

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИМ ИСТОЧНИКОМ РЕЗЕРВА.

(Андижанский государственный технический институт)

PhD., доцент С.С. Аъзамов

(Андижанский государственный технический институт)

Магистрант О.А. Азамжонов

Аннотация: В эпоху цифровых технологий и искусственного интеллекта проблема обеспечения непрерывной, качественной и экологически чистой электроэнергии стала чрезвычайно актуальной. В этом отношении требуется уделять особое внимание источникам питания при внедрении гидроаккумулирующих резервных источников энергии для выработки электроэнергии, а также при контроле показателей качества выработанной электроэнергии. С целью эффективного решения этой проблемы энергоблочные системы с внедренными гидроаккумулирующими источниками энергии вырабатывают электроэнергию с учетом влияния выходного напряжения на баланс мощности по количеству и величинам электроэнергии. Устройство, работая в двигательном режиме, обеспечивает возможность повышения показателей качества путем контроля несимметрии выходных токов за счет симметрирования выходных напряжений с помощью конденсаторных батарей при переходе в генераторный режим, и потери напряжения для электродвигателя. В обоих режимах работы устройства, в зависимости от движения воды, турбины приводятся в действие, и с помощью электрогенераторов либо вырабатывается, либо потребляется электроэнергия. В статье освещены анализы основных требований и методов к показателям качества электроэнергии, а также решения проблем балансов активной, реактивной, полной мощности электроэнергии, потребляемой из сети и отдаваемой в сеть при работе устройства (как в двигательном, так и в генераторном режимах).

Ключевые слова: Гидроаккумулирующий тип энергии, двигательный и генераторный режимы, перемещение водных ресурсов в нижний бассейн, высокогорные водохранилища, источник активной и реактивной мощности, с целью эффективного решения, потенциальная энергия воды.

Abstract: In the era of digital technology and artificial intelligence, the problem of providing continuous, high-quality, and environmentally clean electricity has become extremely urgent. In this regard, the introduction of hydro-accumulatory reserve energy sources for electricity generation, as well as monitoring the quality parameters of the generated electricity, requires special attention to power sources. To solve this problem effectively, power unit systems with introduced hydro-accumulatory energy sources generate electricity, taking

into account the impact of output voltage on the power balance in terms of the quantity and magnitude of electricity. When the device operates in motor mode, it enables the improvement of quality indicators by controlling the asymmetry of output currents through the symmetrization of output voltages using capacitor banks when switching to generator mode, and the voltage drop for the electric motor. In both operating modes of the device, depending on the movement of water, the turbines are activated, and with the help of electric generators, electricity is either generated or consumed. The article outlines the analyses of the main requirements and methods for the quality indicators of electricity, as well as solutions to problems related to the active, reactive, and total power balances of electricity consumed from the grid and supplied to the grid when the device operates (in both motor and generator modes).

Keywords: Hydroaccumulating energy type, motor and generator modes, transfer of water resources to the lower basin, high-altitude reservoirs, source of active and reactive power, for the purpose of effective solution, potential energy of water.

Введение:

Для обеспечения бесперебойного и качественного электроснабжения потребителей по всему миру использование резервных гидроэлектростанций может стать эффективным решением для эффективного использования имеющихся водных ресурсов стран Центральной Азии [1]. Сегодня гидроэлектростанции играют важную роль в производстве и поставке электроэнергии. Эти системы создают резерв энергии, накапливая воду под высоким давлением, и позволяют передавать этот резерв в сеть при необходимости. Гидроэлектростанции служат эффективным инструментом для компенсации резких перепадов электроснабжения, быстрого реагирования на изменения спроса на энергию и повышения эффективности систем[2]. В этом разделе мы подробно рассмотрим принципы работы, преимущества и недостатки, возможности и ограничения резервных гидроэлектростанций. Принцип работы резервных гидроэлектростанций прост, но очень эффективен: электроэнергия вырабатывается путем спуска воды из высокогорных водохранилищ для получения энергии. Потенциальная энергия воды преобразуется в кинетическую, которая, в свою очередь, вращает турбины гидроэлектростанции и вырабатывает электроэнергию[3]. В гидроэлектростанциях сбор и производство энергии осуществляется в несколько этапов: Накопление энергии: вода собирается в верхнем бассейне системы. Этот процесс обычно осуществляется в периоды низкого потребления энергии. Таким образом, избыток энергии запасается в системе и в дальнейшем, особенно при высоком спросе на энергию, вырабатывается электроэнергия путем направления собранного водного

ресурса на лопатки турбины электроустановки, работающей в режиме генератора. Проанализируем графические изображения взаимодействия установки в обоих режимах по фазам и по векторам, а также расчетные формулы и векторы и табличное распределение потребляемой реактивной и активной мощности, влияющей на сеть, используя рисунки 2 и 3. Производство энергии: в процессе спуска воды из верхнего бассейна в нижний потенциальная энергия воды преобразуется в кинетическую, что приводит к выработке электроэнергии на гидроэлектростанциях[4]. Потеря напряжения на электродвигателе при работе установки в двигательном режиме при переходе в режим генератора позволяет повысить качественные показатели за счет управления симметричными величинами выходных токов путем симметризации выходных напряжений с помощью батарей конденсаторов[5]. В обоих режимах работы устройства турбины приводятся в движение движением воды, а электроэнергия вырабатывается или потребляется с помощью электрогенераторов.



Рисунок 1

Электростанция на основе гидроаккумулирующей технологии

Основным преимуществом систем ГАЭС является высокая эффективность в производстве энергии. Эти системы зависят от ресурсов, расположенных в нижнем и верхнем бассейнах, что позволяет воде подниматься на высокое давление и высоту. В то же время, эти системы являются хорошим средством для контроля спроса на энергию[6]. Быстрое обеспечение энергией: гидроаккумулирующие системы могут быстро начать производство энергии. Эти системы быстро вступают в работу в периоды резкого роста энергопотребления, например, в рабочее время или в холодную погоду, и помогают балансировать сеть.

Метод:

При использовании систем гидроаккумулирующего электроснабжения для контроля и управления показателями качества вырабатываемой электроэнергии, а также величины и количества потребляемой электроэнергии при работе генератора в двигательном режиме, используются трансформаторы тока. В процессе рекуперации взаимное расположение кривых напряжения и тока будет таким, как показано на рисунке 1, а. В этом случае ток первичной обмотки ЭДС будет под углом.

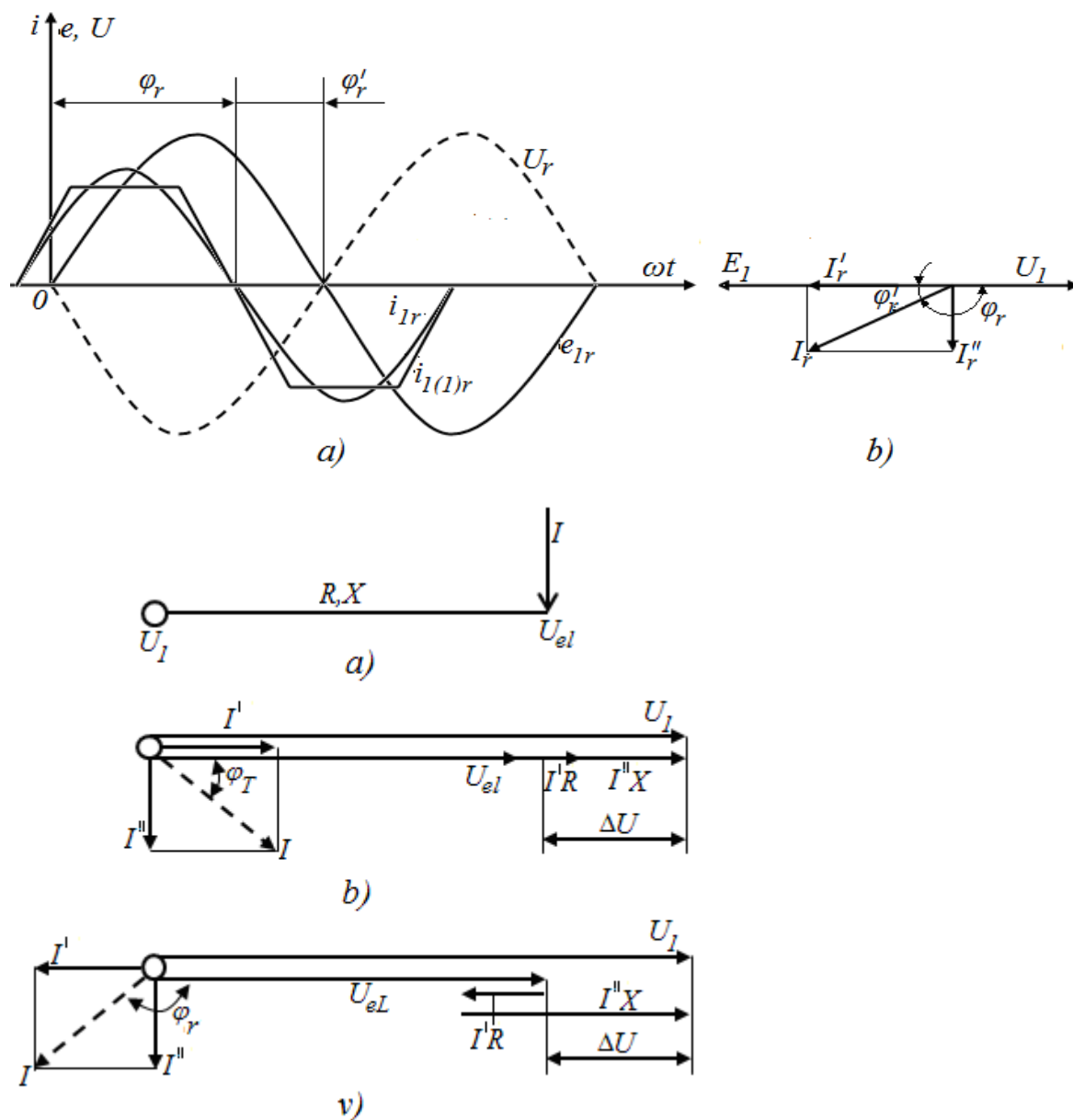


Рисунок 2. Падение напряжения для электродвигателя при работе устройства в двигательном режиме:

- а- схема питания;
 б- векторная диаграмма для двигательного режима;
 в- векторная диаграмма для режима рекуперации

Потери напряжения для двигательного и рекуперативного режимов определяются соответственно по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_T &= I'R + I''X, \\ \Delta U_r &= -I'R + I''X. \end{aligned} \right\}$$

Как и в двигательном режиме, так и в режиме рекуперации $U_m \approx U_c U_m \approx U_c$ (здесь $U_c U_c$ - напряжение на потребителе (приемнике тока двигателя)), то есть $\Delta U \Delta U$ и во время рекуперации напряжение на электродвигателе не возрастает до опасного уровня[7]. Однако, мы видим, что потеря напряжения до электродвигателя невелика по сравнению с потреблением электроэнергии в часы пик, несмотря на значительное снижение коэффициента мощности. В этой системе при работе генератора в двигательном режиме в пусковых и рабочих режимах достигается обеспечение источника реактивной мощности для систем компенсации возрастающего потребления реактивной мощности путем установки конденсаторов. Они работают с меньшими потерями по сравнению с другими источниками энергии, что обеспечивает повышение эффективности гидроэлектростанций обычно до 70-80%. Принцип компенсации реактивной мощности[8]. При рассмотрении индуктивных и емкостных схем было показано, что мгновенная емкостная мощность в цепи является отрицательной относительно мгновенной индуктивной мощности в цепи. Это условие имеет большое значение на практике.

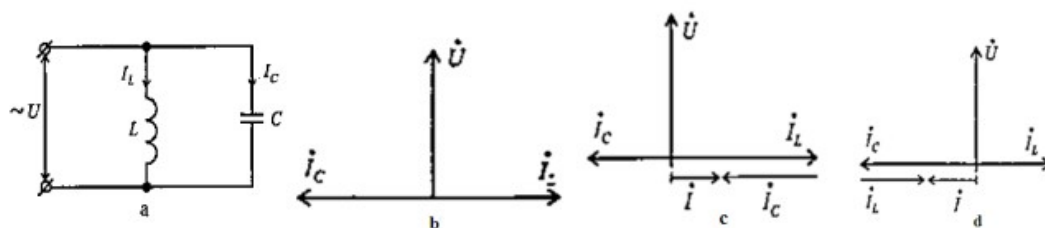


Рисунок 3. На схеме (а) ток в неразветвленной части цепи равен геометрической сумме токов L и C, включенных по схеме параллельных ветвей.

Схема (а) – векторные диаграммы токов и напряжений (b, c, d) – цепи с емкостной и индуктивной ветвями. Между источником питания и индуктивностью передается некомпенсированная часть энергии. Реактивная мощность в неразветвленной части схемы на схеме Рисунок 1, а формируется следующим образом:

$$Q=U \cdot I=U(I_L-I_C)=U(U \cdot b_L-U \cdot b_C)=U^2(b_L-b_C)=\frac{U^2}{x_L}-\frac{U^2}{x_C}=Q_L-Q_C$$

Из выражения получены Q-реактивная мощность и Q_L-компенсированная часть реактивной мощности. Мощность Q_C можно назвать компенсирующей мощностью или мощностью компенсирующих устройств. В целом, уменьшение реактивной мощности между потребителем и источником питания, то есть уменьшение реактивного тока в генераторах и сетях, называется компенсацией реактивной мощности[8]. Зависимость значения реактивной мощности от коэффициента мощности (в процентах от активной мощности).

Таблица 1.

Cosφ	1	0,99	0,97	0,95	0,94	0,92	0,9	0,87	0,85	0,8	0,7	0,5	0,3
tg φ	0	0,14	0,25	0,33	0,36	0,43	0,48	0,55	0,6	0,75	1,02	1,73	3,016
Q=Ptg φ (%)	0	14	25	33	36	43	48	55	60	75	102	173	301,6

Конечно, вот точный перевод на русский язык: Однако этот коэффициент не может в достаточной степени раскрыть его потребление, потому что при значениях cosφ, близких к единице, потребление реактивной мощности может быть значительным. Наиболее удобным показательным фактором является коэффициент реактивной мощности, который характеризует потребителя реактивной мощности[9].

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

Конечно, вот точный перевод на русский язык: по величинам cosφ и tgφ можно судить о том, насколько эффективно используется потребляемая энергия для выполнения работы. В зависимости от того, насколько широко применяется единица коэффициента мощности в устройствах, решением технико-экономических проблем является компенсация реактивной мощности.

Заключение:

В гидроаккумулирующих электроэнергетических системах было установлено, что устройства обладают возможностью плавной регулировки количества реактивной мощности, обеспечивая выработку реактивной мощности и линейность выходного напряжения, а также контролируя потребление реактивной мощности, которое устройство потребляет из сети в двигательном режиме. Для источников статической реактивной мощности второй группы, основанных на компенсаторах со статическими характеристиками мощности, в основном батареях конденсаторов, реакторов (не только ограничителей тока), преобразовательных устройствах (выпрямители, инверторы), применение тиристоров с искусственной коммутацией или их комбинаций при использовании гидроаккумулирующих источников энергии позволяет вырабатывать и потреблять количество энергии без потерь и стабильно.

Список литературы:

1. Pirmatov N. et al. Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 480. – С. 01007.
2. Аъзамов С. С. Улучшение механической прочности электрических проводов высокого напряжения //Universum: технические науки. – 2021. – №. 5-5. – С. 47-49.
3. Pirmatov N. et al. Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 508. – С. 08011.
4. Pirmatov N. et al. Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 480. – С. 01007.

5. Parpiev OB, Egamov DA. Sinxron generatorlar va motorlar haqida ma'lumot //Osiyo ko'p o'lchovli tadqiqotlar jurnali. – 2021. – T. 10. – №. 9. – S. 441-445.

6. Аъзамов С. С. Анализ управления и контроля рассеяния реактивной мощности однофазного асинхронного двигателя, вырабатываемой Солнечными панелями //Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-6 (115). – С. 18-21.

7. Boixanov Z. GES asinxron dvigatellarining nosimmetrik rejimlari [Symmetric modes of HPP asynchronous motors] //O'zbekgidroenergetika-UzbekHydropower (2). – 2021. – С. 27-28.

8. Hakimovich S.I., A'zamov S.S., Kamarov J.A. REAKTIV QUVCHI HISOBLASH USULLARI VA KOMPANSATSION QURILMANI TANLASH USULLARI BO'YICHA TADQIQOT //Mejdunarodnyy jurnal nauchnyx issledovateley. – 2025. – T. 10. – №. 2. – S. 93-98.

9. A'zamov S. S. ELECTROMAGNETIC CURRENT TRANSDUCER FOR CONTROL OF REACTIVE POWER CONSUMPTION OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR FROM A SINGLE-PHASE SUPPLY OF RENEWABLE ENERGY SOURCE.