареях. В системах автономного электроснабжения в качестве резервного источника применяется бензиновый или дизельный электрогенератор.

При питании нагрузки от СБ, напряжение на выходе СБ может быть нестабильным в виду изменения потока солнечной энергии, падающей на поверхность СБ (облачность). С целью стабилизации напряжения, поступающего на нагрузку, необходимо включение стабилизатора напряжения. В качестве стабилизатора напряжения наиболее целесообразным является применение импульсного стабилизатора напряжения — ИСН. Принципиальная схема представлена на рис.9.

Современные преобразовательные устройства, предназначенные для преобразования напряжения постоянного тока от возобновляемых источников в электрическую энергию требуемого качества с выходным синусоидальным напряжением, должны обеспечивать высокую точность преобразования. Поэтому они требуют регулирования выходных параметров — напряжения или тока в широких пределах для поддержания постоянного значения отдаваемой потребителю мощности, и характеризуются высокими энергетическими и надежностными показателями.

Для получения многофазного напряжения чаще всего используют пересчетные кольцевые схемы на триггерных ячейках или однофазных автогенераторах. Параметрические способы получения многофазного напряжения применяются значительно реже, так как они не обеспечивают постоянного сдвига фаз переменных напряжений при изменении условий работы преобразователя.

Существует много схем и устройств для преобразования постоянного тока в переменный (инверторов генераторов), но многие схемы не способны генерировать чистую синусоиду — она или отличается от синусоидальной формы, или ступенчатой формы и в генерируемом сигнале могут содержаться высшие гармоники.

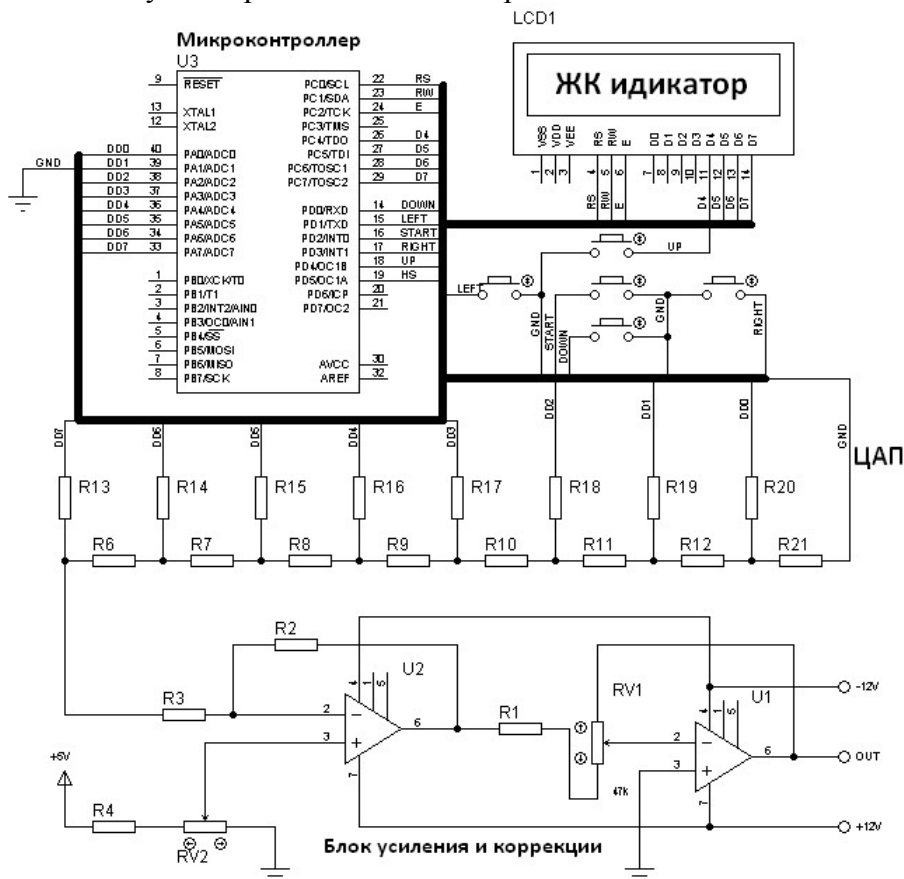


Рис. 1. Принципиальная схема генератора

Разработана принципиальная схема для управления генератором синусоидального сигнала с использованием микроконтроллера (МК).

В предлагаемом устройстве управления генератором синусоидального сигнала осуществляется микроконтроллером (МК). МК состоит из процессора, который непрерывно обрабатывает команды, оперативной памяти, памяти программ, портами ввода и вывода информации. Такое устройство работает по определенному алгоритму – заложенной в него программе.

Так как микроконтроллер – устройство цифровое, то используется цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), для преобразования цифровых импульсов на выходах портов МК, в аналоговый сигнал (синусоиду). На рис. 2 приведены изображения некоторых видов микроконтроллеров, а на рис. 3 основные элементы внутренней архитектуры МК.

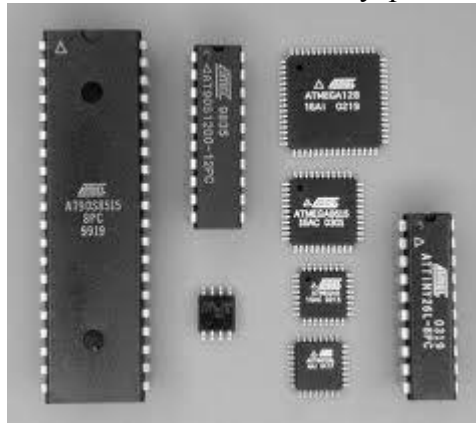


Рис. 2. Внешний вид микроконтроллеров

Рассмотрим принцип формирования и преобразования сигналов. Цифровые сигналы представляют собой импульсы высокого (1) и низкого(0) уровней (биты), т.е. наличие или отсутствие напряжения. Такие импульсы в цифровой технике передаются пакетами (или пачками) состоящими из 8 битов (или 1 байта) и обрабатываются: выполняется их счет, суммирование, вычитание, деление и т.д. Для того чтобы преобразовать аналоговый сигнал в цифровой вид, необходимо в цифровых значениях запомнить координаты точек сигнала в единицу времени, сохранить их произвести какие либо преобразования, и при необходимости сгенерировать аналоговый сигнал. Точность таких преобразований зависит от разрядности преобразователей, чем выше разрядность, тем точнее будет формироваться сигнал. По такому принципу работает МК, только с той лишь разницей, что преобразовывать сигналы в цифровой вид нет необходимости – в программе МК есть уже готовая таблица значений положения точек кривой для формирования синусоиды. На каждом выводе порта МК в зависимости от частоты и разрядности поочередно выставляется высокий уровень в определенную единицу времени. Следовательно, на выходе ЦАП сигнал нарастает и спадает. Частоту формирования можно регулировать, т.е. изменять частоту синусоиды в нашем случае. Это необходимо для более точной синхронизации с сетевой частотой, при работе устройства в общей сети. Частоту можно регулировать в пределах от $\pm 0,01$ Гц до ± 10 Гц. Эти параметры регулируются в реальном времени, а если необходимо поменять значения шага, необходимо ввести соответствующие правки в программе МК.

ЦАП находятся в начале аналогового тракта любой системы, поэтому параметры ЦАП во многом определяют параметры всей системы в целом. Наиболее важные характеристики ЦАП:

-Разрядность — количество различных уровней выходного сигнала, которые ЦАП может воспроизвести. Обычно задается в битах; количество бит есть логарифм по основанию 2 от количества уровней. Например, однобитный ЦАП способен воспроизвести два (2) уровня, а восьмибитный — 256 (28) уровней. Разрядность тесно связана с эффективной разрядностью, которая показывает реальное разрешение, достижимое на данном ЦАП.

-Максимальная частота дискретизации — максимальная частота, на которой ЦАП может работать, выдавая на выходе корректный результат. В соответствии с теоремой Шенона-Найквиста (известной также как теорема Котельникова), для корректного воспроизведения аналогового сигнала из цифровой формы необходимо, чтобы частота дискретизации была не менее, чем удвоенная максимальная частота в спектре сигнала.

-Монотонность — свойство ЦАП увеличивать аналоговый выходной сигнал при увеличении входного кода.

-Суммарные гармонические искажения и шум — мера искажений и шума вносимых в сигнал ЦАПом. Выражается в процентах мощности гармоник и шума в выходном сигнале. Важный параметр при малосигнальных применениях ЦАП.

- Динамический диапазон — соотношение наибольшего и наименьшего сигналов, которые может воспроизвести ЦАП, выражается в децибелах. Данный параметр связан с разрядностью и шумовым порогом.

-Статические характеристики:

- дифференциальная нелинейность характеризует, насколько приращение аналогового сигнала, полученное при увеличении кода на 1 младший значащий разряд, отличается от правильного значения.

- интегральная нелинейность характеризует, насколько передаточная характеристика ЦАП отличается от идеальной.

-усиление;

-смещение.

-Частотные характеристики:

- отношение сигнал/шум и искажения — характеризует в децибелах отношение мощности выходного сигнала к суммарной мощности шума и гармонических искажений;

- коэффициент i -й гармоники — характеризует отношение i -й гармоники к основной гармонике;

- коэффициент гармонических искажений — отношение суммарной мощности всех гармоник (кроме первой) к мощности первой гармоники.

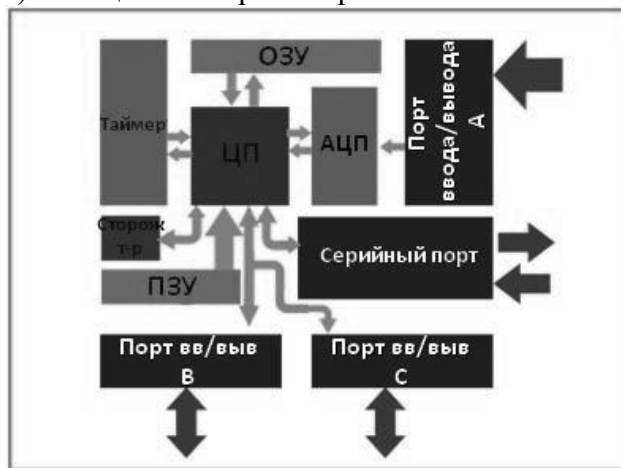


Рис. 3. Внутренняя архитектура МК

Полученная синусоида сглаживается на фильтрах, усиливается на операционных усилителях и поступает на силовую часть инвертора, собранную на IGBT транзисторах по мостовой (рис. 4) или полумостовой (рис. 5) схеме. При электропитании установок небольшой мощности используются полумостовые схемы инверторов, а при электропитании более мощных нагрузок — мостовые схемы инверторов. В зарубежной литературе инвертором называют генераторы синусоидальных напряжений. Выходы силовых транзисторов подключены к трансформатору, на котором повышается напряжение до нужного уровня (220В).

В тех случаях, когда предъявляются более жесткие требования к форме кривой выходного напряжения многофазных преобразователей, можно либо использовать на выходе последних фильтры высших гармоник, либо создавать —шести-, -двенадцати,

двадцатичетырехфазные преобразователи, в которых не требуются фильтры высших гармоник. Так как наличие фильтров на выходе преобразователя при работе его на электродвигатель может привести появлению нежелательных резонансных явлений, в частности к самораскачиванию электродвигателя, то предпочтительнее использовать многофазные преобразователи.

Коэффициент полезного действия устройства характеризуется как отношение отдаваемой активной мощности к потребляемой. Таким образом, для практического определения КПД, преобразователь напряжения при номинальной нагрузке необходимо измерить мощности в первичной и вторичной обмотках.

При $\cos\varphi = 1, P(t) = S(t)$

Длительность сигнала T определяет интервал времени, в течение которого сигнал существует (отличен от нуля).

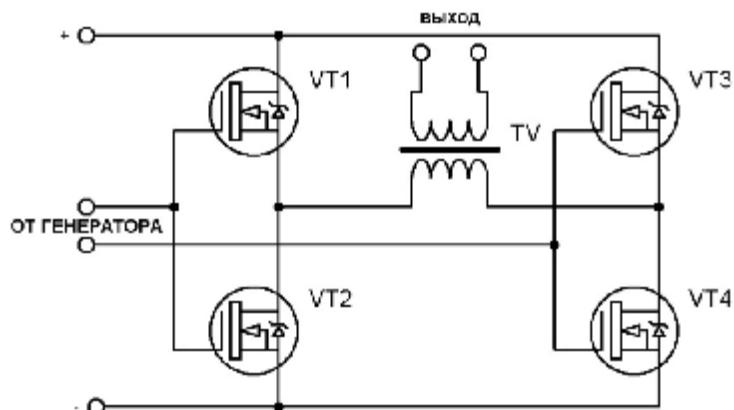


Рис. 4. Мостовой усилитель

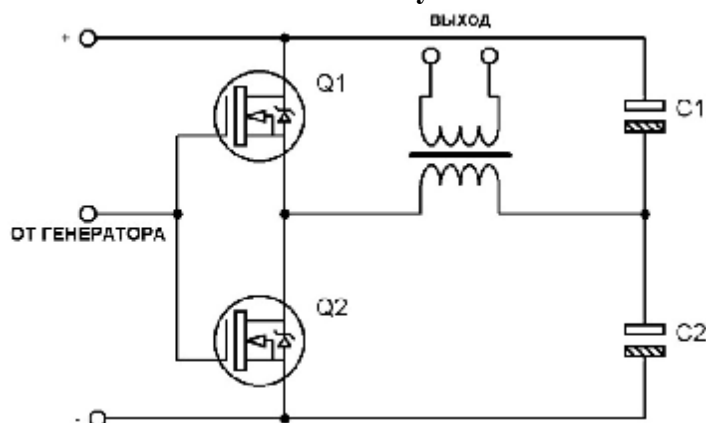


Рис. 5. Полумостовой усилитель

В системах электроснабжения автономных объектов в качестве первичных источников могут быть использованы солнечные батареи, мощность которых лежит в пределах 50-250 Вт при номинальной освещенности. Соответствующим набором солнечных батарей получаемую мощность можно увеличить, в зависимости от потребления и наличия других источников энергии на ВИЭ.

Среднее значение входного тока составляет:

$$I = P_n / U$$

Действующее значение тока и напряжения нагрузки:

$$I_n = \frac{I \cdot \pi}{2 \cdot \lambda \cdot N} \cdot \sqrt{\frac{B}{2 \cdot \pi}};$$

$$U_{\kappa} = \frac{U \cdot 2 \cdot \lambda \cdot N}{\cos\left(\frac{R}{Z}\right) \cdot \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{B}{2 \cdot \pi}}}$$

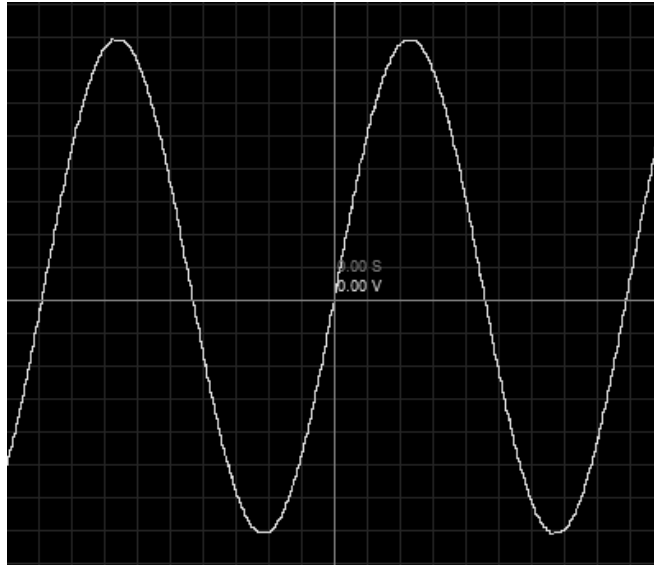


Рис. 7. Осциллограмма генерируемой синусоиды

В используемых преобразователях для преобразования постоянного напряжения в переменное – инверторах, на выходе может быть напряжение отличающееся по форме от синусоидальной формы. Для анализа произведем разложение в ряд Фурье.

Есть два способа представления сигнала в зависимости от области определения: временной и частотный. В первом случае сигнал представляется функцией времени $S(t)$ характеризующей изменение его параметра. Преобразование Фурье:

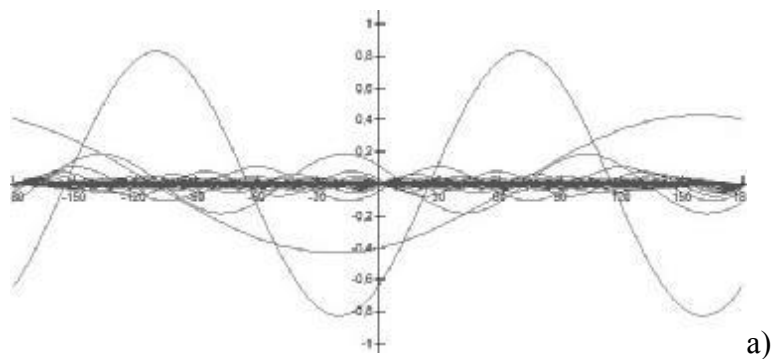
$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j\omega t} dt$$

Так, периодически изменяющееся напряжение по теореме Фурье в общем виде раскладывается в ряд:

$$u = U_0 + U_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + U_{2m} \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots + U_{km} \sin(k\omega t + \psi_k),$$

где u – мгновенное значение напряжения; U_0 - его постоянная составляющая; U_{km} - амплитуда k -й гармоники с частотой $k\omega$; $(k\omega t + \psi_k)$ - фаза k -й гармоники; ψ_k - начальная фаза. При $k = 1$, гармоника называется первой (основной), ее частота $\omega = 2\pi/T$.

Разложение генерируемой синусоиды в ряд Фурье :



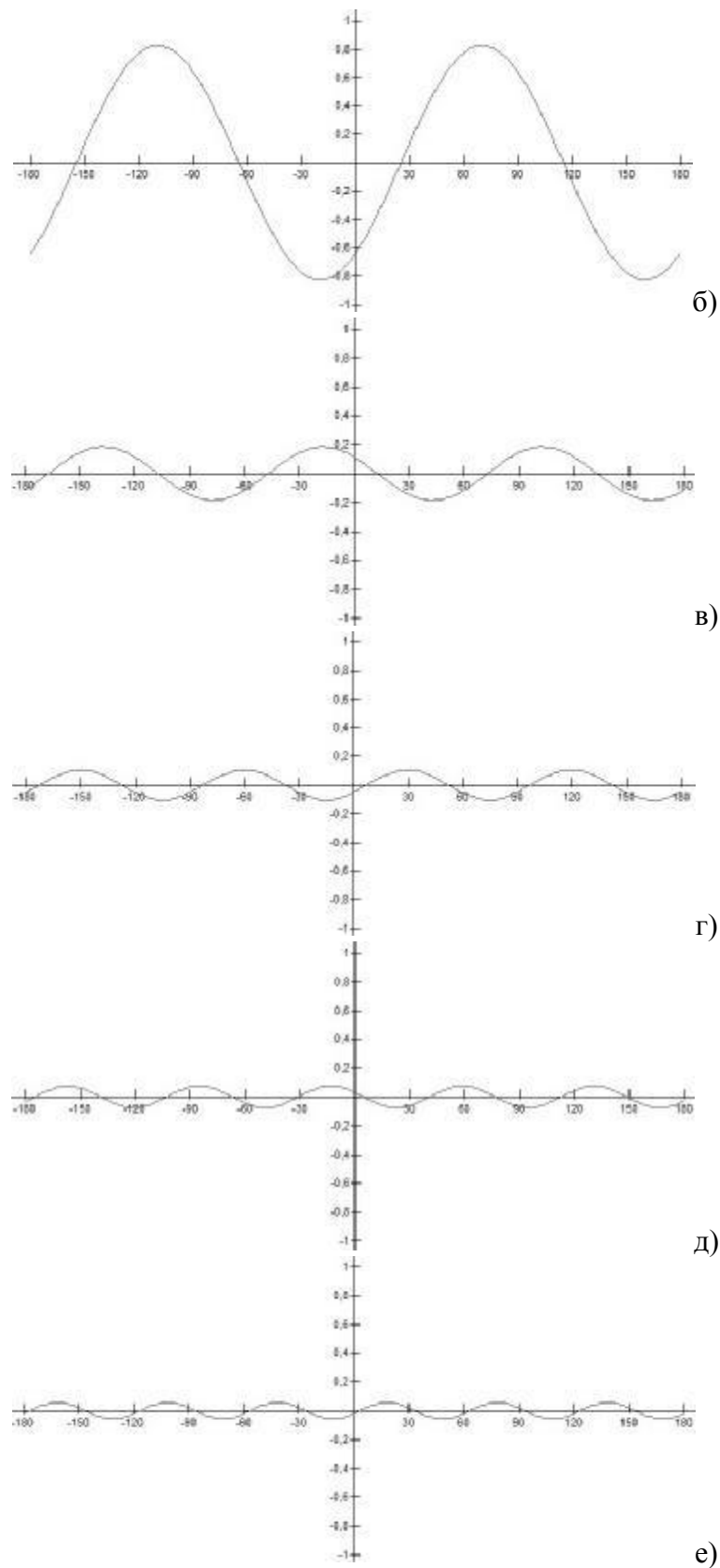


Рис. 8. Гармонические составляющие напряжения:
a - суммарное, *б* - первая, *в* - вторая, *г* - третья, *д* - четвертая, *з* - пятая

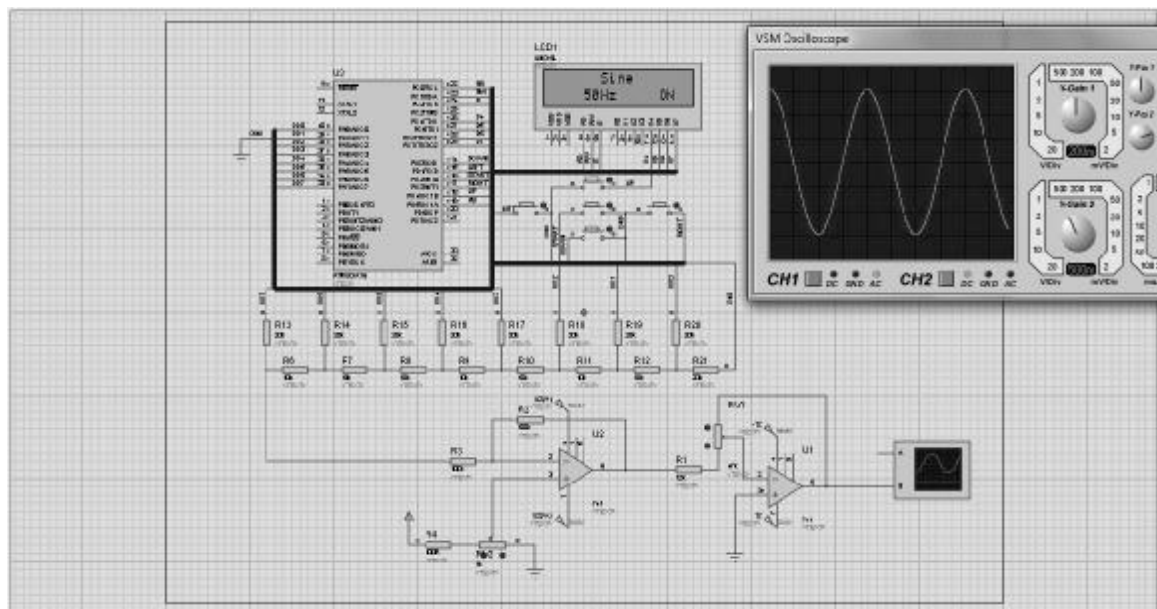


Рис. 9. Принципиальная схема генератора частот на микроконтроллере, на основе DDS синтеза сигнала

ВЫВОД

Разработана схема устройства преобразования солнечной энергии в электрическую энергию переменного напряжения для электропитания жилого дома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехника: Учебное пособие для вузов. – 4 издание, - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 440с., ил.
2. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М., «Советское радио», 1975.
3. Справочник по математике.