

УДК 621.311.26

М.М. МУХАММАДИЕВ**Э.К. МАМАДИЁРОВ****Б.У. УРИШЕВ****К.С. ДЖУРАЕВ**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

TECHNICAL PROCESS OF LOW- HEAD POWER INSTALLATIONS BASED ON RENEWABLE ENERGY RESOURCES

Рассмотрен технологический процесс выработки электрической энергии комбинированной энергетической установкой малой мощности, включающей в себя гидроэлектростанцию, с учетом оптимального использования различных возобновляемых энергоресурсов и управления режимами работы.

Ключевые слова: комбинированная энергетическая установка, гидроэнергетическая установка, возобновляемые источники энергии, технологический процесс.

Эффективность использования возобновляемой энергии намного увеличивается, если будут задействованы несколько источников в единой системе по производству энергии. В составе такой системы, например, могут быть солнечные, ветровые и гидравлические энергоустановки, выбранные на основе климатических и местных особенностей источников энергии. Такие системы называют комбинированными или гибридными системами, их широкое использование является весьма актуальным [1-6]. При этом, безусловно, должно предусматриваться аккумулирование энергии источников, привлеченных для производства электроэнергии.

Для автономных комбинированных энергоустановок малой мощности аккумулирование энергии является необходимым мероприятием, которое повышает эффективность и бесперебойность энергоснабжения. Однако в ныне существующих комбинированных установках аккумулирование энергии осуществляется в основном электрохимическими аккумуляторами, что значительно повышает себестоимость производимой энергии, особенно при увеличении мощности установок. Анализ и сравнение имеющихся способов аккумулирования энергии по-

Technical process of compound low-head power installation containing hydropower station is viewed. Optimum utilization of renewable energy resources and operating stages control are considered.

Key words: compound power installation, hydropower installation, renewable energy resources, technical process.

казал, что среди них гидроаккумулирование является наиболее эффективным и приемлемым [2].

Технологический процесс выработки энергии в малой энергетической установке (МЭУ) прежде всего зависит от оптимального использования возобновляемых ресурсов и управления режимом работы такого комплекса. Для имеющихся значений ресурсов в некотором промежутке времени существует такой режим работы МЭУ, при котором обеспечивается полное покрытие графика нагрузки потребителей при минимальных значениях потерь энергии и максимуме КПД установки с учетом введенных ограничений и условий.

Для большинства индивидуальных потребителей, которые занимаются производством в рамках малого бизнеса, суточный график нагрузки в течение года мало изменяется и имеет почти постоянный характер. В таких условиях основной задачей является подстраивать график работы МЭУ под график суточной нагрузки с минимальными затратами.

Как известно, параметры, которые определяют величину мощности МЭУ $N_{\text{МЭУ}}(t)$, являются переменными, зависящими от природных факторов, и поэтому точно вычислить значение $N_{\text{МЭУ}}(t)$ заранее

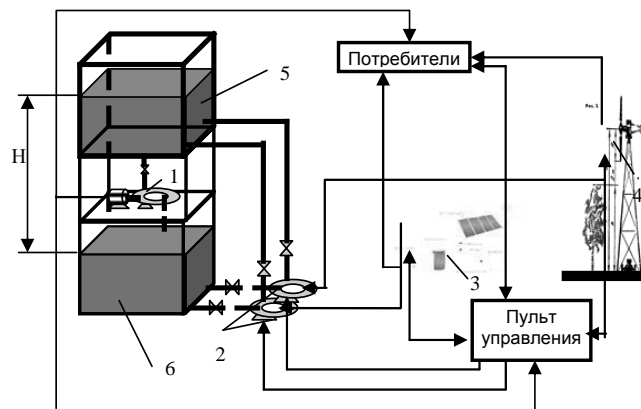


Рис. 1. Схема МЭУ с гидравлическим аккумулярованием энергии:
1 – гидроэнергетическая установка; 2 – насосная установка; 3 – солнечная установка;
4 – ветроэнергетическая установка; 5 – верхний резервуар; 6 – нижний резервуар

- задача крайне сложная. В связи с этим для гарантированного обеспечения покрытия графика нагрузки необходимо либо аккумулировать излишнюю энергию, либо использовать дополнительные источники (дизельные генераторы или централизованное энергоснабжение) в периодах, когда не действуют возобновляемые источники.

Для построения обобщенной модели технологического процесса проанализируем вариант МЭУ на базе солнечной, ветровой и гидравлической энергии с аккумулярованием энергии в верхних и нижних бассейнах. Для такого варианта обобщенную технологическую схему можно представить в следующем виде (на рис. 1).

В этой схеме гидроэнергетическая установка (ГЭУ) будет использовать объем воды верхнего резервуара для выработки энергии, а солнечные, ветровые установки, помимо передачи энергии потребителям, могут работать для привода насосной установки, применяемой для гидравлического аккумулярования энергии в верхнем резервуаре. Поэтому их основные параметры должны иметь такие величины, которые обеспечивали бы необходимые мощности насосной установки.

Для вышеприведенного варианта балансовое уравнение мощности будет иметь следующий вид:

$$P - (N_G - \Delta N_G) + (N_H + \Delta N_H) - (N_C - \Delta N_C) - (N_B - \Delta N_B) = 0, \quad (1)$$

где N_G , N_H , N_C , N_B – мощности соответственно гидротурбинного агрегата, насосной, солнечной и ветровой установок;

ΔN_G , ΔN_H , ΔN_C , ΔN_B – потери мощности при преобразовании энергии соответственно в гидро-

энергетической, насосной, солнечной и ветровой установках;

P – величина нагрузки (потребляемая мощность).

Из (1) следует, что изменение величины N_G зависит от величины P , а изменение N_G приводит к изменению N_H , а та в свою очередь влияет на величины N_C и N_B . Все это, если по-другому выразить, выглядит следующим образом.

Выработка электрической энергии с мощностью N_G производится в соответствии с величинами P . При этом будет наблюдаться уменьшение объема воды в верхнем бассейне, что в свою очередь требует принятия мер по перекачке в верхний бассейн сработавшего объема воды. Таким образом, изменения между N_G и N_H будут иметь аналогичный характер, т.е. насосная установка должна реагировать на каждую величину N_G соответствующим образом. Для питания насосной установки используется суммарная мощность или часть этой мощности N_C и N_B , при этом часть мощности может быть и передана для покрытия нагрузки.

При определении основных параметров МЭУ надо учитывать тот фактор, что их величины напрямую зависят от характера графика энергопотребления.

Например, для типичных энергопотребителей, занимающихся индивидуальным производством, график энергопотребления имеет примерно такой вид, который представлен на рис. 2.

Основными параметрами гидроэнергетической установки, которые должны быть согласно данному графику нагрузки, являются ее установленная мощность в турбинном режиме и объем верхнего резервуара.

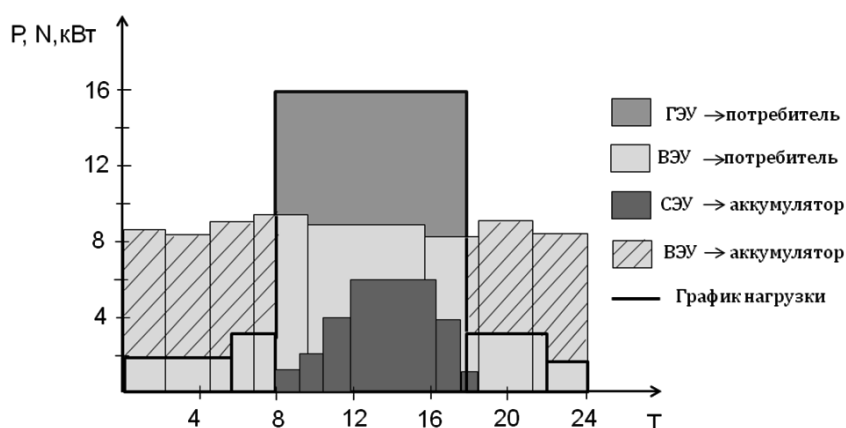


Рис. 2. Замещение графика нагрузки малыми энергетическими установками с гидроаккумулятором

Вариант МЭУ, приведенный на рис. 2, имеет повышенную надежность энергоснабжения, так как в данном варианте для данной цели участвуют три разнотипных установок на базе разных видов источников, однако, несомненно, это удорожает стоимость общей установки. Поэтому при выборе типа установки, которая используется для аккумуляирования энергии, необходимо учесть местные климатические условия и степень обеспеченности источником энергии. Например, в тех местах, где имеется достаточный ветроэнергетический потенциал, целесообразно использование ветроэнергетической установки (ВЭУ) для аккумуляирования энергии.

В связи с тем, что современные энергоустановки и средства их управления представляют собой сложные системы с различными параметрами, аналитическое описание функционирования этих систем является задачей очень трудной. Более приемлемы функциональные схемы, которые будут основой при составлении проекта автоматизации процесса управления. Функциональная схема МЭУ вышеприведенного комплекса (рис. 1) представлена на рис. 3.

Деятельность этого комплекса основывается на детерминированном измерении мощности каждой установки $[N_B(t), N_T(t), N_C(t)]$ с последующим сопоставлением этих величин с величиной требуемой мощности потребления P , т.е. проверяются следующие условия:

$$N_B(t) \geq P(t), N_T(t) \geq P(t), N_B(t) + N_T(t) \geq P(t). \quad (2)$$

При выполнении условия $N_B(t) \geq P(t)$ в следующем функциональном блоке выполняются нижеприведенные операции:

- удовлетворяется потребность P путем передачи мощности потребителю $N_B(t) = P(t)$;
- если $N_B(t) - P(t) > 0$, то мощность $N_B(t) - P(t)$; также N_C используется для аккумуляирования энергии.

Если мощность $N_B(t) < P(t)$, то следующим шагом будет проверка условия $N_T(t) \geq P(t)$, при выполнении которого $N_T(t)$ направляется для нужд потребителя, а $N_B(t) + N_C(t)$ для аккумуляирования энергии.

В случае $N_T(t) < P(t)$ проверяется условие $N_T(t) + N_B(t) \geq P(t)$, при выполнении которого сумма мощностей ГЭУ и ВЭУ используется для покрытия нагрузки, а $N_C(t)$ передается для аккумуляирования энергии. При недостаточности их суммарной энергии, т.е. $N_T(t) + N_B(t) < P(t)$, ГЭУ будет остановлена, а остальные установки будут работать для аккумуляирования энергии.

Последовательное измерение мощности установок через определенные дискретные моменты времени предшествуют проверке этих величин с потребной мощностью P , вследствие чего определяется та установка, которая должна передавать мощности потребителям. При этом остальные установки будут аккумуляировать энергию или будут остановлены. Если мощности ни одной из установок недостаточно для покрытия потребной мощности P , то используется мощность двух установок. Поэтому для программного подключения и отключения установок необходимо в системах управления применять электронные средства, которые способны одновременно следить за изменениями нескольких параметров (мощность, величины нагрузки, расход и уровень воды в резервуарах и т.п.) и принимать необходимые решения.

Следует учесть тот фактор, что гидроэнергетические установки постоянно совершенствуются. Новые конструктивные решения могут обеспечить существенное повышение эффективности использования гидравлической энергии, как, в частности, предлагается в [7-9].

На рис. 4 приведена предложенная нами усовершенствованная схема устройства управления

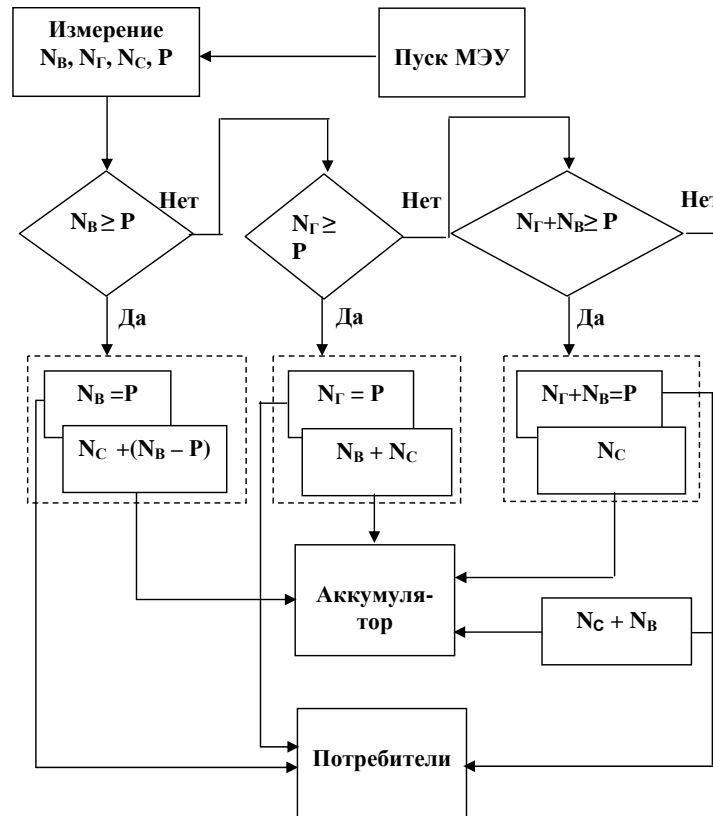


Рис. 3. Функциональная схема комбинированной МЭУ с аккумулярованием энергии

работой комбинированной малой энергетической установки в зависимости от нагрузки потребления энергии P [10].

Устройство работает следующим образом. Мощность работающих установок ГЭУ, ВЭУ, СЭУ измеряется с помощью измерителей мощности ИМ, и сигналы от них подаются в аналого-цифровой преобразователь АЦП (если измерители мощности цифровые, то АЦП отсутствует). Оцифрованные сигналы от АЦП поступают в блок переключения БП, который соединяет только один из трех каналов с блоком сравнения БС. Остальные каналы будут находиться в отключенном состоянии. В блоке сравнения происходит сравнение сигналов, поступающих из блока переключения, с сигналами из блока задатчика мощности БЗ, которые формируются на основании графика нагрузки $P(t)$ и являются эталонными сигналами для данной системы. Сигналы, поступающие из блока переключения, пропорциональны мощности установок и точно характеризуют величину их изменения.

Если по сигналам БС $P \geq N_{yc}$, подается импульс триггеру Т, который находится в исходном положении 0. При подаче импульса на вход триггера

он переходит в положение «1», чем обеспечивается подача сигналов в блок переключения и он отключает исходный канал и включает другой канал. Это значит, что мощность рассмотренной установки недостаточна для покрытия потребной мощности P и система подает команду для проверки другой установки аналогичным образом.

При отключении исходного канала в БС происходит сброс и триггер займет положение «0». Если вновь окажется положение $P \geq N_{yc}$, эта процедура повторяется и третья установка будет подвергаться аналогичной проверке.

При случае, если у одной из установок мощность больше или равна потребной мощности ($P \leq N_{yc}$), то по сигналам, поступившим из блока сравнения, триггер займет положение «0». Такое положение триггера запускает электронно-логическую схему «НЕ», и сигналы от неё поступают во включатель В, который включает электронные схемы «НЕ», соединенные с цепями каналов всех трех установок в блоке переключения. Из трех каналов только у одного есть напряжение, потому что только у этого канала выполнялось условие ($P \leq N_{yc}$), в связи с чем заработали схемы «НЕ». По этой причине на входах двух

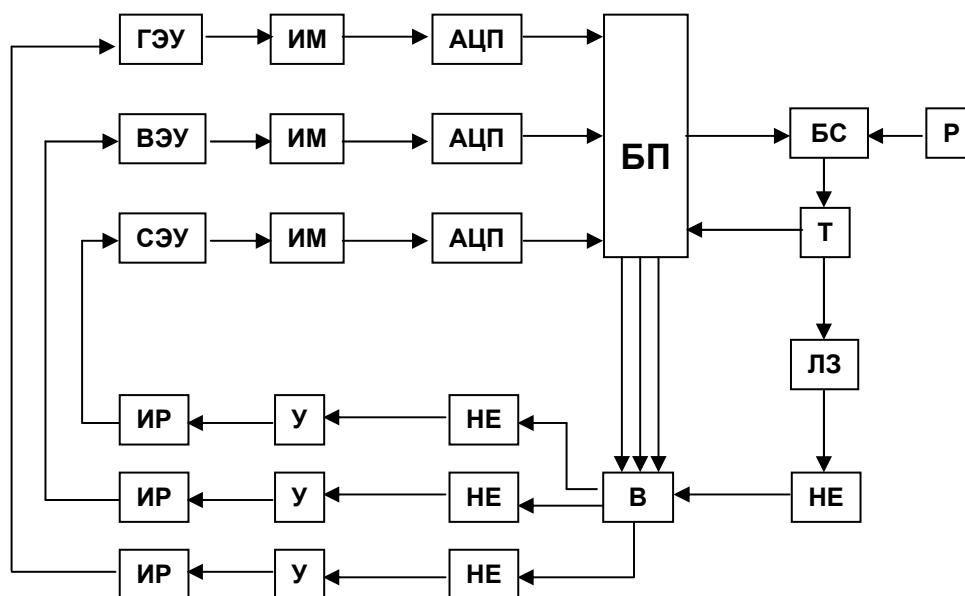


Рис. 4. Электронная схема устройства управления функционированием МЭУ

электронных схем «НЕ» нулевой сигнал, а на входе одного из схем - положительное напряжение. Такая комбинация сигналов приводит к тому, что на выходах двух электронных схем «НЕ» вырабатываются сигналы, которые затем усиливаются усилителем У и подаются исполнительному реле для отключения двух установок, у которых оказалось $P \geq N_{yc}$.

Таким образом, данная система за очень короткое время сможет отыскать наиболее приемлемый вариант с тремя установками, который удовлетворяет условию $P \leq N_{yc}$ и подать команду на отключение или изменение режима тех установок, которые не удовлетворяют поставленной задаче. Имеющаяся между триггером и схемой «НЕ» линия задержки ЛЗ служит для обеспечения прихода сигнала электронной схеме «НЕ» с некоторым запозданием. Это необходимо для того, чтобы при переходе триггера в положение «0» при отключениях каналов сигналы не могли поступать на вход схемы «НЕ».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдуллаев Д.А., Исаев Р.И., Махкамджанов Б.М. Гибридный автономный ветросолнечный источник электроэнергии. Результаты ресурсных испытаний // Гелиотехника. 1996. № 5. С. 40-46.
2. Елистратов В.В., Бальзанников М.И. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования. Самара, 2008. 331 с.
3. Бальзанников М.И. Решение проблем развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в Среднем Поволжье // Научная школа академика

Ю.С. Васильева в области энергетики и охраны окружающей среды: сб. научн. тр. СПб.: СПбГПУ, 2004. С. 25-39.

4. Бальзанников М.И. Актуальные направления развития возобновляемой энергетики в Среднем Поволжье // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Вып. 8. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского гос. арх.-строит. ун-та, 2005. С. 173-185.

5. Захидов Р.А., Киселева Е.И., Орлова Н.И. Перспективы устойчивого экологически безопасного энергообеспечения Узбекистана с использованием энергии солнечного излучения, малых водотоков, ветра // Гелиотехника. 1997. № 5-6. С. 86-97.

6. Уришев Б.У., Мамадиёров Э.К. Гибридные энергетические установки на базе возобновляемых источников с гидравлическим аккумулярованием энергии. Ташкент: Изд-во «Фан», 2007. 136 с.

7. Шабанов В.А., Бальзанников М.И., Олинер И.М. Осевой насос // Патент РФ 2031252. 1995. Бюл. № 8.

8. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Иванов М.В. Гидравлическая турбина // Патент РФ 2369770. 2009. Бюл. № 28.

9. Алексеев Е.И., Бальзанников М.И., Евдокимов С.В. Гидрогенератор морских течений // Патент РФ 2372518. 2009. Бюл. № 31.

10. Уришев Б.У., Мухаммадиев М.М. Устройство для управления энергетическими установками малой мощности // Патент на изобретение Респ. Узб. IAP 04454. 2011. Бюл. № 12.

© Мухаммадиев М.М., Мамадиёров Э.К.,
Уришев Б.У., Джураев К.С., 2014

Об авторах:

МУХАММАДИЕВ Мурадулла Мухаммадиевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет
100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

МАМАДИЁРОВ Эркин Каршиевич

кандидат технических наук, доцент кафедры гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет,
100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

УРИШЕВ Боборахим Уришевич

кандидат технических наук, доцент кафедры гидроинженерии
Каршинский инженерно-экономический институт
180100, Республика Узбекистан, Кашкадарьинская область, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225
E-mail: Urishev55@mail.ru

ДЖУРАЕВ Курбон Салихджанович

старший преподаватель кафедры гидравлики и гидроэнергетики
Ташкентский государственный технический университет,
100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2
E-mail: djuraev_q@mail.ru

MUKHAMMADIEV Muradulla

Doctor of Engineering Science, Professor,
Head of the Hydraulics and Hydroenergetics Chair
Tashkent State Technical University
100095, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

MAMADIYOROV Erkin

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Hydraulics and Hydroenergetics Chair
Tashkent State Technical University
100095, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 2
E-mail: Muhammadiev_m@rambler.ru

URISHEV Boborakhim

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Hydro Engineering Chair
Karshi Institute of Engineering Economics
180100, Uzbekistan, Kashkadarinsky Region, Karshi, Mustakillik Str., 225
E-mail: Urishev55@mail.ru

DZHURAEV Kurbon

Senior Lecturer of the Hydraulics and Hydroenergetics Chair
Tashkent State Technical University
100095, Uzbekistan, Tashkent, Universitetskaya str., 2
E-mail: djuraev_q@mail.ru

Для цитирования: Мухаммадиев М.М., Мамадиёров Э.К., Уришев Б.У., Джураев К.С. Технологический процесс энергетических установок малой мощности на базе возобновляемых источников энергии// Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 1 (14). С. 92-97.