

Секція 11

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

Лагода Г.А. студент гр. ЕМС-12-1,

Науковий керівник: Азюковський О.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри електропривода
(Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»)

СПОСОБИ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ КЕРУЮЧИХ ІМПУЛЬСІВ ВІДПИРАННЯ КЛЮЧІВ ІНВЕРТОРА СТРУМУ ПРИСТРОЮ ІНДУКЦІЙНОГО НА- ГРІВУ І ПЛАВКИ МЕТАЛІВ. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНУ КЕРУВАННЯ ІНВЕРТОРОМ

Індукційний нагрів широко використовується в різних технологіях обробки металів – від плавки до термообробки та повторного нагріву. Через індуктор при індукційному нагріванні протікає змінний струм, який створює магнітне поле. Це поле наводить вихрові струми в заготовці, яка є вторинною обмоткою повітряного трансформатора. Вихрові струми нагрівають заготовку у відповідності з ефектом Джоуля ($P = I^2R$). Індукційні нагрівачі отримали широке розповсюдження як в промисловості так і в побуті.

Основним вузлом установки індукційного нагрівання, який визначає як техніко-економічні показники так і показники надійності всього пристрою, є перетворювач частоти (ПЧ). ПЧ призначений для перетворення одно або трифазної напруги промислової частоти в однофазну з частотою та фазою необхідною для індукційного технологічного процесу. Зазвичай ПЧ складаються з таких вузлів: одно або багатofазний керований (не керований) випрямляч, ланку постійного струму, автономний інвертор. Інвертор виконується на напівпровідникових пристроях, таких як тиристор та транзистор. Для великих потужностей та частот до 10кГц використовують потужні тиристори. В діапазоні від 10 до 50кГц використовують IGBT транзистори. На частотах більше 50кГц із за високої частоти комутацій віддають перевагу MOSFET транзисторам. Транзисторні ключі, на відміну від тиристорних швидко відновлюють свої запираючі властивості, тому вони можуть працювати на резонансній частоті навантажувального контуру [1].

Специфіка застосування індукційного нагріву в кожному конкретному випадку визначає такі основні параметри як частота, потужність та параметри інші: струм, коефіцієнт потужності або добротність. Частота є важливим параметром так як вона визначає глибину проникнення в заготовку. Таким чином при проектуванні установки індукційного нагріву в першу чергу має бути визначена робоча частота установки, необхідна для забезпечення потреб технологічного процесу. Кожний елемент ПЧ з урахуванням фізичних обмежень має забезпечувати надійну роботу установки на необхідній частоті.

Навантаженням ПЧ є паралельний коливальний контур який складається з індуктора та компенсуючої батареї конденсаторів. В процесі роботи установки на резонансній частоті в резонансному контурі протікає значний струм, тому компенсуючу ємність виконують у вигляді батареї для забезпечення протікання через кожен окремий конденсатор струму який не перевищує номінальний. Для отримання кращих габаритних показників використовують спеціалізовані конденсатори для установок СВЧ з водяним охолодженням. Для зменшення втрат в компенсуючій батареї слід обирати конденсатори з меншими діелектричними втратами.

Важливою особливістю інверторів струму є те, що вони повинні працювати з обов'язковим перекриттям інтервалів провідності (відкритого стану) вентилів, які формують пряму та зворотну напівхвилі вихідного сигналу. Комутація з паузою в потужних інверторах струму принципово неможлива так як під час паузи між імпульсами керування ключових елементів ЕРС самоіндукції індуктивності в ланці постійного струму та паразитній індуктивності з'єднувальних провідників індуктора викличе перенапругу на ключових елементах, яка може вивести їх з ладу.

Проаналізуємо процеси в інверторі струму з перекриттям струмів ключів протифазних груп. Для пояснення введемо наступні позначення: s - інтервал комутації, w - часовий інтер-

вал, який є функцією параметру управління, β - кут зсуву моменту включення наступної пари ключів відносно кривої миттєвого значення напруги на коливальному контурі.

Інтервал провідності ключа в загальному випадку рівний:

$$Q = T/2 + s \pm w \quad (1)$$

Вмикання наступної пари ключів інвертора в загальному випадку може здійснюватись з відстаючим, нульовим або випереджуючим кутом зсуву β :

$$\beta \in [-\pi/2, +\pi/2] \quad (2)$$

Слід враховувати, що електричний опір та магнітна проникність металів є нелінійними функціями температури. Тому під час циклу індукційного нагріву відбувається зміна електричного опору та магнітної проникності металів. Крім цього, при сучасній термообробці металів часто виникає потреба нагрівати заготовки різних діаметрів в одому і тому ж самому індукторі. Зміна в продуктивності (при неперервному нагріванні), властивостей матеріалу, а також накладання цих двох факторів також веде за собою зміну активного та реактивного опору індуктора. Це впливає на налаштування та параметри навантаження джерела живлення. Активний опір індуктора може змінюватися в 2-4 рази, а індуктивний в 1.3-1.6 рази. Для забезпечення оптимального режиму роботи інвертора на змінне навантаження системі управління необхідно постійно узгоджувати частоту роботи інвертора з частотою контуру навантаження, забезпечуючи мінімальне індуктивне розузгодження [2].

Для вирішення даної задачі використовують систему керування з фазовою автоматичною підстройкою частоти (ФАПЧ). Однак дана система автоматичного керування має в своєму складі фільтр низьких частот. Який зменшує швидкодію системи та потребує збільшення мінімального фазового розузгодження, яке необхідне для м'якої комутації транзисторів в динамічних режимах, що знижує ККД перетворювача. Для позбавлення від цього недоліку необхідно використовувати формувач імпульсів з автопідстройкою частоти та адаптивним блоком завдання фазового зсуву вихідним струмом та напругою інвертора.

Керуючі імпульси з системи ФАПЧ надходять на формувач імпульсів. Важливим є те, що спеціалізованих драйверів з вбудованою функцією формування інтервалів перекриття не випускається, тому дану функцію реалізують на дискретних логічних елементах. Мінімальна тривалість інтервалу перекриття [3] яка має бути забезпечена схемою керування розраховується за формулою (3).

$$t = sT/4\pi \quad (3)$$

Список літератури

1. Лебедев А.В. Выбор источников питания для индукционного нагрева / А. В. Лебедев // ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск
2. Дзлийев С. В. Автоподстройка частоты в транзисторных инверторах напряжения для индукционного нагрева / С. В. Дзлийев, И. С. Тихомиров, Д. А. Патанов, П. О. Чернецов, Д. Н. Бондаренко // Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет, Россия.
3. Силкин Е. М. Реализация и способы управления вентилями / Е. М. Силкин // Силовая Электроника – 2007. - №3. – С108-113.

Ларіонцев О.В., студент гр. ЕМС-12-1,

Науковий керівник: Азюковський О.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри електропривода
(Україна, Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»)

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЦИФРОВОГО ПРИСТРОЮ, РЕАЛІЗУЮЧОГО АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ КЛЮЧАМИ ІНВЕРТОРА УСТАНОВКИ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ТА ПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛУ

Нагрівання та плавлення металу є одним з найпоширеніших технологічних процесів сучасної промисловості. Індукційний метод нагрівання представляє дуже великий інтерес. Це обумовлено тим, що установки індукційного нагрівання мають більший коефіцієнт корисної дії (ККД), більшу енергоефективність технологічного процесу та велику швидкість нагрівання металу порівняно з іншими відомими методами.

Головним параметром установки індукційного нагрівання є струм, котрий тече індуктором. Саме струм та його величина характеризує потужність та режим роботи печі, а нагрівання металу відбувається за рахунок змінного електромагнітного поля, породженого цим струмом. Для керування електротехнічною установкою нагрівання індукційним методом необхідна швидкодіюча, точна та проста в керуванні система. Особливості проектування системи керування ключами полягає у тому, що на індуктор та конденсаторну батарею, котрі утворюють собою коливальний контур, необхідно подавати напругу знакозмінного струму, частота котрої повинна змінюватися в широкому діапазоні. Змінна частота необхідна для того, щоб зробити можливим роботу системи у режимі резонансу (збіг власної частоти коливального контуру та частоти напруги, котру подають до контуру). Від промислової мережі отримати частоту в широкому діапазоні неможливо, тому створюють мостові та напівмостові схеми інверторів на потужних напівпровідникових ключах.

Система керування ключами мостової схеми формує необхідну послідовність імпульсів згідно з обраним законом керування та особливостями коливального контуру.

Регулювання потужності установок індукційного нагрівання реалізують двома способами: зміною частоти прикладеної напруги (для послідовних коливальних контурів) або зміною величини цієї напруги при постійній частоті (для паралельних контурів). Розглянемо коливальний контур в якому має місце резонанс струмів (паралельний контур). Він є більш цікавим тому, що струм в індукторі в рази перевищує струм, споживаний з мережі і дозволяє створити більш потужний магнітний потік. В контурі такого типу регулювання частоти необхідно тільки для налаштування системи на резонанс [1].

Якщо розглянути в якості пристрою керування ключами інвертора мікроконтролер то, для отримання бажаного діапазону частот потрібно щоб контролер мав необхідну частоту тактів від зовнішнього генератора та достатню швидкодію і розрядність аналогово-цифрового перетворювача.

Частота вихідних імпульсів контролера залежить від значення у регістрах лічильника модулю широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Зміна частоти відбувається за рахунок зменшення необхідної кількості тактів для переповнення лічильника ШІМ [2]. Мінімальна частота зовнішнього тактового генератора визначається за формулою

$$f_{\Gamma} = f_{\text{ШІМ}} \cdot (PR + 1) \cdot n \cdot k_{\text{діл}} \quad (1)$$

де PR- регістр періоду лічильника модулю ШІМ, $k_{\text{діл}}$ - коефіцієнт дільника лічильника модуля ШІМ (якщо є дільник), $f_{\text{ШІМ}}$ – бажана мінімальна частота вихідних імпульсів ШІМ, n - кількість тактів зовнішнього генератора необхідних для формування одного машинного такту цифрового пристрою(для різних пристроїв може приймати різні значення).

Крок регулювання частоти імпульсів керування

$$h_{ШІМ} = \frac{\Delta f_{ШІМ}}{\Delta PR} \quad (2)$$

де $\Delta f_{ШІМ} = f_{МАКС.ШІМ} - f_{МИН.ШІМ}$ необхідний діапазон частот вихідних імпульсів, $\Delta PR = PR_{МАКС.} - PR_{МИН.}$ діапазон зміни регістру періоду ШІМ. Чим більше розрядність регістру регулювання періоду ШІМ тим точніше буде один крок зміни вихідної частоти.

Регулювання струму індуктора відбувається за рахунок зміни величини напруги, прикладеної до контуру. Отримати необхідну величину напруги можна двома шляхами:

1) Зміною шпаруватості вихідних імпульсів керування ключами.

2) Використанням регульованого джерела напруги у ланці постійного струму.

При використанні першого методу напруга, прикладена до контуру, буде мати постійну амплітуду і регульовану шпаруватість імпульсів керування ключами інвертора, а при використанні другого методу напруга, котру подають до контуру має змінну амплітуду, а імпульси керування ключами - максимальну шпаруватість.

Щоб реалізувати контроль та стабілізацію струму індуктора необхідно вимірювати його поточне значення та порівнювати з заданим, а при наявності відхилень змінювати величину прикладеної напруги.

Аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) вимірюють тільки миттєве значення неперервного сигналу, а для коректного аналізу та регулювання краще опрацьовувати середнє значення. Тому для цього необхідно забезпечити обчислення цифровим пристроєм середнього значення струму за період вихідних коливань використовуючи миттєві значення за формулою

$$I_{середнє} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{миттєве}(i)}{n}, \quad (3)$$

де $I_{миттєве}$ – миттєве значення струму в момент вимірювання, n - кількість вимірювань за період.

Щоб обчислити середнє значення струму за формулою (3), порівняти його з завданням та виконати регулювання напруги інвертора необхідно реалізувати на цифровому пристрої відповідний алгоритм роботи. Цей алгоритм повинен виконуватися не довше ніж період власних коливань контуру, а тому час однієї вибірки АЦП повинен бути в 5-10 разів менший періоду коливань.

Коректний розрахунок середнього значення струму та його стабілізація стане можливим якщо буде виконано умову

$$T_{контур} > (5 \div 10) \cdot T_{АЦП} + T_{обч.оп.} \quad (4)$$

де $T_{контур}$ - період власних коливань контуру, $T_{АЦП}$ - період вибірки аналогово-цифрового перетворювача, $T_{обч.оп.}$ - час за котрий буде виконано всі необхідні обчислювальні операції.

Перелік посилань

1. Яров В.М. Полупроводниковые преобразователи частоты для установок индукционного нагрева: учебн.пособие/ В.М. Яров, В.П. Терехов, А.Н.Ильгачёв. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та., 2005. – 228 с.
2. Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro.-М.: ООО Микро-Чип, 2002.-601 с.

Козичик С.В. студент гр. ЕЕс-12-2,

Научный руководитель: Остапчук А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры "Возобновляемые источники энергии"

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ СЕЛЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Неотъемлемым элементом системы защиты электрической сети до 1000 В, является автоматический выключатель (АВ). Его защитные характеристики позволяют использовать АВ при защите от токов коротких замыканий и перегрузках. Ввиду чувствительности электрооборудования (кабельных сетей, полупроводниковых преобразователей) к токовым перегрузкам к аппаратам защиты предъявляется требование высокого быстродействия с целью ограничения аварийных токов по длительности и амплитуде.

Рост мощности низковольтных сетей и необходимость уменьшения материалоемкости аппаратов заставляют по-новому решать проблемы селективной защиты, в том числе только токоограничивающими автоматическими выключателями. Селективность (избирательность) работы АВ, при последовательном их включении можно пояснить при помощи рис.1.

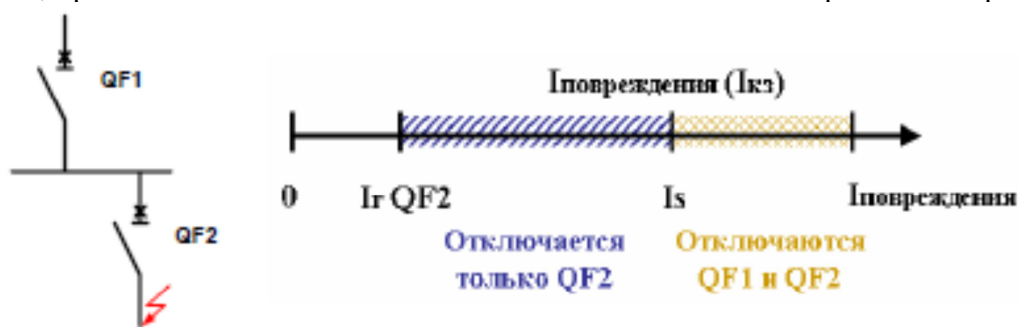


Рисунок 1 Принцип избирательности защиты, реализованной АВ

На сегодняшний день селективность условно разделяется на 2 группы. Полная ($I_S > I_{K3}$) – когда при любом значении тока повреждения оно устраняется только выключателем QF2, и частичная ($I_S < I_{K3}$) – при токах повреждения, которые меньше I_S , отключается только QF2, в противном случае – оба выключателя. Кроме приведенной классификации существует разделение по принципу действия. Наиболее распространенными являются «токовая» (по току срабатывания) и «временная» (по времени срабатывания) селективности [1]. Примеры согласования защитных характеристик АВ по приведенным выше схемам, изображены на рис. 2. Недостатком таких способов является необходимость установки более тяжелого оборудования на высшем уровне и протекание токов короткого замыкания в течение определенного промежутка времени. Это время ожидания является необходимым исходя из самого принципа организации данного метода [2].

Современные АВ таких ведущих фирм как АВВ, Schneider Electric, Siemens, Hager позволяют также реализовать другие варианты согласования защит, это «зонная» и «энергетическая селективности» (рис. 3).

Зонный тип селективности (рис. 3 а) осуществляется между двумя аппаратами, объединёнными специальным информационным кабелем. АВ одного уровня объединяются в так называемые «зоны» и подают сигнал на выключатель вышестоящего уровня. Последний в свою очередь начинает отсчёт дополнительной выдержки времени. Если за это время расположенный ниже аппарат не в состоянии произвести отключение, то коммутацию производит

выключатель, расположенный выше. Если выключатель из любой зоны обнаруживает КЗ и не получает сигнала блокировки, то он будет срабатывать без дополнительной задержки по времени в соответствии со стандартными настройками [3, 4].

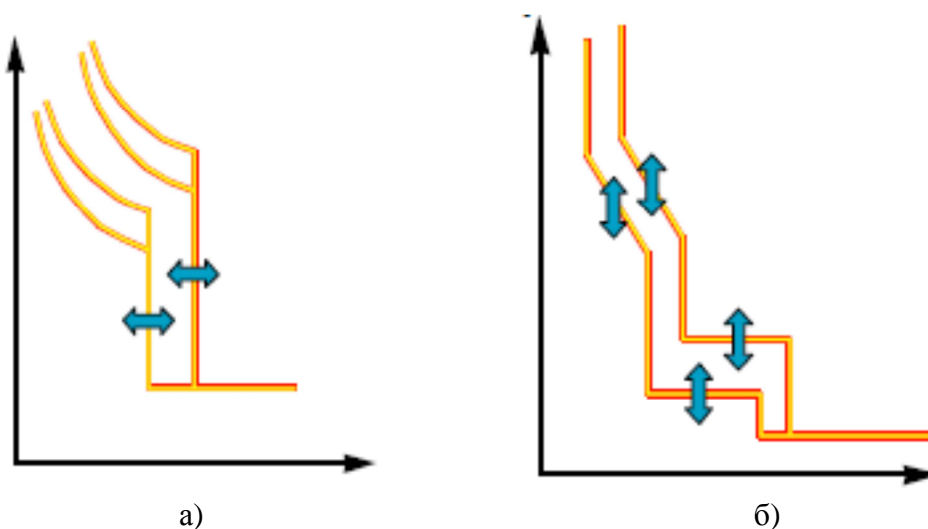


Рисунок 2 Защитные характеристики АВ при различных вариантах построения селективности:

а) токовая селективность; б) временная селективность

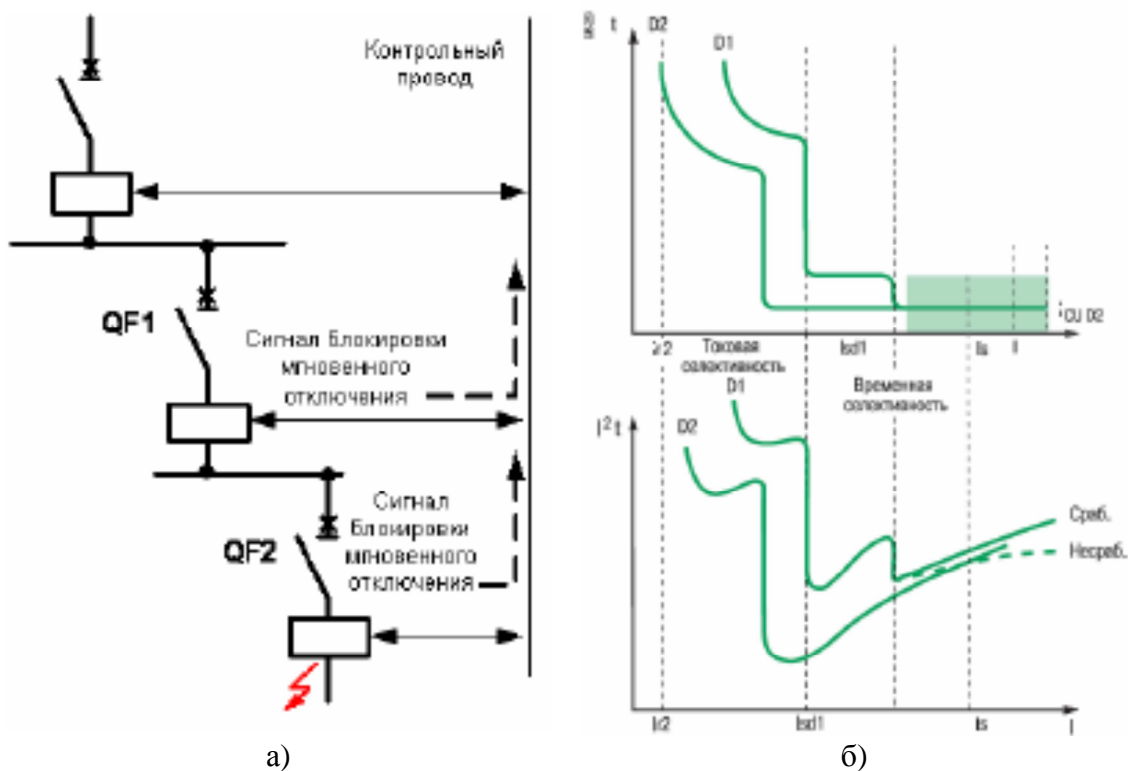


Рисунок 3 Варианты согласования защитных характеристик современных АВ:
а) зонная селективность; б) энергетическая селективность

Энергетическая селективность (рис. 3 б) – это вариант построения защитных схем с использованием значений теплового импульса тока, проходящего через аппарат при аварии. При сверхтоках эти АВ имеют чрезвычайно высокое быстродействие (время срабатывания порядка нескольких миллисекунд) и размыкаются при наличии значительной апериодической составляющей. Поэтому для анализа параметров срабатывания невозможно использовать времятоковые кривые срабатывания АВ, полученные с учетом действующих значений периодических составляющих. Эти явления существенно зависят от взаимодействия между

двумя последовательными устройствами. Поэтому значения энергетической селективности не могут быть определены потребителем. Производители отдельных устройств предоставляют таблицы, счетные линейки и программы расчета, в которых указаны значения предельного тока селективности при коротких замыканиях между различными комбинациями автоматических выключателей. Эти значения определяются путем теоретического объединения результатов испытаний. Однако фирмы-производители гарантируют селективную работу автоматических выключателей собственного производства. Причем форма представления их рекомендаций по выбору аппаратов защиты основывается исключительно на собственных экспериментальных данных и не поддается анализу с точки зрения режимов работы системы электроснабжения и взаимозаменяемости с оборудованием других фирм-производителей.

Это существенным образом ограничивает проектантов в выборе аппаратов защиты. Такая ситуация, во-первых, препятствует применению оборудования с наилучшими характеристиками при разработке проектной документации. А во-вторых, фактически «привязывает» проектную, а в дальнейшем и эксплуатирующую организацию к конкретным маркам аппаратов. В некоторой степени это снижает надёжность и гибкость систем электроснабжения, а также создаёт опасность уменьшения конкурентной борьбы на рынке низковольтного оборудования.

Выводы.

1. Отмеченные варианты построения схем защиты в сетях напряжением до 1000 В с использованием современных автоматических выключателей позволяют реализовать необходимую степень защиты и надёжность электроснабжения.

2. Практический интерес вызывает исследование энергетической селективности автоматических выключателей различных производителей с разработкой рекомендаций по их согласованию.

Список источников

1. ГОСТ 50030.2–99 (МЭК 60947-2-98). Аппаратура распределения и управления низковольтная. Ч. 2. Автоматические выключатели [Текст]. – Введ. в действие 1999-12-17. – М.: Из-во стандартов, 2000. – 96 с.

2. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст]: учеб. пособие / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.– 461 с.

3. Селективность автоматических выключателей АББ в сетях низкого напряжения. АББ Индустри и Стройтехника. 2007, 54 с.

4. Руководство по устройству электроустановок. Издательство: Schneider Electric Publisher, 2007, 394 с.

Ляпченко Д.Н. студент гр. ЕЕс-12-2,

Научный руководитель: Остапчук А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры "Возобновляемые источники энергии"

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ НУЖД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Электроэнергия является главной составляющей в развитии экономики каждого государства и жизненно важным фактором человеческого существования в современном мире. Все инфраструктуры являются потребителями электроэнергии, поэтому необходимо своевременное и качественное снабжение ею всех отраслей [1]. Внедрение автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии на предприятии обеспечивает регулирование режимов энергопотребления и энергосбережения. Данная система эффективна для крупных промышленных предприятий, деятельность которых связана с большими объемами использования энергоресурсов. Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) – это совокупность технических и программных средств, предназначенных для автоматического учета электроэнергии и автоматизированного управления процессом электропитания. Использование этой системы позволяет получить точную информацию о расходах потребляемой электроэнергии и мощности.

Целью АСКУЭ является: получение достоверной информации на всех уровнях рынка; управление режимами работы оборудования и контроль электропотребления; гарантированная защищенность информации на всех уровнях системы; возможность автоматизации финансовых расчетов и диспетчерского управления; своевременное предоставление данных для отчета и для анализа режимов потребления и потерь электроэнергии [2]. Данная система контроля и учета позволяет контролировать все виды энергоресурсов, имеет возможность использования различных каналов связи для передачи данных, возможно удалённое подключение к системе АСКУЭ для просмотра данных и контроля состояния, работы оборудования через Интернет. Важным преимуществом системы АСКУЭ является возможность анализа потребления, которая позволяет определить ошибки в организации энергопотребления и разработать меры по снижению расходов. При наличии современной АСКУЭ промышленное предприятие полностью контролирует весь свой процесс энергопотребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергии переходить к разным тарифным системам, что позволяет сэкономить на энергозатраты.

Автоматизированная система включает в себя следующие функции [3]:

- сбор информации с счетчиков;
- расчет, накопление и хранение данных;
- контроль потребления электрической мощности с заданным интервалом времени;
- коммерческий учет потребленной электроэнергии;
- расчет оплаты за потребляемую энергию по многотарифной системе;
- возможность обмена информацией с другими системами.

В общем случае структура автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии состоит из четырех уровней (рис. 1):

1 уровень - первичные измерительные приборы (ПИП), т.е. счетчики электроэнергии с телеметрическими или цифровыми выходами;

2 уровень - устройство сбора и подготовки данных (УСДП), т.е. программируемые логические контроллеры, установленные на подстанциях, которые осуществляют в заданное время сбор данных со счетчиков, накопление, обработку и передачу этих данных на верхний уровень;

3 уровень – узловые центры сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с ПЛК, итоговую обработку информации, как по точкам учета, так и по их группам, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия;

4 уровень - главный сервер центра сбора и обработку данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с ПК и/или группы серверов центров сбора и обработки данных третьего уровня, дополнительное агрегирование и структурирование информации по группам объектов учета, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений персоналом службы главного энергетика и руководством территориально распределенных средних и крупных предприятий или энергосистем.

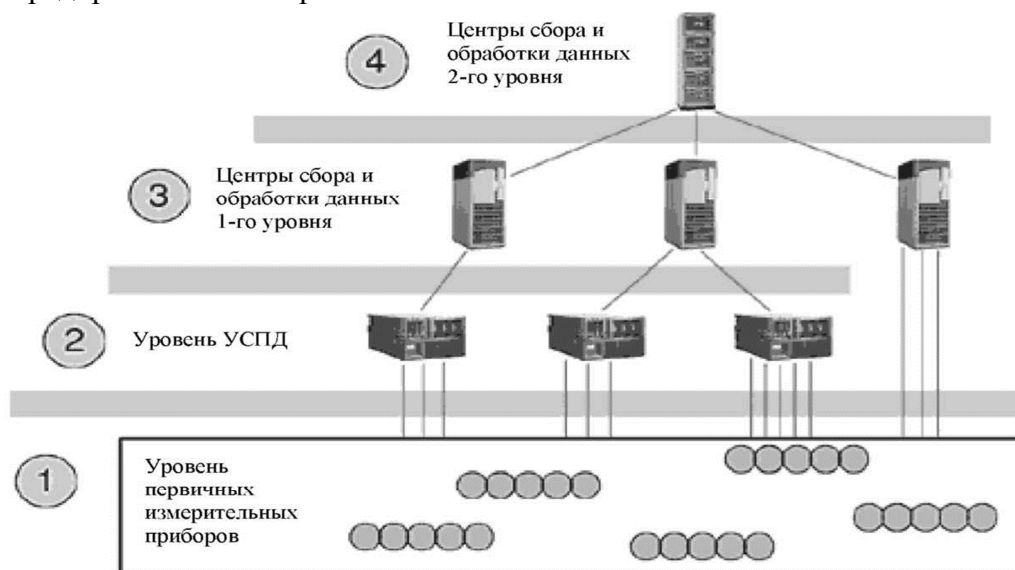


Рисунок 1 – Уровни АСКУЭ.

Преимуществами внедрения автоматизированных систем АСКУЭ являются:

- рациональное энергопотребление и повышение эффективности использования энергоресурсов;
- возможность использования различных тарифов за пользование электроэнергией;
- автоматизированная обработка информации, хранение и представление данных в удобном для пользователя виде;
- построение многоуровневых систем и возможность передачи данных на другие уровни системы;
- возможность получения оперативных данных в удобном виде для анализа;
- возможность получения информации удаленно, через Интернет.
- контроль и защита от хищения.

Применение современных автоматизированных систем управления планированием, потреблением и учетом электрической энергии является выгодным вложением средств, так как это ведет к экономии потребления и повышению качества финансовых расчетов.

Список источников

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
2. Гельман Г.А. Автоматизированные системы управления электроснабжением промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 255 с.
3. Гуртовцев А.В. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах журнал "СТА" №3, 1999 г .

Шевченко В.А. студент гр. ЕЕс-12-2,

Научный руководитель: Остапчук А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры "Возобновляемые источники энергии"

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

УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В последнее время при подготовке студентов инженерно-технического направления наметилась устойчивая тенденция применения компьютерного моделирования при изучении физических процессов и явлений [1]. Несомненно, такое изложение материала полезно из-за своей наглядности и доступности, но при этом сокращается количество времени на изучение технических средств, используемых на производстве. Отмеченная ситуация негативно влияет на подготовку кадров для нужд промышленности. Например, при подготовке инженеров-электриков существенное значение имеет вопрос понимания явления реактивной мощности (РМ) и способов уменьшающих ее влияние [2].

В связи с изложенным выше, на кафедре «Возобновляемых источников энергии» Национального горного университета разработан учебный стенд по изучению процесса потребления РМ. Принципиальная электрическая схема стенда изображена на рис. 1.

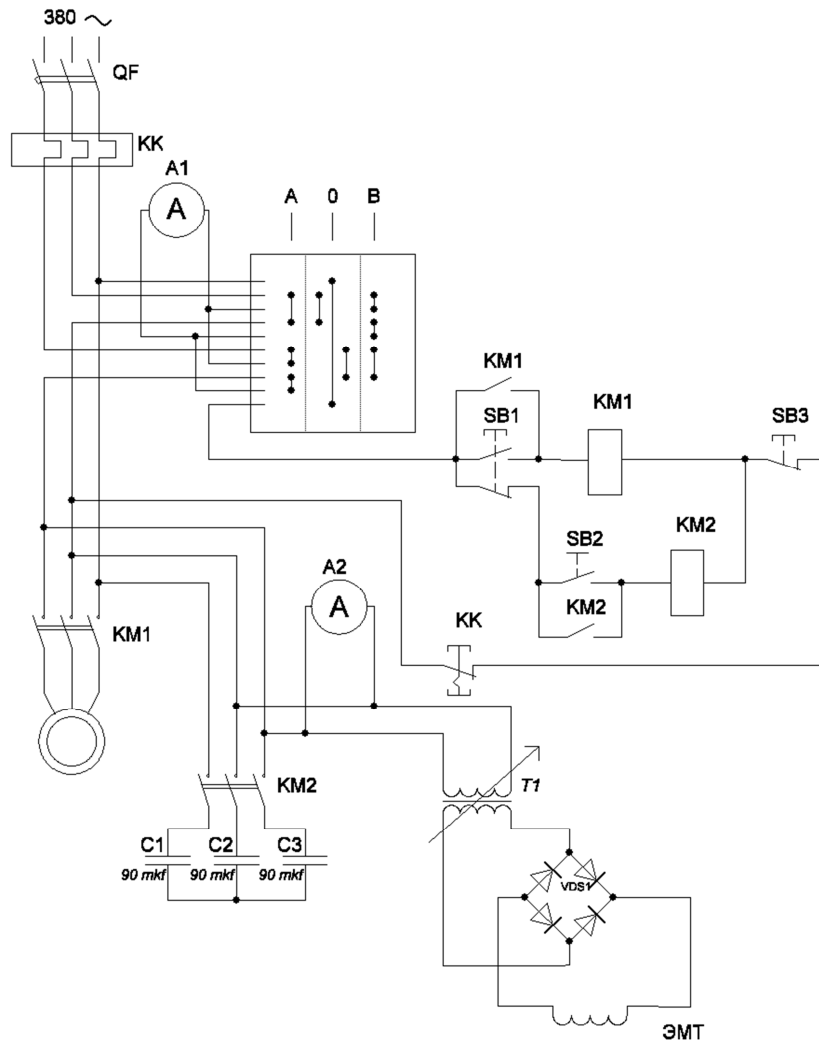


Рисунок 1 Принципиальная электрическая схема стенда

Параметры АД (тип АО2-31-2): $P_{\text{ном}} = 2,8$ кВт; $U = 220$ В; КПД = 0,83; $\cos \varphi = 0,84$; $I_{\text{н}} = 10,5$; $M_{\text{п}} = 18$ Н-м; $n = 2880$ об/мин;

Необходимую емкость конденсаторных батарей можно определить по формуле [3]:

$$C = \frac{\kappa_3 \cdot P \cdot \operatorname{tg} \varphi}{U^2 2\pi f},$$

где κ_3 – коэффициент загрузки двигателя; P – активная мощность двигателя, Вт; $\operatorname{tg} \varphi$ – тангенс угла сдвига фаз; U – напряжение питающей сети, В; f – частота тока, Гц.

В результате проведенных расчетов было установлено, что для полной компенсации РМ исследуемого двигателя емкость конденсаторных батарей должна составлять 90 мкФ. Расчеты были подтверждены экспериментально.

Целью данной работы является построение зависимости $\cos \varphi = f(P_2)$, при использовании средств индивидуальной компенсации и без них. Конденсаторные батареи, использованные в экспериментальной установке, могут быть включены или отключены при работающем двигателе. Тормозной механизм обеспечивает нагрузку двигателя от 0 до 1,25 номинального. Измерительные приборы позволяют контролировать значение тока двигателя и тока в сети после компенсации.

Схема работает следующим образом: при нажатии кнопки SB1 двигатель запускается, переключатель устанавливается в положение А или В (в зависимости от исследуемой фазы) и изменяя напряжение на трансформаторе Т1, регулируется нагрузка двигателя. Таким образом, студенты имеют возможность оценить степень влияния РМ на коэффициент мощности ($\cos \varphi$) при различной степени загрузки двигателя, в данной схеме амперметры А1 и А2 показывают одинаковые значения. После снятия рабочей характеристики $\cos \varphi = f(P_2)$, нажатием кнопки SB2, происходит включение конденсаторных батарей (КБ), после чего снимается рабочая характеристика $\cos \varphi = f(P_2)$ с учетом средств индивидуальной компенсации. При таком режиме работы амперметр А1 показывает ток сети, а амперметр А2 – ток двигателя.

Преимуществом индивидуальной компенсации является то, что мощность конденсатора выбирается по номинальной мощности и коэффициенту мощности двигателя, причем при отключении двигателя автоматически отключается КБ.

Выводы

Применение учебных стендов при подготовке кадров для промышленности весьма актуально. Рассмотрен пример изучения процессов при индивидуальной компенсации реактивной мощности. Возможности стенда позволяют исследовать рабочие характеристики асинхронного двигателя и рассмотреть, как при помощи индивидуальных средств компенсации можно разгружать трансформаторы, кабельную линию, снижать потери энергии в трансформаторах, увеличивать расстояние от источника энергии до понижающего трансформатора, снижать потери энергии при ее передаче.

Список источников

1. Герман-Галкин, С.Г. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. [Текст] учеб. пособие / С.Г. Герман-Галкин, Кардонов Г.А. – СПб.: КОРОНА принт, 2003. 256 с., ил.
2. Овчаренко, А.С. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. [Текст] учеб. пособие / А.С. Овчаренко, Д.И. Родзинский. – К.: Техника, 1989. – 287 с.
3. Справочник по электрическим машинам [Текст] Т1 справ. пособие / И.П. Копылов, Б.К. Клопов – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с., ил.

Белым В.А. студент гр. ЕЕс–12–2,

Колб А.А., к.т.н., доцент, доцент кафедри "Возобновляемые источники энергии"
(ГВУЗ "Национальный горный университет", м. Днепропетровск, Украина)

АНАЛІЗ КОМПЕНСАТОРІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Безперервне зростання потужності споживачів зі швидкозмінним, несиметричним і нелінійним навантаженнями призводить до значного спотворення форми кривих струму та напруги і відповідно до збільшення неактивних складових повної потужності.

Одним із ефективних та перспективних напрямів компенсації неактивних складових повної потужності в нелінійних і несиметричних системах зі швидкозмінним реактивним навантаженням є застосування вентильних компенсаторів.

Найбільш простими пристроями для компенсації реактивної потужності є конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ), і реактори, керовані тиристорами (РКТ).

У тому випадку, коли компенсатор повинен додати в живильну мережу тільки ємнісний реактивний струм, використовують комутацію груп конденсаторів за допомогою паралельно з'єднаних тиристорів, як це показано на рис. 1.

Переваги такого компенсатора — простота, недоліки — дискретність регулювання величини реактивної потужності, що видається в живильну мережу, і певна затримка підключення чергових ступенів, що можливо не раніше найближчого максимуму напруги мережі.

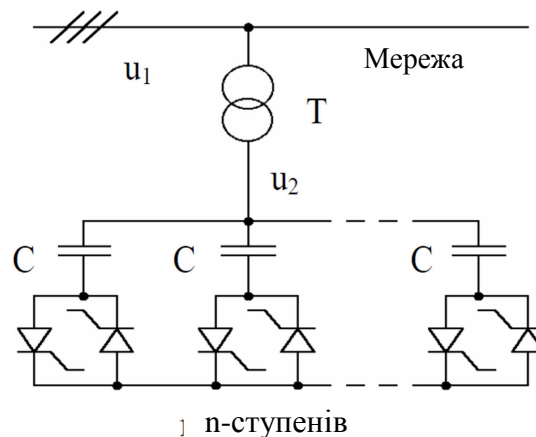


Рис. 1. Конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ)

У тих випадках, коли в мережах або лініях електропередачі потрібна компенсація їхніх ємнісних струмів, використовують компенсатор індуктивної реактивної потужності у вигляді реактора, регульованого зустрічно-паралельними тиристорами. Схема такого компенсатора зображена на рис. 2.

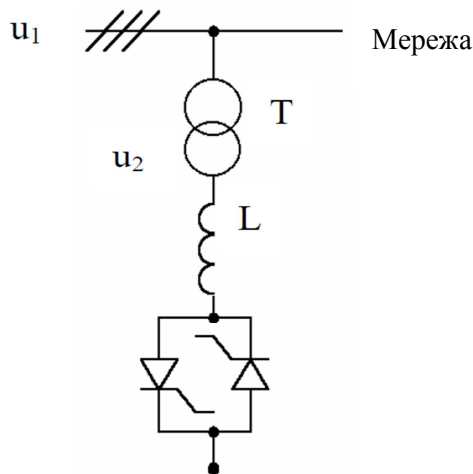


Рис.2. Реактори, керовані тиристорами (РКТ)

Компенсатори типу ККТ компенсують відстаючий реактивний струм мережі, а типу РКТ — випереджаючий реактивний струм мережі. При необхідності компенсації кожного із цих струмів в одному пристрої застосовують конденсаторно-реакторні компенсатори (КРК). При цьому регулювання величини й виду вхідної реактивної потужності можна забезпечувати за рахунок виконання регульованих (конденсаторної або реакторної) частин компенсатора на базі розглянутих вище принципів. Приклад такого компенсатора, утвореного конденсатором і компенсатором типу РКТ, що з'єднані паралельно, приведений на рис. 4.

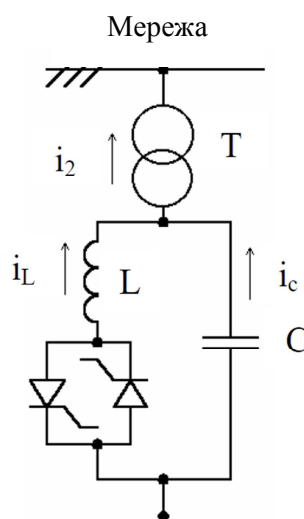


Рис. 4. Конденсаторно-реакторні компенсатори реактивної потужності (КРК)

У компенсаторах з вентильним джерелом реактивної напруги трифазний паралельний інвертор струму виконаний на GTO-тиристорах, а трифазний інвертор напруги – на IGBT-транзисторах (рис. 5). Оскільки обидва інвертори працюють у режимі з вихідними струмами, зсунутими на кут у 90° щодо своєї напруги, тобто в режимі джерел реактивної напруги, то у колі постійної напруги (струму) джерело живлення не потрібне.

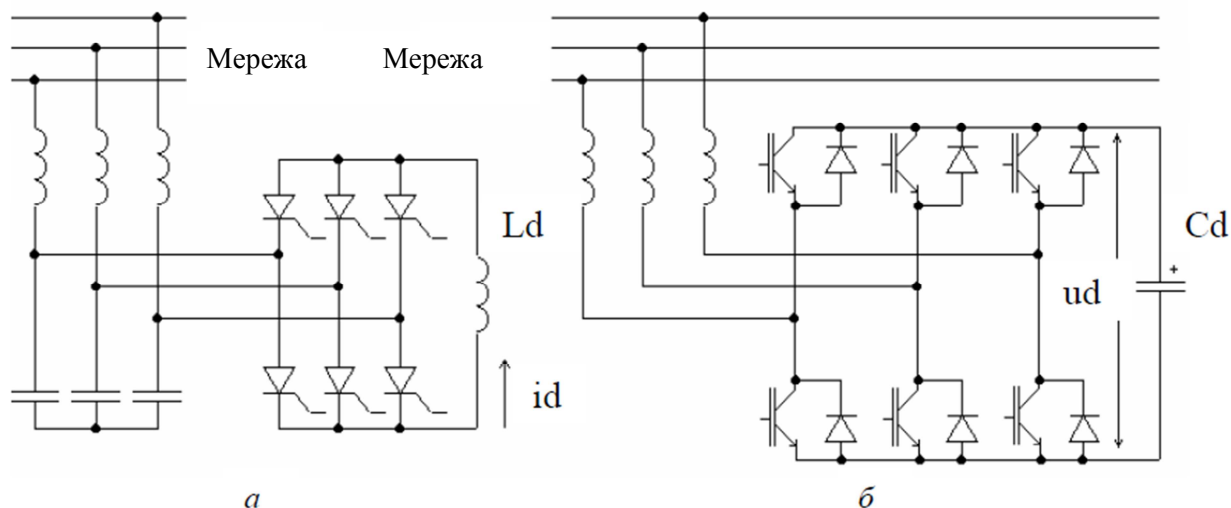


Рис. 5. Статичний автономний інвертор струму (а) та інвертор напруги (б)

У випадку виконання розглянутих схем компенсаторів реактивної потужності для трифазних мереж за однофазними схемами при самостійному керуванні кожним з реакторів можна використовувати їх і для компенсації реактивної потужності несиметрії.

Ідея компенсації спотворень напруг і струмів у мережі, тобто *активна фільтрація*, основана на введенні в мережу послідовно джерела напруги з керованим спотворенням або паралельно джерела струму з керованим спотворенням, причому внесені спотворення перебувають у протифазі з наявними спотвореннями та компенсують їх у результуючій кривій напруги або струму. Компенсуюче джерело спотворення напруги мережі (або навантаження) уводиться послідовно, звичайно через трансформатор. Якщо напруга мережі несинусоїдальна, а напруга на навантаженні повинна бути синусоїдальною, то джерело компенсуючої напруги повинне повторювати у протифазі різницю миттєвої кривої напруги мережі та її першої гармоніки.

Аналогічно працює й активний фільтр струму. Якщо нелінійне навантаження споживає несинусоїдальний струм, то компенсатор генерує струм, який у протифазі дорівнює різниці миттєвої кривої струму нелінійного навантаження та її першої гармоніки.

Висновки. На базі вище викладеного, можна зробити висновки, що вибір компенсуючого пристрою необхідно здійснювати з урахуванням конкретних умов енергоспоживання. Однак найбільш перспективним напрямом є розробка активних фільтрів, які, маючи високу швидкість, дозволяють компенсувати всі неактивні складові повної потужності, а також симетрувати навантаження.

Список літератури

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
2. Пивняк Г. Г., Волков А.В. Современные частотно-регулируемые электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
3. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – Ч. 2. — 211 с.
4. Колб А.А. Силовые активные компенсаторы в системах группового питания электроприводов // Вісн. КДПУ. – 2007. – Вип. 3(44). – Ч.2. – С. 44–48.
5. Шрейнер Р.Т., Ефимов А.А. Активный фильтр как новый элемент энергосберегающих систем электропривода // Электричество. – 2000. – №3. – С. 46-54.

Кушнир Т.А, ст. гр. ЕЕ-12-3

Научный руководитель: Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Возобновляемые источники энергии»

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНИ И МИКРО ГЭС НА УКРАИНЕ

Одним из наиболее перспективных направлений развития альтернативной энергетики является использование энергии небольших водотоков с помощью микро- и малых ГЭС. Это объясняется, с одной стороны, значительным потенциалом таких водотоков при сравнительно простой их эксплуатации, а с другой – практическим исчерпанием гидроэнергетического потенциала рек Украины.

Объекты малой гидроэнергетики условно делят на два типа: «мини» - обеспечивающие единичную мощность до 100 кВт, и «микро» - работающие в диапазоне от 1 до 10 кВт. Использование таких мощностей – вовсе не новое, а хорошо забытое старое: в 50-60-х годах у нас работало несколько тысяч малых ГЭС. Сегодня их количество едва достигает нескольких сотен штук. Между тем, постоянный рост цен на органическое топливо приводит к значительному удорожанию электрической энергии, доля которой в себестоимости производимой продукции достигает 20 и более процентов. На этом фоне малая гидроэнергетика обретает новую жизнь.

Современная гидроэнергетика по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика в этом направлении идет еще дальше. Небольшие электростанции позволяют сохранять природный ландшафт, окружающую среду и не только на этапе эксплуатации, но и в процессе строительства. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она полностью сохраняет первоначальные природные свойства. В реках сохраняется рыба, вода может использоваться для водоснабжения населения. В отличие от других возобновляемых источников электроэнергии – таких как солнце, ветер – малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю. Еще одним преимуществом малой гидроэнергетики является экономичность.

Государство предоставило основные преференции для развития возобновляемых источников энергии – "зеленый" тариф, гарантии закупки произведенной электроэнергии и присоединения к энергосистеме, льготное налоговое законодательство. Но все это требует опыта практической реализации и решения ряда проблем, стоящих на пути создания благоприятных условий для инвесторов. Сейчас идет доработка механизмов применения "зеленого" тарифа к видам возобновляемых источников энергии в частности, состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики.

ООО "Энергоинвест" 12 лет эксплуатирует малые ГЭС, восстанавливает бездействующие станции, реконструирует и модернизирует их. На данный момент компания эксплуатирует 12 малых ГЭС суммарной установленной мощностью 13.1 МВт. Большинство станций расположено в Винницкой области на реках Мурафа, Южный Буг и Соб, одна ГЭС – во Львовской области на р.Стрый и одна – в Ивано-Франковской области на р.Прут.

Начиная с 2009 г. за счет "зеленого" тарифа компания смогла вкладывать значительно больше средств в развитие малых ГЭС, возобновила работу трех станций, провела капитальные ремонты оборудования, плотин и других гидросооружений.

Говоря о том, что сегодня беспокоит инвестирующих в малую гидроэнергетику и мешает интенсивно двигаться в этом направлении то что, во-первых, государство из года в год

повышает нормативы сбора за водопользование для нужд гидроэнергетики – с 2002 г. по 2011 г. они выросли в 5.3 раза. После принятия закона о "зеленом" тарифе динамика роста этого сбора не уменьшилась: с 2009 г. по 2011 г. – рост в 1.4 раза. Это дает все основания инвесторам сомневаться в том, что проекты строительства малых ГЭС окупятся в предполагаемый срок. Во-вторых, существует требование Водного кодекса Украины о предоставлении разрешения на специальное водопользование для нужд гидроэнергетики, которое выдается на срок от 3 до 25 лет. Но чиновники областных управлений по экологии, как правило, предоставляют это разрешение с минимальным сроком – на три года, применяя при этом разные формы произвола. А инвестор хочет быть уверен, что, построив малую ГЭС, он получит разрешение на водопользование на весь период эксплуатации станции. Кроме того, затраты на подключение станции к энергосистеме должны компенсироваться непосредственно инвестору – путем увеличения НКРЭ "зеленого" тарифа на определенный период (но не более двух-трех лет). Однако, декларативное право инвестора на фактически бесплатное присоединение к сетям реализовать на практике почти невозможно, поскольку механизм компенсации этих затрат для облэнерго в структуре инвестиционной составляющей сейчас очень сложен.

Сегодня "зеленый" тариф для малых ГЭС составляет 84.19 коп/кВтч, что может быть выгодно для станций установленной мощностью свыше 1000 кВт. А для вновь построенных ГЭС мощностью меньше 1000 кВт такой тариф не позволяет уложиться даже в нормативно обоснованный срок окупаемости – 7 лет, не говоря уже о том, что банки могут выдать кредит только на два-три года.

Срок окупаемости средств, вложенных в ГЭС мощностью до 1000 кВт, значительно больше, чем у крупных станций. Например, чтобы окупить вложенные "Энергоинвестом" деньги в восстановление Слобода-Бушанской ГЭС мощностью 264 кВт при действующем тарифе, понадобится 12 лет. Удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности восстанавливаемой ГЭС составляют \$3-5 тыс, при строительстве новой станции – \$6-8 тыс. При мощности малой ГЭС около 10 МВт удельные капиталовложения могут быть на уровне \$2-4 тыс/кВт.

Восстановление недействующей малой ГЭС продолжается два-три года, а строительство новой ГЭС с получением всех разрешений, экспертных заключений и согласований с землеотводом – пять-шесть лет. Между тем, чтобы освоить экономически целесообразный гидропотенциал Украины, нужно будет строить именно малые ГЭС мощностью до 1000 кВт. Понятно, что при таких сроках окупаемости это направление деятельности становится непривлекательным для инвестора.

Поэтому, я считаю, что для решения проблемы нужно вернуться к предложениям, которые обсуждались на стадии разработки закона о "зеленом" тарифе. Тогда предлагалось разделить малых гидроэлектростанций на микро-ГЭС – до 10 кВт, мини-ГЭС – до 100 кВт и малые ГЭС – до 1000 кВт, и соответствующие коэффициенты к "зеленому" тарифу – 0.8 для малых ГЭС, 1.3 – для мини-ГЭС, 1.6 – для микро-ГЭС. Это позволило бы значительно оптимизировать срок окупаемости капиталовложений в малой гидроэнергетике.

Развитие малой гидроэнергетики в постсоветских государствах крайне неравномерно. Например, если в Украине и Армении наблюдается бурный рост активности, то в других странах – полная пассивность. Опыт показывает, что энергетический потенциал отнюдь не является доминирующим фактором развития этой отрасли. Главным образом на активность стран в малой гидроэнергетике влияют такие факторы, как законодательная база, обеспечивающая долгосрочные гарантии на закупку всей выработанной э/э, тариф, достаточный для окупаемости проектов в сроки не более 8-10 лет, демонополизация отрасли и упрощенное администрирование при оформлении разрешительных документов на осуществление проектов.

При благоприятной законодательной базе активизируются не только инвесторы, но и финансирующие структуры, что подтверждает опыт Армении за последние пять лет. Государство законодательно гарантирует закупку всей выработанной на малых ГЭС э/э

по фиксированному тарифу в течение 15 лет после ввода станции в эксплуатацию. Отрасль демонополизирована и контролируется Комиссией по регулированию общественных услуг Республики Армения.

Только эти факторы, несмотря на довольно низкий тариф (\$0.052/кВтч), обеспечили резкий рост отрасли. За последние пять лет построено около 80 новых станций, сейчас на стадии строительства или разработки проекта находится еще примерно 60 малых ГЭС. Доля малой гидроэнергетики в общей выработке э/э страны уже достигла 4%, а к 2015 г. ожидается ее увеличение до 10%.

Впрочем, наряду с успехами, есть и проблемы, основной из которых является качество силового оборудования, устанавливаемого на малых ГЭС. Исследования, проведенные на более чем 20 построенных за последние годы станциях, показали, что чаще всего возникающие проблемы связаны со следующими факторами. Это, в частности, неадекватность водозаборных сооружений с паводковыми расходами, низкое качество деривационных водоводов (в основном применяются бывшие в употреблении трубы), отсутствие или недостаточность размеров отстойных сооружений, неправильный выбор агрегатов (по типу и по количеству), отсутствие систем автоматического регулирования. Из-за низкого качества агрегатов происходят частые остановки на ремонт. Вследствие эрозии и кавитации рабочие части турбин быстро изнашиваются. Первые три проблемы связаны с качеством проектирования и строительства малых ГЭС. Впрочем, за последние годы уровень выполнения проектов заметно повысился. Этому способствуют, в частности, высокие технические требования организаций, которые финансируют программы по возобновляемой энергетике – KfW, IFC, EBRD и др.

Сложнее с выбором агрегатов. Когда в малой гидроэнергетике только начиналась активная деятельность, на станциях устанавливались в основном агрегаты местного производства. На сегодняшний день ситуация изменилась в сторону использования высококачественных агрегатов европейского производства. Более того, ранее установленные агрегаты заменяются на современные с системой автоматического регулирования. Все это свидетельствует о постепенном повышении уровня технической подготовленности инвесторов в малой гидроэнергетике.

Строительство ГЭС с современными европейскими агрегатами и новыми деривационными трубами приводит к увеличению удельной стоимости станции примерно в два раза. Но при этом достигается много положительных эффектов. Так, годовая выработка станции увеличивается на 20-25% благодаря повышению КПД и сокращению простоев. Установленная мощность ГЭС увеличивается на 8-12% вследствие сокращения потерь напора на водоводе. Эксплуатационные затраты сокращаются на 50% благодаря полностью автоматизированной системе управления агрегатом. Ремонтные затраты сокращаются в 6-8 раз на протяжении пяти лет эксплуатации. Все это обеспечивает гарантию бесперебойной работы станции на весь период погашения кредитов – 8-12 лет.

Леонова М.А., ст. гр. ЕЕ-12-3

Научный руководитель: Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Возобновляемые источники энергии»

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

На сегодняшний день в связи с ростом цен на органическое топливо возникает проблема выработки электрической энергии. В мире альтернативной энергетики находится решение данной проблемы путем преобразования остаточной низкопотенциальной тепловой энергии в электрическую. Солнечная энергия, запасенная в аккумуляторах, а так же неиспользованная тепловая энергия солнечных коллекторов, нагретая вода и прочие органические вещества работают как источник низкотемпературной энергии.

Одним из способов преобразования данной энергии является применение двигателя Стирлинга. Двигатели Стирлинга с неизотопным источником теплоты (например, солнечные коллекторы или тепловые насосы) выгодные с точки зрения их универсальности для любого способа подвода тепловой энергии и способности работать бесшумно - без клапанов и периодических выхлопов. Принцип действия двигателя основан на чередовании нагрева и охлаждения рабочего тела в закрытой емкости. Рабочее тело нагревается через стенку двигателя, на которую действует нагревающий элемент, за счет этого происходит его расширение и совершается полезная работа, которая при этом поднимает поршень. Затем нагретый воздух переходит в холодную зону, охлаждается там, сжимаясь, снова переходит в горячую часть. После чего цикл повторяется.

Комплекс состоящий из солнечных установок и данного двигателя может обеспечивать электрической энергией удаленные населенные пункты, научные, военные объекты. На основе двигателя Стирлинга существует неограниченный рынок маломощных двигателей, которые работают на солнечной энергии, заряжая аккумуляторы в ночное время суток. Достоинствами двигателя являются: незначительные затраты материалов; низкие выбросы вредных веществ; незначительная шумность двигателя Стирлинга; простота конструкции; небольшой объем технического обслуживания; возможность использования в местностях с термогеодезическими аномалиями.

Вторым способом преобразования остаточной тепловой энергии является непосредственное использование низкокипящих рабочих тел (НРТ), которые имеют достаточно высокое давление пара и хорошие теплофизические свойства. В качестве НРТ применяют фреоны, водный раствор аммиака, пентан, изопентан, бутан, изобутан и др. Для упрощения применения НРТ применяют сокращенные обозначения того или иного вещества, как например R-123 (CHC12CF3) — это хлорфторуглерод,

Рабочая жидкость	Молекулярный вес (кг/кмоль)	Критическая температура (С)	Температура кипения (С) при 1 атм.
H ₂ O	18.02	373,8	100.00
R123	152.9	186.7	27.84
R245fa	134	154.0	15.3

В разных отраслях промышленности используются печи, работа которых предполагает выброс горячих газов в атмосферу. Предотвращение данной экологической проблемы также решается с помощью установок, содержащих в себе НРТ. Механизм использования таких установок основан на цикле Ренкина. Данные установки обычно состоят из источника

тепловой энергии, к выхлопу которой параллельно подключена установка теплофикации, и контур с низкокипящим рабочим телом. Принцип работы ОРЦ заключается в том, что при работе турбогенератора на основе паровой турбины происходит преобразование тепловой энергии в механическую, а механической энергии, в свою очередь, - в электрическую. Однако следует заметить, что вместо водяного пара применяются органические вещества (НРТ). В конечном итоге преобразование энергии из низкопотенциальной в электрическую происходит в замкнутом бутановом контуре по следующей схеме: выработка пара осуществляется в парогенераторе, который является кожухотрубным теплообменником, и по нему греющий теплоноситель проходит в середину трубной системы, расположенной в системе НРТ. Пар, полученный в процессе испарения, отделяется (сепарируется) и поступает в турбину. Следующей стадией является конденсация пара НРТ, которая совершается в конденсаторе. Конденсатор снабжен механизмом охлаждения (как правило это либо водяное охлаждение при достаточном количестве воды, либо чаще всего используют воздушное охлаждение).

Существует несколько вариантов комбинирования энергетических установок с контуром НРТ. Одним из вариантов является установка, состоящая из контура НРТ и паровой турбины малой мощности. Такая схема имеет малые габариты, не требуют сложного сервиса, а так же является достаточно дешевой. Однако недостатком использования паровых турбин является возможность их работы только при наличии тепловой нагрузки. То есть, если нагрузка в летний период составляет всего лишь 15%, то коэффициент использования за год может составлять 0,5 и меньше. Для повышения эффективности к выхлопу турбин подстраивают установку, которая работает на бутане. Так как температура пара составляет 130-150°C, любое недонагружение будет устранено с помощью дополнительного контура. Данная работа позволяет получить коэффициент использования установленной мощности равный 1, в независимости от тепловой нагрузки.

Также существует возможность создания автономных источников тепла и электроэнергии, которые работают на остаточной энергии промышленных предприятий. Данная конструкция осуществляется за счет независимости бутанового и пентанового контуров от первичного источника питания. Таким образом, контур с НРТ может быть присоединен к котлам для сжигания промышленных и бытовых отходов. Из этого следует, что независимо от параметров и тепловой мощности котла, при присоединении к нему контура с НРТ есть возможность создать гарантированный источник электроэнергии для покрытия собственных потребностей водонагревательных котельных, в том числе для отдаленных районов. Во многих случаях бутановый контур так же используют в составе парогазовых установок малой мощности вместе с газопоршневыми агрегатами. В этом случае используется не только теплота выхлопных газов, но и теплота системы охлаждения двигателя.

Достоинствами установок НРТ являются: дешевизна, нетоксичность, замерзание при достаточно низких температурах, отсутствие негативного воздействия на экологическое состояние, низкая температура кипения, *высокий общий кпд турбины (до 85%), отсутствие проблемы коррозии в связи с использованием не агрессивных органических жидкостей, длительный срок службы.*

Таким образом, можно сделать выводы, что существуют методы получения электрической энергии из остаточной тепловой энергии, которая выделяется при работе тепловых насосов и солнечных коллекторов. Для этого, применим способ комбинирования источника низкопотенциальной тепловой энергии и двигателя Стирлина, такие установки могут использоваться для обеспечения электроэнергии в удаленных от основной энергосистемы районах. Применяют не менее эффективные системы с использованием бутанового контура, которые основаны на цикле Ренкина. Данные технологии имеют возможность комбинации с различными установками, в которых необходимо утилизировать неиспользованное тепло. Причем, ни один из выше перечисленных способов, получения электрической энергии, не вредит окружающей среде, так как является экологически чистым.

Невдах И.В., ст. гр. ВДЕ-13с

Научный руководитель: Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Возобновляемые источники энергии»

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

ПРОБЛЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРНЫХ ВЭУ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) в настоящее время классифицируются по разным параметрам, одним из которых является возможность работы параллельно с электроэнергетической системой (ЭЭС). В этом случае требование выработки электроэнергии заданного качества для выдачи в ЭЭС выполняется механическими и электрическими способами. Механическими способами является поддержание определенной скорости вращения ротора, которое достигается работой ВЭУ в зоне ограничения мощности. Очевидно, что большую часть времени ВЭУ простаивает в ожидании ветров выше номинального значения. В таком режиме работали ВЭУ, введенные в эксплуатацию после энергетического кризиса семидесятых годов двадцатого века. В настоящее время используется электрический способ, который заключается в использовании машино - вентильных систем с асинхронизированными синхронными генераторами (рис.1) или подключения статического преобразователя частоты (СПЧ) в цепь статора ВЭУ.

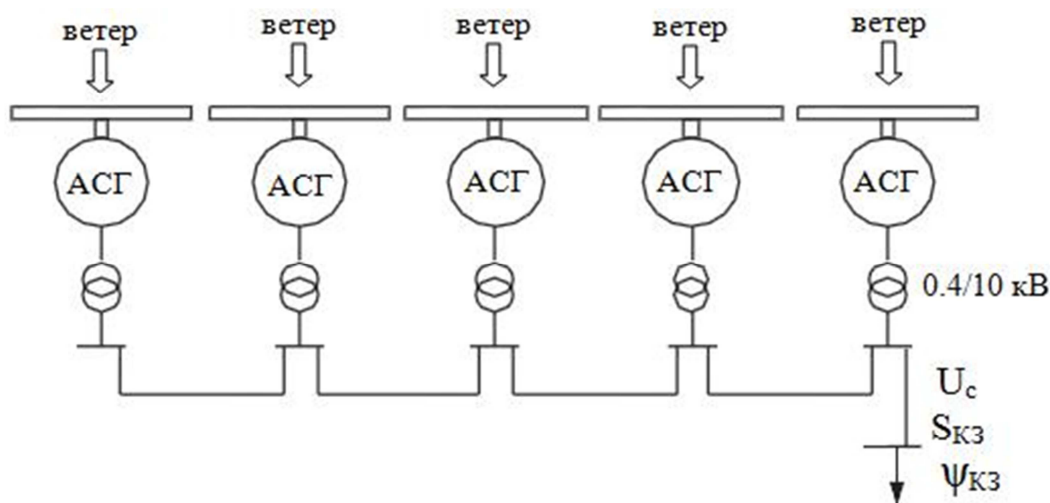


Рис.1. Схема подключения ВЭС к сети

При работе группы ветроэнергетических установок в составе ветроэлектрической станции (ВЭС) параллельно с сетью возможны взаимные колебания ВЭУ при использовании синхронных генераторов. Так же труднореализуемой задачей является точная синхронизация ВЭУ с сетью, учитывая переменный характер ветра и большие массы ветроколеса.

Основные технические требования, предъявляемые к системе управления ВЭУ при параллельной работе с сетью, представлены ниже:

- работоспособность при заданных эксплуатационных условиях;
- автоматический пуск и последующая синхронизация;
- регулирование мощности и частоты вращения ротора;
- контроль собственных подсистем и оборудования ВЭУ, периодический самоконтроль и диагностика систем и оборудования ВЭУ с определением места неисправности;
- формирование и выдача команд для управления элементными системами ВЭУ.

В случае работы ВЭУ на шины бесконечной мощности каждый ветрогенератор ВЭС можно рассматривать как одиночную установку, работающую параллельно с сетью. При соизмеримой мощности ЭЭС и ВЭС требуется использование точного группового регулирования для поддержания заданного напряжения на шинах ВЭС. Параллельная работа с сетью ВЭУ с асинхронными генераторами осуществляется довольно просто.

В современных ВЭУ применяется, в основном, машино – вентильные системы с использованием асинхронизированных синхронных генераторов (АСГ). Следует отметить, что асинхронизированная машина в общем случае является электромеханическим комплексом, который состоит из электрической машины и системы возбуждения. Статор генератора с трехфазной симметричной обмоткой подключается непосредственно к сети, а к обмотке ротора подключается система возбуждения (рис.2). Частота подаваемого к обмотке ротора напряжения изменяется по заданному закону и равна в установившемся режиме разности круговых частот вращения поля статора и ротора (частоте скольжения) машины. Можно утверждать, что возбудитель такой машины является в общем случае преобразователем частоты напряжения источника питания в частоту скольжения.

Асинхронизированная машина позволяет регулировать реактивную мощность и может работать в нормальном установившемся режиме с различной частотой вращения ротора. Она сохраняет устойчивость в тех аварийных режимах, которые недопустимы для обычной синхронной машины.

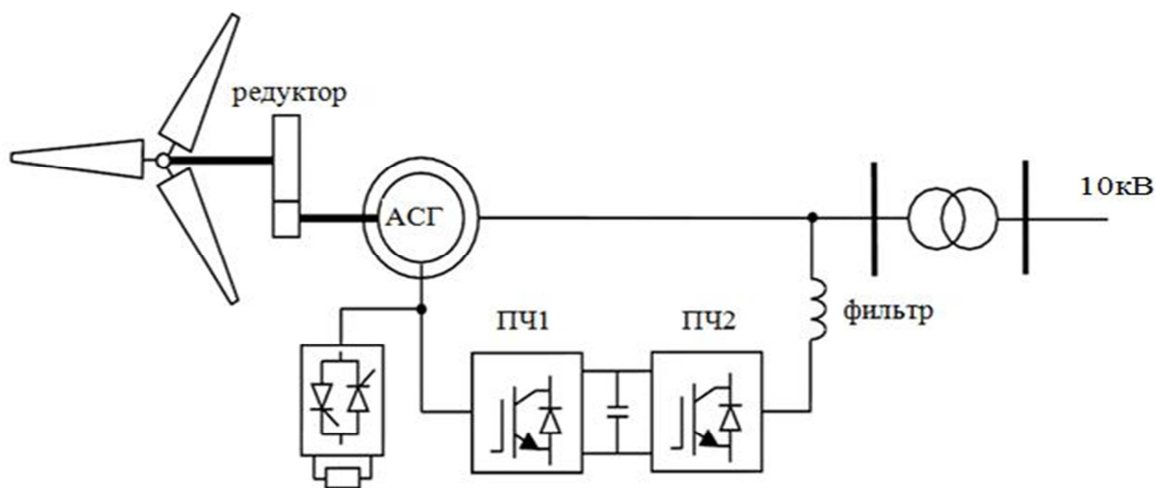


Рис.2. Структурная схема асинхронизированного синхронного генератора

Мировой опыт показал, что при параллельной работе ВЭС и ЭЭС необходимо уделять внимание следующим вопросам:

- поддержание качества электрической энергии;
- снижение потерь в сетях, содержащих ВЭС;
- решение вопроса компенсации реактивной мощности, если в состав ВЭУ входят асинхронные генераторы;
- устранение гармоник, генерируемых инверторами, если ВЭУ содержит преобразователи частоты (ПЧ);
- устранение радиопомех;
- наличие интеллектуальной системы управления.
- защита ВЭУ от нештатных ситуаций (короткое замыкание, отключение ПЧ и т.д.).

Первый сетевой кодекс (GridCode) в мире, регламентирующий порядок подключения ВЭС в сеть, начал действовать в Германии 2003 году. Основные положения данного документа следующие:

- нахождение ВЭС в сети во время КЗ;

- создание интеллектуальной системы для возможности разделения групп ВЭУ внутри ВЭС на отдельную нагрузку (операция «образование островков»);
- обратное включение в единую ВЭС с минимальными отклонениями напряжения и частоты;
- минимизации потерь мощности ВЭС.

На данный момент в каждой европейской энергосистеме (UCTE, Nordel, UK, Ireland) существуют отдельные технические требования по подключению ВЭС в сеть. Единых требований по оценке возможности параллельной работы ВЭС и ЭЭС не выработано, но при этом в каждом документе есть определенные общие требования. Данные документы обычно классифицируют по напряжению сетей, к которым подключаются ВЭС. К первой группе относят документы, регламентирующие подключение ВЭС к сетям напряжением менее 100 кВ, ко второй группе – напряжением более 100 кВ.

Ниже приведены основные требования:

- поддержание частоты (активная мощность);
- поддержание напряжения (реактивная мощность);
- показатели качества электрической энергии;
- защита и автоматика ВЭС.

При рассмотрении вышеперечисленных требований необходимо учитывать, что ветер характеризуется непостоянством величины и направления, поэтому пульсации мощности единичной ВЭУ (рис.3) должны сглаживаться большим количеством агрегатов.

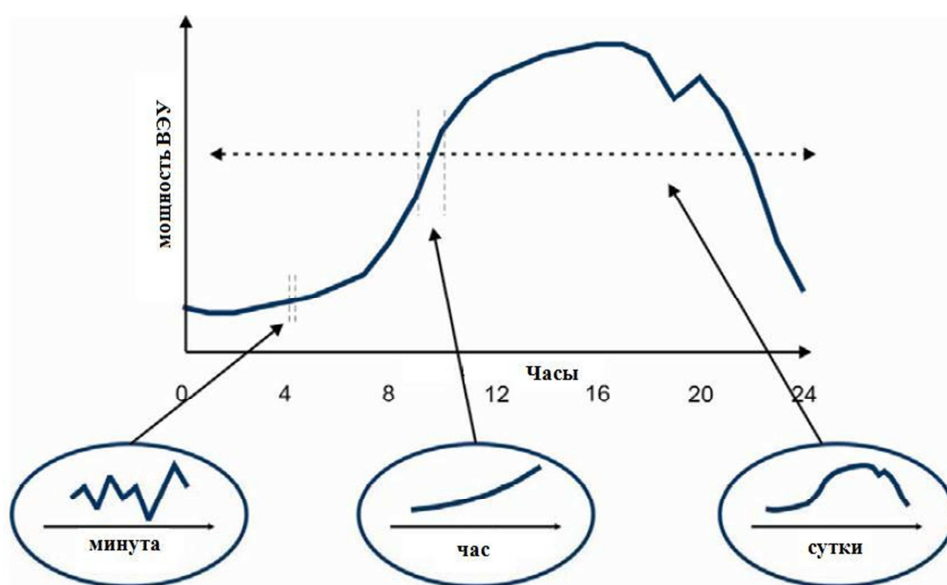


Рис.3. Колебания мощности ВЭУ

Основным требованием по выработке мощности ВЭС является организация более или менее равномерной мощности. В общем случае, мощность ВЭС является равномерной, склонной к колебаниям только при сезонных изменениях ветра. Сезонные же колебания мощности ВЭС практически неустранимы.

Если доля ВЭС в выработке мощности достигает 15-20% установленной мощности энергосистемы, то колебания мощности ВЭС способны влиять на динамическую устойчивость ЭЭС. В некоторых странах Европы доля ВЭС превышает 30% мощности ЭЭС (Дания), поэтому вопросам поддержания частоты при колебаниях мощности ВЭС уделяется большое значение. Основные требования к ВЭС по частоте заключается в поддержании частоты в пределах $f=50\pm 0,5$ Гц в течение 97% времени.

Исследование динамической устойчивости ЭЭС с высокой долей ВЭС показало необходимость наличия резерв мощности на традиционных электростанциях, соизмеримой с полной мощностью ВЭС. Традиционные электростанции должны быть в состоянии оперативно набирать мощность, для этих целей предполагается использовать ГЭС. Таким образом, гарантируемая мощность ВЭС считается равной нулю.

Напряжение в ЭЭС характеризуется колебаниями, вызванные неравномерностью выработки и потребления реактивной мощности. Напряжение в узлах сети зависит от баланса реактивной мощности. Необходимо отметить, что ВЭУ на базе асинхронизированного синхронного генератора (АСГ) и синхронного генератора (СГ) вырабатывают реактивную мощность, тем самым регулируя напряжение в точке подключения к сети. Асинхронные генераторы реактивную мощность потребляют, поэтому требуют установки на выходе ВЭУ статических батарей конденсаторов. Технические документы по параллельной работе ВЭС с сетью регламентируют возможность регулирования напряжения на выходе ВЭУ в пределах $\pm 10\%$ от номинального значения. Регулирование напряжения возможно трансформаторами, оснащенными устройствами РПН.

Регламентирование показателей качества электрической энергии (ПКЭЭ) включает в себя определение предельной дозы фликера, наличия гармоник и посадок напряжения.

Согласно техническим документам европейских энергосистем, доза фликера, наличие гармоник и несимметричность напряжения регламентируется европейским стандартом EN 50160. Предельные посадки напряжения в сети также определяются исходя из стандарта EN50160.

В результате исследования российских и европейских технических документов можно сделать вывод о том, что нет единых требований по подключению ВЭС в сеть. Данный факт объясняется неравномерностью развития ветроэнергетики по странам: доля ВЭС в ЭЭС, виды ВЭУ и т.д. Тем не менее, во всех технических документах есть одинаковые требования:

- обеспечение работы ВЭУ при заданных условиях;
- регулирование мощности и частоты вращения ротора;
- регулирование активной и реактивной мощности в определенных диапазонах.

В результате можно сделать вывод о необходимости создания документов, регламентирующих порядок подключения и параллельной работы ВЭС с сетью.

Музика Л.В., ст. гр. ЕМ-10-1,

Науковий керівник: Азюковський О.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри електропривода*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

ПРИСТРОЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ ТА ПЛАВКИ МЕТАЛУ ТА СПОСОБИ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ ВИБОРУ СИЛОВИХ КОМУТАЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІНВЕРТОРА.

Індукційний нагрів – це самий ефективний безконтактний метод перетворювання електричної енергії в тепло та передачі її безпосередньо нагріваному об'єкту. Індукційний нагрів - технологія нагріву змінним електромагнітним полем будь якого струмопровідного матеріалу шляхом збудження у ньому вихрового струму.

Метою роботи, є вирішення задачі вибору силових комутаційних елементів по основним параметрам, та оптимальним умовам роботи у схемі інвертора плавильної печі.

Індукційний нагрівальний пристрій буде представлений паралельним RLC-колом, та для вибору силових комутаційних елементів по струму необхідно знати максимальний струм у колі:

$$I = \frac{U_{in} * \sqrt{1 + R1^2(2\pi f C1 - \frac{1}{2\pi f L1})^2}}{R1},$$

де U_{in} – напруга живлення індуктора; f - частота живлячої напруги; $R1$ - активний опір індуктора; $L1$ - індуктивність індуктора; $C1$ – ємність компенсуючих конденсаторів.

Для вибору силових комутаційних елементів по напрузі необхідно знати напругу у колі постійного струму та можливі перенапруження в момент комутації.

Так як в індукційному нагрівальному пристрої компенсуючи конденсатори та індуктор з'єднані паралельно, то в даному контурі використовується резонанс струмів, тому необхідно підтримувати незмінне значення струму .

Схемотехнічне рішення інвертора може бути представлений наступними комутаційними елементами: тиристором одно операційним, тиристором двоопераційним (GTO), біполярним та IGBT транзистором. Кожен з вище перелічених пристроїв має свої недоліки та переваги, тому до комутаційних пристроїв пред'являються наступні вимоги: простота реалізації силової схеми та схем керування, відповідність вищевикладеним основним параметрам (швидкодія максимальний стум та напруга), мінімальні теплові втрати та економічна вигода від використання того чи іншого пристрою.

Тиристор одноопераційний – це напівпровідниковий пристрій, який здатен комутувати високу напругу (до 5кВ) та струм (до 10 кА) з максимальною частотою 1кГц. Також тиристор вигідно використати через його низьку вартість. Але даний пристрій має суттєвий недолік – необхідно використовувати кола примусової комутації, які ускладнюють силову схему та схему керування. Також для якісної синусоїдальної ШІМ необхідна частота перемикавання повинна бути більше ніж 1 кГц. Недолік одноопераційного тиристора усунутий у повністю керованому тиристорі (GTO) для якого немає необхідності використовувати схему примусової комутації, а можна перевести у закритий стан імпульсом керування. Даний тиристор має такі ж показники по струму але він не здатен витримувати великі значення зворотної напруги та для запирання тиристора необхідно до керуючого входу подати струм значення якого 20-25% від комутуючого струму на 10-100 мкс. В результаті цього недоліку ускладнюється схема керування тиристором. Біполярний транзистор, комутує досить великі значення напруги (до 3.5 кВ) і струму (до 1.2 кА), також має досить велику швидкодію (час вмикання 0,2-0,4

мкс., час вимикання 0,2-1,5 мкс.). Даний тип транзисторів керується струмом, який складає 1-2% від комутуючого.

Недолік біполярного транзистора, а саме високі струми керування, вирішується IGBT-транзистором. У цього транзистора ті ж характеристики що і у біполярного транзистора, але для керування IGBT використовується не струм, а електричне поле, отже струм протікає тільки в момент заряду затвору.

На умову роботи транзистора впливає тип інвертора який буде використовуватися. Оскільки в схемі керування реалізується алгоритм стабілізації струму, то силова схема може бути представлена інвертором струму або інвертором напруги. При використанні інвертора струму (рис. 1а) з АІМ ця схема має наступні відмінності: індуктивність та керований випрямляч в колі постійного струму. Для усунення перенапруги на транзисторі при перемиканні, необхідне перекриття імпульсів керування у часі, тобто відкриття чотирьох транзисторів на короткий проміжок часу, при цьому струм обмежується дроселем L1.

При невірному розрахунку часу перекриття імпульсів може виникнути перенапруга на транзисторі (рис 1б), або струм в колі постійного струму встигне вирости до критичного значення. В обох випадках це призведе до виходу з ладу інвертора та випрямляча. Оскільки індуктивність нагрівального індуктора постійно змінюється то і час його розрядження теж змінюється. При використанні інвертора напруги (рис. 1в) з синусоїдальною ШІМ ця схема має наступні відмінності: конденсатор в колі постійного струму та некерований випрямляч. Для цієї схеми потрібно між імпульсами керування робити часові паузи - коли всі транзистори знаходяться у закритому стані для того щоб в момент перемикання не сталося короткого замикання, від перенапруг спричинених ЕРС самоіндукції в момент перемикання транзисторів (рис. 1г) в даній схемі захищають зворотні діоди. Також для пом'якшення комутації використовуються снабберні кола.

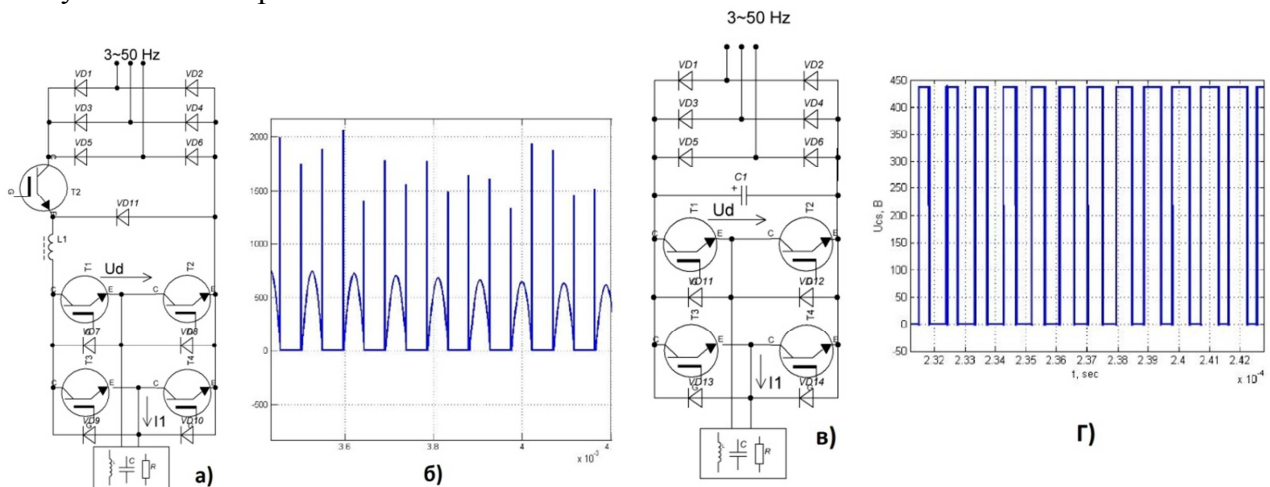


Рисунок 1. а - Принципіальна силова схема інвертора струму з керованим випрямлячем б - Зміна напруги U_{ce} на транзисторі T2 інвертора струму в-Принципіальна силова схема інвертора напруги з некерованим випрямлячем г- Зміна напруги U_{ce} на транзисторі T2 інвертора напруги.

Отже вибір IGBT транзистора для використання в інверторі обумовили наступні чинники: немає додаткових ускладнень в схемі керування та силовій схемі інвертора, висока швидкодія та високе значення комутуваної напруги та струму. Оптимальним для роботи транзисторів є використання схеми інвертора напруги з алгоритмом стабілізації струму залежно від частоти.

Перелік посилань

1. Москатов Е.А. Источники питания. [Текст]: /Е.А. Москатов. – К.: «МК-Пресс», 2011. – 208 с.

Салямон Є.Р. студентка гр. 254м,

Науковий керівник: Краснов Р.В. к.т.н, доцент

(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ДК-409 КОМПРЕСОРІВ ЕК-7Б ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЭР-1.

Згідно статистичних даних щодо виходу з ладу допоміжних електричних машин електропоїздів постійного струму ЭР-1, ЭР-2 за один рік експлуатації з ладу виходить від 10 до 50 електродвигунів ДК-409 компресорів ЕК-7Б з причини пробою ізоляції обмотки якоря та головних полюсів. Ймовірною причиною, що призводить до такого стану може бути надмірне нагрівання ізоляції електродвигунів. Таким чином, надійність електричної машини в цілому визначається надійністю ізоляції обмоток якоря та полюсів вказаного двигуна. В свою чергу ГОСТ під надійністю визначає наступне: надійність – це здатність об'єкта протягом встановленого терміну у встановлених межах зберігати значення всіх параметрів, що характеризують об'єкт в умовах експлуатації, технічного обслуговування, транспортування та зберігання.

Електродвигун ДК-409 компресора ЕК-7Б захищений від струмів коротких замикань за допомогою реле перенавантаження Р-103 з механізмом повернення Р-102. Реле перенавантаження не забезпечує захист від тривалих струмів перенавантаження, менших від струмів уставки. Тому система захисту доповнена тепловим самовідновлювальним реле ТР2 (типу ТРВ-8,5). В основу принципу дії теплового реле ТРВ-8,5, як і більшості теплових реле даного типу, покладено деформування, внаслідок нагрівання, біметалевої пластини з ніхромовим нагрівачем зверху. Біметалева пластина складається з двох металічних смужок, що мають різні температурні коефіцієнти лінійного розширення. Внаслідок нагрівання біметалева пластина деформується, призводячи до спрацьовування механізму захисту.

Проведені дослідження з допомогою математичних моделей, що описують протікання електромеханічних і теплових процесів в системі «електродвигун – компресор» показали, що в реальних умовах експлуатації можливі такі режими роботи двигуна компресора, при яких по колу якоря електродвигуна можуть протікати струми, що в 1,5-1,7 разів перевищують номінальний струм, не викликаючи при цьому спрацьовування теплового реле. Окрім того, в роботі пуск електродвигуна розглядається як такий, що складається з двох етапів: перший – напруга подано, а ротор ще не обертається, другий – ротор набирає оберти від нуля до сталого значення.

В результаті досліджень встановлено, що тривалість першого етапу пуску може бути пов'язана з технічним станом самого компресора. Тобто, чим більша тривалість першого етапу пуску в нормальних умовах (температура навколишнього середовища +20 °С, напруга в контактній мережі 3 кВ), тим гіршим є технічний стан компресора. Отже, компресор який має підвищену тривалість першого етапу пуску працює у повторно – короткочасному режимі з невідповідною ТВ (внаслідок погіршення продуктивності) і з підвищеним моментом опору, який не зникає після пуску електродвигуна і викликає збільшення струму якоря, що в свою чергу призводить до перегрівання електродвигуна.

Доведено, що для підвищення надійності електродвигуна ДК-409 компресора ЕК-7Б необхідно замінити існуючу ізоляцію класу В на ізоляцію класу F, а також замінити існуючу систему захисту електродвигуна на більш точну і сучасну на базі мікроконтролерних пристроїв.

Малюк А.О. студентка гр. 254м,

Науковий керівник: Кедря М.М. к.т.н, доцент

(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЯК ЛІНЕАРИЗОВАНОГО ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

У сучасних умовах математичне моделювання - це засіб пізнання і виробничо-дослідницький інструмент інженера для отримання характеристик технічних об'єктів і систем які проектуються, знаряддя управління і прогнозування. Математична модель у поєднанні з сучасними засобами обчислювальної техніки дозволяє досліджувати роботу об'єкта в найрізноманітніших режимах роботи, в тому числі аварійних і небезпечних.

Побудова математичної моделі з електричним приводом постійного струму для транспортних засобів пов'язана з особливостями перехідних процесів, які в свою чергу пов'язані з накопиченням або розсіюванням електромагнітної енергії в колах машин, а також механічної енергії обертаючих мас при переході від одного постійного стану до другого. Переважна більшість різних перехідних процесів у системі електричної тяги призводить до різкої зміни (частіше збільшення) струму якоря двигуна. У цих режимах помітно виявляється вплив індуктивності обмоток, нелінійність магнітних характеристик, вихрових струмів у магнітопроводах і ін. При цьому спостерігаються суттєві ускладнення в роботі двигунів, пов'язані в основному з тим, що зміна магнітного потоку значно відстає за часом від зміни струму отже, затримується зміна ЕРС, а рівновага напруг досягається тільки за рахунок збільшення спаду напруги в якорному колі, тобто струму якоря.

У системах регулювання тяги та гальмування в електрорухомому складі об'єктом регулювання звичайно вважають тяговий двигун. Статичні характеристики двигунів – залежності від струму якоря магнітного потоку $\Phi(i)$, швидкості $V(i)$ та сили тяги $F(i)$ – а також характеристика індуктивності $L(i)$ нелінійні. Нелінійність залежностей зумовлена кривою намагнічування, впливом вихрових струмів та розмагнічувальною реакцією якоря.

В першому наближенні, розглядаючи тяговий двигун як лінеаризовану ланку, можна припустити, що відхилення вхідних величин від сталих значень малі. В межах цих малих відхилень регульовані величини можна замінювати в точках, що відповідають сталому режиму.

Записавши та перетворивши основні рівняння, що описують процес енергоперетворення, в малих приростах та лінеаризуючи основні нелінійності можна сформулювати систему рівнянь. На основі цієї системи складено відповідну структурну схему. На відміну від функціональних схем, які пояснюють принцип дії систем, структурні схеми дають уявлення про характер перетворення сигналів в системах як при статичних (сталих), так і при динамічних (несталих або перехідних) процесах. На підставі структурних схем можна виконати математичний опис процесів, що протікають в системі, і оцінити основні властивості систем: стійкість і якість регулювання. Отримана структура виявилася замкнутою, що підкреслює здатність двигуна до саморегулювання.

Константинова В.Н., аспирант

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

ОБЗОР ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аккумуляция энергии является одной из важнейших проблем при эксплуатации автономных систем электроснабжения малой мощности. Энергия, полученная от возобновляемых источников, является низко потенциальной и не может быть использована потребителем, поэтому накопление и преобразование энергии в аккумулирующей системе позволяет повысить ее потенциал и привести к необходимому качеству [1]. Также аккумуляторы выполняют функции сглаживания выработки электроэнергии ветроустановками и обеспечивают бесперебойное электроснабжение. Аккумулирующая система должна иметь оптимальную энергоемкость, которая зависит от потребностей энергосистемы, и обеспечивать необходимое рабочее напряжение и автоматическое регулирование режимами работы.

Все аккумуляторы можно разделить на два типа – химические (накапливают энергию за счет химической реакции) и физические (накапливают энергию за счет физических явлений) [2]. Основными параметрами аккумулирующих систем являются энергоемкость, мощность, цикл заряда-разряда.

Рассмотрим основные типы химических аккумуляторных батарей, которые можно применять в системах автономного электроснабжения.

Свинцово-кислотный аккумулятор является наиболее распространенным на сегодняшний день типом аккумуляторов, принцип работы основан на электрохимической реакции свинца и диоксида свинца в сернокислотной среде. В результате химической реакции происходит восстановление диоксида свинца на аноде и окисление свинца на катоде, освободившиеся при этом электроны создают электрический ток. Реакция обратима под действием электрического тока, при этом добавляется реакция электролиза воды, сопровождающаяся выделением кислорода на аноде и водорода на катоде.

Стартерные свинцово-кислотные аккумуляторы приспособлены только для стартерного режима работы, поэтому не подходят для автономных систем электроснабжения, особенностью которых является равномерное потребление электроэнергии в течение длительного времени. Стартерные батареи рассчитаны на то, чтобы выдавать большие токи в течение очень короткого промежутка времени (сотни ампер в течение нескольких секунд) для пуска двигателя автомобиля. Стартерные батареи рассчитаны на постоянно полный заряд, поэтому работа в режиме глубокого разряда негативно влияет на срок их службы (от 300 до 5000 зарядных циклов).

В гелевых аккумуляторах электролит используется в виде геля, они являются герметичными, необслуживаемыми батареями, которые не требуют вентилируемого помещения для установки. Хорошо работают в буферном режиме, однако циклический режим сокращает срок их службы. Такие батареи используются в источниках бесперебойного питания для аварийного завершения работ, но для питания нагрузки в постоянном режиме они не подходят.

В свинцово-кислотных аккумуляторах серии AGM содержится абсорбированный электролит, что дает ряд изменений в свойствах аккумулятора, в частности, устойчивость к вибрации, возможность установки в любом положении и в отсутствие необходимости обслуживания персоналом. Современные AGM аккумуляторы имеют циклический ресурс до 800 циклов глубокого 100% разряда, поэтому лучше подходят для систем с возобновляемыми источниками.

«Солнечные» батареи серии OPzS специально разработаны для тяжелых циклических режимов в условиях системы электроснабжения с использованием фотоэлектрических моду-

лей. Эти батареи работают по принципу стартерных батарей, однако имеют пониженное газовыделение. Допускают разряд батареи до 60% от номинальной емкости без повреждения и значительного сокращения срока службы - до 20 лет в буферном режиме (при остаточной емкости 80% в конце службы) [3].

Щелочные никель-кадмиевые аккумуляторы серии KL предназначены для эксплуатации в составе автономных фотоэлектрических систем электропитания в условиях частичного разряда-заряда. Хотя щелочные аккумуляторы дороже кислотных в 2-3 раза, они имеют стабильное напряжение в процессе заряда и срок службы до 50000 зарядных циклов. Щелочной аккумулятор подвержен «эффекту памяти», поэтому его необходимо полностью заряжать и полностью разряжать, при этом заряд аккумулятора при малых токах (0,03-0,5 С) не происходит. В работе [4] указано, что щелочные никель-кадмиевые батареи по техническим и эксплуатационным характеристикам являются наиболее эффективными для систем с ветроустановками, однако в настоящее время использование никель-кадмиевых аккумуляторов сильно ограничено по экологическим соображениям.

Автомобильные стартерные батареи в системе автономного электроснабжения могут использоваться в низкобюджетных системах, контролируемых обслуживающим персоналом, так как необходимо следить за уровнем и плотностью электролита, регулярно проводить выравнивающий заряд батареи и т.п. При этом необходимо отдельное, хорошо вентилируемое помещение. Вследствие этого в системах с возобновляемыми источниками энергии следует использовать герметичные, необслуживаемые гелевые аккумуляторные батареи, которые имеют низкое газовыделение и хорошо работают в буферном режиме. В независимости от типа, аккумуляторы следует соединять в батарею, используя аккумуляторы только одного типа, произведенные одним изготовителем, при этом с разницей в дате выпуска не более одной аккумуляторной батареи.

Список литературы

1. Бабина, Т.В. Аккумуляторная резервная ветроэлектростанция для летних лагерей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Т.В. Бабина. Зерноград, 2012. - 139 с.
2. Мхитарян, Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. - Киев: Наукова думка, 1999. - 315 с.
3. Пульсар: Энергия для лучшей жизни [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pulsar.kiev.ua/support/wiki/agm-accumulator>
4. Кудря, С.О. Системи акумулювання і перетворення енергії відновлюваних джерел: автореферат дисертації на здобування наукового ступеня доктора технічних наук / Кудря Степан Олександрович; Інститут електродинамики НАНУ. Київ, 1996. -39 с.

Корса А.М., ст. гр. ЕЕ-12-1,

Научный руководитель: Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры возобновляемые источники энергии

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

ВОЗДУШНО-АККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Одной из реализованных технологий, позволяющих регулировать неравномерность электропотребления, особенно в период пикового ее спроса, является технология по производству электроэнергии на основе воздушно-аккумулирующих газотурбинных электростанций (ВАГТЭ).

В ВАГТЭ в период пиков нагрузки вырабатывается в 1,2-1,3 раза больше электроэнергии, чем потребляется в ночное время и в выходные дни при закачке воздуха в аккумулятор.

ВАГТЭ еденичной мощностью 100-300 МВт нормально пускаются до полной нагрузки за 11-14 мин. Допускаются ускоренные пуски за 6-9 мин.

Имеющийся опыт эксплуатации показывает, что после периода освоения ВАГТЭ работают с высокими показателями готовности и безотказности пуска. Их эксплуатация не создает опасности для окружающей среды. При использовании в качестве топлива природного газа единственным загрязнителем атмосферы в выбросах ВАГТЭ являются окиси азота.

Оборудование ВАГТЭ не имеет ограничений по срокам эксплуатации. Отдельные детали камеры сгорания и турбины и – может быть, - воздухоподогревателей будут заменятся при капитальных ремонтах через 30-50 тыс.эков. часов эксплуатации.

В целом выполненные в различных странах проработки показали, что ВАГТЭ могут эффективно использовать для покрытия пиков электрической нагрузки продолжительностью 1-2 тыс. часов в год.

Имеется много геологических стукту, подходящих для устройства подземных аккумуляторов. Сооружение ВАГТЭ не требует специального рельефа местности и значительной территории. Для них не нужно никакого принципиаль нового оборудования.

Концепция энергоаккумулирования обеспечивает эффективную утилизацию низкопотенциального тепла, увеличение установленной мощности энергосистемы, снижение ее удельной стоимости, увеличение загрузки энергоисточников, что сокращает сроки их окупаемости в 2-3 раза.

Данные установки можно рассмотреть не примере двух показательных электростанциях: Хунторф и Макинтош.

Первая газотурбинная установка, работающая на основе аккумулялирования сжатого воздуха, является ВАГТЭ Хунторф, которая сдана в эксплуатацию в ноябре 1978 г. В качестве аккумулятора воздуха используются подземные резервуары, созданные в отложениях каменной соли. Установка работает на природном газе.

Вторая воздушно-аккумулирующая газотурбинная электростанция Макинтош построена в США а штате Алабама и сдана в эксплкатацию в 1991 г. Установка работает не природном газе, а так же возможно использовать легкое жидкое топливо. Выработка электроэнергии производится 10 часов в сутки в течении пяти рабочих дней. Закачка воздуха в подземельные аккумуляторы осуществляется в течении 7 часов ежедневно и 24 часа в выходные дни. Подземный акумулятор создан в отложениях каменной соли методом растворения через буровую скважину. Мощность ВАГТЭ Макинтош составляет 197 МВт.

Установка по сохранению энергии сжатого воздуха (CAES) аккумулирует энергию в форме давления воздуха, затем использует такую энергию для выработки энергии в будущем. В сущности, цикл (CAES) представляет собой вариацию стандартного цикла выработки электроэнергии газовой турбиной. В стандартном цикле выработки электроэнергии газовой электростанцией турбина физически соединена с воздушным компрессором. Таким образом,

когда газ в турбине сгорает, примерно две трети энергии турбины возвращается в сжатие воздуха. При использовании установки (CAES) цикл сжатия протекает отдельно от циклов выработки и сжигания. Энергия, получаемая в непииковые периоды, или избыточная энергия используется для предварительного сжатия воздуха, который хранится в подземной полости, как правило, в соляной полости. Когда установка (CAES) преобразует энергию, сжатый воздух из подземной полости отбирается и нагревается генератором, а затем смешивается с топливом и расширяется в турбине для выработки энергии. Поскольку мощности турбины для приведения в действие воздушного компрессора более не требуется, турбина того же размера может вырабатывать в три раза больше энергии, используя меньше топлива на каждый генерируемый МВт. Накапливаемый сжатый воздух занимает место газа, который нужно было бы в противном случае сжечь в процессе выработки энергии.

Концепция CAES зарекомендовала себя на двух действующих установках накопления энергии сжатого воздуха (о которых упоминалось ранее).

На обеих установках есть блок сжатия, соединенный с блоком генерации общим мотор-генератором и рядом сцеплений. Установка в Макентоше имеет регенератор (воздухо-воздушный теплообменник) для получения отработавшего тепла для предварительного нагрева воздуха, поступающего из подземного хранилища. Такие изменения в конструкции повысили тепловую мощность. Успешная эксплуатация этих двух установок продемонстрировало техническую целесообразность технологии CAES при предоставлении вспомогательных услуг, отслеживании нагрузки и временной выработки энергии.

В США возможности аккумулирования энергии сжатым воздухом реализованы как составе энергосистем, так и применительно к отдельным энергоисточникам, имеющим неравномерный характер выработки энергии, например к ветрогенераторам.

Объем хранящегося воздуха, необходимого для стандартной установки CAES, обеспечивается геологическими структурами наиболее экономичным путём. Соляные пустоты, водоносные горизонты, истощенные газо- и нефтеносные плиты и горные породы, являются подходящими для хранения воздуха в рамках технологии CAES.

В США разработан проект Пэнхэнди, в котором блок сжатия отделен от блока генерации, поэтому в комбинированном режиме каждый блок может работать отдельно с обеспечением максимальной эффективности. Тем не менее оба блока можно использовать одновременно, если того требуют рыночные условия.

Наземные хранилища для сжатого воздуха могут также применяться и для создания станций CAES. Подобные системы очень привлекательны с той точки зрения, что станции CAES на их основе можно строить практически в любом месте, поскольку они не требуют наличия никаких особых подземных геологических формаций. Такие системы, однако, будут приблизительно в 5 раз дороже систем, в которых сжатый воздух будет храниться в полостях в соляных пластах или пористых водоносных горных породах. Следует отметить, что в будущем научно-технические разработки снизят стоимость подобных систем с наземными хранилищами для сжатого воздуха, поэтому подобные научно-технические разработки являются вполне оправданными.

Вариант станции CAES с использованием турборасширителя привлекателен в тех случаях, когда сжатый воздух предполагается хранить в слоях пористых горных пород, поскольку в этом случае воздух из хранилища не нагревается с помощью горелок, и поэтому данный вариант особенно привлекателен при наличии опасений, связанных с возникновением каких-либо химических реакций в хранилище. Адиабатический вариант так же представляет интерес, поскольку для работы станций такого типа не требует топливо, так как тепло, выделяющееся при сжатии воздуха, сохраняется с целью его использования в дальнейшем для предварительного подогрева воздуха поступающего из хранилища, в режиме генерации энергии.

В некоторых штатах США, в частности в Калифорнии, существует план по накоплению энергии от ветровых электростанций, генерируемой преимущественно в вечерние часы, когда общее потребление энергии сравнительно невелико, с последующей передачей этой энергии в энергосистему в дневное время, когда потребность в электроэнергии особенно велика. Эта функция может рентабельно выполняться станциями CAES, что позволит регулировать поступление энергии от ветроэлектростанций в энергосистему.

Краснощок П.М., ст. гр. ЕЕ-12-3

Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент

кафедры возобновляемые источники энергии.

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

ВЕТРОУСТАНОВКИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ: ОПЫТ УКРАИНЫ

Напевно сильно помітно що на сьогоднішній день ветрогенератори з вертикальною віссю обертання використовуються значно рідше ніж з горизонтальною. Давайте спробуємо розібратися в чому причина. Порівняймо їх основні якості.

Загальний коефіцієнт корисної дії вертикальних (20-30 %) і горизонтальних (25-35 %) вітрогенераторів приблизно однаковий, але все ж переважає у горизонтальних. Не дивлячись на те, що у вітряків з горизонтальною віссю обертання ККД вище, воно практично компенсуються коефіцієнтом використання енергії вітру (КВЕВ), який є вище у вертикальних вітряків.

Більший КВЕВ досягається завдяки тому, що вертикальні вітряки завжди знаходяться « за вітром» і їм не потрібно повертатися при зміні напрямку вітру. А ось горизонталки повинні розвернутися. У момент розвороту горизонталок продуктивність падає, так як сила потоку вітру загасає. Термін служби у обох типів вітряків практично однаковий. Дуже важливим фактором є ціна, що сильно відрізняється, часто вертикальні вітрогенераторів у 2-3 рази дорожчі за горизонтальні. [1]

Є у вертикальних ветрогенераторів ще певні переваги. В якості головного плюса вертикального вітряка можна назвати те, що в цих установках немає необхідності направляти вісь на потік вітру, такий вітряк використовує вітер, який дме з усіх напрямків. Іноді бувають місця, в яких напрямок повітряних потоків може змінюватися по кілька разів на добу, в такому випадку єдино можливим залишається використання вітрогенератора з вертикальною віссю обертання.

Важливий і той факт, що лопаті вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання менше шумлять, вони набагато легше у виготовленні і здатні витримувати великі навантаження, в порівнянні з вітрогенераторами з горизонтальними осями обертання. [2]

Давайте розглянемо чи широко представлені такі вітряки на Українському ринку?

Розглянувши 3-х великих українських виробників - це завод «Південмаш» (точніше «УІНДЕНЕРГО, Лтд."), Компанія «Світ Вітру» і фірма «Windelectric», мені не вдалося знайти вітряка з вертикальною віссю, який би вироблявся в них. Може погано шукав, але гадаю вони би широко прорекламували свою таку продукцію, якщо вона б була. Інформації про вітрогенератори з горизонтальною віссю від таких виробників – повно. [3], [4]

Але мені вдалося знайти компанію ДП «Верано» координати якої розта-

шовані в Одесі і спеціалізується вона якраз на виробництві вітряків з вертикальною віссю обертання.[5]. У коментарях на сайті <http://blog.ae.net.ua> [6] вдалося знайти інформацію що виробництво цієї фірми знаходиться в Китаї. Так чи ні, достеменно мені не відомо.

На сайті крупної української компанії ООО «Украинская альтернативная энергетика» яка займається продажем монтажом та обслуговуванням пристроїв альтернативної енергетики, в каталозі для продажу мені не вдалося знайти жодного вітряка з вертикальною віссю обертання – лише з горизонтальною. [7]

Сайт [8] пропонує вітрогенератор української зборки , що виробляє електроенергію потужністю від 100 ват до 5 кіловат , безшумний , вертикально орієнтований , інерційний - Вітроенергетична установка ДПВ ВЕУ. Найбільш ефективно використання вітрогенератора можливо в районах, де середньорічна сила повітряних потоків розташована в шкалі кордонів від 0,5 до 7 м / с. [8]

Можно побачити що на нашому ринку вітряки з вертикальною віссю представлені дуже бідно, а якщо представлені то в основному не нашого виробництва. Однією з причин цього є ціна. Вартість закордонних вітрогенераторів останнім часом стала набагато нижче, ніж вітчизняних. Це, насамперед, пов'язано з тим, що за останнє десятиліття багато європейських та американських виробників перенесли свої виробничі потужності до Китаю і Південно-Східну Азію. При цьому якість залишилося колишнім, а ціна зменшилася в рази. Наприклад, китайські вітрогенератори EuroWind ідентичні за якістю європейським вітрякам, а за ціною нижче рази.

До цього слід додати що вітряки з вертикальною віссю відчутно дорожчі за вітряки з горизонтальною, і причини становляться зрозумілими.

Список використаних ресурсів

1. (<http://blog.ae.net.ua/2010/06/vertikalnie-vetrogeneratory-protiv-gorizontalnyh-vetrogeneratorov/#more-108>)
2. <http://avtonomnoeteplo.ru/altenergiya/86-vetrogeneratory-s-vertikalnoy-osyuvrascheniya.html>
3. <http://mirvetra.com.ua/vetrogenerator.html>
4. <http://www.windelectric.ua/promyshlennye-ves>
5. (<http://www.dpverano.com/>)
6. <http://blog.ae.net.ua/2010/02/kto-proizvodit-vetrogeneratory-v-ukraine-sravnenie-s-zarubezhnyimi-proizvoditelyami-2/#more-87>
7. <http://wind.ae.net.ua/>
8. <http://dizelek.com.ua/>

Суворкин А.А. ст. гр. ЕЕ-11-3

Научный руководитель: Цыпленков Д.В., к.т.н., доцент, доцент кафедры возобновляемые источники энергии.

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА УКРАИНЕ

Метеорологические исследования необходимы нам чтоб достичь эффективного использования ВЭУ, а также при их проектировки.

Совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра объединяется в ветровой кадастр региона. Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

- ▣ *Среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра;*
- ▣ *Повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей ветра;*
- ▣ *Вертикальный профиль средней скорости ветра;*
- ▣ *Удельная мощность и удельная энергия ветра;*
- ▣ *Ветроэнергетические ресурсы региона.*

Для получения достоверных данных о средних скоростях ветра территории необходимо использовать значительные объемы измерений в течении достаточно длительного времени.

Задачи метеорологических измерений:

- Измерение и регистрация параметров ветра.
- Получение текущих и прогнозируемых данных скоростей ветра(необходимо в большинстве случаев при проектировки ветроустановок, то есть для выбора подходящей территории под ее использования.)
- На основании данных планируется работа самой ВЭУ, (их рациональное использования, а так же получения максимального КПД.)

На ВЭС в основном располагают 1-2 метеопоста. В случае сложного рельефа местности кол-во метеопостов рассматривается отдельно. В большинстве случаев метеопосты работают автономно.

Метеопост включает в себя:

- *датчики скорости и направления ветра;*
- *датчики давления и температуры*

Он необходим для измерения текущих значений воздуха, формирования и передачи на центральный пункт управления измеренных параметров.

На некоторых ВЭС могут отсутствовать метеопосты, а приборы быть расположены на самой ветроустановке (данные измерения отсылаются на контрольный пункт управления).

Система слежения за направлением и скоростью ветра

Анемометр определяет направление ветра и передает данные в управляющий контроллер для ориентации турбины в соответствии с направлением ветра.

Анемометры на метеорологических станциях делятся на :

- ▣ *чашечный анемометр;*
- ▣ *лопастный анемометр;*
- ▣ *тепловой анемометр;*

- ▣ *ультразвуковой анемометр.*

Чашечный анемометр

Самый простой тип анемометров — это чашечный анемометр. Он был изобретён доктором Джоном Томасом Робинсоном Ромни в обсерватории Армы, в 1846 году. Он состоял из четырёх чашек полусферической формы.

Поток воздуха вращал чашки в любом горизонтальном направлении, только если чашки были пропорциональны скорости ветра. Взглянув на анемометр с тремя чашками, можно заметить, что они — чашки расположены симметрично.

Лопастный анемометр

Ещё один анемометр — это лопастный. На английском — windmill anemometer, дословный перевод — мельничный анемометр.

С изменением направления ветра, ось должна вращаться в этом же направлении. Так же для подобных целей используются флюгер или какой-нибудь другой метеорологический прибор

Тепловой анемометр

Принцип действия прибора основан на измерении перепада температур на «вспомогательной стенке». Величина температурного перепада пропорциональна плотности теплового потока. Измерение температурного перепада осуществляется с помощью ленточной термопары, расположенной внутри пластинки зонда, выступающей в роли «вспомогательной стенки».

Ультразвуковой анемометр

Принцип действия анемометров ультразвукового типа — в измерении скорости звука, которая изменяется в зависимости от направления ветра. Различают двумерные ультразвуковые анемометры, трехмерные ультразвуковые анемометры и термоанемометры. Двумерный анемометр способен измерять скорость и направление горизонтального ветра. Трехмерный анемометр проводит измерение первичных физических параметров — времен проходов импульсов, а затем пересчитывает их в три компонента направления ветра. Термоанемометр, помимо трех компонент направления ветра, способен измерять еще и температуру воздуха ультразвуковым методом.

Флюге

Флюгер – присутствует только у «младших» моделей, его задача – ориентация установки по ветру и разворот генератора (складывание) при буревом ветре. Так же данный прибор может быть частью ветроустановки.

Датчик атмосферного давления.

Датчик давления представляет собой пьезо-кристалл изменяющий значения токового сигнала в зависимости от давления воздействующего на датчик.

▣ При соединении прибора, датчик атмосферного давления выдает сигнал соответствующий атмосферному давлению.

Основные параметры, подключаемых к тепло-вычислителю датчиков давления.

▣ Диапазон измерения – от $P_{мин}$ до $P_{макс}$.

▣ Диапазон выходного сигнала.

Представлен вид датчика давления, который используются на метеопостах или метеостанциях, сигнал от датчика идет к микроконтроллеру который выводит данные уже на монитор компьютера.

Пустельник Н.С. ст. гр.ЕЕ-12-3

Научний керівитель: Циленков Д.В. доцент, к.т.н.

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

КОНЦЕНТРАЦІЙНІ ВІТРОГЕНЕРАТОРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

Ідея напрямних поверхонь, які б збирали вітер з великої площі і направляли його в вітряк невеликих розмірів часто обговорюється і не менш часто патентується в різних різновидах. Незважаючи на здається переваги ця ідея не знаходить застосування на практиці. Причина тому небажання повітря входити в хитрі концентратори, які придумують винахідники. Максимальне збільшення швидкості потоку, яке вдається домогтися становить десятки відсотків, але не рази. І тим більше не можна за допомогою напрямних щитків досягти звукової швидкості. Цей висновок випливає з простих формул.

Вітроконцентратор, перегороджуючи потік, створює підвищений тиск на навітряні сторони. Завдання про рух рідини еквівалентна плоскому щиту - концентратора в вихідну трубу якого вставлена турбіна. Тому вітрова гребля має обмежену швидкість вільного витікання, яка визначається різницею тисків на навітряного і підвітряного сторонах. У техніці відомі сопла Лавалю, в яких швидкість газу в найвужчому місці досягає швидкості звуку, і на виході розганяється навіть до надзвукових швидкостей. Але такий цікавий ефект досягається лише при відношенні тисків по різні сторони пристрою перевищує 1,9. У вітроустановках ставлення тисків до установки і після становить величину близько 1,01-1,001. Тому розраховувати на звуковою швидкістю в концентраторах нереально. Якщо розмістити в вихідному отворі турбіну, то швидкість потоку зменшиться, отже, розрахунок швидкості дає граничну, завищену оцінку для вітряка, дає результат для вільного витікання. Сила, що впливає на плоску пластинку, поставлену перпендикулярно потоку, дорівнює

$$F = c_x \frac{\rho S}{2} V^2$$

де c_x - аеродинамічний коефіцієнт, що досягає максимального 1,3.

Різниця тисків між передньою і задньою стороною пластини

$$p = c_x \frac{\rho}{2} V^2$$

Ця формула дає усереднену різниця тисків по площі пластини. Насправді ж на передній стороні пластини в центрі пластини тиск більше, ніж по краях. Форма розподілу тиску близька до кругової. На задній стороні пластини тиск негативний і приблизно однаковий по величині по всій площі пластини. Тому різниця тисків в центрі пластини, де розташований вихідний отвір, буде приблизно в 1,2 рази більше середнього тиску. Опускаючи вивід формули отримуємо

$$V_c = 1,21V$$

Якщо отвір малий в порівнянні з розміром вітроконцентратора, то струмінь може досягти максимальної швидкості на 21% перевищивши швидкість потоку. Максимального збільшення енергії струменя за допомогою щита - концентратора складе 78%. Якщо допустити, що турбіна зможе використовувати енергію потоку з ккд 90%, то КВЕВ пропелера, віднесений до його площі досягне $1,78 * 0,9 * 0,593 = 0,95$. Звичайні вітряки пропелерного типу мають КВЕВ рівний 0,42. Тому верхня оцінка ефективності концентратора дорівнює $0,95 / 0,42$

= 2,26 рази. Це означає, що концентратор, якого б великого розміру він не був, дає зменшення площі вітряка рівній потужності в 2,3 рази. В 1,5 рази по діаметру.

Також хочу відзначити розробку вітрогенераторів з концентратором. Американська компанія SheerWind, яка спеціалізується на розробці і виробництві вітрогенераторів, представила свій новий продукт під назвою INVELOX. Новинка являє собою вітрову турбінку тунельного типу. Крім підвищеного виходу енергії (номінальний ККД 73 %) і необхідної швидкості вітру в 1 м / с, монтаж Invelox коштує менше ніж \$ 750/КВт. Також компанія стверджує, що, в порівнянні з традиційними вітровими турбінами, вартість обслуговування установки значно менше. Завдяки своїм зменшеним розмірам, система менш небезпечна для птахів та інших тварин.

Конструкція або будівля являє собою 3-4 радіально розташованих концентратора, вихідні отвори яких виходять в робочу камеру, де розташовані один або кілька вітрогенераторів. Оптимальним можна вважати 3-4 концентратора. Концентрація потоку відбувається по горизонталі. У верхній частині вітроелектростанції знаходиться чашоподібний концентратор, де концентрація (прискорення) потоку відбувається по вертикалі. Цей швидкий потік служить для зменшення тиску в робочій камері шляхом ежекції повітря через отвори у верхній частині (стелі) робочої камери. Додаткове розрядження в робочій камері збільшить швидкість вихідного потоку і, таким чином, збільшить ефективність концентраторів і всієї вітроенергетичної установки в цілому. У центрі робочої камери (по вертикальній осі) проходить витяжна труба, діаметр якої підібраний так, щоб швидкість витяжного потоку була максимальна. Тоді й витяжка завдяки ежекції через отвори в трубі створить ще більше розрядження, що також підвищить ефективність вітроустановки. Вітроелектростанції можна розміщувати на верхніх поверхах будь-яких будівель. При бажанні вітроелектростанція може займати кілька поверхів. В якості вітрогенераторів рекомендується використовувати вертикально-осьові вітроустановки типу Дар'є (у приватних котеджах - з гелікоїдними лопатями для зменшення вібрації). Для початкової розкрутки можна використовувати ротор Савоніуса.

Передбачаються три основні варіанти використання вітроелектростанцій з концентраторами потоків:

1. Промислові установки великої потужності, які ніби складаються з двох частин: примітивною і високотехнологічною. Примітивна частина - це безпосередньо концентратор, який являє собою просто радіально або спіральні стіни (без дахів) з будь-якого (на вибір) матеріалу. Високотехнологічна частина - це, як правило, багатоповерхова конструкція, відкрита з усіх боків (без стін), але з дахом і з незалежною вітроустановкою на кожному поверсі.

2. Вітроенергетичні установки на верхніх поверхах житлових і промислових об'єктах (можливо на декількох поверхах).

3. Вітроенергетичні установки на останніх поверхах приватних котеджах.

Підводячи підсумки моєї доповіді можна проаналізувати, що частка концентраційних вітрогенераторів в секторі альтернативної енергетики буде збільшуватись завдяки таким параметрам як компактність та дешевизна порівняно з горизонтально орієнтованими вітроустановками. Більшість таких установок підходить для використання в міських умовах, що на мою думку спонукатиме до розвитку галузь компактних екологічних енергоустановок, але також можливий запуск концентраторних установок на велику потужність та об'єднання їх у великі вітроелектростанції.

Михаліченко П.Є. д.т.н., доцент, Круглікова К. Г. студентка гр. 254м

(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В СИЛОВИХ КОЛАХ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ НА УМОВИ РОБОТИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Робота присвячена дослідженню перехідних аварійних процесів в силовому колі електровозів змінного струму. Розроблено систему диференціальних рівнянь електромагнітного стану в аварійних режимах короткого замикання на тягових двигунах електровозів.

Незважаючи на те, що в країні використовують автомобільний транспорт, водний та повітряний, головним завжди залишатиметься залізничний, так, як найважливіші завдання – перевезення вантажу в умовах постійного росту виробництва та підвищення рівня життя робітників – покладаються на залізничний транспорт. Саме він є універсальним: задовольняє потреби населення в перевезенні майже в усіх кліматичних зонах і в будь-яку пору року, здатний обслуговувати всі галузі економіки, має високу ефективність перевезення великих вантажів на далекі відстані, відносно на великих швидкостях, також відрізняється від інших видів транспорту надійністю та безпекою, низькою собівартістю перевезень, меншим впливом на навколишнє середовище.

Одним з найбільш економічних та ефективних ідів тяги, які застосовують на залізничному транспорті, є електрична тяга. У зв'язку з підвищенням ролі електричної тяги на залізничному транспорті, особливу увагу набувають заходи з забезпечення безперебійної роботи електрорухомого складу, покращенню конструкцій типів, які вже є та створення нових, більш досконалих видів локомотивів.

Умови роботи електричного обладнання електрорухомого складу істотно відрізняються від умов роботи обладнання стаціонарних установок. У широких межах змінюються динамічні, а отже і струмові навантаження, в процесі руху відбуваються часті перемикання елементів електричних кіл. Величина напруги в контактній мережі значно змінюється протягом часу, має місце сильна вібрація електричного обладнання. Необхідність забезпечення безперебійної роботи електрорухомого складу в цих умовах висуває особливі вимоги до його електричного обладнання.

Нині на електрифікованих залізничних магістралях нашої країни наявні лінії постійного та змінного струму. З причин економічного та технічного характеру в останні роки значно зросла питома вага ліній змінного струму. Однак, при використанні електрорухомого складу змінного струму виникають додаткові труднощі, які пов'язані з роботою випрямляючої установки та пульсацією випрямленого струму, тому в дослідженнях останнього часу приділяють багато уваги умовам роботи електричного обладнання локомотивів змінного струму, вірному вибору параметрів силових кіл, які в свою чергу дозволяють ще в корені покращити умови роботи тягового обладнання.

Не дивлячись на те, що питанням оптимального вибору параметрів силових кіл електрорухомого складу присвячено велику кількість праць, повного розуміння у цій області ще немає. Ця обставина пояснюється складністю перехідних процесів, які виникають в силових колах. Перехідні процеси в електричних колах описуються системами складних диференціальних рівнянь. В стаціонарних режимах роботи кола, ці диференціальні рівняння з великим ступенем точності можливо вважати лінійними, тому дослідження умов роботи силових кіл в таких режимах не викликає особливих складнощів.

Дослідження значно ускладнюється при розгляданні перехідних процесів в нестаціонарних режимах. Диференціальні рівняння, які описують перехідні процеси при цих режимах,

є як правило нелінійними. Крім того, деякі величини, наприклад, напруга на затискачах тягових двигунів, які залишаються в стаціонарних режимах майже незмінними і тому грають роль постійних параметрів, в нестаціонарних режимах значно залежать від часу, що значно ускладнює вирішення завдання. Цим і пояснюється той факт, що до сих пір немає надійних та універсальних методів дослідження, які дозволяють врахувати вплив усіх факторів, що діють при нестаціонарних режимах. В той же час, дослідження перехідних процесів, які виникають в силових колах локомотивів при нестаціонарних режимах, є особливо важливим, оскільки саме виникнення цих процесів є в більшості випадків причиною виходу з ладу електричного обладнання електрорухомого складу.

Дана робота присвячена дослідженню деяких нестаціонарних режимів і перехідних процесів, які виникають при них в силових колах електрорухомого складу.

Нестаціонарні перехідні процеси в силових колах виникають як при регулюванні напруги на затискачах тягових двигунів так і при аварійних режимах, у разі несправності електричного обладнання. Особливу зацікавленість викликають перехідні процеси, що виникають при аварійних режимах.

Випрямні установки, які виконані на напівпровідниках широко використовують на електровозах ВЛ60к, ВЛ80к та електропоїздах серії ЕР9 [1]. Дослідження показують те, що перехідні процеси в колі з вентильним переходом протікають не так як при звичайній мостовій схемі випрямлення струму. Не дивлячись на те, що випрямні установки розраховують зі значним запасом міцності, в початковий період експлуатації вентильних переходів, випрямні елементи часто виходили з ладу. Тільки значне збільшення кількості вентилів в розгалуженій частині моста дозволило забезпечити нормальні умови роботи випрямної установки. Наявність великого запасу міцності за напругою та струмом у випрямній установці свідчить про те, що причинами виходу з ладу випрямляючих елементів були перехідні процеси, в результаті яких виникали значні перенапруги. Тому таке питання, як питання про необхідну кількість вентилів, а також і про раціональний вибір параметрів силового кола повинен вирішуватися у поєднанні з дослідженням характеру протікання перехідних процесів у колах вентильного переходу. Велику частину роботи складають дослідження перехідних процесів, які виникають при нестаціонарних режимах та впливу на ці процеси параметрів кола.

Перелік посилань

1. Быстрицкий Х.Я и др. Устройство и работа электровозов переменного тока: Учебник для техн. школ ж.-д. трансп./Х. Я. Быстрицкий, З.М.Дубровский, Б.Н.Ребрик. - 4-е изд., перераб. И доп.- М.: Транспорт, 1982. – 456с.

Михаліченко П.Є., д.т.н., доцент, Денисов М. С. студент гр. 254

(Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИТОЧНО-ВИТЯЖНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЦЕХУ СКЛОПЛАСТИКУ ЗАТ «МДС»

В роботі представлено результати проекту модернізації приточно-витяжної системи вентиляції, а також фільтрування повітря склопластикового цеху ЗАТ «МДС»

Приточно-витяжні системи вентиляції - це професійне обладнання, яке найчастіше є необхідним для забезпечення сприятливого мікроклімату в приміщенні, де встановлені герметичні пластикові вікна. Приточно-витяжні системи вентиляції влаштовані таким чином, що вони забезпечують як відтік, так і приплив повітря. Використання приточно-витяжних вентиляційних систем в приміщенні дозволяє регулювати ступінь вологості повітря, нагрів повітря в приміщенні, приплив очищеного повітря до приміщення, а також видалення забрудненого та відпрацьованого повітря.

Згідно зі специфіки умов праці у цеху склопластику приймальні отвори для видалення повітря витяжними системами повинні бути розміщені в зоні найбільшого скупчення вибухонебезпечних і шкідливих парів і газів. Повітрообмін у виробничих будівлях розраховуються на розбавлення виділяємих виробничих шкідливих домішок до допустимих концентрацій і забезпечують норми вибухопожежної безпеки, а також на розведення теплонадлишків. Повітрообмін повинен визначатися виходячи з умов забезпечення санітарно-гігієнічних норм. Витрата повітря приймається для літнього періоду як для самого несприятливого за масою виділяємих шкідливих речовин і надлишку теплоти. Витрата повітря був прийнятий по теплонадлишки, як по більшому значенню отриманому розрахунком. У теплонадлишки враховано теплонадходження від технологічного обладнання, згідно з технологічним завданням, і від сонячної радіації. Видалення повітря з цеху проводиться з верхньої, робочої, нижньої зон. Системи вентиляції обладнуються приладами контролю і управління. Передбачено автоматичне централізоване відключення всіх вентсистем механічної вентиляції при пожежі та автоматичне включення аварійних вентиляторів від газоаналізаторів.

На сьогодні для цілей промислової вентиляції використовуються всі типи існуючих вентиляційних систем - починаючи від найпростішої природної вентиляції до найскладніших комплексів електронного контролю повітряного середовища в приміщеннях з точним дорогим обладнанням та інноваційними приладами. При цьому монтаж промислової вентиляції природного типу традиційно необхідний для оснащення санітарно-гігієнічних приміщень, як правило, в комплексі з локальними примусовими вентсистемами. Широко практикується і використання в одному промисловому приміщенні комплексу повітря очистки з загальнообмінної системи та кількох місцевих, розташованих в зонах найвищої концентрації шкідливих викидів.

В роботі автори, на основі всебічного вивчення умов роботи в цеху і відповідних теплофізичних, аеродинамічних і акустичних розрахунків, розраховали і склали проект модернізації приточно-витяжної системи вентиляції склопластикового цеху ЗАТ «МДС». Крім того, керівництву підприємства було надано деякі рекомендації щодо покращення ефективності роботи існуючих на підприємстві систем вентиляції.

Данилащик А.В., студент гр. ВДЕ-13м,

Научный руководитель: Гребенюк А.Н. к.т.н., доцент, доцент кафедры "Возобновляемые источники энергии"

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В БУФЕРНОМ РЕЖИМЕ ОПЕРАТИВНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Вступление: На сегодняшний день на всех предприятиях и электростанциях возникли вопросы: качества электроснабжения, экологии, а так же экономия средств. С целью снижения: денежных затрат, уменьшения потребления традиционных видов энергии и улучшения качества электроснабжения, на замену пришла новая альтернативная энергия. С каждым днём альтернативная энергия становится более актуальнее, и поэтому крайне необходимо её внедрение.

Поставленная проблема: найти альтернативный источник энергии для резервного электроснабжения оперативных источников постоянного тока и уменьшения производственных затрат.

Раскрытие проблемы: В области нетрадиционной альтернативной энергии применяют множество источников электроэнергии, к примеру, рассмотрим: солнечные электростанции башенного типа, СЭС тарельчатого типа, аэростатная СЭС, термовоздушные СЭС, солнечные пруды и фотогальванические СЭС [1;2;3]. Самыми эффективными и доступными являются гальванические СЭС. Их преимущество заключается в удобстве монтажа на фасаде электростанции, снижение затрат электроэнергии тепловой электростанции, использование максимального КПД.

Цель: Достичь снижения денежных затрат тепловой электростанции, обеспечить надёжность потребителям первой категории оперативных цепей постоянного тока согласно регламентируемым документам ГОСТ 56947007-29.120.40.041-2010 , составить модернизированную схему.

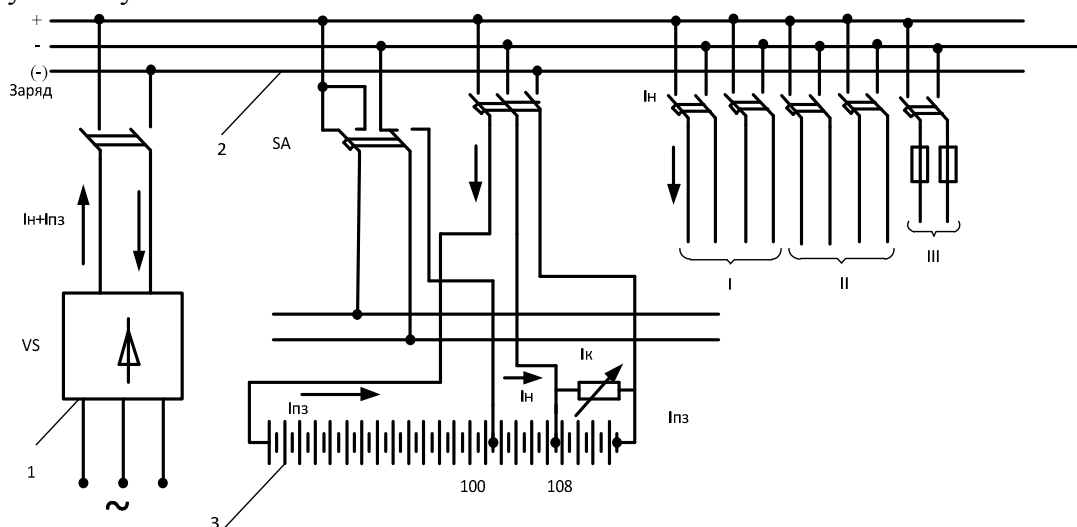


Рисунок 1. Схема аккумуляторной установки без элементарного коммутатора, работающая в режиме постоянного под заряда.

Исследуемым объектом является источник оперативного тока на территории машинного зала в условиях Д.ТЭК КРИВОРОЖСКАЯ ТЭС, которая находится в городе Зеленодольск, Днепропетровской области. Схема аккумуляторной установки с элементарным коммутатором изображена на рис. 1, [4].

Описание к схеме. На рисунке 1 изображён тиристорный преобразователь напряжения 1 на который подаётся переменный ток 380/220В, который преобразуется в постоянный ток с выходными характеристиками 230В и 40/80А. Далее через автоматический выключатель постоянный ток подаётся на шины оперативного постоянного тока. На шинах распределяется: цепи управления, аварийное освещение, силовые цепи (электромагниты включения). Через ключ SA обеспечивается электроснабжение цепи управления, которая управляет в автоматическом режиме, а так же следит за параметрами напряжения, тока и другое. Через трёх полюсный автоматический выключатель обеспечивается заряд аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи оперативного источника постоянного тока, нуждаются в постоянном электроснабжении. Напряжение на выходе с аккумуляторных батарей контролируется управляющим резистором до которого подключено контрольно-измерительные приборы отслеживающие параметры напряжения. Приборы сравнивают параметры напряжение на шине и на выходе с аккумуляторных батарей и в автоматическом режиме делают точную подстройку с точностью разброса 1%.

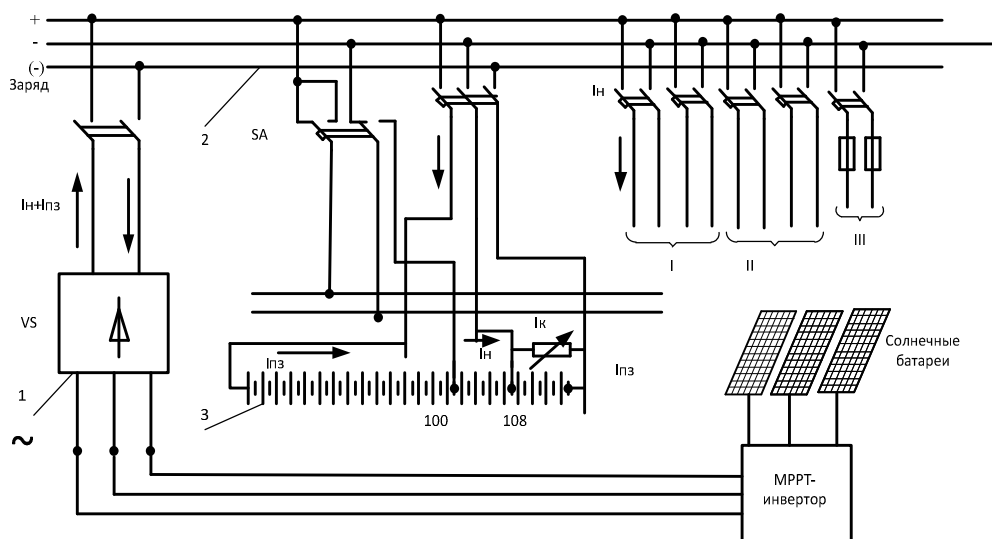


Рисунок 2. Модернизация схемы электроснабжения оперативных цепей постоянного тока

Описание модернизированной схемы. Интенсивность солнечного света попадающая на поверхность солнечных батарей преобразуется в постоянный ток, который течёт по проводникам. Исходящие проводники из солнечных батарей собираются параллельно-последовательно чем обеспечивают условия входного напряжения МРРТ инвертора. Контроллер и количество солнечных батарей зависит от потребляемой мощности самой системы. МРРТ контроллер обеспечивает чистый синус на выходе, чем самым может синхронизироваться с сетью. Дальше аналогично схеме 1.

Заключение

Данное исследование показало, что использование альтернативной энергии очень удобно и выгодно применять в качестве экономии средств предприятия, а так же резервирования обслуживаемого оборудования.

Перечислив преимущества и недостатки традиционной схемы, внедряем альтернативный источник в традиционную схему электроснабжения, для поддержания аккумуляторных батарей в буферном режиме.

Вывод

Использование альтернативной энергии крайне необходимо для решения поставленных проблем, а так же поддержания аккумуляторных батарей в буферном режиме.

Азюковский А.А. к.т.н., доцент; Шестаков А.Ю. студент гр. АУ-13м

(Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепродзержинск, Украина)

КУРСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Вступление. Современное наземное транспортное средство, в частности автомобиль, - соединения огромного числа механизмов, узлов, деталей, подчиняющихся единой задаче – обеспечить надежное перемещение пассажиров, грузов из начального пункта в конечный пункт назначения. Наряду с многочисленными вариантами транспортных средств, автомобили являются наиболее автономными и дешевыми на сегодняшний день.

Цель работы. Целью работы является изучение поведения автомобиля при криволинейном движении, а также обоснование выбора типа привода для улучшения управления транспортным средством.

Основная часть. Автомобиль – это транспортное средство, которое предназначено для перемещения людей и грузов по поверхности земли. Движение автомобиля осуществляется с помощью собственного источника питания энергией и механизмов, которые обеспечивают управляемое взаимодействие с опорной поверхностью дороги или грунта. Предположим, что автомобиль – это материальная точка, которая передвигается по криволинейному участку пути, как показано на рисунке 1.

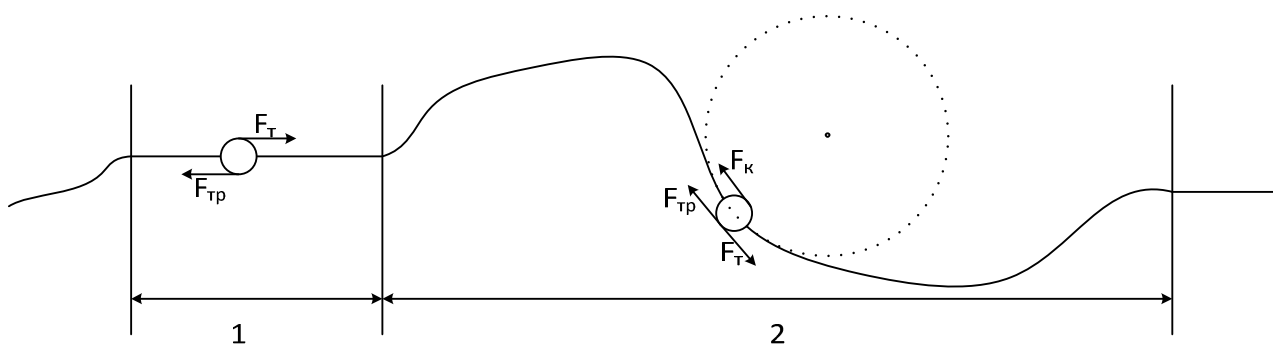


Рисунок 1 – Движение материальной точки

где F_m - сила тяги, F_{mp} - сила трения, F_k - сила Кориолиса, действующая на тело на криволинейном участке пути.

Как видно, на рисунке 1 отображено два участка пути: относительно прямолинейный участок 1 и криволинейный участок 2. На прямолинейном участке на тело действует три силы. А именно, сила тяжести, сила трения и сила тяги. На криволинейном участке на тело действует шесть сил: сила тяжести, сила трения, сила тяги, а также центробежная сила, центростремительная сила и сила кориолисовой инерции.

Рассмотрим процесс поворота заднеприводного и переднеприводного двухосных автомобилей с передними управляемыми колесами. Рассмотрим движение заднеприводного автомобиля при движении на криволинейном участке (Рисунок 2.а).

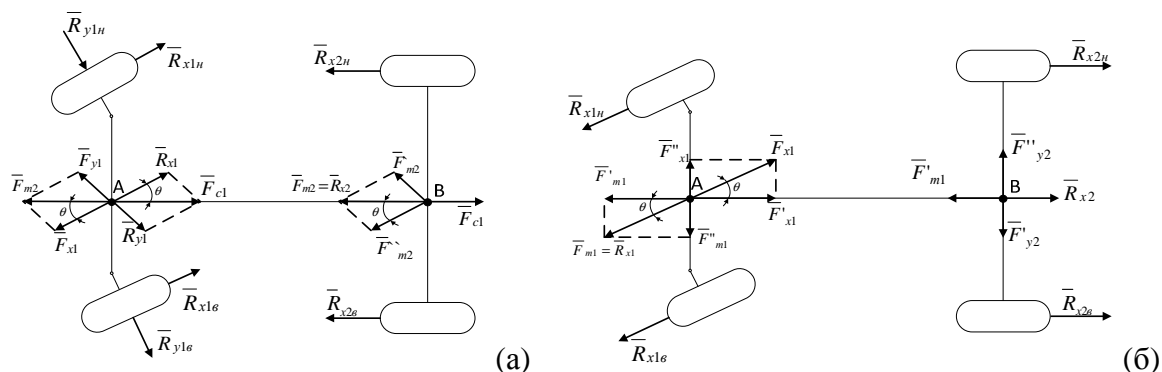


Рисунок 2 – Силы, действующие на заднеприводное (а) и переднеприводное (б) транспортное средство при криволинейном движении

Если установить соотношение между необходимым толкающим усилием переднего моста \bar{F}_{m2} и моментом сопротивления качению колес этого моста M_n

$$\bar{F}_{m2} = \frac{M_n}{r_n \cos \theta}$$

На рисунке 2.б показана схема поворота переднеприводного автомобиля. Модули взаимноуравновешивающих сил \bar{F}'_{y2} и \bar{F}''_{y2} примем равными модулю силы \bar{F}''_{m1} . Тогда силы \bar{F}''_{m1} и \bar{F}''_{y2} образуют пару, создающую поворачивающий момент

$$M_n = F''_{m1} L = F_{m1} L \sin \theta .$$

Таким образом, у переднеприводного автомобиля поворачивающий момент создается не поперечной реакцией дороги на управляемые колеса, как это имеет место у заднеприводного автомобиля, а силой тяги передних ведущих колес.

Для решения проблемы старта переднеприводного транспортного средства и курсовой устойчивости заднеприводного разрабатываются комбинированные привода (Рисунок 3). В частности, гибридное транспортное средство, где передний привод, ведущий, работает от двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а задний привод является подключаемым и спроектирован, как мотор-колеса.

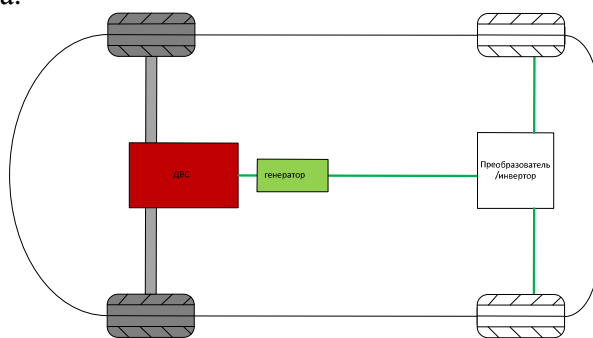


Рисунок 3 – Модель комбинированного гибридного автомобиля

Выводы. Такая система позволяет получить тяговый режим в глубоком снегу и труднопроходимых участках дороги, как переднеприводная система, и, в то же время, при резком старте будет возможность перераспределить вес и на задние колеса, что обеспечит дополнительную устойчивость авто на дороге.

Список использованной литературы:

Тарасик В.П. теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб. БХВ-Петербург, 2006. – 478 стр.: ил.