

ТОМ 11

**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ
ТА СИСТЕМИ**

Варга М.Б. ст. гр. ВДЕ-14м

Науковий керівник: Ципленков Д.В., к.т.н., доц. каф. відновлюваних джерел енергії
(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ХАЗЯЙСТВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Велика протяжність, розгалуженість, малі потужності та обсяги споживаної електроенергії, необхідність значних капітальних і експлуатаційних витрат є серйозними факторами, що визначають необхідність пошуку здешевлення систем централізованого електропостачання за рахунок зниження металоемності і витрати інших матеріалів на їх спорудження і експлуатацію або ж за рахунок впровадження генеруючих потужностей, в тому числі і на базі відновлюваної енергії та вторинних її джерел.

В АПК у міру підвищення рівня індустріалізації виробництва сільськогосподарської продукції, збиток від перерв у електропостачанні та зниження якості параметрів електроенергії неухильно зростає, особливо на великих підприємствах, де виключена ручна праця і всі процеси механізовані. Перерви в електропостачанні, зміни якості електроенергії та пов'язані з ними порушення технології утримання тварин впливають на їх продуктивність (зменшується несучість курей, знижуються надої корів, середньодобові прирости свиней та великої рогатої худоби тощо).

Таким чином, динаміка економічного розвитку галузі вимагає в даний час пошуку та розробки нових методів, поліпшення якісного боку електропостачання сільськогосподарського виробництва. Одним із напрямів, що сприяє зростанню ефективності сільськогосподарського виробництва, є розробка і впровадження систем безперебійного електропостачання (СБЕ) до складу яких входять системи автономного електропостачання (САЭ), виконані з використанням як традиційних, так і відновлюваних джерел електричної енергії (ВДЕ). Такі системи повинні мати вводи від зовнішніх електричних мереж.

Світовий досвід свідчить про високі перспективи використання в сільському господарстві ВДЕ. Цим фактом сприяють наступні основні причини:

- необмеженість ресурсів (потенціалу)
- відсутність шкідливих викидів;
- збереження теплового балансу Землі;
- можливість створення комбінованих електростанцій, що використовують енергію сонця, вітру, падаючої води і т. п., в тому числі, з використанням традиційних джерел енергії.

Висновки:

Комплексне вирішення проблеми ефективного використання енергетичних ресурсів у агропромисловому комплексі, особливо у сільському господарстві як одній із найбільш енергомістких його галузей залишається актуальним.

Актуальним є також вивчення більш широких можливостей застосування в сільському господарстві та й в АПК в цілому нетрадиційних і альтернативних джерел енергії, оскільки в наявності такі джерела в Україні є, а використання їх поки що мінімальне.

Азюковский А. А., к.т.н., доцент, Тесля М.В. студент гр. ЕМ-12-2

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»)

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИЛОВОЙ ЛИНИИ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ — ДВИГАТЕЛЬ» С УЧЁТОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ КОММУТАЦИИ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ

При формировании выходного напряжения в преобразователе частоты используется синусоидальная широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и форма выходного напряжения имеет форму ШИМ-сигнала. Сам кабель, питающий двигатель от преобразователя частоты можно рассматривать с точки зрения длинной линии. Схему участка длинной линии можно представить в виде [1]:

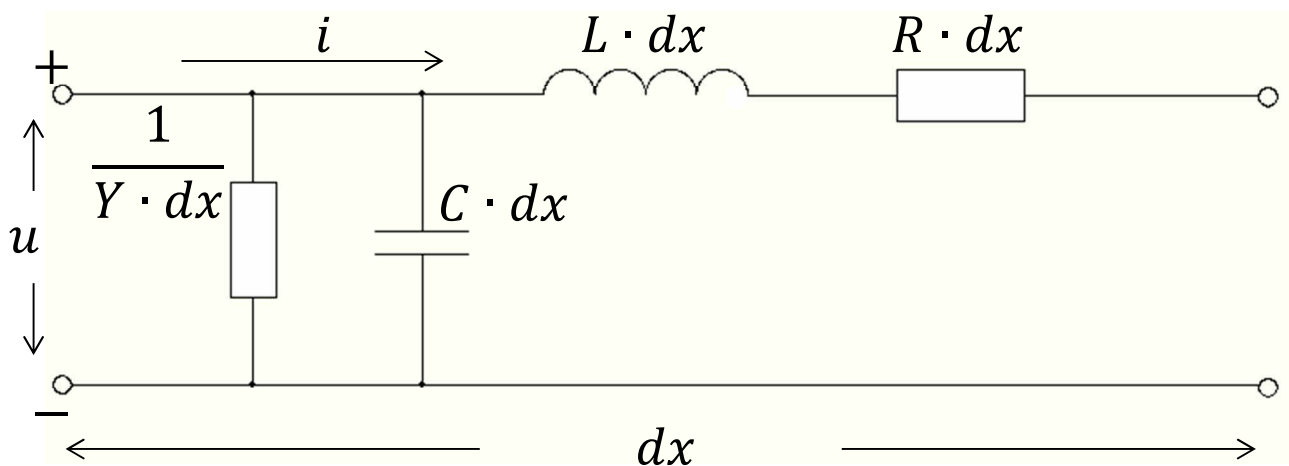


Рисунок 1 — Схема замещения участка длинной линии

Как правило, волновое сопротивление кабеля и обмоток двигателя не согласованы, а нарастание напряжения $\frac{dU}{dt}$ во время коммутации IGBT-транзисторов, как правило, высокая. Таким образом, одной из проблем, имеющих место при процессе передачи энергии посредством длинной линии — проявление интерференции падающей и отраженной волн, вызывающей пики перенапряжения, которые могут «пробить» изоляцию обмоток двигателя.

Само явление интерференции двух волн, распространяющихся навстречу друг другу: одна из этих волн создается подключенным к линии генератором электромагнитных колебаний, и называется падающей. Другая волна называется отраженной, и возникает из-за отражения падающей волны от нагрузки, подключенной к противоположному концу линии.

Используя эквивалентную схему участка длинной линии (рис. 1), можем записать выражения для приращений напряжения и тока в виде дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \partial u = -\left(L \frac{\partial i}{\partial t} + Ri\right) \cdot (-\partial x) \\ \partial i = -\left(C \frac{\partial u}{\partial t} + Yu\right) \cdot (-\partial x) \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x} = L \frac{\partial i}{\partial t} + Ri \\ \frac{\partial i}{\partial x} = C \frac{\partial u}{\partial t} + Yu \end{cases}$$

Решение можем представить в виде комплексных экспонент — гармонических волн с амплитудами A_1 и A_2 — прямая и отраженная соответственно:

$$\begin{cases} u = A_1 e^{\gamma x + j\omega t} + A_2 e^{-\gamma x + j\omega t} \\ i = \frac{1}{z} (A_1 e^{\gamma x + j\omega t} - A_2 e^{-\gamma x + j\omega t}) \end{cases}$$

где $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(Y + j\omega C)}$ — постоянная распространения в линии $z = \frac{R + j\omega L}{\gamma}$ — волновое сопротивление

При явлении интерференции имеет место процесс отражения волны от нагрузки. Соотношение амплитуд прямой и отраженной волн, при условии, что на конце линии $x = 0$:

$$\begin{cases} \dot{U} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 = \dot{U}_H \\ \dot{i} = \frac{1}{\rho} (\dot{A}_1 - \dot{A}_2) = \dot{I}_H \end{cases}$$

отсюда:

$$\frac{\dot{U}_H}{\dot{I}_H} = z_H$$

$$z_H = \rho \frac{\dot{A}_1 + \dot{A}_2}{\dot{A}_1 - \dot{A}_2} = \rho \frac{1 + \frac{\dot{A}_2}{\dot{A}_1}}{1 - \frac{\dot{A}_2}{\dot{A}_1}} = \rho \frac{1 + p_U}{1 + p_I}$$

$\rho = Z$ — волновое сопротивление;

z_H — сопротивление нагрузки;

$p_U = \frac{\dot{A}_2}{\dot{A}_1} = \frac{z_H - \rho}{z_H + \rho}$ — коэффициент отражения волны напряжения;

$p_I = \frac{\dot{A}_2}{\dot{A}_1} = \frac{z_H - \rho}{z_H + \rho}$ — коэффициент отражения волны тока.

Таким образом, распределение токов и напряжений в длинной линии определяется не только волновыми параметрами, которые характеризуют собственные свойства линии и не зависят от свойств внешних по отношению к линии участков цепи, но и коэффициентами отражения линии, которые зависят от степени согласования линии с нагрузкой.

Перечень ссылок

1. Шибяев, С.С. Теоретические основы электротехники. [Коэффициент отражения линии. Определение постоянных интегрирования]: Электронный учебник, . 2009.

A. Aziukovskyi, PhD, E. Herman student, EM-12-2
(National mining university, Dnipropetrovsk, Ukraine)

FEATURES OF SOLAR ENERGY IN EGYPT

Solar energy – the alternative energy direction based on the solar radiation direct transforming for energy in any form . Solar energy it is renewable energy and is "clean," that is not generating any hazardous waste during the active phase of use. Energy production using solar power plants in good agreement with the concept of distributed energy production.

Solar radiation flux passing through an area of 1 m², located perpendicular to the flow of radiation at a distance of one astronomical unit from the center of the Sun (at the entrance to the Earth's atmosphere), is equal to 1366 W / m² (solar constant). Due to absorption by passing the atmospheric mass of the Earth, the maximum flux of solar radiation at sea level (at the equator) - 1020 W / m² . Note, however, that the daily average solar flux through a unit horizontal surface at least three times less (due to the change of day and night and change the angle of the sun above the horizon). Winter in temperate latitudes, this value is two times smaller.

Solar energy using methods:

- Photovoltaic – electricity receiving using photovoltaic solar cells;
- Solar thermal energy - heat the surface, absorbing the sun's rays, and subsequent distribution and use of heat. As a special kind of plants Solar thermal energy is assumed to specify the type of concentrating solar systems (CSP - Concentrated solar power). In these plants, the energy of sunlight through a system of lenses and mirrors to focus the concentrated solar beam. This ray of sunshine is used as a source of thermal energy to heat the working fluid, which is consumed for power generation by analogy with conventional steam power plant or stored for energy conservation. Conversion of solar energy into electricity by means of thermal machines.
- Solar balloon power (generation of steam in the cylinder of the balloon due to heating by solar radiation the surface of the balloon, covered with selectively absorbing coating). Advantage - a pair of stock in the tank is sufficient to operate the power plant at night and in inclement weather.

Concentrating Solar Power (CSP), rather than photovoltaic power, at a large scale is perfect for Egypt's climate and weather. Modern plants contain energy storage systems enabling them to produce power at night and can have natural gas backup.

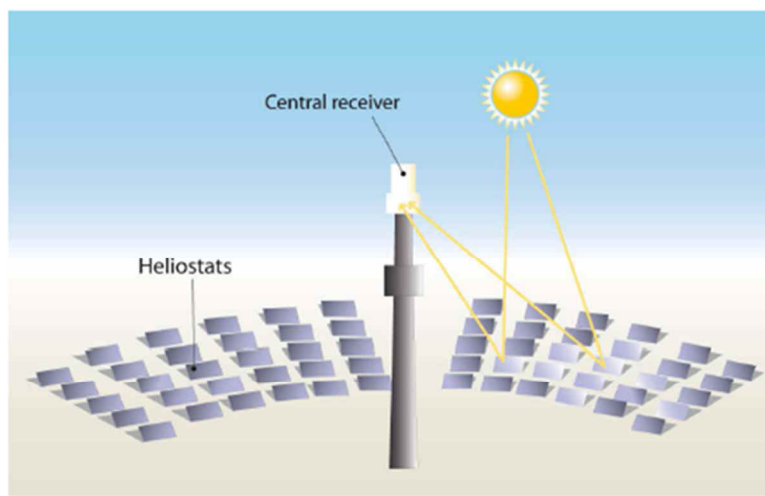


Image 1 – CPS plant scheme

The capacity factor of a power plant is defined as the ratio of the actual electricity produced per year to the electricity that could in theory be produced based on the nominal peak power and technical availability of the PV system 24/7.

A typical capacity factor for a natural gas plant is 42.5% and for a coal plant, 63.8%, so CSP with storage and backup compares well. The upfront costs are high, but Operation and Maintenance (O&M) costs of CSP plants are low compared to those of fossil fuel-fired power plants. A typical 50 MW parabolic trough plant requires about 30-40 employees for operation, maintenance and solar field cleaning. Automation can reduce the O&M costs, including fixed and variable costs, and insurance by more than 30%.

The power system of Egypt is experiencing regular power failures since 2011, and analysts warn that the government will need to add at least 1,500 MW per year in order to keep pace with the annual demand growth of 7 percent.

Egypt has a variety of energy sources. First of all, it is oil and gas. Their share of electricity production is 86.8%. But country's geographical position is one of the best on Earth in solar energy. In Egypt - the country enjoys 2900-3200 hours of sunshine annually with annual direct normal energy density 1970-3200 kWh/m² and technical solar-thermal electricity generating potential of 73.6 Petawatt-hour (PWh). It provides an unusually high potential Egyptian land in the production of solar energy.

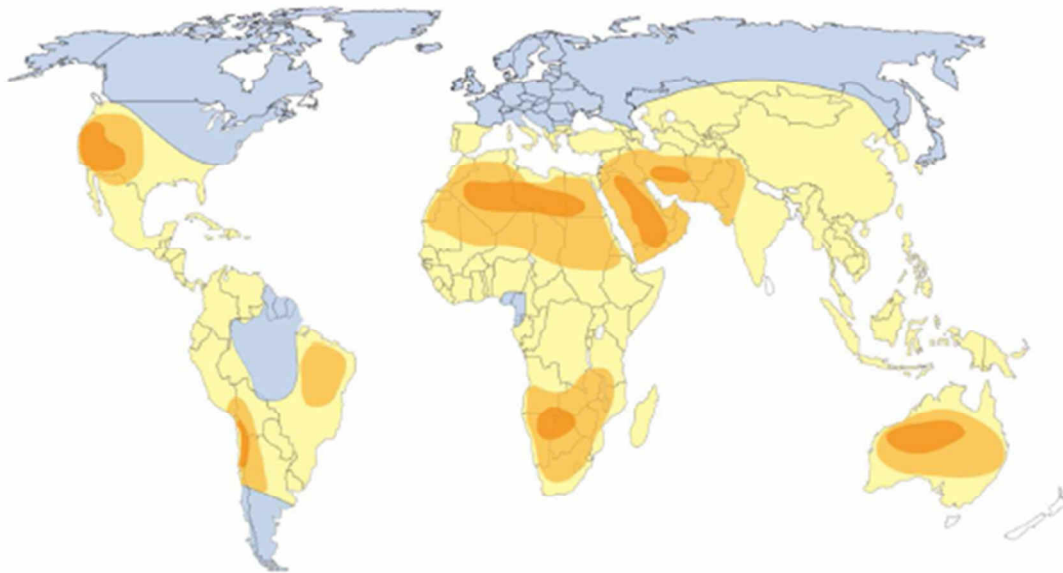


Image 2 - Solar radiation level map

The development of solar energy faces many challenges. The first of these - the peak of residential electricity consumption falls on the dark, which consequently creates a problem of accumulation and saving electricity. The second - a large oscillation power output that produces a negative impact on main, which, in consequence, has to be designed to peak daily production. Also one of the problems is that Egypt - a manufacturer of gas and oil, resulting in the problem of the failure of new methods for the production of electricity by the state, which does not create favorable conditions for the purchase of energy produced by green methods.

1. Franz Trieb, "Global potential concentrating solar Power". [Text]: report / Franz T. – Solar Paces 2009.
2. James P. Dunlop "Photovoltaic systems". [Text]: book/Dunlop P. – Amer Technical Pub; 2nd edition 2009.

ТИПИ ГЕНЕРАТОРІВ ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ВІТРОУСТАНОВКАХ

Енергетика - основа розвитку господарства, вона забезпечує технологічні процеси в промисловості, дає тепло і світло людям.

В останні роки енергія вітру все ширше використовується для одержання електроенергії. Створюються вітряки великої потужності і встановлюються на місцевості, де дмуть часті й сильні вітри. Кількість і якість таких вітроустановок зростає щорічно.

Вибір типу генератора є одним з основних питань комплектації вітроустановок.

Більшість типів електричних машин – синхронні, асинхронні, з постійними магнітами, індукторні – знаходять широке застосування в якості генераторів у вітроустановках. Перспективу мають також і генератори торцевого виконання, в яких статор і ротор виконуються у формі дисків і в яких перетворення енергії здійснюється в повітряному проміжку між цими дисками.

Конструктивно синхронні генератори (СГ) які використовуються у вітроустановках практично не чим не відрізняються від звичайних. При використанні цих машин стабілізація напруги здійснюється регуляторами збудження, яке впливають на величину магнітного потоку, а, отже, і на ЕРС за рахунок збільшення.

Класичні по конструкції СГ з електромагнітним збудженням встановлюються на установках або малої, або дуже великої потужності. Технологія виготовлення та досвід розрахунку таких машин дозволяє встановлювати потужні безредукторні установки (потужністю до 2 МВт) з хорошими масогабаритними показниками, високим ККД і можливістю регулювати напругу.

У СГ існує жорстка залежність частоти генерується ЕРС від швидкості валу. Якщо вітер нестабільний, то в генераторі з'являються високі значення змінних складових в режимних параметрах, погіршується робота таких генераторів паралельно з мережею. Це обмежує, а в регіонах з різкими поривами вітру унеможлиблює, використання СГ для прямого включення в мережу.

В автономних електричних мережах, при використанні ВЕУ потужністю до 200 кВт, рекомендується застосування синхронних генераторів з постійними магнітами (ПМ), які мають переваги в надійності, економічних показниках і ККД. Цьому сприяє створення нового покоління постійних магнітів з високими техніко-економічними показниками, що мають високу коерцитивну силу і можливість довго її зберігати. Такі магніти дозволяють отримати в робочій зоні (повітряному зазорі) значення магнітної індукції до 0,8-0,9 Тл, що в деяких випадках навіть перевищує значення індукції, одержуване при електромагнітному збудженні.

Регулювання і стабілізацію напруги генераторів з ПМ можна ефективно здійснювати за допомогою напівпровідникового перетворювача, в кожній фазі якого є два зустрічно-паралельно включених тиристорів. В деяких випадках для стабілізації напруги генераторів використовуються дроселі насичення (ДН), що підмагнічуються постійним струмом від системи регулювання напруги. При зниженні напруги регулятор збільшує підмагнічуючий струм в дроселі, його індуктивність знижується із-за насичення осердя, зменшується дія подовжньорозмагнічувальної реакції якоря, а також падіння напруги на ДН, що сприяє відновленню вихідної напруги генератора.

Асинхронною машиною називають безколекторну машину змінного струму, в якій відношення частоти обертання ротора до частоти струму в мережі, до якої машина підключена, залежить від навантаження. Розрізняють два типи асинхронних машин: 1) безколекторні; 2) колекторні.

Асинхронні машини з фазним ротором мають більш складну конструкцію і менш надійні, але мають кращі регульовальні властивості, ніж машини з короткозамкненим ротором.

Перевагами безколекторних асинхронних генераторів (АГ) є:

- простота і надійність в обслуговуванні;
- невисока вартість;
- мають порівняно малі коливання генеруємої потужності, електромагнітного моменту і струму при паралельній роботі і при змінній швидкості вітру і його поривах.
- можливо встановлювати безредукторні установки з хорошими масогабаритними показниками, високим ККД і можливістю регулювати напругу і її частоту в широких межах.

До недоліків відносять:

- необхідність встановлення редукторів.
- неможливо управляти режимними параметрами, що необхідно при поривчастому вітрі;
- для роботи в автономному режимі необхідне автономне джерело реактивної потужності;
- обмеження в промисловому застосуванні через спотвореної форми вихідної напруги і незадовільних динамічних властивостей.

Перевагами колекторних АГ являються:

- можливе використовувати в автономних системах в поєднанні з іншими машинами;
- простота в обслуговуванні;
- мають порівняно малі коливання генерується потужності, електромагнітного моменту і струму при паралельній роботі, при змінній швидкості вітру і його поривах.

Недоліки:

- необхідність встановлення редукторів;
- неможливо управляти режимними параметрами, що буває необхідно при поривчастим вітром;
- в автономному режимі необхідний автономне джерело реактивної потужності;
- обмеження в промисловому застосуванні через спотвореної форми вихідної напруги і незадовільних динамічних властивостей;
- наявність ковзного контакту, що знижує надійність.

Незважаючи на увагу до питань вітроенергетики остаточної відповіді на питання про оптимальний тип генератора не існує. У кожному окремому випадку встановлюється певний тип генератора зважаючи на особливості мережі, місцевості, потужності ВЕУ та ін. фактори.

Бондаренко Д.С. студент гр. ЕЕ-11-3

Научный руководитель: Плаксин С.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры возобновляемые источники энергии

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

ОБЗОР СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОНОМНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА (ВСНТ)

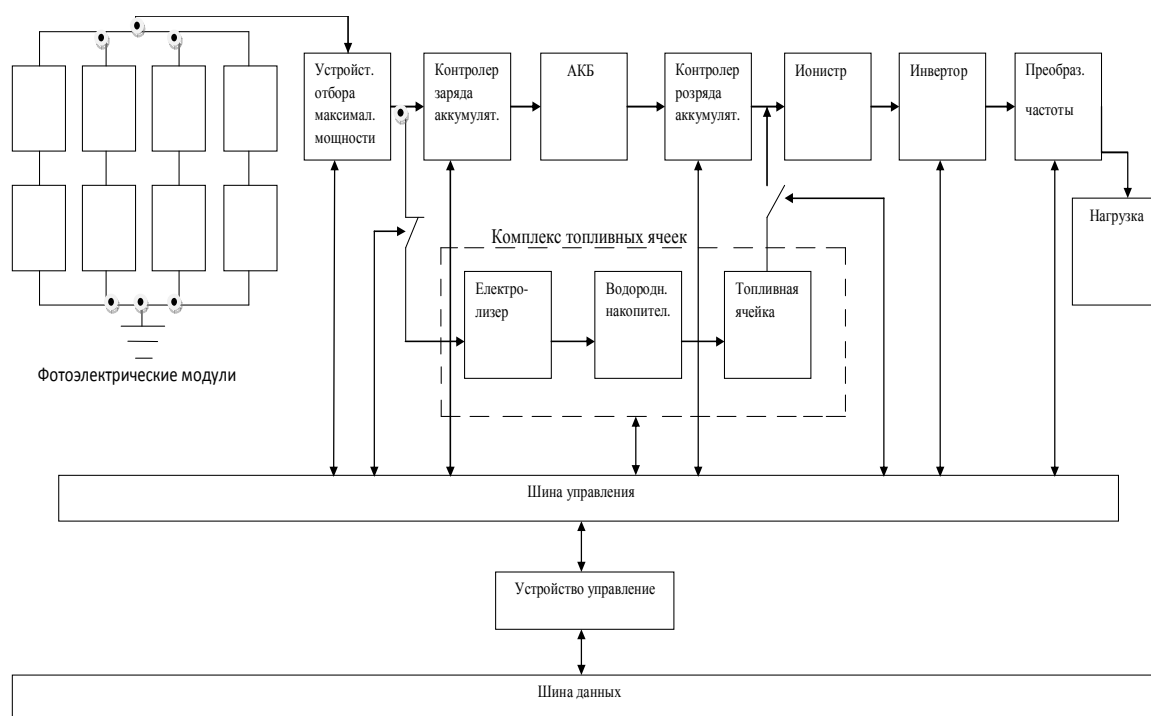


Рис. 1. Структурная схема автономной фотоэлектрической установки для распределенной энергетической системы высокоскоростного наземного транспорта (ВСНТ)

Структурная схема для ВСНТ изображена на рис.1, состоит из шины данных, которая расположена на путевой структуре по всей ее длине протяженностью 3000 км. Данные из этой шины поступают на устройство управления, которое управляет фотоэлектрической установкой (ФЭУ). Ее источником энергии является солнечные модули, которые могут быть соединены параллельно и последовательно между собой.

Для ВСНТ предпочтительно использовать тонкопленочные панели из аморфного кремния поскольку они при одинаковой установленной мощности в течении года дадут на 20% больше энергии чем монокристаллический кремний.

С целью использования максимума потенциальных возможностей ФЭУ мы применяем устройство отбора максимальной мощности [1]. Принцип его работы заключается в согласовании внутреннего сопротивления солнечной панели и аккумулятора, устройство состоит из двух узлов, узел определения максимальной мощности и узел поддержки максимальной мощности и автоматики. Устройство работает так: каждые 10 секунд автоматика отключает аккумулятор на 0,1 секунду на узлу определения мощности замеряется ток и напряжение на солнечной панели и записываются эти данные в микро контролер. Когда задается сопротивление, напряжение падает, а ток растет и на соприкосновении этой точки будет максимальной мощностью, потом узел через широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) должен поддерживать равенство сопротивления на узлу поддержки мощности, на протяжении 10 секунд

держит эту мощность, потом процесс повторяется. После этого ток течет на аккумуляторную батарею и проходит через контролер заряда аккумуляторной батареи.

Контроллер – это электронное устройство, которое обеспечивает управление зарядом – разрядом солнечных батарей, защищает систему питания от перегрузок и короткого замыкания при изменении режимов потребления энергии. Аккумуляторы служат для накопления энергии.

В нашем случае контролер заряда аккумулятора контролирует полный заряд аккумуляторной батареи, когда аккумулятор заряжен контролер отключает питание на аккумуляторе и весь ток начинает идти на комплекс топливных ячеек. Контролер разряда аккумулятора контролирует что бы аккумулятор полностью не разрядился так их срок службы увеличится.

Ионистор (или суперконденсатор) - это энергонакопительный конденсатор, заряд в котором накапливается на границе раздела двух сред - электрода и электролита. Энергия в ионисторе содержится в виде статического заряда. Накопление совершается, если к его обкладкам будет приложена разность потенциалов (постоянное напряжение). Ионистор – предназначен в моей структурной схеме для того что бы отдавать сразу большую мощность за 1 секунду, так как аккумулятор с этой задачей справиться не может. Для нашего устройства управления достаточно 40 кВт, но эти 40 кВт нам нужно отдать за 1-5 секунд, точнее в момент прохождения поезда на данном участке.

Инвертор преобразует постоянный ток в переменный ток промышленной частоты необходимой мощности.

Преобразователь частоты нужен нам для регулирования частоты в моем случае после инвертора от 1 до 50 Гц для управления скорости движения поезда(экипажа).

Комплекс топливных ячеек, нужен нам для накопления энергии, а именно в основном для работы в зимней период когда ее будет нехватать.

Накопление энергии идет тогда как только аккумулятор зарядился, контролер отключает доступ заряда до аккумулятора, и после этого устройство управления подает сигнал на выключатель и все питание идет на электролизер.

Получение водорода с помощью электролизера. Он состоит из анода, катода и электролита. В данной установке вода выступает в качестве электролита. В этой путевой структуре предусмотрена подача воды в каждый электролизер.

Принцип работы: Электроэнергия поступает на анод и катод, погруженный в воду. Вода разлагается на кислород и водород. Кислород мы выпускаем, а водород мы сохраняем в специальный водородный накопитель и храним до того времени пока нам не понадобится дополнительная энергия. В то время когда нам будет нужна дополнительная энергия, особенно в зимней период, тогда мы ее получаем с помощью водорода того что мы сохранили в специальном водородном накопителе и топливной ячейки.

Водородный топливная ячейка представляет собой электрохимическое устройство, преобразующее энергию реакции соединения водорода с кислородом напрямую в электричество.

У топливного элемента энергетический КПД значительно выше, чем у традиционных энергоустановок и может составлять 90%. Их недостатки: большая цена, сложность конструкции и стоимость катализатора расположенного на аноде и катоде.

Химические реакции в топливном элементе идут на пористых электродах (аноде и катоде), активированных катализатором (обычно на основе платины или других металлов платиновой группы), по следующей схеме.

Принцип работы. Водород поступает на анод топливного элемента, где его атомы разлагаются на электроны и протоны. Электроны поступают во внешнюю цепь, создавая электрический ток.

Протоны, в свою очередь, проходят сквозь протонообменную мембрану на катодную сторону, где с ними соединяется кислород и электроны из внешней электрической цепи с образованием воды. Сердцем топливного элемента является протонообменная мембрана .

Обычно протонообменная мембрана представляет собой пленку из полимера, сочетающего гидрофобную основную цепь и боковые фрагменты, содержащие кислотные группы (гидрофильная часть).

Вывод: Солнечную энергию можно использовать для энергообеспечения скоростного транспорта.

Список литературы

1. *С. В. Плаксин, Л. М. Погорелая, А. Ю. Подчасов, Ю. В. Шкиль.* Микропроцессорная система контроля внутренней сбалансированности А-Si фотоэлектрического энергокомплекса // Тезисы докладов 3 – ей международной технической конференции «Сенсорная электроника и микросистемные технологии». - (СЕМСТ-3), Одеса – Украина, 2 – 6 июня 2008г. – С.299.

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ З ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Сучасна промисловість все частіше використовує інвертора напруги для живлення виробничих систем та пристроїв. Індукційний нагрів та плавка металу, окрім індуктора плавильної, потребує також перетворювач напруги з заздалегідь визначеним алгоритмом керування комутуючих ключів що відповідає вимогам технологічного процесу. При створенні даного пристрою, постає низка питань, у тому числі проблема вивчення перехідних процесів що виникають під час комутації транзисторів.

Для вирішення вищезазначеної проблеми було створено лабораторний стенд на базі індуктора плавильної печі та інвертора напруги.

Розглянемо силову частину інвертора. Даний пристрій складається з випрямляча, згладжуючого фільтра та перетворювача напруги (Рис. 1).

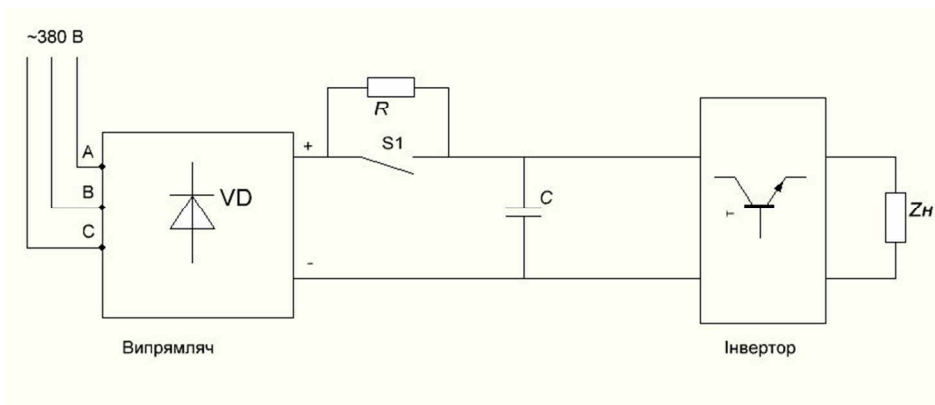


Рисунок 1 – Функціональна схема інвертора

У якості випрямляча живильної мережі використана шестипульсна схема «зірка Ларіонова». Де середнє значення напруги на виході:

$$U_d = \frac{6}{2\pi} \int_{30^\circ}^{90^\circ} \sqrt{2}U_A \sin(\omega t) d\omega t - \frac{6}{2\pi} \int_{-90^\circ}^{-30^\circ} \sqrt{2}U_A \sin(\omega t) d\omega t = \frac{6\sqrt{6}U_\phi}{2\pi} = 2,34U_\phi \quad (1)$$

Для згладжування отриманої форми напруги, доцільно використати інтегруючу RC-ланку. У такому випадку напруга на виході з урахуванням фільтра дорівнює:

$$U_{вих} = \frac{1}{RC} \int U_{ex} dt \quad (2)$$

На наступному етапі, отримана напруга використовується для живлення перетворювача. У якості ключів перетворювача, через високу надійність та легку систему керування, були обрані IGBT транзистори. Навантаження інвертору – коливальний контур що працює в режимі резонансу струму або напруги. Дану обставину необхідно брати до уваги під час створення алгоритму керування перетворювачем.

Керування транзисторними ключами доцільно виконувати за допомогою мікроконтролера з можливістю реалізації роботи широтно імпульсної модуляції (ШІМ). Виконаємо вибір мінімальної частоти дискретизації сигналу. Максимальна частота роботи інвертора становить 2,7 кГц. Спостережувана частота визначається різницею між частотою вибірки f_s та істиною частотою f . Частоти в аналоговому сигналі що перевищують половину частоти Найквіста обумовлюють наявність в послідовності даної вибірки гармонік нижчою псевдо-частоти, [1]. У разі врахування гармонік мінімальна частота вибірки дорівнює:

$$f_s = f_i \cdot N \cdot 2, \quad (3)$$

де: f_i - частота змінної напруги що живить індуктор; N – номер гармоніки.

Враховуючи 7-у гармоніку, мінімальна частота вибірки відповідає $2,7 \cdot 7 \cdot 2 = 37,8$ кГц. За цими даними обирається алгоритм керування ключами завдяки якому на виході інвертору формуються прямокутні імпульси з різним коефіцієнтом заповнення

Під час роботи стенду, за допомогою осцилоскопу, вдалося зняти наступну осцилограму. На рис. 2 зображена напруга на транзисторі при використанні індуктивності в ланці постійного струму без снаберних ланцюгів.

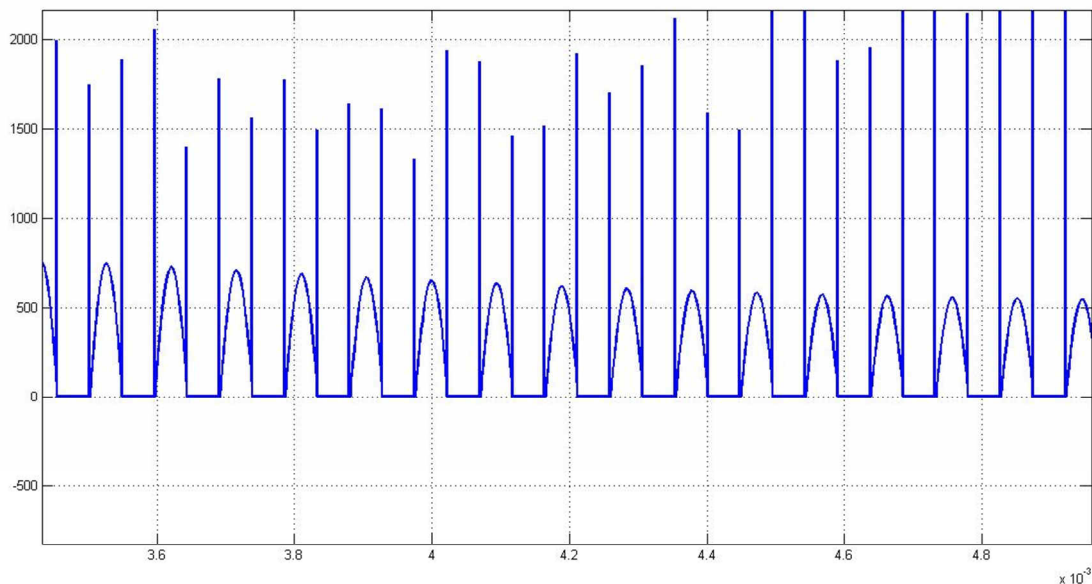


Рис .2 Напруга на транзисторі при імпульсах керування без мертвого часу накладених один на одного.

Створений стенд, за різних алгоритмах комутації силових ключів, дає можливість експериментально дослідити електромагнітні перехідні процеси комутації транзисторів інвертора напруги при роботі на нелінійне навантаження та отримати осцилограми відповідно до обраних алгоритмів керування.

Перелік посилань

1. Густав Олссон Цифровые системы автоматизации и управления [Текст]; Густав Олссон, Джангуидо Пиани – СПб.: Невский Диалект, 2001 – 557с.

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ З ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Сучасна промисловість все частіше використовує інвертора напруги для живлення виробничих систем та пристроїв. Індукційний нагрів та плавка металу, окрім індуктора плавильної, потребує також перетворювач напруги з заздалегідь визначеним алгоритмом керування комутуючих ключів що відповідає вимогам технологічного процесу. При створенні даного пристрою, постає низка питань, у тому числі проблема вивчення перехідних процесів що виникають під час комутації транзисторів.

Для вирішення вищезазначеної проблеми було створено лабораторний стенд на базі індуктора плавильної печі та інвертора напруги. Розглянемо силову частину інвертору. Даний пристрій складається з випрямляча, згладжуючого фільтра та перетворювача напруги (рис. 1).

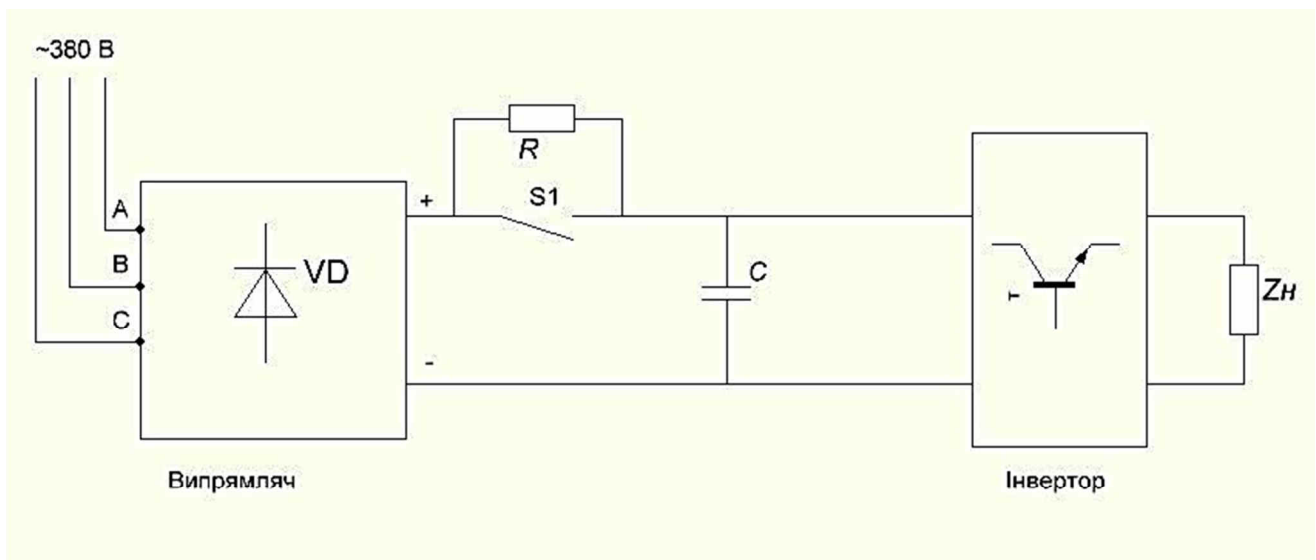


Рисунок 1 – Функціональна схема інвертора

У якості випрямляча живильної мережі використана шестипульсна схема «зірка Ларіонова». Де середнє значення напруги на виході:

$$U_d = \frac{6}{2\pi} \int_{30^\circ}^{90^\circ} \sqrt{2}U_A \sin(\omega t) d\omega t - \frac{6}{2\pi} \int_{-90^\circ}^{-30^\circ} \sqrt{2}U_A \sin(\omega t) d\omega t = \frac{6\sqrt{6}U_\phi}{2\pi} = 2,34U_\phi \quad (1)$$

Для згладжування отриманої форми напруги, доцільно використати інтегруючу RC-ланку. У такому випадку напруга на виході з урахуванням фільтра дорівнює:

$$U_{вих} = \frac{1}{RC} \int U_{вх} dt \quad (2)$$

На наступному етапі, отримана напруга використовується для живлення перетворювача. У якості ключів перетворювача, через високу надійність та легку систему керування, були

обрані IGBT транзистори. Навантаження інвертору – коливальний контур що працює в режимі резонансу струму або напруги. Дану обставину необхідно брати до уваги під час створення алгоритму керування перетворювачем.

Керування транзисторними ключами доцільно виконувати за допомогою мікроконтролера з можливістю реалізації роботи широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Виконаємо вибір мінімальної частоти дискретизації сигналу. Максимальна частота роботи інвертора становить 2,7 кГц. Спостережувана частота визначається різницею між частотою вибірки f_s та істиною частотою f . Частоти в аналоговому сигналі що перевищують половину частоти Найквіста обумовлюють наявність в послідовності даної вибірки гармонік нижчою псевдо-частоти, [1]. У разі врахування гармонік мінімальна частота вибірки дорівнює:

$$f_s = f_i \cdot N \cdot 2 \quad (3)$$

Де: f_i - частота змінної напруги що живить індуктор; N – номер гармоніки.

Враховуючи 7-у гармоніку, мінімальна частота вибірки відповідає $2,7 \cdot 7 \cdot 2 = 37,8$ кГц. За цими даними обирається алгоритм керування ключами завдяки якому на виході інвертору формуються прямокутні імпульси з різним коефіцієнтом заповнення

Під час роботи стенду, за допомогою осцилоскопу, вдалося зняти наступну осцилограму. На рис. 2 зображена напруга на транзисторі при використанні індуктивності в ланці постійного струму без снаберних ланцюгів.

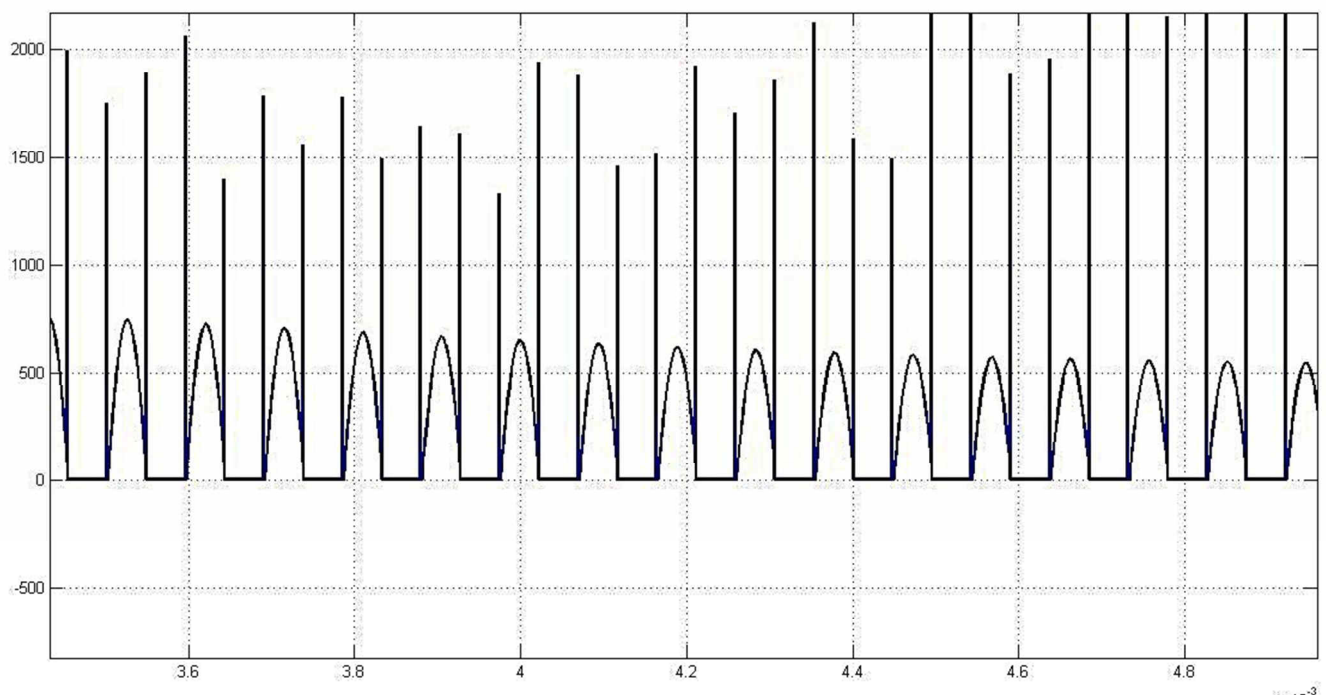


Рис .2 Напруга на транзисторі при імпульсах керування без мертвого часу накладених один на одного.

Розроблений стенд, за різних алгоритмах комутації силових ключів, надає можливість експериментально дослідити електромагнітні перехідні процеси комутації транзисторів інвертора напруги при роботі на нелінійне навантаження та отримати осцилограми відповідно до обраних алгоритмів керування.

Перелік посилань

1. Густав Олссон Цифровые системы автоматизации и управления [Текст]; Густав Олссон, Джангуидо Пиани – СПб.: Невский Диалект, 2001 – 557с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В качестве показателей точности измерений количества активной электроэнергии принимаются границы, в пределах которых суммарная погрешность измерений находится с заданной вероятностью.

В результате измерений получаем $-W$; ΔW ($\Delta W_B - \Delta W_H$); P ,

где W – результат измерений по показаниям счетчика, кВт·ч;

$\Delta W, \Delta W_B, \Delta W_H$ – абсолютная погрешность измерений с ее верхней и нижней границей соответственно, кВт·ч;

P – установленная доверительная вероятность, с которой погрешность измерений находится в этих границах.

Установленная доверительная вероятность принимается равной 0,95, доверительные границы погрешности результата измерений принимаются:

$$|\Delta W_B| = |\Delta W_H| = \Delta W$$

Суммарная абсолютная погрешность измерения количества электроэнергии (ΔW), кВт·ч, определяется как:

$$\Delta W = \pm \delta_{ИК}(W/100) \quad (1),$$

где $\delta_{ИК}$ – суммарная относительная погрешность измерительного комплекса, %.

Предельно допускаемая погрешность измерительных комплексов (ИК) в реальных условиях эксплуатации ($\delta_{ИК}$) определяется как совокупность частых погрешностей систем измерения (СИ), распределенных по закону равномерной плотности:

$$\delta_{ИК} = 1,1 \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{opi}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l \delta_{dpij}^2} \quad (2),$$

где δ_{opi} – предел допускаемого значения основной погрешности i -го СИ, %;

δ_{dpij} – наибольшее возможное значение дополнительной погрешности i -го СИ от j -й влияющей величины, %;

n – количество СИ, входящих в состав ИК;

l – количество влияющих величин, для которых нормированы изменения метрологических характеристик i -го СИ.

В соответствии с формулой (2) числовое значение предельно допускаемой погрешности измерительного комплекса при трансформаторном подключении счетчика рассчитывается по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{pl}^2 + \delta_{pu}^2 + \delta_{pl}^2 + \delta_{p\theta}^2 + \delta_{орсч}^2 + \sum_{j=1}^l \delta_{рсчj}^2} \quad (3),$$

где δ_{pl} , δ_{pu} , пределы допускаемых значений погрешностей соответственно трансформатора тока (ТТ) и трансформатора напряжения (ТН) по модулю входной величины (тока и напряжения) для конкретных классов точности, %;

δ_{pl} – предел допускаемых потерь напряжения во вторичных цепях ТН в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ);

$\delta_{p\theta}$ – предельное значение составляющей суммарной погрешности, вызванной угловыми погрешностями ТТ и ТН, %;

$\delta_{орсч}$ – предел допускаемого значения основной погрешности счетчика, %;

$\delta_{рсчj}$ – предельное значение дополнительных погрешностей счетчика, %.

Метрологические характеристики, подлежащие расчету:

- определяются предельно допускаемые значения частых погрешностей СИ, входящих в измерительный комплекс, для условий эксплуатации;

- рассчитывается доверительный интервал с предельно допускаемыми нижней $\delta_{\text{ИКН}}$ и верхней $\delta_{\text{ИКВ}}$ границами, в котором с заданной доверительной вероятностью ($P= 0,95$) находится суммарная относительная погрешность измерительного комплекса для учета электроэнергии в условиях эксплуатации;

- рассчитывается доверительный интервал с предельно допускаемыми нижней $\Delta W_{\text{Н}}$ и верхней $\Delta W_{\text{В}}$ границами, в котором с заданной доверительной вероятностью ($P= 0,95$) находится абсолютная погрешность результата измерений;

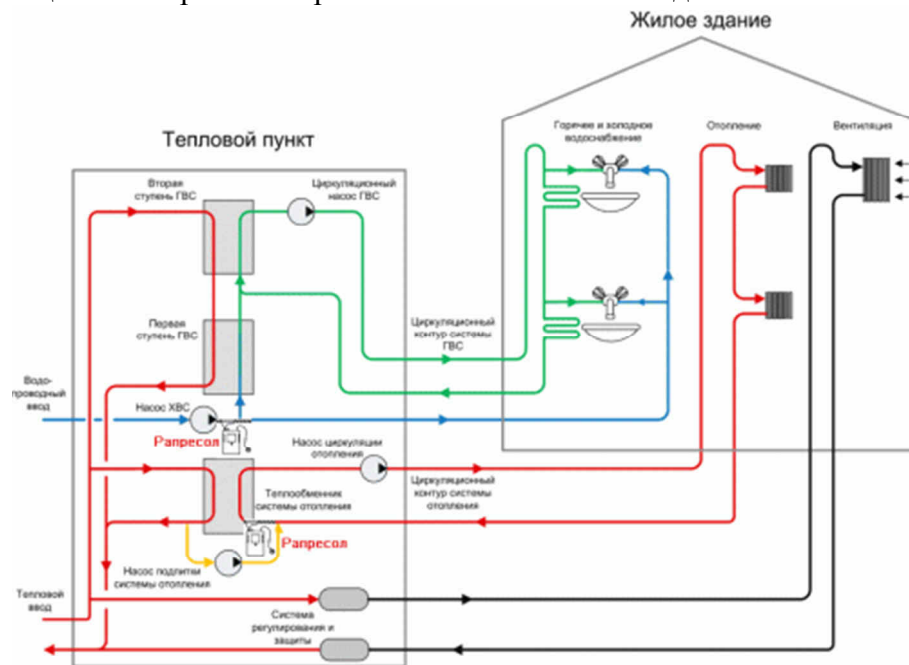
- результатами расчета являются численные значения границ доверительного интервала ΔW .

Рассмотренная методика позволяет оценить реальное значение погрешности измерения электрической энергии.

СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Как бы ни банально звучала фраза о том, что к хорошему привыкаешь быстро, но она справедлива. И действительно еще то, что вчера считалось чем-то недостижимым, сегодня уже принимается, как данность. Особенно это очевидно в нашей повседневной жизни, а вернее в процессе обустройства нашего быта. Так, каких-то 15-20 лет назад автономное горячее водоснабжение для многих владельцев частных домов, особенно в сельской местности рассматривалось как что-то не эксклюзивное и дорогостоящее. Сейчас же горячее водоснабжение должно быть не только эффективным, но и экономичным.

Система водоснабжения требует расчета необходимого количества подачи горячей воды. Расчет выполняется в зависимости от некоторых факторов, которые обуславливаются количеством жильцов в конкретном строении и их стилем жизнедеятельности.



При расчете подачи горячей воды учитывается следующее:

- ✓ ожидаемая температура воды;
- ✓ количество проживающих людей в здании;
- ✓ эксплуатационные характеристики сантехнического оборудования;
- ✓ частота использования душа, ванной и прочего;

ГВС является системой, в которой традиционно используются теплообменники. Для проточного ГВС применяется параллельная одноступенчатая схема с одним теплообменником, подключённым к подающему трубопроводу тепловой сети параллельно системе отопления (рис. 1).

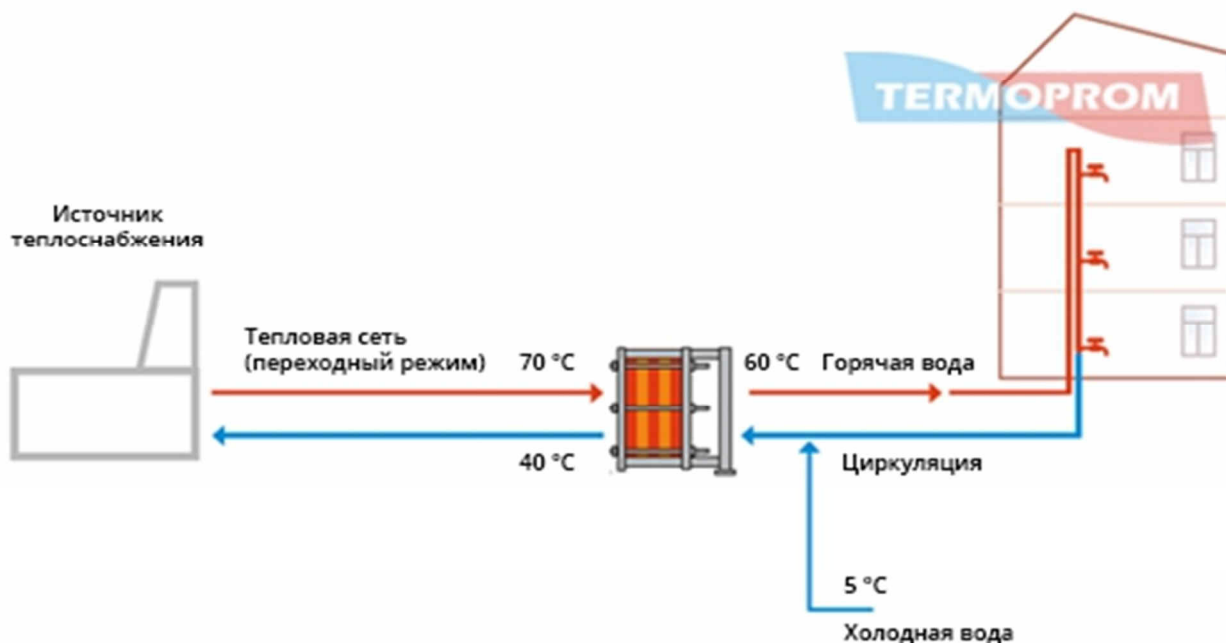


Рис.1 Параллельная одноступенчатая схема горячего водоснабжения.

Но хоть она и отличается простотой и дешевизной, при нынешнем состоянии трубопроводов тепловых сетей потери при передаче тепла довольно большие и, чаще всего, потребитель не доволен качеством предоставляемых ему услуг.

Проблему потерь при передаче тепла традиционным способом может стать автономное отопление. Но при разработке проектов инженерного обеспечения зданий проектировщикам в ряде случаев приходится сталкиваться с нехваткой площади для размещения оборудования встроенных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). Эта проблема особенно актуальна, когда стоимость 1 м² здания достаточно высока.

Поэтому данное решение является наиболее рентабельным при использовании на малых площадях, например, в частном доме.

Солнечное тепло, являясь одним из самых доступных и известных источников энергии является бесплатным, поэтому при использовании вакуумных солнечных коллекторов, монтированных в системе отопления, можно сэкономить до 50% затрат на оплату коммунальных услуг.

Использование тепловых насосов в системах горячего водоснабжения, равно как и геосистемы, представляет большую перспективу так как выплаты за традиционные энергоносители можно снизить до минимума.

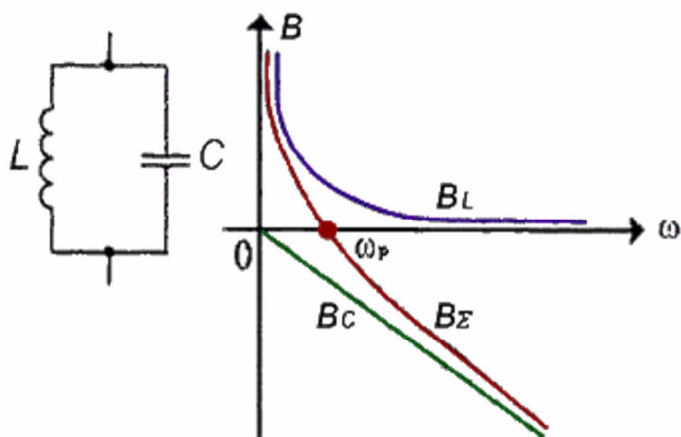
Перечень ссылок

1. <https://ru.wikipedia.org>
2. <http://www.c-o-k.ru/articles/tipovye-shemy-gvs>
3. <http://eco-comfort.com.ua/ru/production/solar/>
4. <http://teplocom.com.ua/products-page/gelioustanovki/>
5. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/>
6. <http://greenvolt.ru/energiya-solnca/geliosistemy/>
7. <http://www.sveko.com.ua/viewcatalog/cID/4/>
8. <http://www.solarhome.ru/solar/vacuum/>
9. <http://atmosystems.com.ua/products/heatpumps/>

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ L-C КОНТУРЕ

Бесконтактный нагрев тел в переменном электромагнитном поле является наиболее перспективным ввиду того, что энергия нагрева выделяется непосредственно в нагреваемом теле. Электродинамическая циркуляция расплава обуславливает получение однородного по составу сплавов.

Рассмотрим колебательный контур, который подключается к генератору гармонических колебаний, состоящий из параллельно включенных индуктивности L и емкости C . Когда частота генератора гармонических колебаний совпадает с резонансной частотой контура, то реактивные сопротивления X_L и X_C становятся равными между собой (1). Что обуславливает равенство токов, протекающих



зависимости

через них. В этом случае говорят, что в цепи имеет место резонанс токов, при котором сопротивление контура стремится к максимальному значению. При уменьшении или увеличении частоты, сопротивление уменьшается и имеет реактивный характер: на низких частотах ниже резонансной – емкостной, на частотах выше резонансной – индуктивный.

Рис. 1. Принципиальная схема и электротехнические

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (1)$$

За период одного колебания, в цепи дважды происходит обмен энергией между индуктивностью, которая запасает энергию электромагнитного поля, и емкостью, которая запасает энергию электрического поля. В это время по цепи L - C , протекает контурный ток I_k , который превосходит ток внешней цепи.

Рассмотрим два типа схем с параллельным L - C контуром. Четырехполюсник, изображенный на рисунке 2а, на резонансной частоте контура представляет собой значительное сопротивление току, поэтому при $\omega = \omega_p$ его коэффициент передачи будет близок к нулю (с учетом омических потерь). На частотах, отличных от резонансной, сопротивление контура будет уменьшаться, а коэффициент передачи четырехполюсника - возрастать.

Для четырехполюсника, приведенного на рисунке 2б, ситуация будет противоположной - на резонансной частоте контур будет представлять собой очень большое сопротивление и практически все входное напряжение поступит на выходные клеммы (т.е. коэффициент передачи будет максимален и близок к единице). При значительном отличии частоты входного воздействия от резонансной частоты контура, источник сигнала, подключаемый к вход-

ным клеммам четырехполюсника, окажется практически замкнутым накоротко, а коэффициент передачи будет близок к нулю.

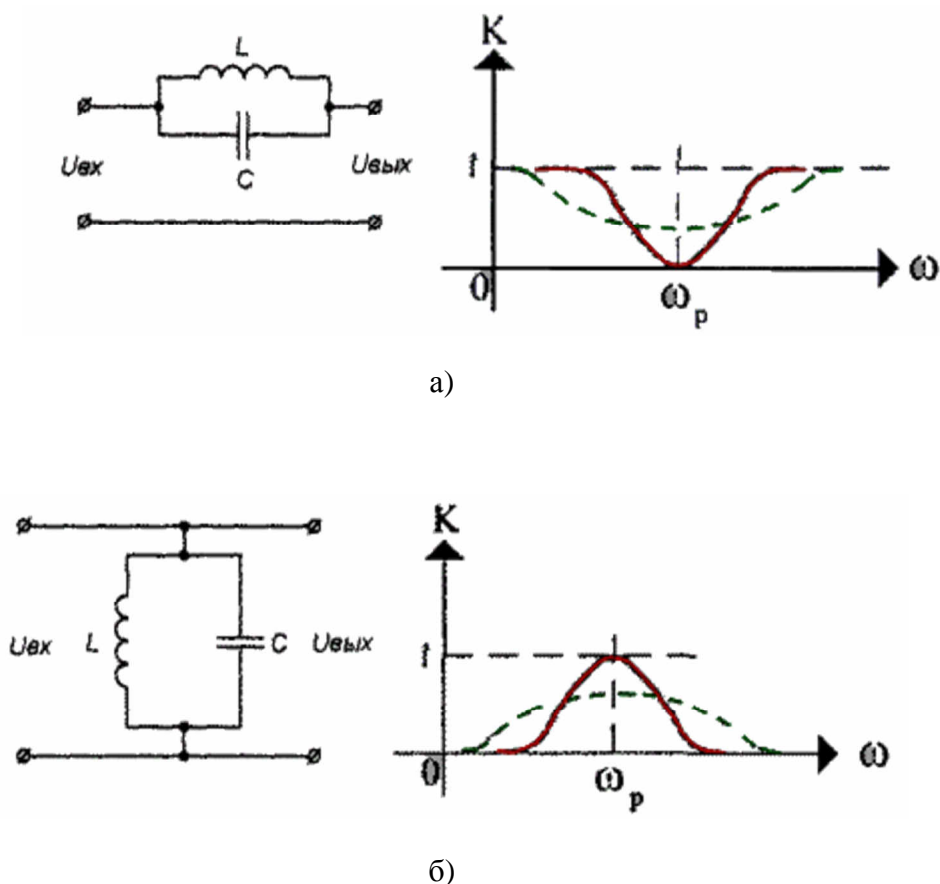


Рис. 2

Колебательный L-C контур применяются для организации индукционной плавки металлов в электротехнических системах, для которых главным заданием является преобразование электрической энергии в термическую (плавка, закалка). Современное развитие полупроводниковой элементной базы обуславливает использование высокочастотных преобразовательных устройств, что вызывает наличие в указанной системе хорошо изученных электромагнитных процессов [2]. Вместе с тем, высокочастотная составляющая сигналов питающих контур, её влияние на формирование электромагнитного поля требует уточненного исследования в случае применения устройств с высокой (более 10 кГц) частотой коммутации.

Перечень ссылок

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Москва. «Высшая школа». 1996г.
2. Густав Олссон Цифровые системы автоматизации и управления [Текст]; Густав Олссон, Джангуидо Пиани – СПб.: Невский Диалект, 2001 – 557с.

МЕТОДОМ ТРАПЕЦИЙ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ

Численное интегрирование — вычисление значения определённого интеграла (как правило, приближённое). Под численным интегрированием понимают набор численных методов для нахождения значения определённого интеграла. Численное интегрирование применяется, когда:

1. Подынтегральная функция не задана аналитически. Например, она представлена в виде таблицы (массива) значений в узлах некоторой расчётной сетки.

2. Аналитическое представление подынтегральной функции известно, но её первообразная не выражается через аналитические функции: $f(x) = e^{-x^2}$.

В этих случаях невозможно вычисление интеграла по формуле Ньютона — Лейбница [1]. Метод трапеций — метод численного интегрирования функции одной переменной, заключающийся в замене на каждом элементарном отрезке подынтегральной функции на многочлен первой степени, то есть линейную функцию. Площадь под графиком функции аппроксимируется прямоугольными трапециями. Алгебраический порядок точности равен 1 (рис. 1).

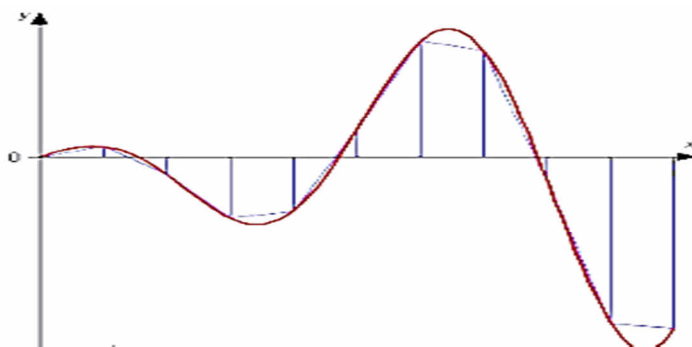


Рис.1- Графическая иллюстрация метода трапеций

Выражение, описывающее метод трапеций имеет вид:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{2} \cdot \left(f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n) \right),$$

где h - это шаг $h = \frac{b-a}{n}$, n -разбиение отрезка.

Применим метод трапеций для вычисления ошибки сигнала при передаче его в абстрактных линиях передачи информации и энергии [1,2]. Подадим заведомо известный сигнал при помощи генератора сигнала (ГС) и заранее вычислим его площадь методом трапеций. Снимем сигнал с приемника сигнала (ПС) и рассчитаем его площадь методом трапеций. Вычислим ошибку. Пусть сигнал ГС описывается функцией $y=f(x)$, $f(x)=x$ (рис. 2).

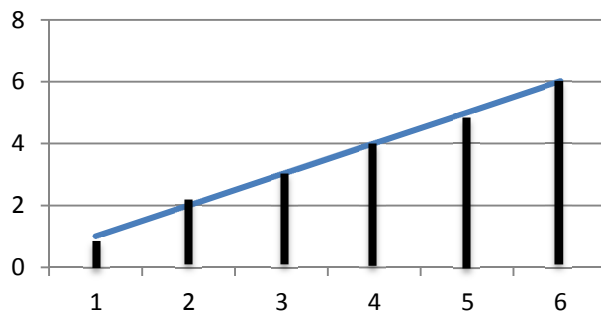


Рис. 2 Исходный сигнал

$$\Delta x = \frac{b - a}{n} = \frac{6 - 1}{5} = 1$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{f(1) + f(2)}{2} * \Delta x + \frac{f(2) + f(3)}{2} * \Delta x + \frac{f(3) + f(4)}{2} * \Delta x + \frac{f(4) + f(5)}{2} * \Delta x \\ &\quad + \frac{f(5) + f(6)}{2} * \Delta x = \\ &= \frac{\Delta x}{2} (f(1) + 2f(2) + 2f(3) + 2f(4) + 2f(5) + f(6)) = \\ &= \frac{1}{2} * (1 + 4 + 6 + 8 + 10 + 6) = 17.5 \end{aligned}$$

Сигнал, получаемый ПС описывается как $y = f(x)$, где $f(x) = \sqrt{x - 1}$ (рис. 3).

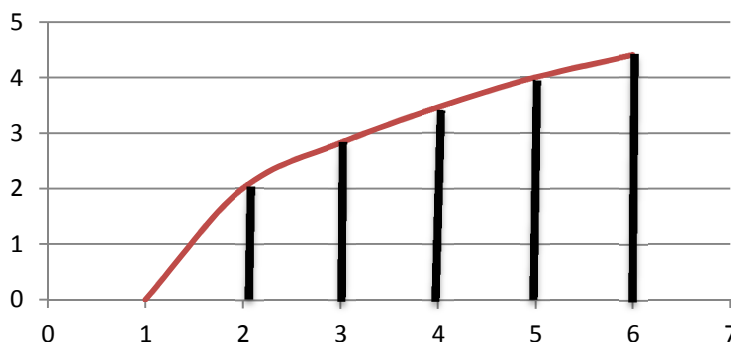


Рис. 3 Переданный сигнал

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{f(1) + f(2)}{2} * \Delta x + \frac{f(2) + f(3)}{2} * \Delta x + \frac{f(3) + f(4)}{2} * \Delta x + \frac{f(4) + f(5)}{2} * \Delta x \\ &\quad + \frac{f(5) + f(6)}{2} * \Delta x = \\ &= \frac{\Delta x}{2} (f(1) + 2f(2) + 2f(3) + 2f(4) + 2f(5) + f(6)) = \\ &= \frac{1}{2} * (0 + 2 + 2\sqrt{2} + 2\sqrt{3} + 4 + \sqrt{5}) = 7.26 \end{aligned}$$

Ошибку вычислим как:

$$p = S_1 - S_2 = 17.5 - 7.62 = 10.24$$

Увеличивая число разбиений, повышаем точность вычислений при одновременном усложнении процесса расчета площади. Таким образом, метод трапеций возможен к применению при определении величин искажения сигнала в передающих линиях.

Перечень ссылок

3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Москва. «Высшая школа». 1996г.
4. Густав Олссон Цифровые системы автоматизации и управления [Текст]; Густав Олссон, Джангуидо Пиани – СПб.: Невский Диалект, 2001 – 557с.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ ГАЗОВИХ КОТЛІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІ В КОТЕЛЬНЯХ

Забезпечення теплом і гарячоводопостачанням людей є необхідна умова життєдіяльності людини, це створює комфортні умови в побуту, а також підвищує працездатність на виробництві у холодні пори року. Система тепlopостачання в Україні досить розвинена. В тепловому господарстві нашої країни працює понад 100 тисяч котелень різного призначення. Основним паливом для котелень є природний газ, який використовується приблизно на 55 % усіх котелень, в яких коефіцієнт корисної дії не перевищує 50 %.

Для підвищення енергетичної безпеки України в тепlopостачанні потрібно покращити надійність і економічність систем тепlopостачання, які залежать від роботи теплогенеруючих установок, раціонально спроектованих теплових схем котелень, широкого використання енергозберігаючих технологій і альтернативних джерел енергій, економії пального та теплової і електричної енергій. Енергозбереження та оптимізація систем виробництва і розподілення теплової енергій, корегування енергетичних і водних балансів дозволяють поліпшити перспективи розвитку теплоенергетики і підвищити техніко-економічні показники обладнання теплогенеруючих установок.

Для задоволення даних потреб потрібно провести максимально можливе заміщення природного газу в структурі тепlopостачання на інші види енергії, передусім власного виробництва.

Одним із таких видів енергії для нашої держави є електрична енергія. Оскільки вона має великі перспективи розвитку, за рахунок впровадження альтернативних джерел енергії, Також використання цього виду енергії не в часи пік для електромережі дасть можливість використовувати повну потужність електроенергетичного потенціалу України на протязі всій доби.

Одним із способів перетворення електричної енергії в теплову є прямий спосіб перетворення. Він оснований на пропусканні електричного струму через теплоносій (воду). В цьому випадку вода грає роль активного опору в колі. Такі котли називаються електродними. Вони можуть виготовлятися на різні класи напруги від 0,4 кВ до 10 кВ.

Їхня конструкція одна із найпростіших і складається з баку для нагріву води, електродів, прохідних ізоляторів, регулятора потужності та арматури.

Така простота конструкції забезпечує велику надійність під час експлуатації, високий КПД приблизно 95%, а також дешевизну при ремонтно-відновлювальних і між сезонних роботах. Недоліком такої конструкції є утворення накипу на електродах, що в свою чергу зменшує коефіцієнт корисної дії, а також регулювання потужності можливо в діапазоні від 25 до 100 %.

До не прямого нагріву води відносяться індуктивні котли. Принцип дії яких оснований на струмах Фуко, які розігрівають теплоносій. Конструктивно такі котли складаються з металевого баку для нагріву води, котушки обмотаної навкруги баку та феромагнітного сердечника призначеного для підсилення струмів Фуко.

Вони також мають не дуже складну конструкцію, але при виготовленні цих котлів для збереження їх високого КПД (близько 98%) потрібно використовувати кольорові метали для обмотки по якій проходить електричний струм. До переваг також можна віднести що на нагрівальній поверхні не буде утворюватися накип за рахунок використання напруги частотою більшою за мережеву, тобто підключення відбувається через перетворювач частоти. Але це приводить до збільшення капітальних затрат при встановленні котлів.

Встановлення цих котлів можливо на місцях застарілих котелень, після демонтажу газового чи іншого обладнання, але цей спосіб потребує реконструкції застарілих теплопроводів для зменшення втрат при транспортуванні теплової енергії. Одним із перспективних напрямків встановлення котлів є безпосереднє встановлення в будівлях в яких є потреба в тепловій енергії, що зменшить втрати теплової енергії при її транспортуванні, а також зменшить капітальні затрати призначені для реконструкції старих теплопроводів.

Основними перешкодами використання електричної енергії для опалення та гарячоводопостачання в нашій державі є:

- застарілість та перевантаженість головних знижувальних підстанцій та розподільчих пунктів;

- перевантаження ліній електропередач;

- прокладення нових ліній електропередач до місць встановлення котлів, при врахуванні комунікацій міста;

- створення нових розподільчих підстанцій в густо заселених районах;

- також це не хватка коштів в бюджеті держави на переобладнання електроенергетичного та теплового господарства.

Але перевагами такого переходу є здобуття енергетичної незалежності від держав монополістів, та перехід до більш екологічних виробництв теплової енергії, в середині кожного міста. А при використанні безпосереднього способу встановлення котлів в будинках призведе до зменшення капітальних витрат на реконструкцію, і збільшення економії енергоресурсу.

Цыпленков Д.В., д.т.н., доцент, Поповкин В.О. студент гр. ЕЕ-11-3

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ МОСТОВ

1) Цели, стоящие перед системой освещения моста.

Сторонним наблюдателям в первую очередь важна эстетическая сторона освещения моста, а участникам транспортного движения, наземного и водного, на первое место по значимости выходит функциональное освещение. Нельзя допустить, чтобы приборы освещения моста ослепляли водителей автотранспорта и судов, поэтому при выполнении проекта освещения моста тщательно рассчитываются места и высота установки осветительных приборов, углы падения светового луча, предусматриваются различные экраны, отражатели, рассеиватели и козырьки, призванные защитить глаза водителей от ослепления светом. На судоходных реках в систему освещения моста добавляются сигнальные светильники, обеспечивающие навигационные огни.

для этого световые приборы.

2) Способы освещения мостов и используемые

Как и в другом архитектурном освещении, в освещении мостов используется два основных вида подачи света – заливающее и локальное освещение, или их комбинация. Заливающее освещение создает равномерный, сравнительно невысокий уровень освещенности, обеспечивается оно в основном прожекторными батареями, расположенными на достаточно большом расстоянии от освещаемого объекта. Иногда оно используется для выделения светом удаленных конструкций моста. Чаще всего в качестве источников света в прожекторах выступают газоразрядные лампы высокого давления (ДРИ, ДНаТ), дающие благоприятный для освещения дорожного покрытия и близлежащих конструкций моста свет с золотистым оттенком. Эти лампы благодаря своей высокой мощности способны создать необходимый уровень освещения на большом расстоянии от места их установки. Для обустройства локального освещения прожекторы и светильники устанавливают в непосредственной близости от элементов моста, подлежащих освещению как наиболее интересные и ценные в декоративном плане. Для локального освещения применяют прожекторы и светильники с металогалогенными лампами, либо светильники на основе светодиодов с линзами, фокусирующими световой поток в необходимый световой пучок. Светодиоды являются наиболее современным видом источников света, поскольку не требуют замены ламп, и не боятся вибраций. Это трудно переоценить, если учесть проблематичность замены вышедшего из строя светильника на мосту. Монтаж уличного освещения мостов, пешеходных и автодорожных, как правило, выполняется с применением натриевых ламп, характеризующихся высоким давлением. Ими создается направленное излучение золотисто-оранжевого оттенка непосредственно на дороги и рядом расположенные конструктивные части моста. Наблюдателем светильники воспринимаются, как отдельные световые источники достаточной интенсивности.

Светодиодное освещение — одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света. Использование светодиодных ламп в освещении уже занимает 6% рынка (по данным 2006 года). Развитие светодиодного освещения непосредственно связано с технологической эволюцией светодиода. Разработаны так называемые сверхяркие светодиоды, специально предназначенные для искусственного освещения. В сравнении с обычными лампами накаливания, светодиоды обладают многими преимуществами: 1) Экономично используют энергию по сравнению с предшествующими поколениями электрических источников света — дуговых, накальных и газоразрядных. Так, световая отдача светодиодных систем уличного освещения с резонансным источником питания достигает 132 люменов на ватт, что сравнимо с отдачей натриевых газоразрядных ламп — 150-220 люмен на ватт. Люминесцентные лампы имеют световую отдачу 60-100 люмен на ватт, а лампы накаливания — 10-30 люмен на ватт (включая галогенные). 2) При оптимальной

схемотехнике источников питания и применении качественных компонентов, средний срок службы светодиодных систем освещения может быть доведен до 50 тысяч часов, что в 30-60 раз больше по сравнению с массовыми лампами накаливания и в 4-6 раз больше, чем у большинства люминесцентных ламп. 3) Возможность получать различные спектральные характеристики без применения светофильтров (как в случае ламп накаливания). 4) Безопасность использования 5) Малые размеры. 6) Высокая прочность. 7) Отсутствие ртутных паров (в отличие от газоразрядных люминесцентных ламп и других приборов), что исключает отравление ртутью при переработке и при эксплуатации. 8) Малое ультрафиолетовое и инфракрасное излучение. 9) Незначительное тепловыделение (для маломощных устройств). 10) В отличие от люминесцентных ламп, у которых с прогревом потребляемая мощность увеличивается, у светодиодных ламп с прогревом потребляемая мощность падает до 30 % при сохранении яркости, это обусловлено уменьшением падения напряжения светодиода с прогревом. 11) Среди производителей именно светодиодные источники света считаются наиболее функционально-перспективным направлением как с точки зрения энергоэффективности, так и затратности и практического применения.

Применение

Светодиодные технологии освещения благодаря эффективному расходу электроэнергии и простоте конструкции нашли широкое применение в светильниках, прожекторах, светодиодных лентах, декоративной светотехнике и даже в компактных осветительных приборах — ручных фонариках. Сегодня их применяют не только для освещения мостов но и для подсветки зданий, автомобилей, улиц и рекламных конструкций, фонтанов, тоннелей. Светодиодное освещение применяется в светотехнике для создания дизайнерского освещения в специальных современных дизайн-проектах. Надёжность светодиодных источников света позволяет использовать их в труднодоступных для частой замены местах.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ЭНЕРГИЕЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО LC КОНТУРА

Рассмотрим процесс формирования процессов обмена энергией между элементами LC контура при подаче синусоидального сигнала, а также при равенстве реактивных сопротивлений индуктивности и емкости по модулю. В этом случае возникнет резонанс напряжений, при котором полное сопротивление контура минимально, ток в контуре возрастает до пиковой величины. Эта величина тока при ее умножении на индуктивное и емкостное сопротивление дает высокое падение напряжения на катушке индуктивности и на конденсаторе.

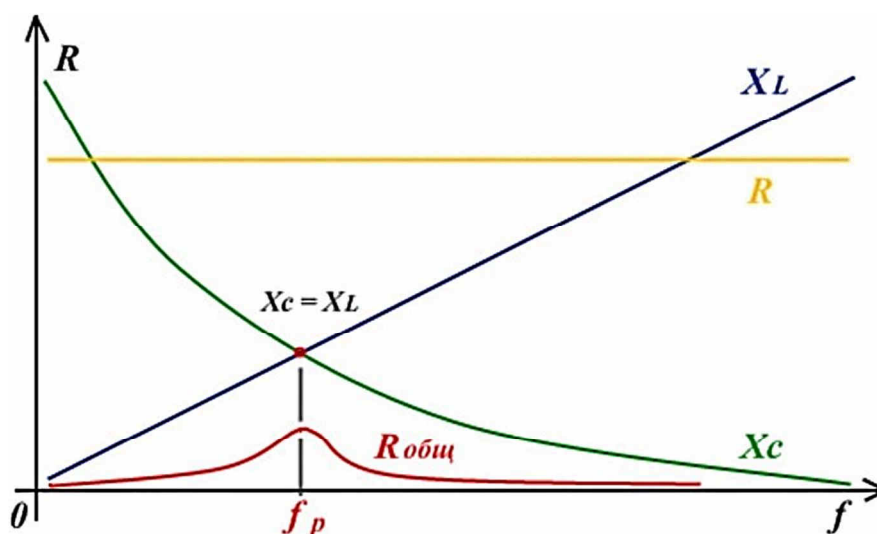


Рис. Изменение электротехнических параметров RLC контура

Опишем процесс более подробно, как показано на уравнении ниже реактивные сопротивления емкости и индуктивности зависят от частоты переменного тока [1].

$$X_L = \omega_0 L; \quad X_C = \frac{1}{\omega_0 C}.$$

При увеличении частоты реактивное сопротивление емкости будет падать, а сопротивление индуктивности – расти. Таким образом при определенной частоте, наступит такой момент, в который эти реактивные сопротивления сравняются, что приведёт к резкому увеличению амплитуды тока в последовательном контуре.

Что касается циркуляции энергии в этот момент времени то, как известно, емкость и индуктивность могут накапливать и отдавать энергию, но делают они это в разные моменты времени, что обуславливает нулевое реактивное сопротивление контура.

$$X_L - X_C = 0$$

Стоит отметить, что при пропускании тока резонансной частоты через LC - последовательный контур падение напряжения в контуре будет равным нулю, хоть падения напряжения на индуктивности и емкости будет иметь место, о чем уже упоминалось выше. Это объясняется тем, что эти напряжения компенсируют друг друга в каждый момент времени.

Теперь рассмотрим незатухающие колебания, которые возникают при периодическом изменении индуктивности или емкости системы, в случае отсутствия источника тока или источника ЭДС. Данные колебания поддерживаются благодаря работе механической силы при периодическом изменении параметра либо за счет энергии, вносимой в цепь при перио-

дическом изменении параметра электрическим путем. Когда емкость конденсатора изменяется внешним воздействием, сила, совершающая работу при изменении емкости конденсатора, доставляет в цепь энергию. Эта энергия равна потерям в активном сопротивлении. По второму закону Кирхгофа:

$$L \frac{di}{dt} + R(i)i + \frac{\int idt}{C_0(1 - \frac{\Delta C}{C_0} \cos 2\omega t)} = 0$$

Возьмем последнее слагаемое с формулы, представленной выше и запишем его в виде:

$$\frac{1}{C_0} (1 + \frac{\Delta C}{C_0} \cos 2\omega t) \int idt$$

Подставим в это уравнение $i = a \sin(t) - b \cos(t)$, после этого разделим его на косинусные и синусные составляющие частоты ω , пренебрегая при этом высшими гармониками и решим относительно квадрата амплитуды тока.

После преобразований получим уравнение, которое обуславливает появления колебаний в контуре.

$$\frac{\Delta C}{C_0} > \frac{2R_0}{\sqrt{L/C_0}}$$

Вследствие преобразований и анализа выражения можно прийти к выводу, что энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора емкостью C , с зарядом q на пластинах равна $W = q^2 / (2C)$. Если при неизменном q емкость изменить на ΔC , то получим приращение энергии:

$$\Delta W_{\text{э}} = -\frac{q^2}{2C} * \frac{\Delta C}{C}$$

Можно сделать вывод, что если q , будет изменяться по синусоидальному закону, то в точке максимума $q = q_m$, емкость будет уменьшаться скачком, а в точке минимума увеличиваться скачком. Для чего требуется обеспечить сближение и отдаление пластин конденсатора, которые изначально притягиваются друг к другу, для чего нужно совершить работу по преодолению сил их притяжения. В дальнейшем эта работа переходит в энергию электрического поля конденсатора. За период изменения q энергия конденсатора дважды возрастает на:

$$\Delta W_{\text{э}} = \frac{q_m^2}{2C} * \frac{|\Delta C|}{C}$$

Сближение пластин происходит при $q=0$, когда силы, действующие на пластины равны нулю. Поэтому при сближении пластин внешняя сила не совершает работы.

В данной статье были рассмотрены такие процессы как резонанс напряжений и явление параметрических колебаний, которые формируют процесс обмена энергией между элементами последовательного LC контура, что является немаловажным, при проектировании различных электротехнических систем индуктивной плавки металла.

Перечень ссылок

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Москва. «Высшая школа». 1996г.

Федоров С.І. ст., викладач, Литвинчук Ю.М. гр.ЕЕ-14-3
(Національний Гірничий Університет. м. Дніпропетровськ, Україна)

ПОНЯТТЯ ОСМОСУ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСМОТИЧНОЇ ЕЛЕКТРО-СТАНЦІЇ

Велика видова розгалуженість досліджень нетрадиційних джерел енергії дає фундамент для її подальшого розвитку знань і технологій, але кожен подальший крок стає все важчим і важчим для наступних поколінь науковців. Розширення досвіду у галузі має набувати не тільки якісної, а і кількісної характеристики, розвивати міжгалузеві зв'язки, і формувати окремий набір методологічної бази, займатись не тільки пошуком нових джерел енергії, а і боротись за раціональність використання отриманої енергії. Україна не являється не достатньо економічно розвиненою країною, але цього не можна сказати про технологічний рівень. Тому однією з тем мого дослідження являється можливо не така актуальна для нашої держави тема, але вона являється важливою для ознайомлення з нею суспільства.

Осмос (від грец. *Ōsmós* - поштовх, тиск), дифузія речовини, зазвичай розчинника, через напівпроникну мембрану, розділяє розчин і чистий розчинник або два розчини різної концентрації. Напівпроникна мембрана - перегородка, що пропускає малі молекули розчинника, але непроникна для більш великих молекул розчиненої речовини. Вирівнювання концентрацій по обидві сторони такої мембрани можливо лише при односторонній дифузії розчинника. Тому завжди йде від чистого розчинника до розчину або від розведеного розчину до концентрованого. Осмос, спрямований всередину обмеженого об'єму рідини, називається ендосмосом, назовні - екзосмосом. Перенесення розчинника через мембрану обумовлений осмотичним тиском. Воно дорівнює надлишковому зовнішньому тиску, яке слід докласти з боку розчину, щоб припинити осмос., тобто. Створити умови осмотичної рівноваги. Перевищення надлишкового тиску над осмотичним може призвести до звернення Осмос - зворотної дифузії розчинника. У випадках, коли мембрана проникна не тільки для розчинника, але й для деяких розчинених речовин, дифузія останніх з розчину в розчинник дозволяє здійснити діаліз, застосовуваний як спосіб очищення полімерів і колоїдних систем від низькомолекулярних домішок, наприклад електролітів.

Осмотичний тиск, дифузний тиск, термодинамічний параметр, що характеризує прагнення розчину до пониження концентрації при зіткненні з чистим розчинником внаслідок зустрічної дифузії молекул розчиненої речовини і розчинника. Якщо розчин відділений від чистого розчинника напівпроникною мембраною, то можлива лише одностороння дифузія - осмотичне всмоктування розчинника через мембрану в розчин. У цьому випадку осмотичний тиск стає доступним для прямого вимірювання величиною, рівною надлишковому тиску, прикладеному з боку розчину при осмотичній рівновазі. Осмотичний тиск обумовлений зниженням хімічного потенціалу розчинника в присутності розчиненої речовини. Тенденція системи вирівнювати хімічні потенціали у всіх частинах свого об'єму і перейти в стан з більш низьким рівнем вільної енергії викликає осмотичний (дифузійний) перенос речовини. Осмотичний тиск ідеальних і гранично розведених розчинах не залежить від природи розчинника і розчинених речовин; при постійній температурі воно визначається тільки числом "кінетичних елементів" - іонів, молекул, асоціатів або колоїдних часток - в одиниці об'єму розчину.

Різниця між солоністю (по-науковому - градієнт солоності) прісної і морської води - базовий принцип роботи осмотичної електростанції. Чим вона більша, тим вище обсяг і швидкість потоку на мембрані, а отже, і кількість енергії, що виробляється гідротурбіною. 24 листопада 2009 державна енергетична компанія Statkraft (Норвегія) представила перший у світі сольовий генератор, який виробляє енергію за рахунок змішування морської і прісної води. Прототип осмотичної електростанції буде випробовуватися на старій паперовій фаб-

риці в 60 км на південь від столиці Норвегії Осло. Вартість проекту становить 20 млн дол., Потужність електростанції - 5 кВт.

У Тофте прісна вода самопливом надходить на мембрану, в результаті осмосу тиск морської води по той бік різко зростає. Сила у осмосу колосальна - тиск може підняти рівень морської води на 120 м. Далі отримана розбавлена морська вода спрямовується через розподільник тиску на лопатки турбіни і, віддавши їм всю свою енергію, викидається в море. Розподільник тиску відбирає частину енергії потоку, розкручуючи насоси, закачує морську воду. Таким чином вдається значно підвищити ефективність роботи станції. За оцінкою Ріка Стовер, головного технолога компанії Energy Recovery, що виробляє такі пристрої для опріснювальних заводів, ККД передачі енергії в розподільниках наближається до 98%. Точно такі ж апарати при опріснення допомагають доставляти питну воду в житлові будинки.

В ідеалі осмотические електростанції потрібно поєднувати з опріснювальних установками - солоність залишкової морської води в останніх в 10 разів вище природного рівня. У такому тандемі ефективність вироблення енергії зросте не менше ніж удвічі.

Будівельні роботи в Тофте почалися восени 2008 року. На території заводу з виробництва целюлози компанії Sódra Cell був орендований порожній склад. На першому поверсі влаштували каскад сітчастих і кварцових фільтрів для очищення річкової і морської води, а на другому - машинний зал. У грудні того ж року був здійснений підйом і монтаж мембранних модулів і розподільника тиску. У лютому 2009-го група водолазів проклала по дну затоки два паралельних трубопроводу - для прісної і морської води.

Паркан морської води здійснюється в Тофте з глибин від 35 до 50 м - в цьому шарі її солоність оптимальна. Крім того, там вона значно чистіше, ніж у поверхні. Але, незважаючи на це, мембрани станції вимагають регулярного чищення від забивають мікропори органічних залишків.

З квітня 2009 року електростанція експлуатувалася в пробному режимі, а в листопаді, з легкої руки принцеси Метте-Маріт, була запущена на всю катушку. Скіллхаген запевняє, що слідом за Тофте у Statkraft з'являться й інші аналогічні, але більш досконалі проекти. І не тільки в Норвегії. За його словами, підземний комплекс розміром з футбольне поле здатний безперебійно забезпечувати електрикою ціле місто з 15 000 індивідуальних будинків. Причому, на відміну від вітряків, така осмотическая установка практично безшумна, не змінює звичний ландшафт і не впливає на здоров'я людини. А про поповнення запасів солоні і прісної води в ній подбає сама природа.

Природні умови та транспортні шляхи України не дають можливості використовувати осмос в енергетичних цілях. Єдине місце, яке теоретично підходить для побудовання осмотической електростанції це Перекопський перешийок, який з'єднує малосольне Чорне море і сильно солоне озеро Сиваш, відоме в давнину, як Гниле море. Або використати води Північнокримського каналу.

Никитин С.В. студент гр. ЕЕ-11-3

Научный руководитель: Плаксин С.В., д.ф.-м.н., профессор кафедры возобновляемых источников энергии

(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет », г. Днепрпетровск , Украина)

ОЦЕНКА ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОМОДУЛЯ ПО ПОСТУПАЮЩЕЙ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ СУТОЧНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

При расчетах фотоэлектрической установки одним из важных моментов является расчет вырабатываемой электроэнергии фотомодулем, при этом используют метод «солнечных пико - часов». Метод не учитывает нелинейность вольт - амперной характеристики фотомодуля, что приводит к погрешности в оценке производительности фотомодуля [1].

Для решения этой проблемы, построим график поступления некоторого количества солнечной энергии на единичную площадку в пико - часах (рис.1).

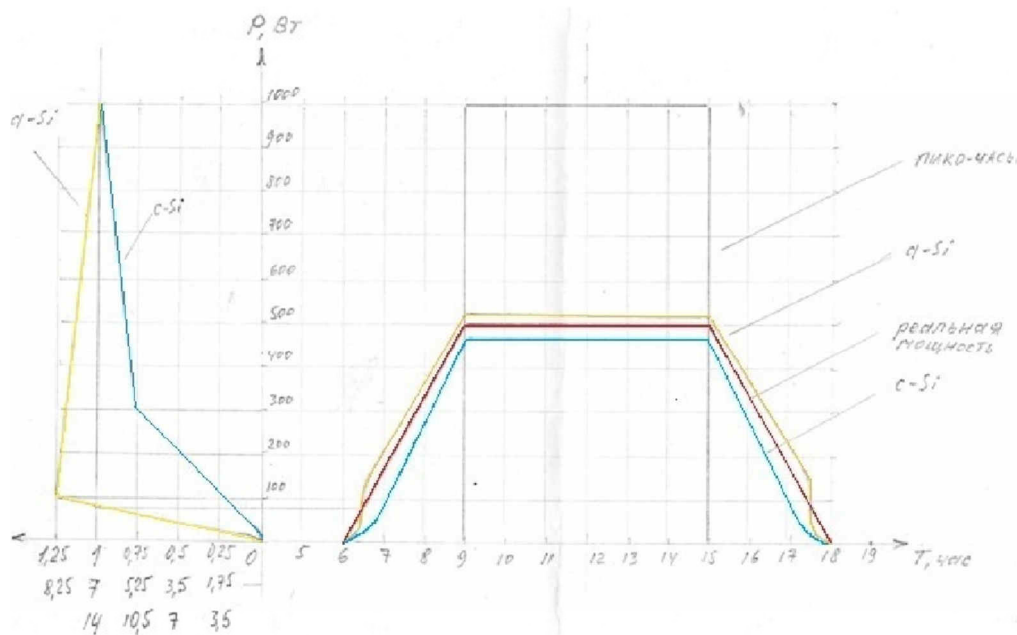


Рисунок 1 – Идеализированные графики поступления солнечной энергии на единичную площадку и мощностной характеристики фотомодуля

Полученный график совместим с идеализированным графиком поступления эквивалентного количества солнечной энергии в реальных условиях. Такая модель не нарушает физической сущности рассматриваемых процессов и удобна для анализа. В левой части графика отображена зависимость нормированного КПД фотомодуля для технологий a-Si и c-Si – от величины мощности падающей солнечной энергии. Рассчитаем количество падающей энергии на поверхность на протяжении дня с учётом нелинейности ВАХ (см. рис.2).

Численно она будет равна площади очерченной фигуры (под кривыми для a-Si и c-Si) и это будет реальная энергия, которую можно получить в течении дня. Данный

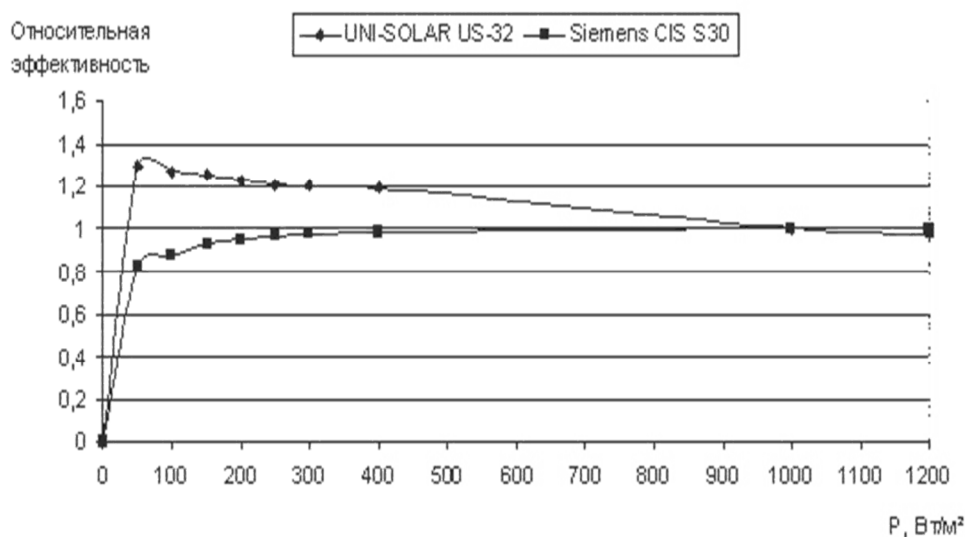


Рисунок 2 – Зависимость относительной эффективности модулей

метод более точно отображает, какое количество солнечной энергии мы можем получить для конкретного дня. Из графика на рис.1 видно, что при падении мощности КПД для a-Si увеличивается, а для c-Si падает. Это объясняется тем, что фотомодули технологии a-Si улавливают как прямое, так и рассеянное излучение солнечной энергии.

Несколько европейских испытательных центров (ECN в Нидерландах и TISO в Швейцарии) проводили сравнительное изучение внешних характеристик PV-модулей от различных производителей и различных технологий (моно-, поликристаллический кремний c-Si и тонкопленочный аморфный кремний a-Si). Исследование показало, что PV-модули по технологии a-Si дают выходную мощность при слабой освещенности (50-100 Вт/м²) на 40% больше, чем все современные технологии на кристаллическом кремнии. Можно сделать вывод о том, что выработка электроэнергии установками равной установленной мощности использующими c-Si или a-Si технологии изготовления фотопанелей зависит от соотношения годовой прямой и рассеянной радиации в месте дислокации установок [2].

Выводы

1. Учет в расчетах нелинейности вольт - амперной характеристики позволяет давать более полную оценку производительности фотоэлектрического модуля для реальных условий эксплуатации, по сравнению с методом «солнечных пика-часов».
2. Технология a-Si модуля более эффективна по производству электроэнергии при эксплуатации в течение года, чем c-Si, особенно в условиях пониженной освещенности.
3. В условиях Украины, где среднесуточная падающая мощность солнечного излучения в течении года не превышает 300-400 Вт а-Si более производительны чем c-Si на 15-20 % в условиях круглогодичной эксплуатации.

Список литературы

- 1.С.В. Плаксин, Ю.В. Шкиль. «Оценка выходной мощности фотомодуля по поступающей на его поверхность суточной солнечной энергии»//Відновлювальна енергетика XXI століття.-2014.-С.181-182
- 2.В.А. Дзержинский, С.В. Плаксин, Ю.В.Шкиль. «Сравнительный анализ фотоэлектрических преобразователей на основе тонкопленочных аморфных полупроводниковых соединений и кристаллического кремния»//Відновлювальна енергетика.-2007-№3.-С.16-25

УДК 621.611.245

Павленко Н.А. студент гр. ЕЕ-13-3

Научный руководитель: Д.В. Цыпленков, к.т.н., доцент кафедры возобновляемых источников энергии

(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет », г. Днепропетровск, Украина)

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПИРАЛЕОБРАЗНЫХ ВЕТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Новизна и актуальность идеи. Сегодня ветроэнергетика является бурно развивающейся отраслью. К началу 2015 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 369 гигаватт. В 2010 году количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило 430 тераватт-часов (2,5 % всей произведённой человечеством электрической энергии). Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику, в частности, на 2014 год в Дании с помощью ветрогенераторов производится 39 % всего электричества; на 2013 год — в Португалии — 23 %; на 2011 год — в Ирландии — 14 %, в Испании — 16 % и в Германии — 8 %. В мае 2009 года 80 стран мира использовали ветроэнергетику на коммерческой основе.

Основными стимулами развития альтернативных источников энергии являются:

- энергобезопасность — стремление стран диверсифицировать источники производства энергии;
- энергонезависимость — стремление обезопасить себя от поведения стран-экспортеров нефти и газа;
- снижение выбросов — стремление снизить количество выбросов CO₂ в атмосферу и предотвратить глобальное потепление климата.

Преимуществами рассматриваемого источника энергии, а именно-энергии ветра являются:

- энергия ветра – возобновляемая энергия, что означает, что Земля производит ветер постоянно, бесплатно и без ущерба для окружающей среды.
- энергия ветра доступна практически в любом месте на планете
- ветрогенераторы не производят вредных выбросов в процессе эксплуатации.
- производство и эксплуатация ветряных турбин – это новые рабочие места.

Но в использовании ветроэнергетики есть и *недостатки*:

- сила ветра весьма переменчива и зачастую непредсказуема, что требует использования дополнительного буфера для накапливания избыточной электроэнергии или дублирования источника для подстраховки.
- высокая начальная стоимость. Стоимость установки производящей 1 МВт составляет сегодня 1 миллион долларов.
- сохранение избыточной энергии, выработанной ветряными турбинами, требуют дополнительных решений: аккумуляторов или преобразователей в другие виды энергии.
- ветряные электростанции, как правило, простираются на обширные территории и находятся в отдалении от потребителя, что создает дополнительные расходы на транспортировку энергии.

Перейдем, непосредственно, к основной идее доклада – ветрогенераторам.

В данный момент происходит поиск наиболее оптимальных по стоимости и получаемой энергии ветроустановок. Одним из претендентов на эту должность является спиралеобразный ветрогенератор.

Технические аспекты моделирования и производства ветрогенераторов.

Спиралеобразные ветрогенераторы, в большинстве своем, относятся к вертикальным. Они предназначены для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую. Ветроустановки при работе используют эффект возникновения подъемной силы, действующей на лопасти ветротурбины, которая в свою очередь вращает генератор, вырабатывающий энергию. При расчете рентабельности установки крупных ветрогенераторов рассчитывается среднегодовая активность ветра, что позволяет с высокой точностью определить количество производимой энергии

Яркими представителями спиралеобразных ветрогенераторов являются:

Ветрогенераторы с ротором Савониуса



В качестве лопастей в роторе Савониуса используются два или несколько полуцилиндров.

Достоинства- для ротора Савониуса характерны высокие пусковые крутящие моменты, работа при относительно низких скоростях и

относительно высокая технологичность его производства.

Недостатками являются:

- более низкая эффективность работы лопастной системы, по сравнению с горизонтально-осевыми ВЭУ;
- относительно высокая материалоемкость.

В настоящее время ветрогенераторы с ротором Савониуса выпускаются в диапазоне мощностей до 5 кВт. Ротор Савониуса.

Ветрогенераторы с геликоидным ротором



Геликоидный ротор или ротор Горлова (второе его название) является модификацией ортогонального ротора. За счет закрутки лопастей, вращение ротора является более равномерным, что значительно снижает динамические нагрузки на опорные узлы и, тем самым, увеличивает срок их службы, по сравнению с опорными узлами ортогональных роторов, однако, технология производства закрученных лопастей значительно усложняется, что сказывается на увеличении их стоимости.

Подводя итог вышесказанному можно выделить следующие *достоинства* вертикальных ветрогенераторов:

- отсутствие необходимости ориентировать на ветер;
- вертикальный ветрогенератор бесшумный не нуждается в обслуживании, так как синхронный генератор со щелевым расположением магнитов не использует в своей работе щеток, редукторов;
- можно располагать в непосредственной близости к жилым помещениям, либо на крыше домов;

- невысокая минимальная рабочая скорость ветра (система начинает производить электричество при скорости ветра в 2-2,5 метра в секунду);
- возможно строительство в местах, где невозможно возведение высоких сооружений. Также нужно учесть некоторые особенности вертикальных ветрогенераторов:
 - из-за потерь на вращение потока воздуха большинство ветрогенераторов с вертикальной осью вращения почти в два раза менее эффективны, чем с горизонтальной. Более низкая эффективность работы, по сравнению с горизонтально - осевыми ветрогенераторами при одинаковых обметаемых площадях, что ограничивает диапазон их применения и их единичную мощность и более высокая материалоемкость при одинаковой мощности.