

УДК: 621.91.01

ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ГЕЛИОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Ю.С. Лапшин

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул. Урицького, 35, 03035, Київ, deabgd@mail.ru

Ориентировочными теплотехническими расчетами подтверждена работоспособность гелиосистемы, основанной на использовании концентраторов лучевой энергии, теплохранилища, парогенератора. Ставится вопрос об определении оптимальных параметров, с целью доведения данной технологии до конкурентноспособного состояния. *Ключевые слова:* гелиоэлектростанция, рефлектор, парогенератор, теплохранилище.

Проблеми поліпшення режиму роботи геліоелектростанцій великої потужності. Ю.С. Лапшин. Орієнтовними теплотехнічними розрахунками підтверджена працездатність геліосистеми, заснованої на використанні концентраторів променевої енергії, теплосховища, парогенератора. Ставиться питання про визначення оптимальних параметрів з метою доведення цієї технології до конкурентноспроможного стану. *Ключові слова:* геліоелектростанції, рефлектор, парогенератор, теплосховище.

Problems improvement mode high power solar power station. Y.S. Lapshin. Approximate calculations confirmed the efficiency of thermo solar system, based on the use of radiant energy concentrators, shelter of thermo, the steam generator. The question of determining the optimal parameters in order to brings this technology to competitive state. *Keywords:* solar power station, reflector, steam generator, shelter of thermo.

1. Выбор оптимального типа станции для условий Украины.

Сравнительно слабый удельный (приходящийся на единицу площади) гелиоресурс Украины ставит нас перед выбором: осваивать собственный приземный ресурс или идти по намеченному европейским сообществом пути – аренды пустынных территорий. Космические технологии с возможностью использования практически безграничного энергоресурса пока не справляются с трудностями передачи сконцентрированной в космосе энергии на земную поверхность, поэтому нами не рассматриваются.

Оставим без внимания и гелиоэнергетику, основанную на использовании фотоэлементов, по причине ее низкой рентабельности, а остановимся на технологии, базирующейся на концентрировании солнечных лучей. В последние годы именно это направление достигло значительных успехов. Особенно эффективны эти технологии в высокогорных плато с большим количеством в году солнечных часов, например, в пустыне Гоби. Несколько ниже, но достаточно высокий КПД и, соответственно, рентабельность мощных электростанций данного типа и в пустынях,

поверхность которых характеризуется невысокими отметками. Эти преимущества пустынь обусловлены двумя факторами: значительным количеством солнечных часов и малым содержанием водяных паров в приземном слое атмосферы. (Водяные пары способствуют поглощению и рассеиванию атмосферой инфракрасной составляющей солнечных лучей, энергетическая доля которой в солнечном спектре - 53 процента).

Украина имеет в своем распоряжении небольшую пустыню. Это – Алешковские Пески. В настоящее время эта пустыня частично искусственно залесена, а остальная часть засорена опасными отходами оборонно-промышленного комплекса. Желательно ее возвратить в природное состояние и использовать для гелиоэнергетики.

Большим гелиоэнергетичным потенциалом обладает автономная республика Крым. Особенно его западное побережье, где среднегодовое количество солнечных часов – 2400. Также 2200 – 2400 солнечных часов в году по всему черноморскому побережью Украины.

К сожалению, эта солнечная энергия зачастую поступает в разорванном режиме (экранирование тучами и облаками). Что создает трудности в осуществлении активного слежения за Солнцем. Практически исключает использование механизма Стирлинга (в связи с необходимостью частых перезапусков двигателя). Делает неэффективной гелиостанцию, работающую по схеме: парогенератор – паровая турбина – электрогенератор. Т.е. создается впечатление, что в этих условиях целесообразно использование солнечной энергии либо с

помощью фотоэлементов либо по комбинированной схеме (с ТЭС или ТЭЦ). Но это не так. Нами рассматривается альтернативный вариант (АВ), который представляет собой объединение гелио установки, работающей по схеме: парогенератор – паровая турбина – электрогенератор с теплохранилищем.

2. Принципиальные основы АВ.

2.1. Исходные предпосылки.

В качестве основных критериев приняты следующие:

- минимизация площади отчуждения под территорию гелиостанции,
- максимизация КПД использования перехваченного потока солнечных лучей,
- минимизация вредных отходов производства энергии.
- максимизация срока службы гелиостанции,
- минимизация капитальных затрат на строительство гелиостанции и эксплуатационных расходов.

Для решения поставленной задачи предлагается всю перехваченную и сконцентрированную лучевую энергию вводить в полость, часть внутренней поверхности которой является внешней поверхностью парогенератора, а остальная часть этой поверхности, частично отражая попадающую на нее лучевую энергию, частично поглощая и испуская ее, в итоге передаст (за вычетом потерь, обусловленных несовершенством изоляции и утечки через те отверстия, через которые лучи вводились в полость) эту энергию парогенератору.

2.2. Конструкция.

АВ состоит из:

- системы концентраторов солнечных лучей (рефлекторов), подключенных к механизму, обеспечивающему их направленность на Солнце и передачу сконцентрированных лучей в теплохранилище;

- теплохранилища, состоящего из ядра, в центре которого размещены парогенератор и мобильные теплоизолирующие заслонки с их приводными механизмами, регулирующие поступление лучевой энергии от ядра к парогенератору, и периферийной части (ПЧ), представляющей собой емкость, которая, пропуская через отверстия (ПО) в своих стенках сконцентрированные рефлекторами солнечные лучи, является приемником этой лучевой энергии,

- теплоизоляции, покрывающей всю внешнюю поверхность теплохранилища, а так же нерабочую часть внешней поверхности корпусов парогенератора и паровой турбины;

- системы входных теплоизоляционных заслонок, снабженных приводными механизмами (назначение заслонок - уменьшение утечек тепла из АВ в период прекращения подачи в АВ лучевой энергии);

- системы управления входными теплоизоляционными заслонками;

- системы управления теплоизолирующими заслонками, регулирующими поступление лучевой энергии от ядра АВ к парогенератору;

- системы подачи воды в парогенератор;

- системы отведения и конденсации отработанного пара.

Ядро теплохранилища обладает большой массой с достаточно

высокой теплоемкостью. Масса периферийной части – мала и определяется предотвращением перегрева в период поступления в ПЧ солнечных лучей.

2.3. Концептуальные основы работы АВ.

Базовой концепцией АВ является получение высокого КПД за счет введения в ядро АВ и удержания в нем (в основном, в тепловом виде) возможно большего объема перехваченной рефлекторами лучевой энергии и использования (в предельно высоком температурном режиме) тепла, полученного из этой энергии. Этот предел температуры определяется техническими возможностями использования перегретого пара.

Паровая турбина Т-175-30 позволяет использование пара с температурой 550°C. При температуре отработанного пара 30°C теоретически возможное значение КПД турбины, в соответствии с законом Карно, будет:

$$\text{КПД} = 1 - 303,16 / (550 + 273,16) = 0,6317 \quad (1)$$

Для получения значения КПД всей системы АВ (КПДАВ) следует учесть:

КПД механизмов (трубопроводов, паровой турбины, электрогенератора) – 0,76;

- уменьшение КПДАВ за счет утечки энергии из периферийной части теплохранилища через ПО – 0,95;

- уменьшение КПДАВ из-за несовершенства теплоизоляции – 0,9;

- КПД рефлекторов 0,9. Таким образом, итоговое КПД системы АВ – КПДАВ будет равно - $\text{КПДАВ} = 0,6317 \cdot 0,76 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,37. \quad (2)$

2.4 Принцип работы АВ.

В период активного для данной местности Солнца сконцентрированная рефлекторами солнечная лучевая энергия поступает в ПЧ, нагревая ее внутреннюю поверхность, внешнюю поверхность ядра и часть внешней поверхности парогенератора. Ядро за счет своего лучеиспускания также нагревает парогенератор. Перераспределение тепловой энергии внутри теплохранилища и нагревание парогенератора осуществляется, в основном, за счет лучеиспускания и, соответственно, поглощения лучевой энергии.

Для пояснения сказанного, рассмотрим пример.

В условиях Крыма можно принять в расчет 2200 солнечных часов в году. Система слежения за Солнцем обеспечит перехват 600 Вт/м^2 лучевой энергии. Требуется определить параметры гелиостанции, мощностью 175 Мвт, в предположении, что энергоемкость теплохранилища обеспечивает равномерное расходование поступающей солнечной энергии.

Решение.

Определение площади живого сечения перехватываемого лучевого потока.

По условию за год требуется выработать $175000 \cdot 8766 = 1534050000 \text{ Квтч}$ электроэнергии.

1 м^2 дает - $0,6 \cdot 2200 = 1320 \text{ Квтч}$ в год. Следовательно, площадь живого сечения перехватываемого потока солнечных лучей должна быть равна - $1534050000 / (1320 \cdot 0,37) = 3140970 \text{ м}^2$.

Общая мощность перехваченного лучевого потока энергии составит $3140970 \cdot 0,6 = 1884582 \text{ Квт}$.

Предполагая значение углового диаметра Солнца равным $32' 31''$ [1, стр. 973], получаем значение минимальной суммарной площади фокусных пятен рефлекторов равной $3140970 \cdot 0,000372 = 1168 \text{ м}^2$. Этот результат получается для суммарной площади ПО при идеальной ориентации на Солнце параболоидных концентраторов.

Полагая значение максимальной температуры внутренней поверхности ПЧ равной 1400К и значение степени черноты этой поверхности равной 0,2, получаем по формуле Стефана – Больцмана [2, стр.6] величину мощности, теряемой в результате излучения из ПЧ через ПО, - $W_{\text{тпо}}$. $W_{\text{тпо}} = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,2 \cdot 1168 \cdot (1400^4 - 3004^4) = 50724 \text{ Квт}$.

Что составляет - $50724 / 1884582 = 0,0269$ от общей мощности, поступающей в систему.

Величина площади нагреваемой поверхности парогенератора определяется требованием передачи через эту поверхность тепловой мощности $W_{\text{нп}}$, величина которой равна - $175 \text{ Мвт} / (0,6317 \cdot 0,76) = 365 \text{ Мвт}$.

Полагая рабочую температуру теплохранилища равной - 1350К, считая степень черноты лучеобменных поверхностей (теплохранилища и парогенератора) равной - 0,9, принимая расчетную температуру внешней поверхности парогенератора равной 1250К, получаем величину площади внешней поверхности парогенератора - $S_{\text{нп}}$:

$S_{\text{нп}} = 365000000 / (5,67 \cdot 0,81 \cdot (13,5^4 - 12,5^4)) = 9030 \text{ м}^2$. Очевидно, что $S_{\text{нп}}$ будет меньше при более высокой температуре теплохранилища.

Электрическая мощность, расход питательной воды (пара), давление свежего пара и температура свежего пара приняты по аналогии с

соответствующими показателями стандартной парозенергетической установки такой же мощности (ПТС ТЭС с паровой турбиной Т – 175 – 130) – соответственно: 175Мвт, 216,51кг/сек, 12,75МПа, 550°C (823,16К).

При скорости движения пара 15м/с в трубах парогенератора с эквивалентным диаметром 50 мм часовая интенсивность теплообменного процесса (Инт) будет приблизительно 50 ккал /м². В нашем случае для нагревания пара до температуры 550°C требуется обеспечить эквивалентную разницу температур (Эрт), определяемую выражением:

$$\text{Эрт} = W_{\text{нп}} \cdot 860 / (\text{Инт} \cdot S_{\text{пг}}). \quad (3)$$

$$\text{Эрт} = 365000 \cdot 860 / (50 \cdot 9030) = 695,238^\circ\text{C}.$$

Основные энергетические вложения в процесс превращения воды в пар осуществляются в начальной стадии, так как массовая теплоемкость воды почти втрое больше теплоемкости пара. Т.е. в условиях максимального значения разницы температур. Это обстоятельство позволяет сделать вывод, что более точные расчеты дадут меньшие значения $S_{\text{пг}}$.

3. Задачи дальнейших исследований.

Результаты приведенных ориентировочных расчетов позволяют сделать вывод о работоспособности рассмотренной схемы использования солнечной лучевой энергии. Задачами дальнейших исследований должны быть:

- определение оптимальных параметров теплоизоляции, работающей в условиях высоких температур (1500К – 1800К);

- разработка устройства, обеспечивающего минимизацию потерь энергии при вводе сконцентрированных лучей в теплохранилище.

- определение оптимальных параметров конструкции гелиосистемы данного типа.

Заключение.

Доказана работоспособность гелиостанции, работающей по схеме: система концентраторов лучевой энергии – теплохранилище – парогенератор.

Ставится вопрос о выполнении поисковых работ по определению оптимальных параметров данной системы с целью выяснения ее конкурентноспособности.

Література

1. Кикоин И.А. Таблицы физических величин – М.: Атомиздат, 1976.
2. Грищенко Ю.И. Регулирование оптических параметров гелиоустройств воздействием окружающей среды – К.: Наукова думка, 2008.