

**Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического
направления г. Алматы**

Научный проект

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

Выполнил: Абилаким Е.А.

Руководитель: Жукешов А.М.

г. Алматы, 2016

АННОТАЦИЯ

Проект выполнен на базе физико-технического факультета КазНУ им. аль-Фараби.

В данной работе приводится обзор существующих систем электропривода и ориентации, применяемых в солнечных электрических станциях (далее – СЭС). Кратко Рассмотрены типы СЭС и методы преобразования энергии солнца в электричество, сделан обзор основных принципов построения электропривода в системах наведения, дано описание основных элементов СЭС. Проводится анализ и обоснование выбора универсального электропривода для СЭС и режима его работы. Разработана система электропривода на микроконтроллере AVR и установлена на макете СЭС концентрационного типа. Проведено испытание работы привода под управлением мобильного приложения.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
1.1.Разработка и уточнение требований к электроприводам СЭС	5
1.2.Виды СЭС	6
1.3.Применение электропривода в СЭС	8
1.4.Основные типы опорно-поворотных устройств в СЭС	9
1.5.Электроприводы, применяемые в СЭС	10
1.6.Выбор и обоснование режима слежения за солнцем	11
1.7.Новые способы преобразования энергии солнца в электричество	13
2. Экспериментальный макет СЭС	14
2.1.Особенности изобретения	14
2.2.Перспективность разработки	15
2.3.Экспериментальный образец	15
3. Выводы	16
4. Список литературы	17

1. Введение

Одной из первостепенных задач в современных условиях является реализация комплекса мероприятий, направленных на общее повышение конкурентоспособности энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также на выявление прогрессивных технологий использования ВИЭ и их сочетаний, поскольку их применение в условиях конкретного региона является экономически, технически и социально оправданным [1].

При этом использование ВИЭ рассматривается как органичный и необходимый элемент программы устойчивого развития территории, определяющей направления развития инженерной инфраструктуры региона и указывающей способы решения поставленных задач [2,3].

Исходя из вышеизложенного, можно спрогнозировать энергетический дефицит и ряд проблем экономического порядка в Республике Казахстан.

Поэтому необходимы комплексные действия: интенсификация модернизации промышленности, создание новых энергоисточников, включая источники альтернативной генерации с одновременным повсеместным внедрением энергосбережения, снижением выбросов парниковых газов [4].

Среди всех источников энергии радиация солнца по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна. Годовое количество солнечной радиации, достигающей поверхности Земли, оценивается в $1,05 \cdot 10^{18}$ кВт/ч. Без ущерба для экологической среды может быть использовано 1,5% всей падающей на Землю энергии, т.е. $1,62 \cdot 10^{16}$ кВт/ч. в год, что эквивалентно $2 \cdot 10^{12}$ т условного топлива [5].

Анализ энергетических показателей различных типов двигателей и потерь мощности в зависимости от обобщенных параметров электропривода позволили определить наиболее адаптированные к нагрузке системы электроприводы. [6]. Однако система управления электроприводами не обеспечивает соответствующей точности и качества переходных процессов следящих электроприводов. Кроме этого, следует указать, что техническая реализация систем управления следящего электропривода вызывает определенные сложности [7, 8].

Кроме чисто технических проблем, указанных выше, обзор существующих систем электропривода показывает, что необходимо разрабатывать более

точные, но простые системы электроприводов с применением современной микропроцессорной техники, в связи с тем, что в последние годы микроконтроллеры и программное обеспечение становятся все более доступными для разработчиков. Помимо этого, разработка универсальных электроприводов обойдется дешевле.

Разработка и уточнение требований к электроприводам солнечных фотоэлектрических станций

Широкий класс установок с автономными источниками питания построен на базе СЭП, к которым предъявляются повышенные требования по надежности, энергетическим характеристикам, качеству протекания динамических и статистических процессов [9, 10]. Специфика СЭП заключается в наличии автономного источника питания, усложняющего реализацию системы с заданными показателями качества регулирования [11]. Это связано с ограниченными ресурсами энерго питающей установки, что обуславливает требования минимизации потерь, максимума КПД СЭП в целом, и высокого качества протекания динамических процессов. Реализовать эти требования возможно путем создания высоко-динамичных систем СЭП с широким диапазоном регулирования скорости при высокой плавности ее изменения.

Существует ряд устройств, работающих при значительных динамических нагрузках в широком диапазоне регулирования скорости. К ним следует отнести радиолокационные установки, устройства слежения и наведения, и другие высоко-динамичные устройства морских и наземных, воздушных и космических установок [6, 7]. В исполнительных механизмах устройств этого класса применяются СЭП, отличающиеся повышенными требованиями к энергетическим характеристикам, массогабаритным показателям, уровню надежности, величине шумов и вибраций, электромагнитной совместимости источником питания. Отработка значительных динамических нагрузок (частые реверсы, большое число включений в час, отработка ступенчатых управляющих воздействий) в широком диапазоне регулирования скорости характерна как для ряда СЭП, так и для подвижных установок в целом.

Среди технико-экономических требований, предъявляемых к СЭП СЭС, необходимо выделить следующее:

- Высокие значения мощности и момента на валу исполнительного двигателя при минимальных массе и габаритах.
- Повышенная перегрузочная способность привода в кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы привода.
- Высокая ремонтпригодность.
- Малая энергоемкость.
- Унификация узлов и элементов.
- Экономичность и низкая стоимость.

Поскольку полное совмещение всех требований в одном устройстве практически невозможно, то при разработке конкретного СЭП СЭС учет одних требований достигается в ущерб другим.

Виды СЭС

Устройства, преобразующие солнечную энергию в электрическую или тепловую, называют гелиоустановками.

Солнечная батарея — один из генераторов альтернативных видов энергии, превращающих солнечное излучение в электричество. Простейшая солнечная панель состоит из батареи солнечных элементов и полупроводникового фотоэлектрического генератора. Действие солнечных элементов основано на использовании явления внутреннего фотоэффекта. В результате работы, солнечные батареи генерируют постоянный ток. Энергия может использоваться как напрямую различными приборами, так и запасаться в аккумуляторных батареях для последующего использования или же преобразовываться в переменный ток напряжением 220 В. Модульный тип конструкции позволяет создавать установки практически любой мощности и делает их весьма перспективными. Установки имеют малую массу и отличаются простотой обслуживания.

Недостатком фотоэлектрического преобразователя является высокая стоимость и низкий КПД. Фотоэлектрический эффект возникает в солнечном элементе при его освещении светом в ближней инфракрасной области спектра. В солнечном элементе из полупроводникового кремния толщиной 50 мкм поглощаются фотоны, и их энергия преобразуется в электрическую посредством p-n соединения. Переход на гетеро-соединение типа арсенида галлия и алюминия, применение концентраторов солнечной радиации с кратностью концентрации 50-100 позволяет повысить КПД до 35%. Однако стоимость элементов на базе соединения арсенида галлия и алюминия значительно выше, чем на базе кремния [12].

В настоящее время КПД преобразования солнечной энергии фотоэлементов на основе монокристаллического кремния доходит до 12-15%. Тем не менее, затраты на создание гелиоустановок, даже если учитывать при этом только затраты на производство фотоэлементов, по своей удельной стоимости все еще превосходят затраты на создание атомных, тепло- и гидроэлектростанций. Это объясняется низкой плотностью солнечного излучения. Необходимо собирать солнечное излучение с больших площадей, покрывая их дорогими полупроводниковыми фотоэлементами. Стоимость получаемой электроэнергии значительно превосходит стоимость электроэнергии, вырабатываемой традиционными способами. С течением времени происходит снижение стоимости солнечных элементов, главным образом за счет снижения стоимости полупроводниковых материалов. На данный момент себестоимость солнечных элементов составляет примерно 2-3 дол/Вт. Стоимость фотоэлектрических гелиоустановок в сборке доходит до 3-4 дол/Вт при стоимости электроэнергии 0,25-0,56 дол/Вт [12].

Как один из способов снижения стоимости солнечной электроэнергии может рассматриваться применение концентраторов излучения [13, 14]. В этом случае требуемая площадь солнечных элементов, следовательно, и их стоимость могут быть снижены пропорционально кратности концентрирования солнечного излучения зеркалами или линзами. Однако в этом случае возникает ряд проблем. Прежде всего, при повышении мощности излучения увеличивается плотность генерируемого фототока, что требует усложнения конструкции солнечных элементов для уменьшения омических потерь. Во-вторых, увеличивается тепловая нагрузка на солнечные элементы, что может потребовать создание эффективной системы теплоотвода. В-третьих, требуется разработка высокоэффективных и дешевых концентраторов излучения. И, в-четвертых, требуется сравнительно более точное наведение на Солнце. Таким образом, целесообразность применения концентраторов необходимо определять как разность экономии средств за счет уменьшения площади фотопреобразователя и затрат, направленных на решение вышеуказанных проблем [15, 16, 17].

СЭС с применением тепловых двигателей в настоящее время в основном строят либо как СЭС башенного типа, либо как СЭС турбогенераторного типа. В башенных СЭС используется центральный приемник с полем гелиостатов, обеспечивающий высокую степень концентрации солнечного излучения [18, 19, 20]. Управление системой, как правило, осуществляется с помощью компьютера. В качестве рабочего тела в тепловом двигателе обычно используется водяной пар с температурой до 550°C, воздух и другие газы до 1000°C, низкокипящие органические жидкости (в том числе

фреоны) – до 100°C, жидкометаллические теплоносители – до 8000°C [21, 22].

Применение электропривода в СЭС

В настоящее время во всех странах, активно использующих ВИЭ, в частности СЭС, применяются системы слежения за Солнцем [23, 24]. Существуют основные типы следящих электроприводов:

- Шаговый электропривод в режиме программного управления от вычислительной машины.
- Следящий шаговый электропривод в режиме автосопровождения с управлением от датчика рассогласования.
- Шаговый электропривод в режиме часового завода с управлением от задающего генератора импульсов (только для трехкоординатных (экваториальных) систем).
- Электропривод постоянного тока непрерывного автосопровождения;
- Следящий релейный электропривод постоянного тока в режиме шагового автосопровождения.

Шаговые электроприводы представляются необоснованно дорогими и сложными для гелиоустановок. Кроме этого, работа шагового двигателя на малых частотах вращения сопровождается шумом и вибрациями. Поэтому наиболее предпочтительными по следующим причинам являются простые и недорогие приводы релейного типа:

- Электрические потери в шаговом режиме намного ниже, чем в режиме непрерывного автосопровождения.
- Режимы слежения и переброса осуществляются одним двигателем с номинальной частотой вращения, что упрощает кинематическую цепь и электромеханическую часть привода.
- Системы с релейным следящим электроприводом отличаются простотой и надежностью.

Потребители часто используют неподвижные, ориентированные строго на юг системы, но это, в основном, в частных домах, когда на крышу имеющегося строения крепят неподвижные СЭС; либо на крышу зданий, где нет возможности устанавливать системы слежения, либо в районах, подверженных сильным ветровым воздействиям. Но в подавляющих случаях, все конструкторы стараются устанавливать системы слежения, электроприводы гелиоустановок, так как системы привода СЭС позволяют экономить и вырабатывать значительное количество электроэнергии.

Так в США и ЕС почти каждая вторая СЭС имеет следящие приводы. В России также проявляют интерес к этой технологии. В Республике Казахстан, по моему мнению, не уделяется должного внимания этому вопросу. Это объясняется тем, что в РК не производят электродвигатели, нет специализированных фирм, которые целенаправленно занимались бы разработкой этого направления энергетики. В данной работе будет показана необходимость применения электроприводов для СЭС и будет обоснован экономический эффект от применения электропривода для СЭС.

Основные типы опорно-поворотных устройств СЭС

Для СЭС и прочих гелиоустановок используются азимутально-зенитальное опорно-поворотное устройство (ОПУ), и наведение происходит по двум осям.

Данная конструкция имеет ряд недостатков: сложности передачи теплоносителя к теплообменнику, под действием силы тяжести веса фотопреобразователя возникает опасность расфокусировки установки и пр. В связи с этим интересен предложенный способ нестандартного расположения осей [23].

Здесь следящий электродвигатель с редуктором вынесен от вертикальной опоры специальным кронштейном. На катушке выходного вала редуктора закреплен трос. Второй трос закреплен на несущем ободе концентратора. Наматыванием троса на катушку меняется угломестное положение концентратора. Для предотвращения раскачивания концентратора от ветра применен дополнительный трос, также крепящийся к ободу концентратора.

Большое распространение получили неподвижные фотоэлектрические гелиоустановки. Однако среднесуточная мощность, вырабатываемая неподвижной солнечной батареей меньше, чем при слежении за Солнцем.

Для СЭС целесообразно применять экваториальную систему координат, где по основной оси положение регулируется автоматически в течение всего дня, а по координате склонения положение достаточно менять вручную несколько раз в год.

При необходимости автоматического регулирования по двум осям экваториальную систему координат использовать нецелесообразно, так как вследствие наклонного положения основной оси проявляется ряд

недостатков, делающих азимутально-зенитальную систему координат более предпочтительной.

Электроприводы, применяемые в СЭС

Электроприводы слежения солнечных фотоэлектрических станций работают, как правило, по двум осям координат. Для ориентации СЭС используют системы электроприводов следующих видов:

- Шаговый электропривод в режиме программного управления от вычислительной машины или в режиме часового завода с управлением от задающего генератора импульсов (для экваториальных координатных осей).
- Следящий шаговый электропривод в режиме автосопровождения с управлением от датчика рассогласования.
- Следящий электропривод постоянного тока с управлением в режиме непрерывного слежения за солнцем.

В настоящее время можно предположить, что компьютерное управление будет вытесняться, уступая место управлению от датчиков рассогласования для всех типов энергетических гелиоустановок [25, 26, 27] обеспечивающих высокую точность, широкий угол захвата и высокую надежность.

До настоящего времени шаговый электропривод представлялся необоснованно сложным, дорогим и энергетически неэффективным. Кроме того, СЭС вырабатывает постоянный ток, который затем, если это необходимо, может преобразовываться в переменный. На основании этого можно сделать вывод, что для осуществления процесса слежения за Солнцем

СЭС наибольшую целесообразность представляет электропривод постоянного тока с управлением от системы наведения с фотодатчиком [28].

В качестве силового преобразователя напряжения для питания двигателя постоянного тока в режиме непрерывного автосопровождения Солнца может быть использован тиристорный преобразователь, преобразователь на транзисторах, работающий в усилительном режиме и широтно-импульсный преобразователь на транзисторах [29].

Самым неэффективным с точки зрения экономии энергии является преобразователь на транзисторах, работающий в усилительном режиме,

однако такой способ регулирования напряжения в электроприводе гелиоустановок на практике достаточно распространенный, что объясняется простотой реализации и надежностью. Для применения тиристорного преобразователя должна быть возможность подачи переменного тока на вход преобразователя.

В случае если гелиоустановка работает как автономный источник питания, вырабатывающий постоянный ток с последующим преобразованием его в переменный, то необходимо учитывать не только КПД тиристорного преобразователя, но и КПД инвертора. Кроме того, в гелиоустановках мощность используемых двигателей, как правило, не превышает 1 кВт, а часто бывает даже менее 100 Вт. Необходимость использования сглаживающего реактора на выходе тиристорного преобразователя требует обратной связи по току и скорости с целью улучшения динамики системы. Таким образом, нельзя ограничиться одноконтурной системой управления, рассматриваемой ниже [30].

Наибольший интерес представляет широтно-импульсный преобразователь. Современные полупроводниковые приборы способны обеспечить частоту коммутации до 20 кГц и выше. Этого достаточно, чтобы при установленном сглаживающем реакторе, электромеханическая постоянная времени была больше в четыре раза. Однако с возрастанием частоты коммутации потери в транзисторных ключах и магнитопроводе двигателя [31]. Основным недостатком широтно-импульсного преобразователя является сложность и, следовательно, сравнительная надежность.

Для СЭС, целесообразно применять релейный следящий электропривод постоянного тока с управлением от системы наведения на солнце с фотодатчиком в режиме пошагового слежения за солнцем.

Выбор и обоснование режима слежения за Солнцем

Нагрузку на электропривод СЭС составляют силы трения в кинематической цепи и ветровая нагрузка. Мощность, поглощаемая силами трения в механических передачах, может в несколько раз превышать мощность на выходе кинематической цепи. Ветровая же нагрузка имеет непостоянный, непрогнозируемый характер.

Основные режимы следящего электропривода СЭС можно разделить на две категории – рабочие и вспомогательные. К рабочим относятся режимы слежения, реализуемые путем программного управления или

автосопровождения. В программном управлении закон движения объекта слежения известен и рассчитывается заранее. В режиме слежения за солнцем, получение сигнала управления связано непосредственно с объектом слежения.

К вспомогательным режимам относят «переброс» исполнительного вала, «поиск» и «захват» объекта слежения. Вспомогательные режимы используются при подготовке СЭС к работе при проведении профилактического обслуживания, для разворота с запада на восток после захода Солнца, для захвата цели в начале дня или после выхода Солнца из-за горизонта (если используется режим автосопровождения).

Элементы электропривода СЭС должны допускать эксплуатацию во всем диапазоне температур данного района и должны быть защищены от атмосферных осадков и попадания влаги.

Для получения более полных и достоверных результатов исследования необходимо правильно выбрать и обосновать расчетный режим работы СЭП СЭС, а также характер возмущающих воздействий, воздействующих на него.

Исследования СЭП СЭС проводилось на основе методов комплексных планомерных экспериментов. В качестве объекта исследования использовалась расчетная модель обобщенного СЭП СЭС. Структура расчетной модели получена в работе и в результате анализа и обобщения всех приемлемых для СЭС структур СЭП [32].

В программном управлении закон движения объекта слежения известен и рассчитывается заранее. Следящий электропривод отрабатывает заданный закон движения исполнительного вала, который является входным сигналом системы. В режиме слежения закон движения объекта неизвестен. Получение сигнала управления связано непосредственно с объектом слежения. В дальнейшем, режим программного управления рассматриваться не будет [33].

К вспомогательным режимам относятся «переброс» исполнительного вала, «поиск» и «захват» объекта слежения, в которых точность СЭП строго не регламентируется. Вспомогательные режимы используются при подготовке СЭС к работе при проведении профилактического обслуживания, а также для обеспечения технологических операций (например, смена испытуемого образца в солнечных печах). В этих режимах кинематический люфт и возмущающие воздействия по нагрузке не оказывают существенного влияния на работу электропривода. Влияние люфта и нагрузки можно рассматривать только в отношении прочности механической части,

энергетических показателей и устойчивости электропривода. Отмеченные вспомогательные режимы входят в автоматизированный цикл работы СЭС, при котором действия оператора сведены к минимуму.

Новые способы преобразования солнечного света и тепла в электричество

В настоящее время основными новыми технологиями, применяемыми в солнечных концентраторах для получения электрической энергии, являются двигатели Стирлинга и турбины. Оба направления активно развиваются в таких странах как США, Голландия, Китай и др., однако стоимость таких установок весьма велика, а КПД все еще ниже 30 %.

В то же время существует еще один способ получения электричества из излучения Солнца – это термоионные преобразователи. До последнего времени температура необходимая для получения термоэмиссионного тока была в пределах 1500°С. Но недавно эта проблема получила новое решение – Николас Меллош, исследователь Стэнфордского Университета, продемонстрировал новый механизм преобразования солнечного света и тепла в электричество с помощью разработанного им устройства. Устройство нового типа, использующее одновременно энергию света и тепловую энергию, обещает новые возможности в преобразовании энергии Солнца в электричество.

Принцип действия нового прибора основан на физических явлениях, открытых учеными Стэнфорда. В прототипе нового преобразователя солнечный свет возбуждает электроны в специальном электроде, а избыточное тепло перебрасывает эти электроны на другой электрод в вакууме, создавая электрический ток. По задумке ученых, неиспользованная тепловая энергия будет использована для нагрева теплоносителя парового двигателя. Такая конструкция позволит преобразовывать рекордные 50% энергии солнечного света в электричество. На сегодня, теоретический предел фотоэлектрических элементов едва дотягивает до 29% КПД преобразования, а лучшие серийные образцы показывают 22%.

Обычные же солнечные батареи из кристаллического кремния эффективны лишь на 15%. Большая часть всей солнечной энергии теряется в виде тепла. Это происходит потому, что такая солнечная ячейка использует лишь

часть светового спектра, фотоны же ниже определенного энергетического уровня просто разогревают пластину.

Один из способов использовать большую часть светового потока – это создание многослойных структур, каждый слой которых воспринимает свою часть спектра, тем самым увеличивая общую эффективность преобразования до 40% (сегодня это 35.8%). Недостаток этой технологии – очень высокая стоимость и сложность производства.

Идея использования разогретого электрода для получения электроэнергии в вакууме не нова. Подобные конвертеры (thermionic energy converter) использовались российскими спутниками, но не нашли применения на земле, так как для эффективной работы требовалась очень высокая температура, около 1500 С. Катод этих термических преобразователей обычно создавался с использованием цезия.

Группа ученых под руководством Мелоша заменила катод из цезия на «сэндвич» из полупроводникового материала, который мог использовать как световую, так и тепловую энергию для преобразования. Когда свет попадал на катод, он начинал работать как обычный фотоэлектрический элемент из кристаллического кремния, чего не происходило в катодах, выполненных из металла в прошлом. Далее не требовалось большого количества тепла, чтобы перевозбужденные электроны начали перепрыгивать на анод. Таким образом, новая система позволяла эффективно работать при более низких температурах, чем в классическом тепло-электронном преобразователе, но при более высоких температурах, чем обычная фотоэлектрическая пластина.

Ученые назвали новый механизм PETE – photon-enhanced thermionic emission, или тепло-электронный преобразователь, улучшенный фотонами.

2. Экспериментальный макет СЭС

Особенности изобретения

- В режиме автосопровождения станция работает под управлением датчика слежения за солнцем.
- В режиме программного управления станция управляется от микроконтроллера через шаговый электропривод.
- Дистанционное управление системой электропривода по Bluetooth.

- Созданный электропривод будет использован как для плоских фотовольтаических панелей, так и для параболических солнечных концентраторов.

Перспективность разработки

Перспективность Проекта в двух технологических инновациях, существенно повышающих надежность установки и обеспечивающих конкурентное преимущество:

- Применение на концентраторе металлического покрытия с высокой отражательной способностью и долговечностью, полученного на основе плазменного напыления.
- Применение микропроцессорного управления сервоприводами, что позволяет обеспечивать точную фокусировку солнечной энергии на приемник.

Отличительными преимуществами является универсальность и высокий ресурс работы установки. Высокотехнологичная установка создается на основе отечественных разработок. Немаловажным аспектом является демонстрация для населения новых инновационных способов получения энергии.

Экспериментальный образец



Изготовлен экспериментальный образец параболического концентратора диаметром 80 см с микропроцессорной системой позиционирования, а также искусственная подсветка галогенными лампами. МК управляет работой сервоприводов. Разработано собственное программное обеспечение на базе библиотек языка Си.

На данный момент установлен фотоэлемент в зону фокуса, при этом плотность фототока увеличивается в 2-3 раза, соответственно повышается эффективность системы генерации энергии. За счет поточного водяного охлаждения фотоэлемента возможна выработка тепловой энергии.

Типичный коммерческий отражатель имеет диаметр до 12 м, с отражательной способностью до 94%.

Материал отражателя может быть металлом, либо полимером, либо состоять из плоских зеркал. Система ориентации позволяет отслеживать перемещение Солнца со скоростью 60° в час, может иметь микроконтроллер и выход в интернет. В приводе обычно используются электрические сервомоторы.

Актуальна разработка собственных схем приводов на основе стандартных моторов постоянного тока, что значительно удешевит систему.

3. Выводы

- Проанализированы основные технические проблемы, связанные с разработкой солнечных электростанций и системы электропривода для них.
- Предложена система электропривода на основе управления микроконтроллером и использования датчика слежения за солнцем как наиболее технологичный и технически реализуемый вариант.
- Изготовлен опытный макет солнечного концентратора и проведен монтаж электропривода, а также изучены основные приемы разработки и создания электромеханической и программной части устройства.
- Полученный опыт может быть использован для создания промышленного образца универсального привода для применения как в концентраторах, так и в фотовольтаических установках.
- Проанализированы возможные кандидаты в качестве преобразователя энергии излучения в электричество.

- Показано, что наиболее высоким КПД могут обладать термоионные преобразователи на основе усовершенствованных метало-полупроводниковых структур.

4. Список литературы

1. Болотов А.В. Технология возобновляемой энергии. Потенциал перспективы освоения неисчерпаемых энергий и возобновляемых энергетических ресурсов. Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях: Труды 5-й МНТК – Алматы, - 2006.- С.153-156.
2. Тлеуов А.Х., Тлеуов Т.Х. Использование нетрадиционных видов энергии в Казахстане. – Алматы, : Білім, - 1998. – 205 с.
3. Возобновляемые источники энергии и энергосбережения.: Коллектив авторов. под ред. Н.Искакова.- Астана, - 2008.-354 с.
4. Дж. Твайделл, А. Уэйр., Возобновляемые источники энергии.-М.: Энергоатомиздат,- 1990. - 390 с.
5. Стребков Д.С., Беленев А.Г., Муругов В.П. Использование энергии солнца.- М.: Нива России, - 1992.-48 с.
6. Овсянников Е.М. Электропривод энергетической гелиоустановки.: - Труды МЭИ, - 2000. - 54 с.
7. Овсянников Е.М. Электроприводы гелиоустановок наземного и космического базирования.: Теория и практика: автореф. докт. тех. наук.. – М.: МЭИ, -2003, - 40 с.
8. Овсянников Е.М. Электропривод энергетической гелиоустановки//Привод и управление, - 2000, - №2.-С.4-9.
9. Цаценкин В.К. Безредукторный автоматизированный электропривод с вентильными двигателями.: – М.: МЭИ, 1991.-240 с.
10. Сорокин Г. А. Электроприводы энергетических гелиоустановок без концентрации излучения. автореф. канд. техн. наук .– М .: МЭИ.- 2005-23 с
11. Терехов В. М., Овсянников Е.М., Цаценкин В.К., Малоредукторный следящий электропривод для систем наведения, – М.: МЭИ, вып. 976.- 2000.- С.46-58.
12. Диаграмма изменения стоимости кремниевых элементов с течением времени. Сайт о солнечной энергетике: <http://solar-battery.narod.ru/img/grafik.gif>
13. Абдурахманов Б.М., Байдаков С.Г., Соловейчик В.И., Чирва В.П. Модули и элементы солнечных фотоэлектрических станций с концентрацией излучения.: // изд-во «ФАН», 1993,-200 с.

14. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения.:— Л., Наука, 1989.
15. Захидов Р.А. Зеркальные системы концентрации лучистой энергии.: // . ФАН, - 1975 №2-175 с.
16. Клычев Ш.И., Захидов Р.А., Ахмедов Х. Коэффициенты равномерного распределения солнечного излучения в составных концентраторах.:// Гелиотехника, 1997 , № 2, - С. 62 - 64.
17. Герметичные солнечные резервуары для производства электроэнергии// Colonnell Energie fiternative. - 1984 Vol.6, №28 - P.-103-113.
18. Саламов А.А., Гелиотермические электростанции в США.:—М.: Энергохозяйство за рубежом., 1987. №5-С 34-41.
19. Материалы о гелиотермических системах.Энергетический институт.://пер.ст. Mar R. W. из журнала Ea Solar Energy. - 1981., №5-P.37-53.
20. Keller L. and Affolter P. Optimizing the Panel Area of a Photovoltaic System in Relation to Static Inverter Practical Results.// SE.-1995.- Vol. 55, № 1, P. 1-7.
21. Теплотехника и теплоэнергетика. Общие вопросы.:— Справочник ред. В.А.Григорьева и В.М. Зорина, — М.: Энергоатомиздат, 1987. - С. 397-399.
22. Использование солнечных печей. //из. журн. Solar Energy.- 1981. Vol.26, №5, P.377-390 с.
23. Овсянников Е.М., Особенности следящих электроприводов гелиоустановок.: — Труды МЭИ, вып.400., 1979. - С79-85.
24. Овсянников Е.М. Электропривод энергетической гелиоустановки.//Привод и управление, -2000.№2.-С.4-9
25. Овсянников Е.М., Датчики рассогласования для следящих электроприводов гелиоустановок.//Привод и управление,- 2001. №1.-С 13-17.
26. Овсянников Е.М., Агафонов М.С., Разработка фотоэлектрических датчиков рассогласования для электроприводов гелиоустановок,—М.:изд. МЭИ, 1997.-С.107-115.
27. Терехов В.М., Овсянников Е.М., Гулям Савар. Оптимизация режимов слежения по потерям электроэнергии в тихоходных следящих электроприводах.— Изд. МЭИ, 1995. - С.29-34.
28. Овсянников Е.М., Анализ эффективности типовых энергетических гелиоустановок.// Автономная энергетика, 2001.№12,-С 3-6.
29. Ильинский Н.Ф. Проблема повышения экономичности электроприводов и пути ее решения.:— Труды МЭИ, вып 570, 1982.
30. Панасюк В.И. Управление электроприводом оптимальное по потерям энергии и ее потреблению.— М.:изд.. Энергетика, 1982. - С 30-35.

- 31.Дубилович В.М., О влиянии перекрестного эффекта на динамические свойства автоматической системы управления гелиостатом.// Гелиотехника, 1986.№4. - С 44-47.
- 32.Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф., Копылов И.П., Планирование эксперимента в электромеханике, –М.: Энергия, 1975.-184 с.
- 33.Дараев А.М. Актаев Э. Т., Самсоненко А.И. Основные проблемы управления СЭП СФЭС. // Вестник АИЭС, - 2010. №2 , -С. 24-28