

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.314.5

Качан
Дмитрий Александрович

ИНВЕРТОР ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Автореферат на соискание степени магистра техники и технологии

1-59 81 01 Управление безопасностью производственных процессов

Д.А. Качан

Научный руководитель
Леонид Юрьевич Шилин
доктор технических наук, профессор

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие в мире наблюдается бурное развитие гелиоэнергетики. Программы развития гелиоэнергетики утверждены в большинстве развитых стран мира.

По количеству световой энергии, поступающей на поверхность, Беларусь находится на одном уровне с Германией, Японией, Канадой, где солнечная энергетика развивается очень активно.

Самым мощным, экологически чистым, естественным и общедоступным источником энергии на нашей планете является Солнце. Развитие науки и промышленности позволяет сегодня говорить о реальной возможности обеспечения человечества электричеством с помощью преобразования энергии Солнца.

Республика Беларусь собственными природными запасами обеспечивает около 15–18 % своих потребностей в топливно-энергетических ресурсах. Недостающее количество топлива и энергии поставляется из России и других стран, на что расходуется ежегодно 1.7–2.0 млрд. долларов США. Поэтому для нас чрезвычайно актуален вопрос поиска собственных экологически чистых источников энергии.

За последнее десятилетие мировые цены фотогоальванических панелей уменьшались примерно в 5 раз – прежде всего за счет значительного инвестирования в фотогоальванику крупнейших мировых держав – Китая и Индии.

В условиях Республики Беларусь рассматриваются два способа использования солнечной энергии: это преобразование солнечной энергии в тепловую энергию и преобразование солнечной энергии непосредственно в электрическую при помощи PV-систем.

Межотраслевой рабочей группой разработан проект концепции государственной программы по созданию и развитию сектора солнечной фотоэлектрической энергетике Республики Беларусь. Полагается, что формирование сектора солнечной энергетике в республике следует начать с создания высокоэффективного массового производства «под ключ» для изготовления как самих солнечных элементов (с КПД около 15%), так и конечного изделия – модулей на базе какого либо предприятия радиоэлектронного профиля (например, НПО «Интеграл», завод «Измеритель» и т.п.).

Таким образом, в Республике Беларусь есть необходимые условия для развития солнечной энергетике. Мы располагаем крупными научно-

исследовательскими центрами в области микро-, нано- и оптоэлектроники, соответствующим аналитическим и производственным оборудованием, рядом существенных научных результатов в областях материаловедения, химии, технологии кремния, соединений АЗВ5, А2В6, формирования просветляющих, люминесцентных, защитных покрытий и т.п., которые могут быть использованы при разработке солнечных элементов. Сравнительно большая материально-техническая база не загружена и пригодна для обеспечения крупносерийного производства солнечных элементов и гелиостанций.

А главный аргумент, это – наличие высококвалифицированных кадров и опыт международного научного сотрудничества в конкретных областях разработок.

Данная работа посвящена созданию одного из наиболее ответственных компонентов в фотогальванической системе – инвертору.

Необходимость собственного производства подобного устройства особенно актуальна, учитывая возрастающую роль солнечной энергетики.

Кроме того, развитие производства инверторов позволит освоить выпуск подобных по своему принципу работы и компонентам устройств – устройств плавного пуска, выпрямителей, источников бесперебойного питания и т.п.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью работы является разработка способов и технических средств для построения системы по выработке электрической энергии на основе преобразования энергии солнечной радиации, в том числе:

- анализ основных принципов инвертирования;
- формирование выходного напряжения инвертора;
- изучение зависимости гармоник от относительной длительности импульса напряжения;
- классификация видов широтно-импульсной модуляции;
- разработка системы управления фотогоальванического инвертора;
- формирование эргономических требований к устройству.

Задача проекта состоит в разработке интеллектуальной системы преобразования энергии фотогоальванического генератора с автоматической подстройкой отбора максимальной мощности. Так же необходимо предусмотреть возможность работы с переменными внешними влияющими факторами: уровни освещенности, температурные колебания, электрическая нагрузка, режимы работы системы накопления энергии. Система должна обеспечивать работу по оптимальной математической модели в начальный момент изменения влияющих факторов и иметь возможность хранения в памяти оптимальных шаблонов, просчитанных ранее при сходных условиях. Проектом предусмотрена разработка силовой части и системы контроля и управления фотогоальваническим генератором.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основные принципы инвертирования

Инвертированием в силовой электронике называют преобразование постоянного напряжения в переменное. Устройства, выполняющие такое преобразование, называются инверторами. Различают два типа инверторов:

1. Инверторы, ведомые сетью (зависимые);
2. Автономные инверторы (независимые).

Зависимый инвертор работает при наличии в его выходной цепи источника переменного напряжения, задающего форму, частоту и величину напряжения образованной им сети переменного напряжения. В этой сети находятся потребители электрической энергии переменного тока, и задача инвертора (зависимого от параметров задающей сети) сводится к генерации активной мощности.

Автономный инвертор может работать при отсутствии на его выходе напряжения иных источников. При этом частота выходного напряжения автономного инвертора определяется частотой импульсов управления вентилями инвертора, а форма и величина выходного напряжения – характером, величиной нагрузки и его схемой.

Различают три типа автономных инверторов:

1. Инверторы напряжения;
2. Резонансные инверторы;
3. Инверторы тока.

В данной работе рассмотрены инверторы напряжения, которые вследствие особенностей считаются наилучшими универсальными модулями преобразования электрической энергии постоянного тока в переменный.

Инвертор напряжения обладает следующими особенностями:

- На входе инвертора напряжения включается фильтровый конденсатор достаточной емкости.
- Входной ток $i_{вх}$ может принимать отрицательные значения при большом сдвиге фазы выходного тока инвертора $i_{вых}$ относительно коммутационной функции $\Psi_{п}$ (т.е. выходного напряжения).
- Форма выходного напряжения инвертора определяется видом коммутационной функции вентильного коммутатора $\Psi_{п}$.

Виды функций формирующих выходное напряжение инвертора

Доли высших гармоник напряжения по сравнению с первой:

$$U_{вых(k)}^* = \frac{U_{вых(k)}}{U_{вых(l)}} = \frac{\sin k\pi t_u^*}{k \sin \pi t_u^*}$$

На рисунке 1 построены зависимости первой гармоники и высших гармоник от относительной длительности импульса напряжения, которую можно назвать глубиной модуляции напряжения по управлению, меняющейся от 0 до 1. Широтное регулирование может применяться только в малом диапазоне изменения $t_{и}^*$ для целей стабилизации выходного напряжения. К тому же зависимость первой гармоники от глубины регулирования нелинейна.

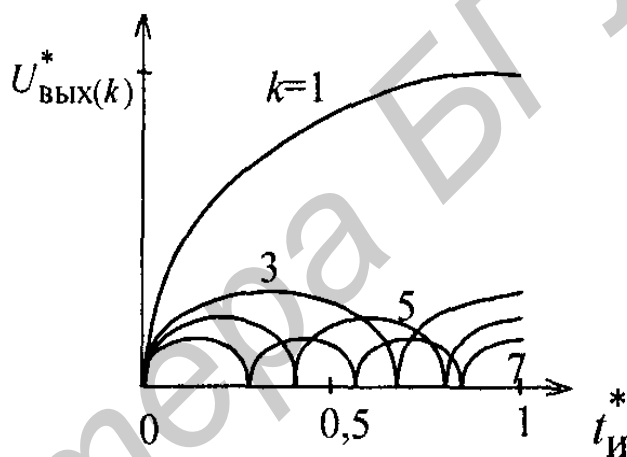


Рисунок 1 - Зависимость гармоник от относительной длительности импульса напряжения

Для улучшения спектра выходного напряжения инвертора используют широтно-импульсное регулирование на несущей частоте токов, значительно превышающей (в число раз, называемое кратностью частоты коммутации – K_T) частоту выходного напряжения инвертора.

Классификация видов широтно-импульсной модуляции

1. По модулируемому параметру различают одностороннюю и двухстороннюю широтно-импульсную модуляцию (ШИМ). При односторонней модулируется положение переднего или заднего фронтов импульсов, при этом соответственно задний и передний фронты импульсов следуют с неизменной

тактовой частотой. При двусторонней модуляции в пределах такта изменяется положение обоих фронтов импульсов.

2. По отношению периода модулирующего сигнала к периоду тактов импульсной последовательности, т.е. по кратности частоты коммутации, различают ШИМ с целочисленной кратностью, рассмотренную выше, ШИМ с кратностью, выражаемой дробным рациональным числом, и ШИМ с кратностью, выражаемой иррациональным числом. При дробно-рациональной кратности период повторения модулированной последовательности импульсов, формирующих выходное напряжение инвертора, определится как такой наибольший период выходного напряжения, в котором укладывается целое число периодов модулирующего сигнала и периодов тактов. Этот период задает период нижней субгармоники в кривой выходного напряжения, т.е. гармоники с частотой ниже частоты модулирующего сигнала, которой определяется частота основной гармоники выходного напряжения.

3. По числу полярностей импульсов на длительности такта различают двухполярную модуляцию, когда такт образован совокупностью импульса положительной и отрицательной полярности, однополярную модуляцию, когда такт образуется импульсом одной полярности и паузой, и квазиоднополярную модуляцию, когда после импульсов одной полярности, приближающихся по длительности к предельно минимальной длительности, допустимой при практической реализации, следуют импульсы другой полярности неизменной длительности, равной предельно минимальной.

4. По форме модулирующего сигнала, задающего закон изменения длительностей импульсов на такте, а значит, и форму гладкой составляющей выходного напряжения, различают синусоидальный, треугольный, трапецеидальный, прямоугольный законы модуляции.

5. По способу однозначного определения конкретной длительности импульса на такте в функции непрерывного модулирующего сигнала различают ШИМ первого рода, когда длительность импульса зависит от значения модулирующего сигнала в некоторые фиксированные моменты времени, например в моменты начала импульса, ШИМ второго рода, когда длительность импульса обусловлена значением модулирующего сигнала в момент окончания модулируемого по длительности импульса, и ШИМ третьего и четвертого родов, когда длительность импульса определяется некоторой функциональной зависимостью от значения модулирующего сигнала в некоторой промежуточной точке на интервале импульса.

6. По числу уровней модуля обобщенного вектора напряжения трехфазного инвертора различают одноуровневые алгоритмы управления, реализуемые в классических трехфазных мостовых схемах инверторов, и

многоуровневые алгоритмы управления, реализуемые в модифицированных схемах трехфазных инверторов.

Зависимость фазного напряжения трехфазного инвертора от высших гармоник

В настоящее время массовым и перспективным стал автономный инвертор напряжения (АИН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

В общем случае все виды ШИМ основаны на изменении длительности импульсов равной амплитуды, следующих через равные интервалы времени в соответствии с принятым законом формирования напряжения. Законы формирования, общие для любого метода модуляции, определяются функцией построения (модулирующим сигналом). На основании литературных данных целесообразно распределить разновидности ШИМ по степеням соответствия параметров импульсов значениям модулирующего сигнала согласно основным признакам (рисунок 2).



Рисунок 2 - Структурная схема реализации ШИМ

Следует отметить, что в связи с развитием методов формирования синусоидальных напряжений, трапецеидальная ШИМ уже почти вытеснена синусоидальной.

Современные преобразователи строятся с использованием микроконтроллеров (МК), с помощью которых реализуется и ШИМ.

Реализация широтно-импульсной модуляции

Реализация ШИМ на МК возможна двумя способами: традиционный (формирование выходных напряжений осуществляется в результате постоянного сравнения модулирующего и несущего сигналов) и табличный (полностью рассчитывается заранее и заносится в ПЗУ, из которого затем считывается).

Описание схемы управления

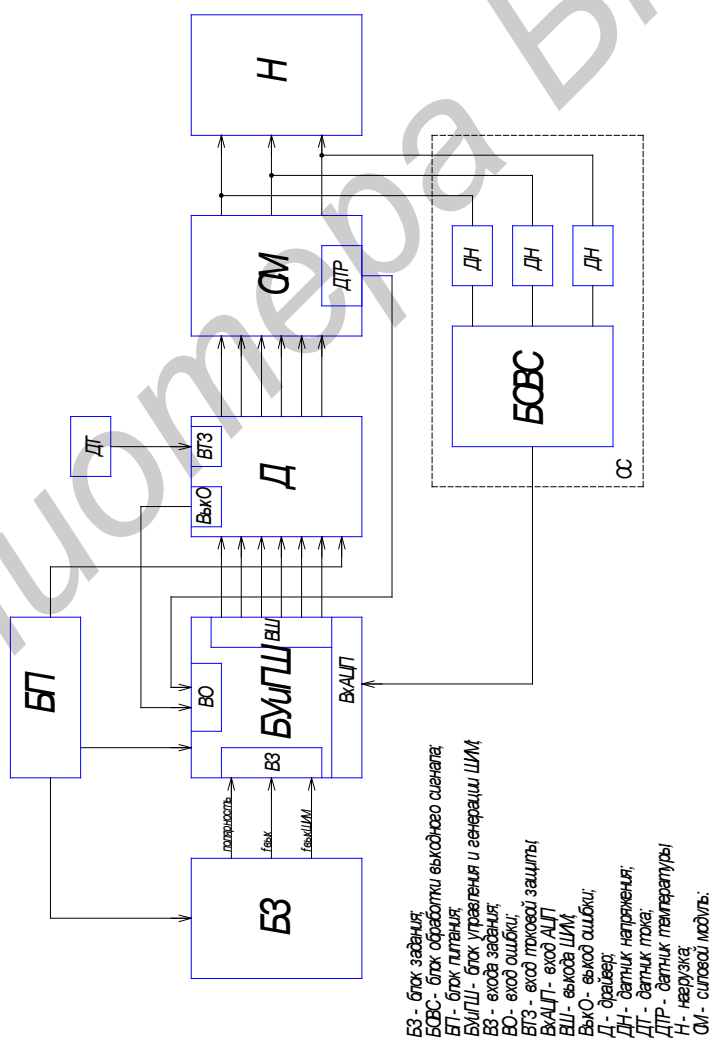


Рисунок 3 - Структурная схема системы управления

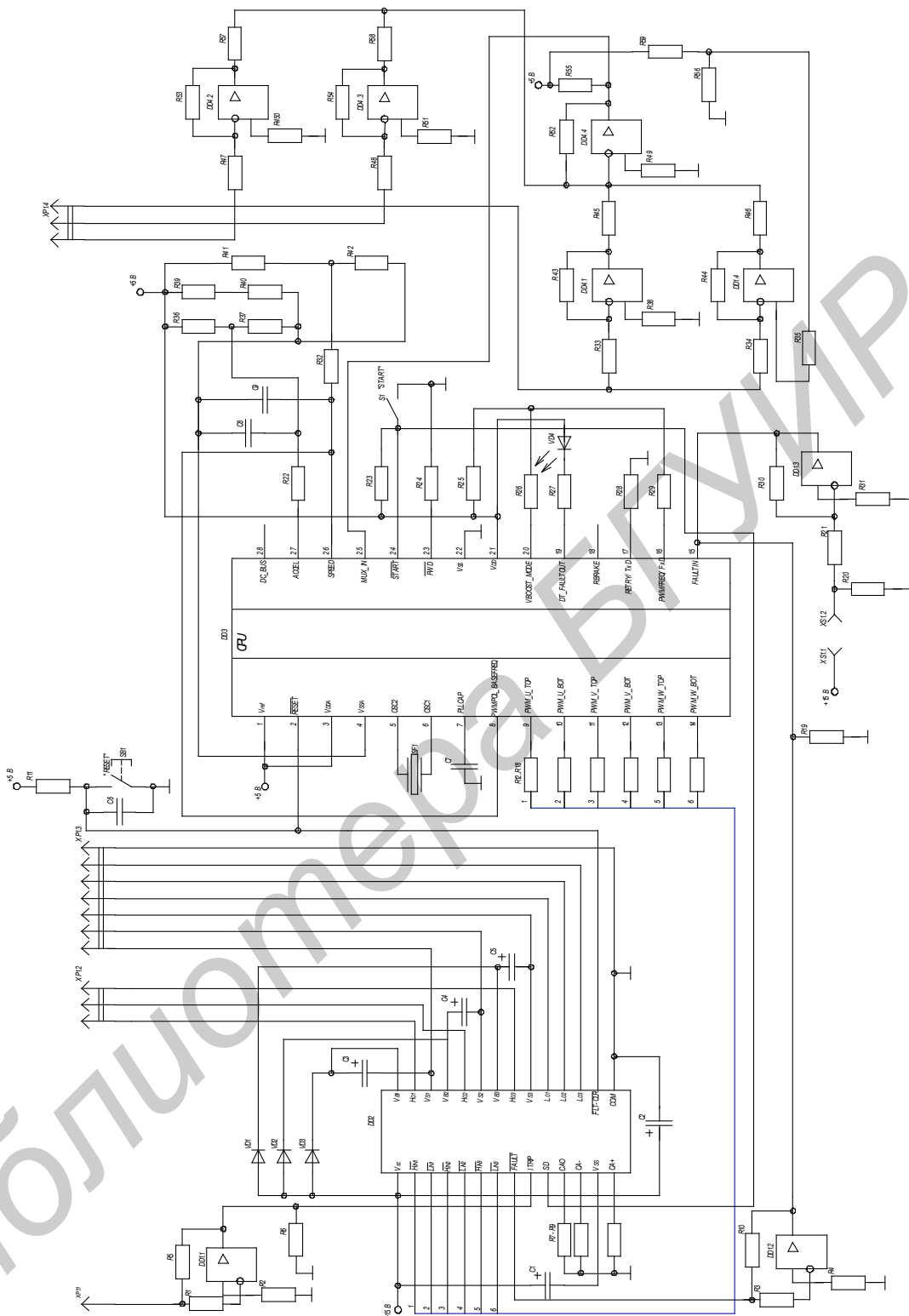


Рисунок 4 - Схема электрическая принципиальная системы управления

Структурирование лицевой панели управления

Основопологающим принципом организации лицевой панели устройства (ЛПУ) является расчленение её на три функциональные зоны:

- индикации;
- управления;
- коммутации.

Расположение зон, подчиняясь эргономической закономерности, варьируется в зависимости:

- от насыщенности каждой зоны элементами;
- от ориентации элементов в пространстве;
- от соотношения сторон панели, т.е. от конкретного конструктивного варианта исполнения.

Известно, что психологические возможности человека по восприятию информации ограничены. Часто называют число одновременно успешно контролируемых человеком информационных объектов, которое не превышает 7 ± 2 (ограничение объема оперативной памяти).

Учитывая это, а также свойство структурности восприятия, целесообразно производить предварительную группировку элементов ЛПУ, а затем размещение их по функциональным зонам. За счет этого происходит укрупнение единицы информации, облегчается ее восприятие, сокращается общее время регулирования, повышается надежность работы оператора.

Можно выделить три основных принципа структурирования ЛПУ:

- группировки;
- взаимосвязи;
- приоритета.

Принцип группировки включает следующее. При количестве установочных элементов на ЛПУ свыше 20...30 их следует разбивать на несколько визуальных отличных групп. Группировка информационно-управляющих элементов может осуществляться на логическом и формальном уровнях.

По логическому признаку, объединению в функциональные группы подлежат элементы ЛПУ, связанные между собой:

- по общности выполняемых задач, функций и т.п.;
- по принадлежности к соответствующему обслуживаемому комплексу, системе, объекту и т.д.;
- по каналам и т.д.

Если подобное объединение невозможно, то элементы ЛПУ объединяются в функциональные группы по формальному признаку, т.е. по внешней однотипности элементов:

- группа клавиш;
- группа кнопок;
- группа лампочек;
- группа индикаторов;
- группа разъемов, клемм и т.д.

С позиций более эффективной работы оператора, лучшей его ориентации и более быстрого освоения ЛПУ логический принцип ценнее формального.

Принцип взаимосвязи имеет две стороны:

- связана с функциональными взаимосвязями между органами управления и индикаторами внутри функциональной группы;
- учитывает взаимосвязь этих элементов и функциональных групп с позиций последовательности их использования в процессе работы.

В большинстве случаев изменение положения органа управления должно отражаться на соответствующем индикаторе. При этом соблюдается следующее правило: увеличению параметра на индикаторе должно соответствовать движение органа управления вверх, вправо или по ходу часовой стрелки. Это принцип так называемого совмещения стимула и реакции. В этом случае связанные органы управления и информации рекомендуется располагать в одной плоскости.

Для правильного и удобного размещения элементов и функциональных групп на ЛПУ надо учитывать алгоритм работы оператора с ЛПУ.

Принцип приоритета учитывает функциональную важность и значимость информационно-управляющих элементов и функциональных групп на ЛПУ.

Установление приоритета может осуществляться:

- по оперативной значимости показаний индикаторов либо степени воздействия органа управления на работу системы в целом;
- по требуемой точности считывания показаний с индикатора либо регулировочных операций органа управления;
- по частоте обращения к элементу управления или индикации в процессе работы.

Элементы и функциональные группы, получившие приоритет, размещаются в зонах, где имеются наилучшие условия для их восприятия и досягаемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была достигнута поставленные цели: осуществлен анализ основных принципов инвертирования; рассмотрены особенности формирования выходного напряжения инвертора; изучены зависимости гармоник от относительной длительности импульса напряжения; произведена классификация видов широтно-импульсной модуляции; разработана система управления фотогальванического инвертора; сформированы эргономические требования к устройству.

Проектом определены основные требования и выбран наиболее приемлемый тип микроконтроллера. В работе рассмотрены основные аспекты техники безопасности при работе с электрической системой.

Особое значение в работе посвящено эргономическому обеспечению устройства. Эргономика позволяет получить всестороннее представление о трудовом процессе и тем самым открывает широкие возможности его совершенствования.