

УДК 621.311.25

Нефедов Юрій Іванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики. Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна. Пр. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61166.
Тел. +38-057-702-13-45. E-mail: yuriy_nefedov@mail.ru

ГІДРОУДАРНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

У статті розглядається гідроелектростанція, в якій для виробництва електроенергії використовується гідроудар води. Оригінальність запропонованої системи полягає в тому, що великий тиск води, що здійснюється після гідроудару, без втрат тиску використовується для обертання гідротурбіни. Для стабілізації тиску води застосовується гідроаккумулятор. Робота системи відбувається з потоком води, який циркулює у замкнутій гідросистемі. Запропонована гідроударна електростанція дозволить виробляти електричні потужності, достатні для постачання електроенергією невеликих підприємств і житлових споруд.

Ключові слова: гідроудар, гідроаккумулятор, гідротурбіна, гідрогенератор.

Нефедов Юрий Иванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры физики. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков, Украина. Пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166.
Тел. +38-057-702-13-45. E-mail: yuriy_nefedov@mail.ru

ГИДРОУДАРНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

В статье рассматривается электростанция, в которой для производства электроэнергии используется гидроудар воды. Оригинальность предлагаемой системы состоит в том, что большое давление воды после гидроудара, без потерь давления используется для вращения гидротурбины. Для стабилизации давления воды применяется гидроаккумулятор. Работа осуществляется с потоком воды, циркулирующем в замкнутой гидросистеме. Предложенная гидроударная электростанция позволит вырабатывать электрические мощности, достаточные для снабжения электроэнергией небольших предприятий и жилых зданий.

Ключевые слова: гидроудар, гидроаккумулятор, гидротурбина, гидрогенератор.

Nefedov Yuriy Ivanovich, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor in Physics Department. Kharkov National University of Radio electronics. Kharkov, Ukraine, Ave. Lenin 14, Kharkov, Ukraine, 61166, tel. +38-057-702-13-45; E-mail: yuriy_nefedov@mail.ru

HYDRAULIC SHOCK ELECTRIC STATION

The article describes the electric station, in which electricity generates by the use of hydraulic shock of water. The originality of the suggested system lies in the fact, that after of hydraulic shock high pressure of water is used lossless for rotation of hydroturbine. For stabilization of water pressure the hydraulic accumulator is utilized. Work of electric station is performed by the water steam, circulating in a closed hydraulic system. Designing hydraulic shock electric system makes it possible to generate electric power enough to supply small enterprises and residential buildings.

Keywords: hydraulic shock, hydraulic accumulator, hydroturine, hydrogenerator.

Введение

В местах, удалённых от любых источников энергии, включая ветер, воду и солнце, использование для производства электричества альтернативных возобновляемых источников энергии является жизненно важным. Источник возобновляемой энергии – гидравлический удар используется в работе гидроударной электростанции с замкнутым циклом циркуляции воды [1]. Однако данная электростанция имеет небольшую мощность, так как для вращения гидротурбины используется не полное давление гидроудара, а давление отражённой ударной волны, прошедшей большое расстояние в турбулентной среде. По известным оценкам [2] потери давления воды при движении фронта ударной волны в турбулентной среде могут составлять до 60 % от начального давления на 3 метрах пути, а с увеличением пройденного расстояния потери давления ещё сильнее возрастают. Это является существенным препятствием к увеличению давления и расхода воды, а значит и к повышению мощности гидроударной электростанции. В рассматриваемой электростанции, названной гидроударный энергетический модуль, для вращения гидротурбины используется полное давление гидроудара после его осуществления, что предотвращает потери давления, позволяет увеличить расход воды, а значит и увеличить мощность электростанции.

Устройство и принцип работы гидроударного энергетического модуля (ГУЭМ)

Блок-схема ГУЭМ в продольном разрезе приведена на рисунке.

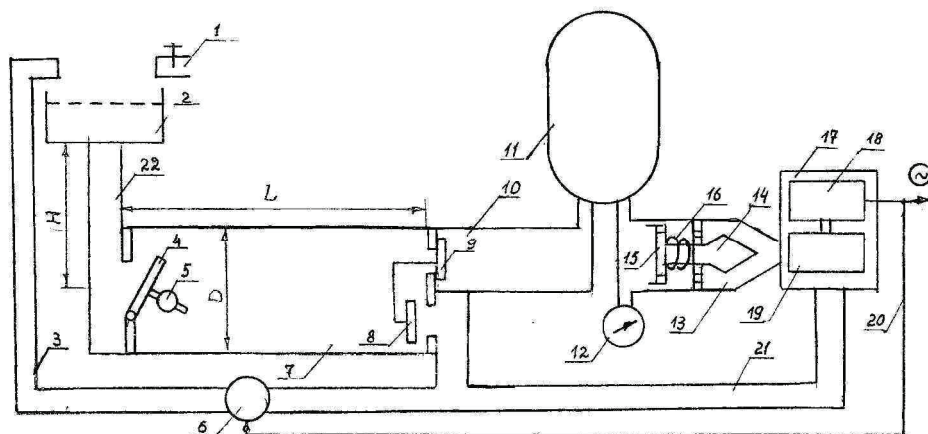


Рисунок. Блок-схема гидроударного энергетического модуля (ГУЭМ)

На рисунке изображены: водопроводная труба с краном 1, напорный бак 2, напорный трубопровод 3, обратный клапан 4 с грузом 5, установленным на центральной оси клапана, а сам клапан в нижней его части соединён осью с питающей трубой 7 и может свободно поворачиваться относительно последней, электронасос 6, питающая труба 7, ударный 8 и нагнетательный 9 клапаны, связанные между собой жёсткой связью, водовод 10, гидроаккумулятор 11, манометр 12, сопловый аппарат гидротурбины 13, состоящий из запорной иглы 14, поршня 15 и возвратной пружины 16, гидрогенератор 17, в состав которого входят электрогенератор 18 и гидротурбина 19, электропровода 20, соединяющие выход электрогенератора с электронасосом, труба отвода отработанной воды 21, подводящая труба 22.

До заполнения водой ГУЭМ обратный 4 и ударный 8 клапаны открыты, а нагнетательный 9 клапан закрыт. Вода из открытого крана водопроводной трубы 1 заполняет напорный бак 2, подводящую 22 и питающую 7 трубы и через ударный клапан 8, замедляя скорость, поступает в трубу отвода отработанной воды 21. После заполнения системы водой кран водопроводной трубы 1 закрывается. Высота подводящей трубы 22 $H = 1$ м создаёт реальную начальную скорость потока воды питающей трубе 7 $V = 1$ м/с [1]. Торможение потока перед ударным клапаном 8 создаёт в конце питающей трубы 7 гидроудар. Повышение давления воды после гидроудара, как известно [1], определяется по формуле Жуковского и будет составлять $13,5 \times 10^5$ Па (или примерно 13,5 атм.). Такое давление закроет ударный клапан 8 и откроет нагнетательный 9 клапан. Образующаяся при отражении от конца питающей трубы ударная волна, двигаясь с большой скоростью $C = 1350$ м/с в обратном направлении, доходит до обратного клапана 4 и большим давлением закрывает его на небольшой промежуток времени, пока давление у обратного клапана не понизится. Это произойдёт в тот момент, когда вода из питающей трубы 7 не перейдёт под действием гидроудара через нагнетательный клапан 9 в водовод 10. Момент открытия обратного клапана 4 можно изменять, перемещая груз 5 на оси клапана. Если, например, удалять груз 5 от клапана 4, увеличивается вращающий момент, действующий на клапан. Поэтому обратный клапан откроется при большем давлении, действующем на него со стороны уходящей ударной волны, то есть раньше, а это влияет на скорость потока в питающей трубе 7 в момент открытия клапана 4 [1]. Кратковременное прерывание потока воды обратным клапаном 4 приводит к увеличению скорости потока более чем в 10 раз. При скорости потока $V = 10$ м/с давление воды после гидроудара в конце питающей трубы 7 возрастёт в 10 раз и будет составлять 135 атм. [1].

После первого гидроудара, когда давление невелико (13,5 атм.), вода через открытый нагнетательный клапан 9 поступает в водовод 10 и давлением закрывает нагнетательный клапан, далее проходит через гидроаккумулятор 11, сопловый аппарат гидротурбины 13 и свободно вытекает в трубу отвода отработанной воды 21, не вращая импульсной гидротурбины 19, так как для её работы необходимо более высокое давление потока воды (более 40 атм.). Назначение соплового аппарата гидротурбины 13 – регулировать расход воды, подаваемой на лопатки гидротурбины 19. Давление воды на поршень 15 перемещает запорную иглу 14, которая уменьшает или увеличивает проходной зазор сопла. Упругость возвратной пружины 16 должна быть такой, чтобы она полностью сжималась давлением, превышающим, например, 100 атм., оставляя небольшой зазор между запорной иглой 14 и соплом. При уменьшении давления возвратная пружина будет разжиматься, перемещая поршень 15 и запорную иглу 16 влево, увеличивая зазор, и, тем самым, регулируя расход воды. Такой принцип действия имеет большинство сопловых аппаратов импульсных гидротурбин [3].

Начиная со второго гидроудара, когда давление воды повысится до 135 атм., вся вода из питающей трубы 7 через открытый нагнетательный клапан 9 быстро перетечет в водовод 10, высоким давлением в водоводе закроет нагнетательный клапан 9 и поступит в гидроаккумулятор 11. Зарядное давление газа в гидроаккумуляторе 11 должно быть небольшим. Поэтому под давлением жидкости в 135 атм. упругая мембрана гидроаккумулятора, которая разделяет жидкость и газ, растянется и сожмёт газ, увеличив его давление. Давление жидкости при этом уменьшится. Высоким давлением газа вода начнёт выдавливаться из выходного отверстия гидроаккумулятора 11 в сопловый аппарат гидротурбины 13 и, проходя через сопло, давить на лопатки импульсной гидротурбины 19. При этом гидроаккумулятор 11 при определённых условиях [1, 4] будет поддерживать стабильным давление воды на лопатках гидротурбины 19, а сопловый аппарат гидротурбины 13 – постоянный расход воды.

Пока вода под большим напором вращает гидротурбину 19, в питающей трубе 7 происходит новый гидроудар высокого давления, в результате которого вода через открытый нагнетательный клапан 9 снова поступает в водовод 10, и далее все процессы многократно повторяются. Промежуток времени между гидроударами должен быть немного меньшим, чем полное время выхода всей воды, поступающей в гидроаккумулятор 11 после одного гидроудара, то есть за один период работы ГУЭМ. Данное условие создаст непрерывность стабильного потока воды из сопла соплового аппарата гидротурбины 19. Время между гидроударами, начальную скорость потока воды в питающей трубе 7, давление после гидроудара, длительность периода работы ГУЭМ и его выходную мощность можно регулировать перемещением груза 5 на оси обратного клапана.

Отработанная вода с гидрогенератора 17 и с ударного клапана 8 стекает в трубу отвода отработанной воды 21 и далее электронасосом 6 через напорный трубопровод 3 подаётся в напорный бак 2. Так осуществляется замкнутый цикл циркуляции воды в ГУЭМ.

Вращающаяся под большим напором воды гидротурбина 19 механически связана с электрогенератором 18, при вращении которого вырабатывается электроэнергия. Небольшая часть вырабатываемой мощности (до 2 квт.) подается по электропроводам 20 для вращения электронасоса 6.

Расчётные технические характеристики ГУЭМ

В электростанциях, работающих при больших напорах и малых расходах воды, применяют импульсные гидротурбины Пелтона или Турго [1, 4]. В ГУЭМ давление на входе гидротурбины можно изменять в широких пределах до 100 атм., что соответствует напору около 1000 м. Нетрудно подсчитать, что время полного цикла работы ГУЭМ (периода T) будет составлять $T = 0,66$ с, если длина питающей трубы 7 $L = 3$ м, её диаметр $D = 0,24$ м, скорость потока в ней $V = 10$ м/с, учитывая время переключения клапанов 0,02 с, а полное время прохождения воды через водовод 10, гидроаккумулятор 11 и сопловый аппарат гидротурбины 13–0,34 с. Расход воды Q можно рассчитать по формуле [1]:

$$Q = (L\pi D^2) / (4T).$$

Для указанных выше параметров ГУЭМ расход воды составляет $Q = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Близкие значения расхода воды и напора используются при работе гидроагрегатов (гидрогенераторов) ГА – 5 и ГА – 10 [3, 5], которые применяются при напорах от 150 м до 450 м и расходах от $0,17 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,9 \text{ м}^3/\text{с}$. Напору в 450 м и расходу воды $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ соответствует мощность гидроагрегата около 500 кВт. Учитывая наибольшее стабилизированное давление воды на выходе сопла ГУЭМ 100 атм., что соответствует напору ~1000 м, можно использовать гидроагрегаты для производства ещё большей электрической мощности.

Выводы

Для получения более высокой электрической мощности нужно увеличить расход воды. Для этого можно использовать два ГУЭМ, работающих синхронно, но в противофазе. При этом общими для двух ГУЭМ будут сопловый аппарат гидротурбины, нагнетательный бак и система откачки отработанной воды. Во время создания гидроудара в одной питающей трубе, из другой вода под давлением поступает через водовод, гидроаккумулятор и сопловый аппарат гидротурбины на лопатки гидротурбины. В следующие пол периода функции питающих труб поменяются. Это позволит увеличить расход воды и вырабатываемую мощность электростанции в 2 раза. Подробнее такая электростанция будет рассмотрена в следующем сообщении.

Техническая реализация силовой части ГУЭМ (без гидрогенератора) не требует больших экономических затрат и трудно реализуемых элементов конструкции. Предполагается использовать при реализации стандартные разработанные узлы и элементы, такие как гидроаккумулятор, гидроагрегат, электронасос, сопловый аппарат гидротурбины, манометр и пр.

Отсутствие затрат на потребляемую энергию, экологическая чистота и простота технической реализации являются главными достоинствами ГУЭМ. Подобные системы могут использоваться не только в районах, удалённых от всех источников энергоснабжения и воды, но и в промышленных районах для автономного энергоснабжения жилых и производственных помещений.

Список используемой литературы:

1. Нефедов Ю. И. Гидроударная электростанция с замкнутым циклом работы без потребления энергии от внешних источников. В ж. «Энергосбережение Энергетика Энергоаудит», 2014, № 12, С. 17–21.
2. Скворцов Л. С., Долгачёв Ф. М., Викулин П. Д., Викулина В. Б. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения. – М., изд. «Архитектура-с», 2008, 255 с.
3. Ковшовые турбины ИНСЕТ (http://www.inset.ru/r_offers/Pelton_type.htm).
4. Flow Smooth. Pressure Pulse Stabilizers / Pulsation Prevention (<http://www.flow-smooth.com/prtssure-pulse-stabilizers/index.php#pipeguar>).
5. Ассортимент оборудования, производимого МНТО ИНСЕТ (<http://solarhome.ru/hydro/inset.htm>).

References:

1. Nefedov J. I. Hydraulic Shock Electric Station with Closed Circle of Work Without Energy Consumption from External Source. [Gidroudarnaja elektrostancija s zamknutim ciklom raboti bez potreblenija energii ot vneshnih istochnikov] / Nefedov J.I. // Energy saving Power engineering Energy audit, № 12, 2014 – Kh. P. 17–21
2. Skvorcov L. S., Dolgachov F. M., Vikulin P. D., Vikulina V. B. Hydraulic of System Water-Supply and Disposal. - M., “Arhitektura-c”, 2008, 255 p. [Gidravlika system vodosnabgenija i vodootvedenija] / “Arhitektura-c”, 2008, 255 p.
3. Pelton-type Turbine INSET (http://www.inset.ru/r_offers/Pelton_type.htm).
4. Flow Smooth. Pressure Pulse Stabilizers / Pulsation Prevention (<http://www.flow-smooth.com/prtssure-pulse-stabilizers/index.php#pipeguar>).
5. Assortment of Equipment MNTO INSET [Assortiment oborudovanija, proizvodivogo MNTO INSET]. (<http://solarhome.ru/hydro/inset.htm>).

Поступила в редакцию 25.03.2015 г.