

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ЕЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**  
**Шахнович Д.И.**

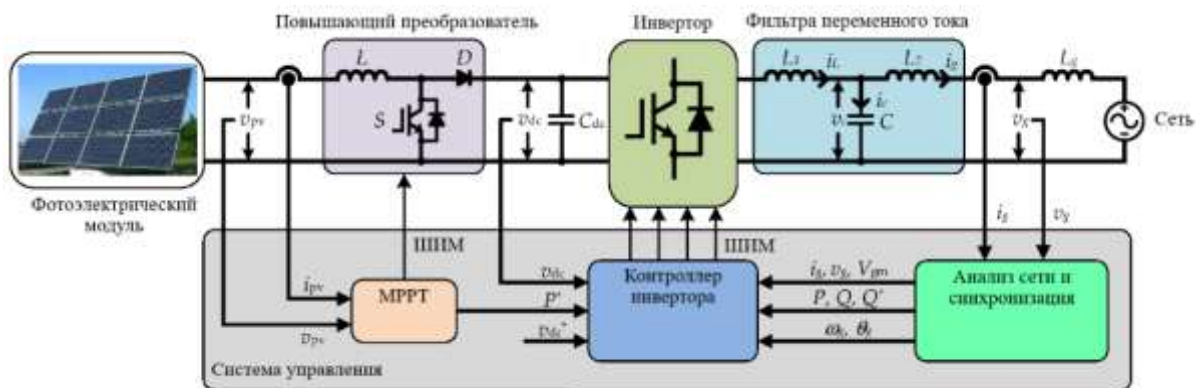
Научный руководитель ассистент А.Б. Аскаров  
**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Являясь важной частью современной энергетической инфраструктуры, системы возобновляемой энергетики разрабатываются быстрыми темпами. Например, в последние годы, из-за постоянного снижения цены на фотоэлектрические модули и высокого мирового спроса на экологически чистые системы преобразования энергии, рынок солнечных фотоэлектрических систем особенно быстро развивался. В период с 01.01.2018 г. по 01.01.2022 г. мощность солнечных фотоэлектрических систем в России была увеличена на 35 % (т. е. примерно на 1281 МВт), в результате чего общая мощность достигла 2115,5 МВт. В будущем системы генерации на базе фотоэлектрических установок достигнут уровня технологического развития, который позволит частично заменить альтернативные источники энергии. Однако с быстрым развитием возобновляемых источников энергии устойчивость и безопасность электроэнергетических систем привлекают больше внимания.

Чтобы справиться с проблемами, связанными с высоким уровнем внедрения фотоэлектрических систем, в последнее время было проведено много исследований по улучшению условий для интеграции фотоэлектрических систем. Таким образом, ожидается, что сетевые фотоэлектрические системы должны быть многофункциональными. То есть, например, для фотоэлектрических систем требуется как регулирование реактивной мощности, так и отслеживание максимальной мощности. На самом деле, некоторые фотоэлектрические системы на современном рынке уже способны выполнять подобные функции. Тем не менее, фотоэлектрические системы должны быть более интеллектуальными с учетом устойчивости сети, надежности и защиты от сбоев при высоком уровне использования [1].

Рассмотрим структуру сетевой солнечной электростанции СЭС построенной на фотоэлектрических модулях.

На рисунке 1 изображена общая структура управления фотоэлектрической системой, подключенной к сети. Определение максимальной мощности осуществляется с использованием системы слежения за максимальной точкой мощности (MPPT контроллер) [2].



**Рис. 1. Структурная схема управления СЭС**

СЭС этого вида обычно состоят из:

Фотоэлектрического модуля – основной элемент солнечной электростанции. Это полупроводниковое устройство, которое преобразует энергию излучения непосредственно в электричество за счет фотоэлектрического эффекта при воздействии лучистой энергии, такой как солнечный свет [3].

Повышающего преобразователя постоянного тока – это силовой преобразователь, который содержит по меньшей мере два полупроводниковых ключа (диод и транзистор) и по меньшей мере два компонента накопления энергии (конденсатор и катушка индуктивности). Он называется ШИМ повышающим преобразователем постоянного тока, потому что состояние ключей управляется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Его выходное напряжение всегда выше, чем входное напряжение при установившемся режиме работы [4].

Фильтра переменного тока – фильтр переменного тока построен на фильтрующем конденсаторе. Работа этого конденсатора в основном зависит от принципа емкостного сопротивления. Поскольку конденсатор обеспечивает чрезвычайно низкое сопротивление для высокочастотных сигналов, эти сигналы будут фильтроваться. Основной сигнал, т. е. ток промышленной частоты, не будет проходить через конденсатор, поскольку последний обеспечивает высокое сопротивление для низкочастотных сигналов [4].

Инвертора – прибор преобразующий постоянный ток в переменный ток, стабильной частоты и формы.

Конструкция солнечного инвертора включает в себя следующие элементы: низкочастотный адаптер (диоды, выпрямитель), варикап (полупроводниковое устройство, работающее за счет триодов, проводимость которых составляет более 4 мкф), динисторы (необходимы для обеспечения чувствительности).

Роль полупроводникового переключателя выполняют транзисторы. В системах с мощностью до 5 кВт используются MOSFET-транзисторы, а в системах, отличающихся большей мощностью, применяются IGBT – биполярные транзисторы с изолированным затвором [4], [5].

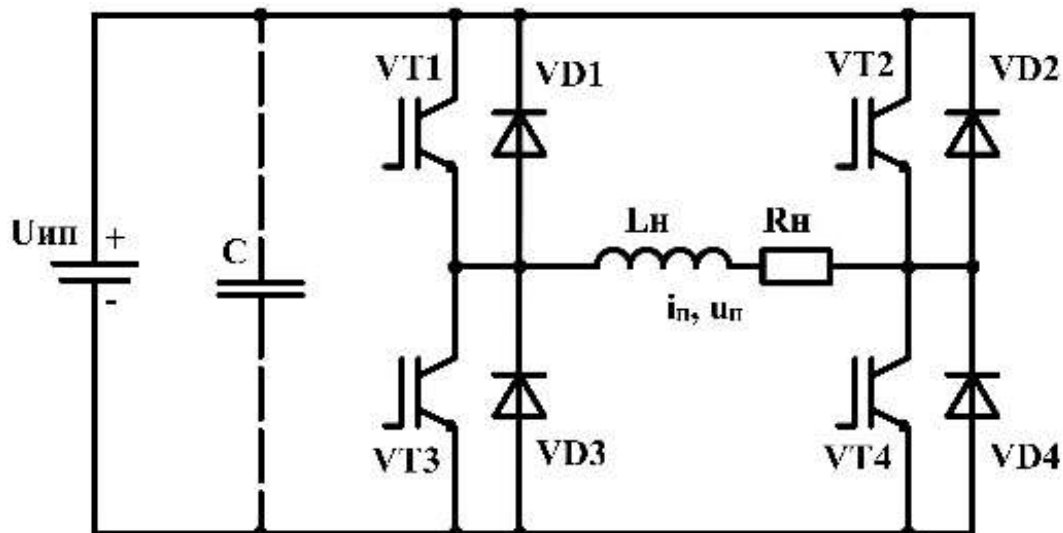


Рис. 2. Схема исполнения инвертора

Приведенная схема инвертора на рисунке 2 состоит из: четырех IGBT транзисторов VT1...VT4, включенных по схеме моста, и четырех обратных диодов, обозначенных VD1...VD4, параллельно соединенных с управляемыми полупроводниковыми ключами во встречном направлении. Преобразователь питает активно-индуктивную нагрузку [6].

Система управления – электронное устройство управления, позволяющее осуществлять параллельную работу солнечной электростанции с сетью, а также максимально по мощности использовать фотоэлектрический модуль [7].

Для лучших показателей СЭС нужно применять различные виды систем управления. Системы управления бывают на базе устройств серии ШИМ и МРРТ контроллеров [7].

Контуры управления на базе ШИМ позволяют регулировать выходное напряжение по синусоидальному закону. Функциональность таких аппаратов несколько уступает более совершенным устройствам серии МРРТ [1].

Устройства серии МРРТ работают по принципу отслеживания максимальной точки мощности, тип систем, имеющий большую функциональность и подходящий для систем глобальной солнечной энергетики [2].

В ходе выполнения данной работы была рассмотрена структура сетевой солнечной электростанции, а также сделан анализ следующих устройств: фотоэлектрического модуля; повышающего преобразователя постоянного тока; фильтра переменного тока; инвертора; системы управления.

#### Литература

1. Малинин Г. В., Белов Г. А. Системы управления преобразователями для солнечных модулей на базе инверторов с ШИМ //Вестник Чувашского университета. – 2015. – №. 3. – С. 68-80.
2. Кискин Д. А., Палкин Г. А. Структура солнечной электростанции с автоматическим позиционированием //Наука и образование: актуальные исследования и разработки. – 2021. – С. 47-52.
3. Горячев В. Я., Михайлов С. А., Голобоков С. В. Оптимизация структуры солнечной электростанции //Развивая энергетическую повестку будущего. – 2021. – С. 196-201.
4. Безик Д. А., Бычкова Т. В., Захарченко А. А. Моделирование преобразователя электроэнергии солнечной электростанции //Современные тенденции развития аграрной науки. – 2022. – С. 257-263.
5. Купреенко А. И., Исаев Х. М., Михайличенко С. М. Развитие сектора энергетики в России на основе возобновляемых источников энергии //Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №. 3 (85). – С. 55-60.
6. Кастров М. Ю., Кузин И. С., Сорокин Г. В. Транзисторные инверторы для электропитания средств связи //Практическая силовая электроника. – 2011. – №. 1. – С. 2-6.
7. Ломоносов С. Е. и др. Разработка солнечной электростанции с изменяемым наклоном солнечных панелей //современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций Учредители: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования" Севастопольский государственный университет". – №. 4. – С. 183.
8. Сафина, А. И. Современные тенденции и перспективы развития солнечной энергетики в России / А. И. Сафина // Теория права и межгосударственных отношений. – 2021. – Т. 2, № 8(20). – С. 548-553. – EDN RERHTC.
9. Пустоветов М. Ю. Вариант построения релейной защиты сетевой солнечной электростанции //комплексные проблемы техносферной безопасности. – 2021. – С. 294-300.