

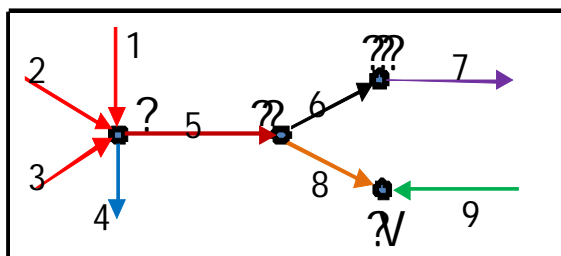
Индивидуальная электростанция на базе солнечного соляного пруда

Осадчий Г.Б., инженер

Протяженность сельских распределительных электрических сетей в Омской области 41 тыс. км. Численность обслуживающего персонала 2446 человек. Обще количество потребителей электроэнергии 775 тыс.

Низкая плотность проживания накладывает свои минусы на снабжение сельских потребителей электроэнергией, как и в среднем по России. Так в области электроснабжения российское село отстает от уровня зарубежных стран в 8 – 12 раз. Кроме того, по различным оценкам, от 50 до 70 % территории России с числом жителей свыше 20 млн человек не охвачены централизованным электроснабжением. Значительная часть из этого населения России не присоединенная к электрическим сетям проживает в Сибири и на Дальнем Востоке. Они получают электроэнергию в основном от ДЭС небольшой мощности. Необходимое для этого топливо завозится из далеко расположенных центров автотранспортом, водными путями, а иногда даже вертолетами, что делает его очень дорогим.

Для таких (индивидуальной) потребителей энергии может быть предложена схема электростанции на базе солнечного соляного пруда, рисунок 1, которая по своей структуре будет эквивалентна некоему графу (Г), в котором каждой самостоятельно функционирующей части (элементу электростанции) будет соответствовать вершина графа, а каждой связи



между функционирующими частями или внешними объектами — дуга графа (рисунок 1).

Вершины графа (элементы оборудования): I – солнечный соляной пруд; II – двигатель Стирлинга; III – электрический генератор; IV – котлован со льдом.

Дуги графа (связи между элементами оборудования): 1 – прямое солнечное излучение; 2 – рассеянное солнечное излучение; 3 – отраженное солнечное излучение; 4 – теплота (потери); 5 – теплота; 6 – механическая энергия (крутящий момент); 7 – электрическая энергия; 8 – теплота; 9 – теплота.

Рисунок 1 – Г-граф электростанции на базе солнечного соляного пруда

Схема по рисунку 1 может быть задана для расчетов в виде матрицы соединений вершин графа с дополнительной матрицей видов связей по энергоносителям (рисунок 2).

Единицы в j -х строках правой матрицы дают логический признак k -го элемента оборудования, из которого исходит (знак плюс) или в который входит (знак минус) данная j -я связь. При этом строка, соответствующая связи между элементами оборудования гелиоэлектростанции (внутренняя связь) всегда имеет в правой матрице два ненулевых члена, а именно +1 и –

1, а строка, соответствующая связи между элементом оборудования установки и внешним объектом (внешняя связь), имеет один ненулевой член: +1 для исходящих и -1 для входящих внутренних связей станции.

Признак наличия связи посредством энергоносителя l									Номер связи j	Признак наличия связи для элемента оборудования k			
9	8	7	6	5	4	3	2	1		I	II	III	IV
-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-1	-	-	-
-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	+1	-	-	-
-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	+1	-1	-	-
-	-	-	1	-	-	-	-	-	6	-	+1	-1	-
-	-	1	-	-	-	-	-	-	7	-	-	+1	-
-	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	+1	-	-1
1	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-1

Рисунок 2 – Матрица соединений (справа) и видов связей по энергоносителям (слева) для электростанции на базе солнечного соляного пруда.

Единицы в j -х столбцах матрицы видов связей по энергоносителям дают логический признак вида l -го энергоносителя, посредством которого осуществляется j -я связь, в той или иной фазе его состояния.

Система балансовых уравнений электростанции на базе солнечного соляного пруда может быть представлена в следующем виде.

В каждом k -м элементе оборудования станции, характер, количественные зависимости и направленность процессов определяется законами оптики, теплопередачи, термодинамики и т.д. Зависимость между параметрами связей можно однозначно и единообразно описать уравнениями энергетического и расходного балансов в элементах оборудования, а также уравнениями изменения энтальпии каждого из видов энергоносителей. Система уравнений балансов в элементах оборудования устанавливает такое соотношение между поступлением солнечной энергии, термодинамическими и расходными параметрами связей, которое обеспечивает получение стационарной нагрузки станции с определенными конструктивно-компоновочными характеристиками.

Уравнения для всей электростанции, и её внешних связей (за исключением поступления в пруд и аккумуляирование им солнечной энергии), отнесенные к одинаковому промежутку времени, имеют следующий вид:

1) уравнение баланса энергии для k -го элемента оборудования

$$\sum_{j=1}^{J_k - N_k} (\eta Q h)_j + \sum_n^{N_k} (\eta P)_n = 0;$$

2) уравнение баланса расходов для каждого l -го энергоносителя k -го элемента оборудования

$$\sum_{j=1}^{J_{kl}} Q_j = 0;$$

3) уравнение гидравлического баланса для каждого l -го энергоносителя в k -м элементе оборудования

$$(p' - \Delta p - p'')_{kl} = 0$$

или

$$(p' + \Delta p - p'')_{kl} = 0$$

4) уравнение изменения энтальпии l -го энергоносителя в k -м элементе оборудования

$$(h' - \Delta h - h'')_{kl} = 0$$

или

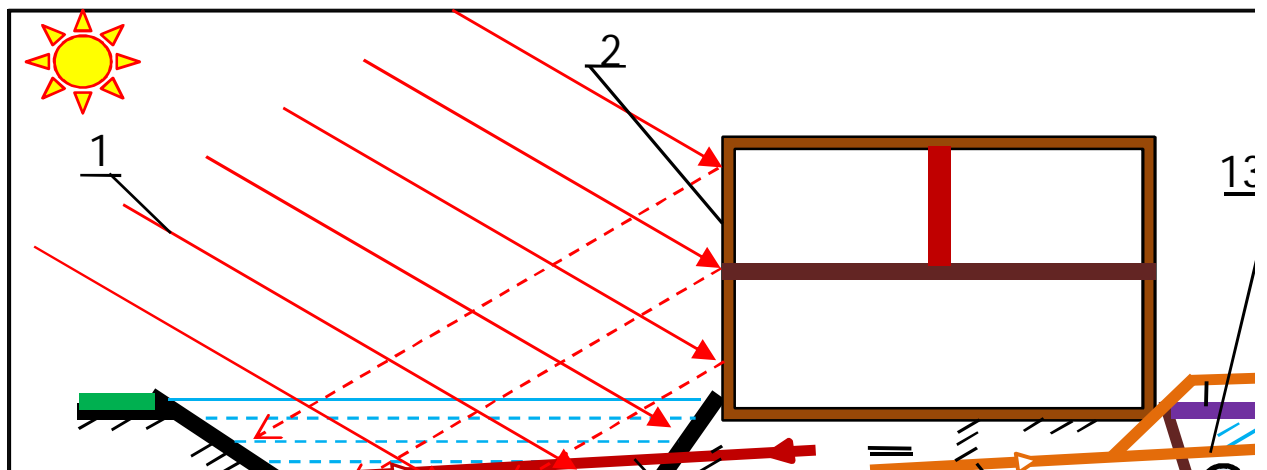
$$(h' + \Delta h - h'')_{kl} = 0$$

($k=1, 2, \dots, K; j=1, 2, \dots, J_{kl}; l=1, 2, \dots, L_k; n=1, 2, \dots, N_k$).

где Q – расход энергоносителя, отнесенный к принятому промежутку времени; P – мощность электрической или механической связи; h – энтальпия энергоносителя на исходящей (') или входящей (") связи элемента оборудования; Δh – характеристики изменения энтальпии процессов в элементах оборудования; η – коэффициент, учитывающий потери энергии связующего потока в окружающую среду; для входящей связи он соответствует обычно употребляемому коэффициенту теплового потока, механическому или электрическому КПД, а для исходящей связи — обратной величине.

Между параметрами и многочисленными технологическими характеристиками отдельных элементов оборудования станции имеют место достаточно сложные зависимости различного рода, которые здесь не рассматриваются.

Исходя из этого, предлагаем рассмотреть конструктивную схему индивидуальной электростанции на базе солнечного соляного пруда (гелиоэлектростанции, солнечной электростанции, рисунок 3), разработанную в Конструкторском Бюро Альтернативной энергетики «ВоДОмёт» (г. Омск).



1 – солнечное излучение; 2 – концентратор солнечного излучения; 3 – покрытие теплоизоляционное; 4 – котлован, заполненный льдом; 5, 8 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 6 – воздуховод; 7 – электростанция; 9 – солнечный соляной пруд; 10 – водопровод; 11 – грунт; 12 – охлаждаемая часть тепловой гравитационной трубы 5, размещенная на воздухе — ограждение котлована по периметру; 13 – охлаждаемая часть тепловой гравитационной трубы 5, размещенная во льду/воде котлована 4.

Рисунок 3 – Конструктивная схема электростанции на базе солнечного соляного пруда

Предлагаемая система работает от прямого, рассеянного и отраженного от концентратора 2 солнечного излучения 1, запасенного солнечным соляным прудом 9. Теплота из пруда 9 по тепловой трубе (термосифону) 8 подается к электростанции 7, где в термодинамических циклах преобразуется в энергию потока масла, затем в механическую и далее электрическую энергию. Неиспользованная в термодинамических циклах теплота по тепловой трубе 5 отводится: или через охлаждаемую её часть 13 в котлован 4, заполненный льдом, вызывая его таяние, или рассеивается в окружающую среду через её охлаждаемую воздухом часть 12. Термосифоны представляют собой вакуумированные трубы, в которых теплота передается посредством кипения рабочего тела (например, воды) в одном месте (нижнем) и конденсации в другом — верхнем (стрелками показано движение пара и жидкости в термосифонах 5 и 8).

Направление потока пара рабочего тела от обогреваемого места (участка) трубы 5, для конденсации, определяется тем, какая из частей трубы 5 (12 или 13) имеет более низкую температуру, или тем, какая из задвижек (делителей потока, условно не показанных), отсоединяющих эти охлаждаемые части, от обогреваемого участка открыта.

Концентратор 2 обеспечивает увеличение поступления солнечного излучения в пруд 9, а теплоизоляционное покрытие 3 уменьшает таяние льда в котловане от воздействия окружающего теплого воздуха и солнечного излучения. Как следует из описания работы гелиоэлектростанции, преобразование солнечного излучения в электроэнергию осуществляется при **минимальном количестве технологических переделов.**

Применение тепловых труб в данной схеме **актуально**, исходя из значений коэффициентов теплообмена, и процессов происходящих в них. Для уменьшения температуры охлаждаемой части 12 тепловой трубы 5 можно на ней разместить влажные полосы-фитили. При этом необходимо, чтобы их нижние или верхние концы находились бы в воде котлована, или емкости, расположенной на поверхности котлована. В этом случае за счет капиллярного подъема воды части полос-фитилей, охватывающие охлаждаемую часть 12 тепловой трубы, будут постоянно влажные. А значит, за счет испарения с них влаги их температура будет ниже температуры окружающего воздуха (**испарение 1 % воды понижает температуру её оставшегося объема на 6 °С**). Сниженная таким образом температура частей 12 будет обеспечивать более низкую температуру нижней границы термодинамического цикла водомёта электростанции 7, увеличивая его КПД. Данная схема охлаждения частей 12 целесообразна, когда запасы льда в котловане малы, или когда зимой потребности в низкопотенциальной энергии талой воды котлована для нужд отопления, посредством теплового насоса, минимальны.

При аккумулировании солнечного излучения придонным рассолом пруда прогревается и грунт 11, расположенный ниже пруда, при этом образуется существенный запас тепла — петрогеотермальный ресурс гарантия бесперебойной работы системы в пасмурные дни, при аккумулировании прудом только рассеянной солнечной составляющей.

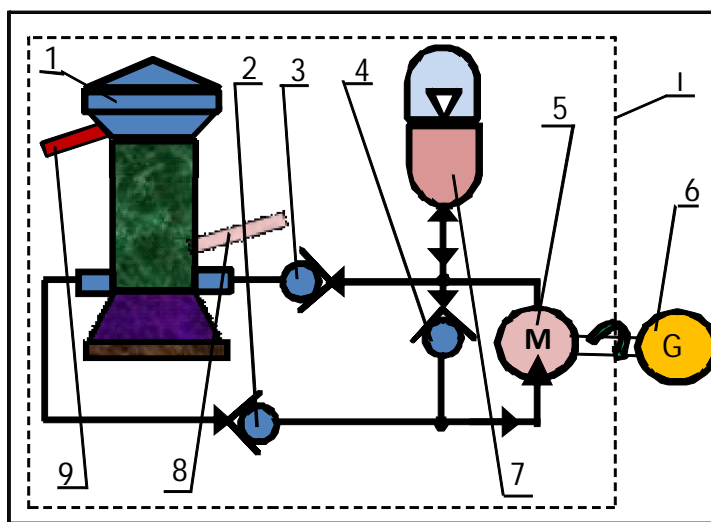


Схема электростанции

7 представлена на рисунке 4.

1 – тепловой двигатель. 1 – водомёт (масломёт); 2, 3, 4 – клапан; 5 – гидромотор; 6 – электрогенератор; 7 – пневмогидроаккумулятор; 8, 9 – тепловая труба гелиоводомёта.

Рисунок 4 – Схема электростанции (поз. 7 на рис. 3)

Принцип работы электростанции (теплового двигателя 1) представленной на рисунке 2 следующий:

теплота, из пруда по тепловой трубе 9 поступает к водомёту (масломёту) 1, где в термодинамических циклах преобразуется в поток масла. При этом теплота, не использованная в термодинамических циклах водомёта, отводится по тепловой трубе 8 в котлован со льдом. Из водомёта периодически под давлением вытесняется масло, которое, проходя через клапан 2 и гидромотор 5, приводит гидромотор 5, а значит, и электрогенератор 6 во вращение. Во время вытеснения масла из водомёта 1

клапана 3 и 4 закрыты, поэтому масло после гидромотора 5 поступает в пневмогидроаккумулятор 7, заряжая его. После того, как рабочий объем масла будет вытеснен из водомёта 1, давление в нем понизится, клапан 2 закроется, а клапан 3 откроется. И за счет энергии, запасенной пневмогидроаккумулятором 7, водомёт заполнится маслом, обеспечивая одновременно подачу рабочего тела в парогенератор, и цикл повторится. В процессе заполнения водомёта 1 маслом клапан 4 открывается, обеспечивая циркуляцию масла через гидромотор 5 при его инерционном вращении. Электрическая энергия, вырабатываемая электрогенератором 6, подается потребителю [2]. Между гидромотором 5 и электрогенератором 6 может быть расположен маховик (аккумулятор механической энергии).

По проложенному по дну пруда водопроводу 10 можно воду, которая будет в нем нагреваться до 50 – 90 °С (температура нагрева воды зависит от её разбора), подавать для бытовых и хозяйственных нужд. Если воздух подавать в помещения через воздухопровод 6, то в летний зной это позволит снижать температуру в помещениях без использования кондиционеров. При работе гелиоэлектростанции или охлаждении воздуха в воздуховоде 6 к осени лед в котловане 4 превращается в талую воду. Для подготовки котлована 4 к работе летом его воду можно также замораживать зимой за счет подачи наружного холодного воздуха по воздуховодам 6 в помещения здания, что снижает расход тепла на подогрев воздуха во время проветривания. В этом случае подогрев зимнего воздуха осуществляется аккумулярованной летом котлованом 4 солнечной энергией. Конечно, для этого необходимо чтобы температура наружного воздуха, была ниже 0 °С. Из этого, следует, что предлагаемая технология летнего электроснабжения более всего подходит для средней полосы России.

Рассеивать низкопотенциальную теплоту термодинамического цикла в воздух, повышая КПД водомёта, эффективнее всего летом ночью. Например, летом в Омске ночью воздух прохладнее более чем на 10 – 15 °С, чем днем.

Приведенные в источнике [1] минимумы температуры воздуха по Омской области показывают, что по климатическим особенностям в определенные годы даже в июне-июле возможна эффективная (при температуре близкой к 0 °С) конденсация пара рабочей жидкости в охлаждаемой части 12 тепловой гравитационной трубы 5 без применения охлаждающих полос-фитилей.

Эффективность комплексного использования солнечной энергии в средней полосе России, с учетом концентрации излучения и энергии льда, может быть высокой. Это будет достигаться за счет того, что летом работа водомёта осуществляется от энергии солнечного пруда при охлаждении его радиатора преимущественно льдом, а весной и осенью в основном окружающим воздухом с температурой около 0 °С (что позволяет иметь

минимальный объем котлована со льдом). Это гарантирует работу водомета с **максимальной**, для данной географической широты, разностью рабочих температур в термодинамическом цикле. КПД цикла увеличивается на $\frac{1}{3}$ [1]. Обеспечивается, одновременно, эффективное аккумулирование котлованом солнечной энергии (до 85 % от аккумулированной прудом) на зимний период (в известных технологиях неиспользованная в термодинамических циклах теплота и сбросное тепло, с дополнительными затратами энергии — до 20 % от мощности установки, через теплообменное оборудование принудительно рассеивается в окружающую среду).

Тепловые трубы, проходящие через солнечный соляной пруд и котлован с водой (льдом) будут являться и теплопроводными элементами, выравнивающими температурные поля в обоих сооружениях (наибольшее испарение рабочего тела в тепловой трубе пруда будет на наиболее нагретом участке, а наибольшая конденсация рабочего тела в тепловой трубе котлована будет на наиболее холодном участке). Реализации этого будет способствовать тот факт, что часть трубы в которой испаряется вода (конденсируется пар воды) способна воспринимать тепловые потоки $700 - 800 \text{ Вт/см}^2$, в то время как части трубы, где происходит перегрев (охлаждение) водяного пара — не более 50 Вт/см^2 , при прочих равных условиях.

Предлагаемая технология позволяет, вырабатывая летом холод котлована запастись теплоту, вырабатывая зимой теплоту аккумулировать холод, т.е. в ней нет промежуточного оборудования и аккумуляторов, которые бы не работали в течение всего года. Периодическая работа котлована: летом в качестве источника холода, а зимой теплоты, имеет свои неоспоримые преимущества, которые могут быть оценены **только** в высоких широтах. При замораживании котлована зимой системой поддержания микроклимата расширяется зона эффективного использования солнечной энергии в южном направлении (Кубань, Приморье). В том направлении, где при средней температуре января минус $4 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$, невозможно сделать необходимые запасы льда для летней работы. Так и в северном направлении вплоть до 60° северной широты. Где при средней температуре января минус $20 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$, энергия замерзающей воды теплоизолированного котлована — это единственный доступный вид энергии окружающей среды пригодный по своим параметрам (температура, теплота фазового перехода, теплоемкость) и объемам для подогрева воздуха, поступающего в жилые и производственные помещения.

Электроснабжение с использованием пруда и котлована со льдом — это по существу **комбинированный способ электроснабжения и производства теплоты**.

Относительно стабильная выработка электроэнергии электростанцией с ранней весны до поздней осени достигается вследствие следующего (рисунки 5, 6):

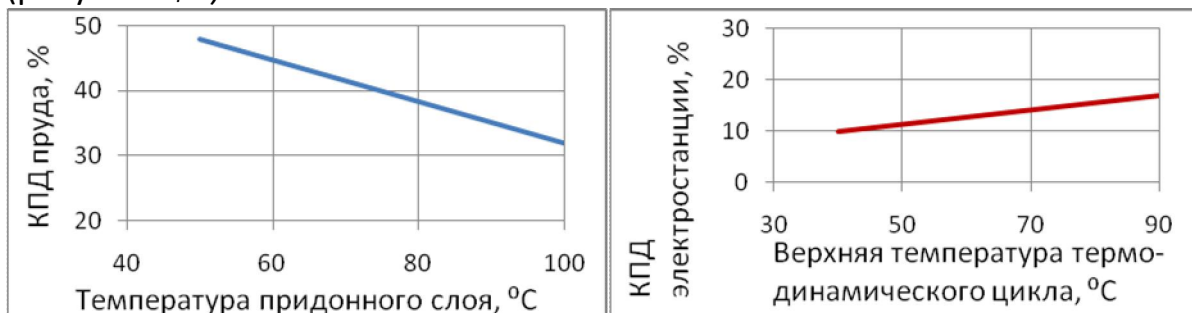


Рисунок 5 – Зависимость КПД солнечного пруда от температуры

Рисунок 6 – Зависимость КПД электростанции от температуры

1) ранней весной и поздней осенью, из-за низкой температуры в рабочей зоне пруда (например, 50 – 60 °C) КПД преобразования тепловой энергии в механическую и далее в электрическую энергию, низкий;

2) однако, в этот же период, из-за низкой температуры в рабочей зоне пруда его КПД возрастает. Причем; чем ниже температура в рабочей зоне пруда, тем меньше тепловые потери из него и выше его КПД.

Анализ зависимостей приведенных на рисунках 5, 6 позволяет, в первом приближении, с большой степенью достоверности прогнозировать, что: КПД преобразования солнечной энергии в электрическую энергию (произведение КПД солнечного пруда, на КПД электростанции) относительно стабилен в период с апреля по октябрь. За исключением ранней весны, поскольку в этот период прогревается грунт под прудом.

Однако низкая температура рассола пруда весной компенсируется низкой температурой льда котлована, охлаждающего радиатор водомёта. А осенью низкая инсоляция компенсируется запасом теплоты грунта пруда.

Конечно реализуемый КПД преобразования энергии Солнца в электрическую энергию в несколько раз ниже, чем у традиционных энергетических установок, работающих на органическом топливе.

Поэтому для выработки значительных объемов электроэнергии требуются большие площадь солнечного соляного пруда и объем котлована.

Указанные особенности могут позволить снимать с 1 м² пруда за летний период более 60 кВт·ч электроэнергии, для первой категории потребителей, в независимости от перерывов в поступлении солнечной энергии.

Для справки: при площади водохранилища Новосибирской ГЭС 1072 км², годовая выработка электроэнергии составляет 1,678 млрд кВт·ч. Или с 1 м² всего 1,56 кВт·ч в год, при среднегодовом коэффициенте использования установленной мощности ($K_{иум}$) около 40 %. А Саяно-Шушенская ГЭС при

площади водохранилища 621 км² вырабатывала в год около 23,5 млрд кВт·ч электроэнергии. **С 1 м² 38 кВт·ч в год, при среднегодовом K_{иум} около 42 %.**

Выработка электроэнергии на месте потребления, без строительства линий электропередачи, не выводит из сельскохозяйственного оборота земли. А ведь площади этих земель вдоль линий электропередачи значительны.

Электрическая энергия является особым видом товара, на качество которого на разных стадиях (производство, передача, распределение, потребление) могут влиять все участники рынка электроэнергии как в целом в энергосистеме, так и в каждом узле сети в отдельности. При этом значения качества электрической энергии в *i*-м узле сети можно получить посредством токов искажения I_i , который потребитель генерирует в сеть во всех узлах [3]:

$$\Delta \dot{U}_i = I_i z_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m I_j z_{ij}$$

где z_{ij} – взаимное сопротивление *i*-го и *j*-го узлов электрической сети токами определенного вида искажений; z_{ii} – собственное сопротивление узла; *m* – число узлов электрической сети

Поэтому для получения качественной электроэнергии целесообразно иметь автономные генерирующие установки.

Важным аргументом необходимости широкого использования **автономных** электрогенерирующих установок являются их экономические показатели, которые не зависят от удельных приведенных затрат на единицу полезно передаваемой электроэнергии, выражающиеся в традиционной электроэнергетике в следующем виде [4]:

$$z_{эн} = \frac{1}{P_{max} T_{max} - \Delta \dot{Э}_{эн}} (E_k K_{эн} + e_{вл} K_{вл} + e_{нс} K_{нс} + c_3 \Delta \dot{Э}_{эн})$$

где E_k – коэффициент эффективности капвложений; $K_{эн}$ капвложения в целом на создание электропередачи; $e_{вл}$, $e_{нс}$ – нормы отчислений на обслуживание и амортизацию линий и подстанций; $K_{вл}$, $K_{нс}$ – капвложения на строительство линий и подстанций; c_3 – стоимость потерянной энергии; $\Delta \dot{Э}_{эн}$ – годовые потери электроэнергии в электропередаче; P_{max} , T_{max} – максимальная мощность на отправном конце электропередачи и число часов её использования.

Поскольку при выработке электроэнергии от ВИЭ, солнечную энергию невозможно получать круглосуточно в любое время года, а достаточного для работы ветроустановки ветра может не быть несколько дней, то часть исследователей считает; что самый простой и доступный способ сохранения электроэнергии это дополнительная установка к солнечным и ветровым энергогенерирующим системам электрических аккумуляторов.

Рассмотрим это в плоскости бесперебойного электроснабжения, например, в течение 100 часов (4 суток), когда на дворе слабый ветер и нет Солнца. Обычный автомобильный аккумулятор ёмкостью 60 А·ч напряжением 12 В при полной зарядке способен отдать 0,72 кВт·ч электроэнергии. Следовательно, для бесперебойного электроснабжения потребителя 1 кВт электроэнергии в течение 100 часов требуется 100 кВт·ч электроэнергии, которая может быть получена **от 138 аккумуляторов**. Это, конечно же, ставит жирный крест на использовании традиционных технологий энергетики ВИЭ для целей бесперебойного электроснабжения.

Для наиболее эффективного использования ВИЭ, конечно целесообразно комплексное использование солнечной энергии и энергии ветра, без аккумулирования электрической энергии. **Скорость ветра наибольшая в период смены погоды, когда Солнце часто закрыто тучами.**

Для систем состоящих из нескольких дублирующих друг друга энергоисточников для большей наглядности ниже приведена целевая функция (суммарные дисконтированные затраты) которая преобразована в стоимость электроэнергии (S), и вычисляется по формуле [5]:

$$S = \left(1/Q\right) \left[\sum_i F_i K_i + Z_i \right],$$

где Q – среднегодовой объем отпущенной потребителем электроэнергии; F – коэффициент возврата капитала; K – инвестиции; Z – среднегодовые текущие издержки (включая затраты на топливо).

$$F_i = \sigma / [1 - \exp(-\sigma T_i)],$$

где T – срок службы, постоянная σ связана с годовой нормой дисконта соотношением $\sigma = \ln(1+r)$, а суммирование производится по всем элементам системы (индекс i).

Если посмотреть на энергии, аккумулируемые в пруду и котловане, в окружающем их грунте и воздухе то ясно, что использовать их можно для производства энергии различной ценности (стоимости). Критерием оптимизации использования аккумулированных энергий может выступать суммарная стоимость C произведенных видов энергии. Тогда целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$C = \sum_{i=1}^n c_i x_i,$$

где c_i – стоимость единицы i -го вида производимой энергии; x_i – количество производимого i -го вида энергии; n – количество производимых видов энергии.

Ограничивающие условия можно представить следующим образом:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0.$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

где a_{ji} – затраты единиц j -го вида аккумулированной энергии для производства i -го вида энергии; b_j – количество j -го вида аккумулированной энергии; m – количество видов аккумулированной энергии.

Окончательно задача сводится к следующему — найти:

$$\max_{\{x_i\}} \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

при условии

$$1. x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

$$2. \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Всякий набор значений x_1, x_2, \dots, x_n , удовлетворяющий условиям 1 — 2 будет оптимальным планом.

Рассмотрим также использование аккумулированных видов энергии с иной точки зрения — с точки зрения меньших затрат энергии Q .

Тогда целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$Q = \sum_{j=1}^m y_j b_j,$$

где y_j – затраты единиц j -го вида аккумулируемой энергии для производства единицы одного из видов энергии; b_j – количество производимой одного из видов энергии из j -го вида аккумулированной энергии; m – количество используемых видов энергии.

Ограничивающие условия можно представить следующим образом:

Величины y_j не должны быть отрицательны:

$$1. y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, \dots, y_m \geq 0.$$

Величина затрачиваемых видов аккумулированной энергии для производства единицы каждого вида энергии не должна быть меньше, чем величина единицы произведенного вида энергии, т.е.

$$2. \sum_{j=1}^m a_{ji} y_j \geq c_i \text{ для } i = 1, 2, \dots, n.$$

Окончательно задача этой оценки сводится к следующему — найти:

$$\min \sum_{j=1}^m y_j b_j,$$

при условии

$$1. y_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

$$2. \sum_{j=1}^m a_{ji} y_j \geq c_i, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

И в окончательном виде, для любых оптимальных планов этих задач справедливо соотношение:

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i = \sum_{j=1}^m y_j b_j$$

Энергетическая эффективность предлагаемой системы солнечного электроснабжения основывается на **четырёх** обстоятельствах:

Первое — солнечный соляной пруд летом, в **средней полосе и горных районах юга России и в странах СНГ**, при небольших размерах может аккумулировать за счет оригинальных концентраторов [1] больше солнечной энергии и иметь более высокую температуру соляного рассола, чем пруд тех же размеров на экваторе.

А при теплоизоляции дна и частично боковых стенок может сохранять, для преобразования, больше аккумулированной теплоты;

Второе — в составе систем с термодинамическими циклами уже есть источник холода/тепла (лед/талая вода котлована), с температурой около 0 °С.

Работа систем осуществляется в двух режимах (по времени).

Первый режим — в летний период с совершением полезной работы — выработки электрической энергии и тепла-холода: осуществляется аккумулирование низкопотенциальной теплоты в котловане;

Второй режим — в зимний период с совершением полезной работы — обогрева помещений посредством ТН осуществляется аккумулирование холода (замораживание воды) в котловане [1];

Третье — источник теплоты (солнечный соляной пруд) и источник холода (котлован со льдом) расположены рядом. При этом расстояние между ними исключает естественный (за счет теплопроводности) обмен энергиями;

Четвертое — подавляющая часть системы «изготовлена» из естественных природных материалов (грунт, вода, соль) — для их изготовления не требуется энергия, а их жизненный цикл не имеет ограничения, при их низкой стоимости.

Список литературы

1 Осадчий Г. Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) / Г. Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.

2 А. с. 1490317, МКИ/ F 03 G 7/06. Тепловой двигатель/ Г. Б. Осадчий, В. А. Слободянюк (СССР). Опубл. 30.06.89. Бюл. № 24.

3 Железко Ю.С. Правила присоединения потребителя к сети общего назначения по условиям влияния на качество электроэнергии / Ю.С. Железко // Промышленная энергетика. 1991. № 8. С. 45 – 51.

4 Зильберман С.М. Выбор схемы и параметров сверхдальней электропередачи Сибирь-Центр/ С.М. Зильберман, Т.Г. Красильникова, И.Г.Самородов // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: труды 3-й международной науч.-техн. конф./ Иртышский филиал ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта», Омск, 2007. С. 134 – 140.

5 Марченко О.В. Оценка экономичности использования энергии ветра для производства водорода/ О.В. Марченко, С.В. Соломин // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт: труды 3-й международной науч.-техн. конф./ Иртышский филиал ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта», Омск, 2007. С. 214 – 221.

Автор: Осадчий Геннадий Борисович, инженер, автор 140 изобретений СССР.

Тел дом.(3812) 60-50-84, моб. 8(962)0434819

E-mail: genboosad@mail.ru

Для писем: 644053, Омск-53, ул. Магистральная, 60, кв.17.