

***ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ
КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ***

Бакутін А.В., аспірант кафедри електропривода

Науковий керівник: Азюковський О.О., к.т.н., доцент кафедри електропривода

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

СИНТЕЗ ДОПУСТИМОЇ ОБЛАСТІ ЛАНОК КОРЕГУВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

На сьогодні доля машинобудівної галузі промислового виробництва країни становить 12%, хоча на початку 90-х знаходилась на рівні 31% та була базовою галуззю країни [1]. Машинобудівельний комплекс Дніпропетровської області нараховує 120 підприємств, що складає 10% галузі України. Основним напрямком підвищення економічного розвитку країни є створення конкурентоздатної машинобудівної галузі, яка вимагає вливання нових інвестицій та модернізації верстатного парку.

Автоматизація технологічних процесів в машинобудуванні та широке впровадження в промисловості верстатів з ЧПК призвели до висунення жорстких вимог до електроприводів головного руху металорізальних верстатів. динамічні характеристики яких в значній мірі визначають продуктивність роботи верстата. Вимоги до нестабільності швидкості обертання головних приводів найбільш жорсткі у порівнянні з іншими приводами. Допускається нестабільність швидкості обертання приводу головного руху не більше 5% від встановленого значення у всьому діапазоні регулювання. Вимоги до швидкості реакції за динамічної зміні моменту навантаження складають 0,1-0,3 с. Через те, що сучасний верстатний парк України на 80% є застарілим та потребує модернізації, розробка системи електропривода металорізального верстата, що задовольняє вимогам якості та продуктивності процесу обробки, є актуальною задачею. Таким чином, виникає необхідність розробки глибоко регульованого електропривода головного руху та закону керування, що відповідає сучасним вимогам машинобудування щодо динамічних характеристик привода, а також особливостей режимів різання металів.

До реальних електромеханічних систем доволі часто висувуються вимоги не тільки щодо забезпечення якості роботи за одним критерієм, наприклад: точність підтримки швидкості в усталених режимах, а за декількома – точність відпрацювання сигналу керування в динамічних режимах, сталі значення прискорення незалежно від навантаження, простота реалізації тощо, що визначаються технологічними особливостями роботи об'єкта керування. Тому для побудови системи керування, що одночасно задовольняє висунутій до неї сукупності критеріїв, виникає необхідність її оптимізації за декількома цільовими функціями, тобто виконується багатокритеріальне конструювання керуючого пристрою системи. Вирішення задачі вибору найкращого пристрою керування починається з етапу формування сукупності можливих регуляторів, що задовольняють накладеним критеріям якості та обмеженням. Далі виділяють парето-оптимальну сукупність, з якої на заключному етапі проектування знаходять остаточну структуру та параметри керуючого пристрою для реалізації та подальшого аналізу. Межі допустимої сукупності пристроїв керування визначаються, з одного боку, конфігурацією максимальної складності, а з іншого – мінімальної[2].

Об'єктом керування системи регулювання швидкості виступає асинхронний двигун з короткозамкненим ротором з урахуванням припущення, що перехресні зв'язки за проекціями вектора струму статора компенсовані, а внутрішній контур струму оптимізовано за технічним критерієм. Передатні функції корегувальних ланок максимальної та мінімальної складності отримані шляхом мінімізації функціоналів, які відображають вимоги до якості роботи електромеханічної системи та обмеження, які враховують практичну реалізацію системи керування, відносно сигналу завдання та зворотного зв'язку $W_{1m.x}(s), W_{2m.x}(s)$ відповідно:

$$W_{1mx}(s) = \frac{1.39 \cdot 10^{-4} \cdot s^5 + 0.8 \cdot s^4 + 2.31 \cdot 10^3 \cdot s^3 + 3.39 \cdot 10^6 \cdot s^2 + 3.16 \cdot 10^8 \cdot s}{0.03 \cdot s^5 + 180 \cdot s^4 + 2.2 \cdot 10^4 \cdot s^3 + 5 \cdot 10^5 \cdot s^2 + 5.57 \cdot 10^6 \cdot s - 8.87 \cdot 10^{-9}};$$

$$W_{2mx}(s) = \frac{0.49 \cdot s^3 + 732.133 \cdot s^2 + 1.826 \cdot 10^4 \cdot s + 2.276 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^{-5} \cdot s^3 + 0.057 \cdot s^2 + 160.651 \cdot s + 2.276 \cdot 10^5}.$$

За допомогою модифікованого критерію Гурвіца отримано передатні функції корегувальних ланок мінімальної $W_{1mn}(s), W_{2mn}(s)$ та заданої складності $W_{11}(s), W_{12}(s), W_{21}(s), W_{22}(s)$ відповідно:

$$W_{1mn}(s) = \frac{16,0643s + 298.5951}{1.5329s}; W_{2mn}(s) = 0,0318.$$

$$W_{11}(s) = \frac{6793000s^2 + 362.1s - 1382}{1422s^2 + 1.289s}; W_{12}(s) = 0.0318.$$

$$W_{21}(s) = \frac{3314s^3 + 67930s^2 + 2.947s - 13,82}{1.93s^3 + 14.24s^2 + 0.01289s}; W_{22}(s) = \frac{1,357s + 10}{15,319s + 314,159}$$

За допомогою математичного моделювання отримані графіки перехідних процесів пуску асинхронного двигуна 4A90L2Y3 до номінальної швидкості при ступінчастій зміні сигналу завдання та накиданні номінального навантаження (рисунок 1). Проаналізувавши графіки перехідних процесів, видно, що система регулювання швидкості з ланками корегування $W_{11}(s)$ та $W_{12}(s)$ має найменше перерегулювання, час регулювання, а також найшвидше відновлює установлену швидкість при накиданні номінального навантаження, що задовольняє вимогам до головного приводу металорізального верстата.

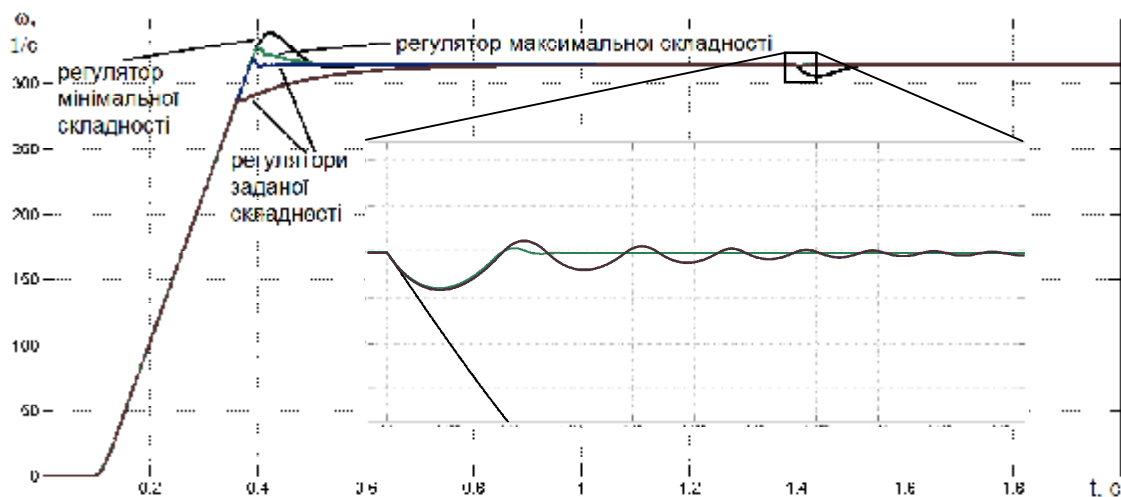


Рисунок 1 – Графіки перехідних процесів пуску асинхронного двигуна

Перелік посилань

1. Серединська, І.В. Машинобудівна галузь України та стан управління її підприємствами / І.Серединська // Галицький економічний вісник. — 2011. — №4(33). — с.74-81;
2. Зотов, М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления [Текст] / М.Г. Зотов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 375 с.

Бурик С.О. студентка гр. ЕЕС – 12 – 2

Науковий керівник: Ципленков Д.В., к.т.н., доцент кафедри «Відновлювальні джерела енергії»

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

ЗАХИСТ КАБЕЛІВ ВІД КОРОЗІЇ ТА ЗАСОБИ ЇХ ЗАХИСТУ

Корозія приводить щорічно до мільярдних збитків, і вирішення цієї проблеми є важливим завданням. Основний збиток, що заподіюється корозією, полягає не у втраті металу як такого, а у величезній вартості виробів, що руйнуються корозією. Ось чому щорічні втрати від неї в промислово розвинених країнах настільки великі. Справжні збитки від неї не можна визначити, оцінивши лише прямі втрати, до яких відносяться вартість зруйнованої конструкції, вартість заміни обладнання, витрати на заходи по захисту від корозії. Ще більшої шкоди становлять непрямі втрати. Ідеальний захист від корозії на 80% забезпечується правильною підготовкою поверхні, і лише на 20% якістю використовуваних лакофарбових матеріалів і способом їх нанесення.

Залежно від способу впливу на кабель або провід різних чинників, виділяють три види корозії: ґрунтова корозія; електрична корозія; міжкристалічна корозія. Ґрунтова корозія руйнує кабелі і проводи, які покладені у ґрунті, під впливом хімічних елементів, що містяться в землі. Електрична корозія обумовлена впливом блукаючих струмів. Механічні фактори (розтягнення, стиск, вібрація) призводять до міжкристалічної корозії.

Для кабелів, призначених для експлуатації в землі, найбільш впливовим видом корозії є ґрунтова корозія (контакт з оточуючими елементами). Сюди ж відносять корозію кабелів при взаємодії з ґрунтовими, болотними, озерними, річковими або морськими водами. Органічні кислоти, що зустрічаються в болотяній воді, і фенол надають землі певну агресивність. М'яка вода підсилює корозію, а в жорсткій воді інтенсивність знижується. У ґрунті з підвищеною вологістю часто зустрічаються електроліти, які породжують електрострум. Місця контакту з електролітами піддаються ґрунтовій корозії, які посилені електрострумом.

Макрокорозія з'являється в зв'язку з різним хімічним складом ґрунту, який змінюється по довжині провідника. Мікрокорозія виникає в місцях неоднорідності металеві броні (оболонки) кабелю. При неоднорідності виникає ЕРС між металом і землею, яка викликає появу корозійних струмів. Елемент металеві оболонки, де струм стікає з поверхні металу, називають катодною зоною; а елемент, де струм витікає - анодною зоною (в цих місцях металева оболонка поступово руйнується). При мікрокорозії анодна і катодна зони близькі один до одного, при макрокорозії - значно віддалені.

Лише в безпосередній близькості до залізничних колій або трамвайних колій може виникати електрична корозія. Вона обумовлена наявністю зворотного проводу у вигляді рейки, яка контактує із землею. У таких місцях утворюються блукаючі струми, які можуть входити в металеву броню кабелю (негативний потенціал кабелю відносно землі - катодна зона) або виходити з неї (позитивний потенціал - анодна зона), за умови, що кабель прокладений в ґрунті, недалеко від рейки.

Механічні дії на металеву броню кабелю здатні ініціювати породження хімічних процесів в мікротріщинах, що викликають міжкристалічну корозію. Кисень і вода проникають в такі тріщини, утворюються оксиди металу, яким потрібно більше місця. Тріщина ще більш розширюється, метал розривається по кристалічній решітці, і процес повторюється в більшій зоні. Найбільш схильним до таких видів руйнування є свинець, тому найчастіше використовуються не чистий метал, а його сплави з телуром, кадмієм, оловом і іншими добавками.

Захист відкрито прокладених кабелів від корозійного впливу навколишнього середовища виконують шляхом фарбування броні або металевої оболонки антикорозійними фарбами або лаками, вибір належної прокладки траси. При цьому потрібно вибирати райони далеко від рейкових шляхів трамвая і електрифікованих доріг, по можливості обходити райони з найбільш агресивним ґрунтом і водою, тобто, які містять органічні речовини, солі, кислоти і луги.

Для захисту кабелів, прокладених у землі, застосовують два основних види захисту:

Пасивний – застосуванням надійного і стійкого захисного покриття металевих оболонок або підсипку чистого нейтрального ґрунту, в якому знаходиться кабель;

Активний – електричний, заснований на підведенні до металевих оболонок кабелів негативного потенціалу щодо землі, в результаті чого на них припиняється процес електричної корозії.

Для запобігання корозії в якості конструкційних матеріалів застосовують нержавіючі сталі, кольорові метали. При проектуванні конструкції намагаються максимально ізолювати від попадання корозійного середовища, застосовуючи клей, герметики, гумові прокладки.

До пасивного методу захисту відносять барвисте покриття, полімерне покриття і емалювання, які повинні, насамперед, запобігти доступу кисню і вологи. Цинкове покриття захищає сталь навіть коли покриття частково зруйновано. Цинк має більш негативний потенціал і піддається корозії першим.

Активні методи боротьби з корозією спрямовані на зміну структури подвійного електричного шару. Застосовується накладення постійного електричного поля за допомогою джерела постійного струму, напруга вибирається з метою підвищення електродного потенціалу металу, який захищається.

Електричний захист від корозії застосовують для кабелів, що не мають антикорозійних захисних покриттів, коли в результаті проведених вимірів виявлена небезпека можливих руйнувань від електрохімічної корозії.

Застосовується три види електричного захисту: катодна; протекторна, поляризована протекторна; електричний дренаж.

До методів захисту від електрокорозії блукаючими струмами відносять: відсмоктуючі фідери, що з'єднують рейки з підстанцією, дренажний захист, поліпшення ізоляції рейок від землі, установку ізолюючих муфт, перепайку оболонок кабелів, що проходять через один колодязь.

Для виявлення небезпечних анодних зон і здійснення захисту кабелів від корозії приводиться комплекс вимірів: потенціалів і струмів на оболонці кабелю, питомого опору ґрунту по трасі кабелю; перехідного опору «кабель-земля» і щільності струму, який стікає з кабелю, різниці потенціалів «кабель-рейка».

Важливою характеристикою є створена блукаючими і ґрунтовими струмами величина потенціалів на оболонці кабелю по відношенню до землі. Вимірювання цієї величини проводиться за допомогою металевих електродів-заземлювачів на броньованих кабелях в місцях установки контрольно-вимірювальних пунктів, а на голих - в кабельних колодязях. За даними вимірів будують діаграми розподілу потенціалів вздовж траси кабелю, виявляють анодні зони і визначають ділянки, що вимагають захисту від корозії.

Контрольно-вимірювальні пункти обладнують на підземних кабелях для здійснення електричних вимірювань потенціалів блукаючих і ґрунтових струмів, а також для контролю за станом ізолюючих покриттів кабелю без спеціальних розкопок котлованів і розтину захисних покриттів.

Перелік посилань

1. Г. Г. Улиг Корозія та боротьба з нею. Введення в корозійну науку та техніку: Пер. с англ./под ред. А.М. Сухотина – Л.: Хімія 1989. – пер.изд., США, 1985. – 456 с.
2. Котельников А.В. Рейкові кола в умовах впливу заземлюючих улаштувань – М.: Транспорт, 1980 – 207 с.

Визир С.В. студент гр. ЕЕС – 12 – 2

Научный руководитель: Колб А.А., к.т.н., доцент кафедры «Відновлювальні джерела енергії»

(ГВУЗ “Национальный горный университет”, м. Днепропетровск, Украина)

ИСПЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В настоящее время одной из актуальных и востребованных проблем электроснабжения является повышение качества электроэнергии. Острота этой проблемы связана с непрерывным ростом числа и установленной мощности нелинейных и несимметричных потребителей с динамической нагрузкой (включая однофазные) на основе вентильных преобразователей. Это приводит к значительному искажению формы кривых тока и напряжения, росту неактивных составляющих полной мощности и потерь электроэнергии. Тенденция развития преобразовательной техники такова, что доля высших гармоник тока и напряжения будет непрерывно увеличиваться.

Одним из традиционных способов повышения коэффициента мощности и подавления высших гармоник является применение фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ), настроенных в резонанс на частоты дополнительных гармоник. Эффективность их применения ограничена рядом существенных недостатков [1,2]. Вследствие технологических, временных и температурных отклонений параметров реактивных элементов фильтра практически невозможна их точная настройка в резонанс, что снижает эффективность фильтрации высших гармоник. Кроме того, вследствие возникновения резонансных явлений и негативного влияния ФКУ на переходные процессы возникают перенапряжения в системах электроснабжения. При сложном характере амплитудного спектра гармоник, когда появляются дробные гармоники, применение ФКУ становится неэффективным [1].

Развитие преобразовательной техники и микропроцессорных систем управления позволяет создать принципиально новые и более эффективные методы и средства нормализации традиционных показателей качества электроэнергии с помощью силовых активных компенсаторов (САК) на основе АИН с ШИМ [3-5]. Такие фильтры (рис. 1,а), управляемые с использованием метода I_x, I_y (I_x, I_y) теории мгновенной мощности, позволяют с высоким быстродействием и точностью компенсировать неактивные составляющие полной мощности [3-5]. Широкое применение САК (рис. 1,а) ограничивается их высокой стоимостью, обусловленной большой установленной мощностью, соизмеримой с полной реактивной мощностью, подлежащей компенсации.

Схемы параллельного подключения АФ дросселю ПФ представлены на рис. 1, в,г [6]. Следует добавить, что активный фильтр может быть подключен параллельно или последовательно дросселю с помощью трансформатора, в том числе и на высокой стороне. Совместное использование пассивных и активных фильтров в составе гибридного фильтра (рис. 1,в) позволяет существенно (в несколько раз) снизить установленную мощность АФ в сравнении с САК в схеме рис. 1,б.

Активный фильтр в составе гибридного позволяет не только корректировать резонансную частоту ПФ, но и регулировать его добротность в широких пределах, компенсируя падение напряжения на его активном сопротивлении. В результате этого повышается степень фильтрации гармоник на частоте настройки ПФ.

В случае необходимости фильтрации всего спектра гармоник и компенсации реактивной мощности сдвига первых гармоник и несимметрии нагрузки перспективной является схема рис. 1,г. В этой схеме один или два ПФ настраиваются на доминирующие в спектре гармоники, например пятую и седьмую. Параллельно дросселю каждого ПФ

подключается АФ, образуя гибридный фильтр для каждой из гармоник, компенсирующей неточность настройки ПФ.

Параметры реактивных элементов ПФ определяются не только из условия фильтрации соответствующей гармоники, но и компенсации расчетного (заданного) значения реактивной мощности. При этом в случае отклонения реактивной мощности от расчетной происходит недокомпенсация или перекомпенсация. Поэтому для полной фильтрации оставшегося спектра гармоник и компенсации реактивной мощности, отличной от расчетной, в схеме рис.1,г используется САК, с помощью которого можно также решить и ряд других задач, например, симметрирование трехфазной нагрузки, стабилизацию напряжения и др. [4, 5]. Это позволяет полностью компенсировать все неактивные составляющие полной мощности и обеспечить синусоидальность тока и напряжения, что снижает дополнительные потери, увеличивает пропускную способность линий и срок службы изоляции, улучшается электромагнитная совместимость с другими потребителями.

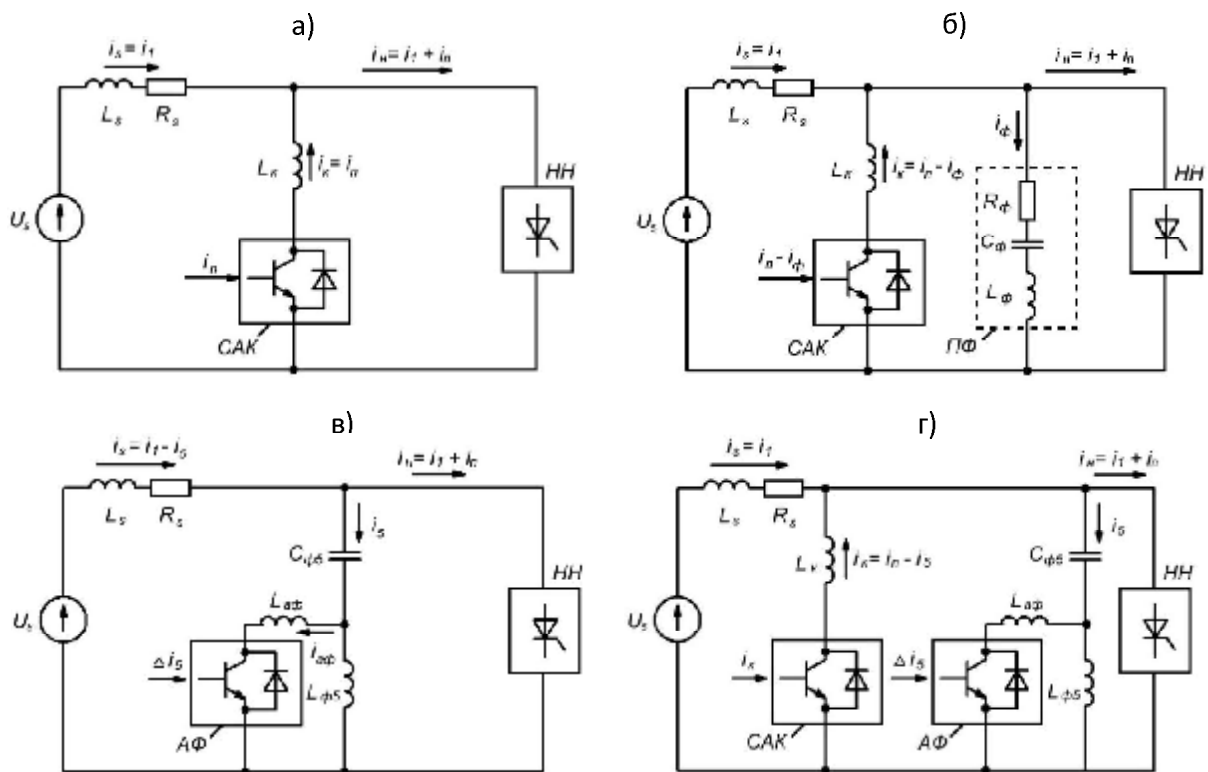


Рис.1 Однофазные схемы подключения силового активного компенсатора (САК) (а,б) и гибридных фильтров (в,г)

Литература

1. Жежеленко В.И. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Современные методы регулирования качества электроэнергии средствами силовой электроники // Электротехника. – 1999. - №4. – С. 28-32.
3. Волков А.В. Анализ электромагнитных процессов и совершенствование регулирования активного фильтра // Электротехника. – 2002. - №12. – С. 40-48.
4. Колб А.А. Система автоматического регулирования качества электроэнергии на основе полностью управляемых инверторов с релейно-векторным управлением // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2004. – Вип. 2/2004 (25). –

С. 37-41.

5. Колб А.А. Система группового питания электроприводов с емкостными накопителями и силовыми активными компенсаторами // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета (технические науки). Тематический выпуск "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика". – Днепропетровск: ДГТУ. – 2007. – С. 119-121.

6. Розанов Ю.К., Гринберг Р.П. Гибридные фильтры для снижения несинусоидальности тока и напряжения в системах электроснабжения // Электротехника. – 2010. - №6. – С. 55-60.

Власенко Р.В. аспірант

Науковий керівник: Бялобржеський О.В., к.т.н., доцент кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук, Україна)

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУЮЧОГО УПРАВЛІННЯ ТРИФАЗНИМ СИЛОВИМ АКТИВНИМ ФІЛЬТРОМ

Впровадження останнім часом напівпровідникової техніки в електротехніці стало приводити до зростання нелінійного навантаження, що загостило проблему забезпечення якості електроенергії [1]. Останніми досягненнями силової перетворювальної техніки і ефективними технічними рішеннями в області компенсації неактивних складових потужностей навантажень є силові активні фільтри [1].

Силові активні фільтри розрізняють: за типом підключення, компенсацією неактивних складових потужностей і системою управління ключами перетворювача.

По типу підключення активного фільтру до мережі розрізняють: підключений паралельно навантаженню та послідовно в лінію [1]. Активний фільтр, що підключається паралельно навантаженню застосовується для зниження рівня гармонік струму, а послідовно – регулювання напруги основної гармоніки, демпфування порушень якості електроенергії – несиметрії напруг.

Для компенсації складових неактивної потужності розрізняють методи: дискретне перетворення Фур'є, визначення складових повної потужності за Фрізе, $p-q$ теорія миттєвої потужності і $d-q$ метод.

Вихідний струм активного фільтру формується за допомогою дискретного перетворення Фур'є, відбувається отримання струму навантаження в частотній області [2]. Потім виконується корекція вектора струму 1-ої гармоніки з метою усунення квадратурної складової і забезпечення балансу потужності. С. Фрізе запропонував визначення складових повної потужності шляхом розкладання їх на дві ортогональні складові в тимчасовій області: активну і пасивну [3]. В $p-q$ теорії миттєву активну і реактивну потужність визначають із співвідношень в результаті перетворень Кларка [2, 6]. Коли напруга живлячої мережі спотворена використовують $d-q$ метод. Метод $d-q$ заснований на використанні перетворень Парка і обертової системи координат [2,6].

Для управління ключами перетворювача застосовуються методи: періодичної дискретизації, управління зоною гістерезису і широтно-імпульсної модуляції.

Метод періодичної дискретизації забезпечує перемикання ключів перетворювача залежно від стану релейного елемента та синхронізуючих сигналів визначених частотою дискретизації. Основною перевагою є те, що мінімальний час між переходами перемикання ключів обмежений періодом тактових імпульсів [4], недоліком – частота перемикання чітко не визначена.

Метод широтно-імпульсної модуляції порівнює вихідний струм з фіксованою амплітудою і частотою опорного сигналу. Струм оброблюється PI-регулятором перед порівнянням з опорним сигналом. Перевагою є те, що метод формує імпульси комутації короткої тривалості, недоліком – PI-регулятор спотворює форму струму [4].

Метод гістерезису забезпечує перемикання ключів, коли похибка перевищує фіксовану величину – зону гістерезису. Перевагою системи управління є її простота, недоліком – виникнення субгармонік при модуляції релейних елементів [4].

В даних системах управління недоліком є висока частота комутації силових ключів, а також виникнення спотворення струму мережі при перехідних процесах в активному фільтрі. Тому вирішення цих задач є актуальним питанням.

Алгоритм прогнозуючого управління силовим активним фільтром реалізується наступним чином [5]. Під сталим режимом роботи перетворювача розуміють його роботу при відхиленнях проєкцій струму $\Delta I_d, \Delta I_q$, які не перевищують допустимої області h , а під динамічним режимом – роботу перетворювача при відхиленнях, що перевищують припустиму область. Реле формує гістерезисного типу релейні функції f_d і f_q , знаки яких змінюються при виході відхилень проєкцій за межі припустимої області.

Виконують перетворення фазних напруг u_A, u_B, u_C і струмів навантаження i_{ia}, i_{ib}, i_{ic} в систему координат $\alpha\text{-}\beta$. Розраховують кут повороту вектора струму мережі та формують тригонометричні функції $\cos\theta, \sin\theta$ від аргументу θ системи координат $d\text{-}q$.

Визначену миттєву активну і реактивну потужності навантаження в системі координат $\alpha\text{-}\beta$ розділяють на дві складові: постійну та змінну. Корисною складовою є постійна активна потужність P_l , а постійна Q_l і змінні складові p_l і q_l компенсуються [6].

Заданий і фактичний струм компенсатора визначають в системі координат $\alpha\text{-}\beta$, потім виконують їх перетворення в координати $d\text{-}q$. Відхилення $\Delta I_d, \Delta I_q$ визначаються між заданими I_{kd}^*, I_{kq}^* й фактичними I_d, I_q значеннями проєкцій вектора струму.

Визначають прогнозовані значення проєкцій $U_d(m), U_q(m)$ вектора напруги відповідно до проєкції напруги U_{DC} на стороні постійного струму перетворювача і таблиці можливих комбінацій відкритих і закритих силових ключів перетворювача.

Прогнозований вектор результуючої напруги $\Delta U_d(m), \Delta U_q(m)$ для всіх можливих комбінацій відкритих і закритих силових ключів перетворювача визначається у вигляді різниці прогнозованих проєкцій $U_d(m), U_q(m)$ і проєкцій u_d, u_q вектора напруги мережі.

Через проєкції $\Delta U_d(m), \Delta U_q(m)$ і відхилення $\Delta I_d, \Delta I_q$ розраховують для всіх можливих комбінацій відкритих і закритих ключів перетворювача значення першого $F_1(m)$ прогнозуючого функціонала. Зі значень $F_1(m)$ знаходять екстремум F_1^0 функціонала у вигляді максимуму, який відповідає швидкодіючому регулюванню струму в динамічних режимах. Якщо по закінченні динамічного режиму регулювання струму досягає границі припустимої області, то встановлюють значення $\Delta U_{d0}(m), \Delta U_{q0}(m)$, що відповідають проєкціям $\Delta U_d(m), \Delta U_q(m)$ на границі припустимої області відхилень h , установлюють значення $\Delta I_{d0}, \Delta I_{q0}$ відхилень проєкцій струму $\Delta I_d, \Delta I_q$.

Розраховують для всіх можливих комбінацій відкритих і закритих ключів перетворювача значення другого $F_2(m)$ прогнозуючого функціонала, з якого знаходять екстремум, що відповідає мінімальній частоті перемикання ключів перетворювача для сталих режимів. Після входження відхилень $\Delta I_d, \Delta I_q$ усередину припустимої області, задають комбінацію відкритих і закритих ключів перетворювача рівної значенню, яке відповідає екстремуму значенню F_2^0 другого прогнозуючого функціонала.

Перелік посилань

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. – М: ЭНАС, 2009. – 456с.
2. Бурлака В.В., Поднебенная С.К., Дьяченко М.Д. Обзор методов управления активными фильтрами // Вісник ПДТУ. – 2011.
3. Лохов С.М. Энергетические составляющие мощностей вентильных преобразователей: учебное пособие / С.М. Лохов. – Челябинск : ЮУрГУ. – 1999. – ч.1. – 106 с.
4. Juan YY. Dixon, Sebastian Tepper M., Luis Moran T. Analysis and evaluation of different modulation techniques for active power filters // IEEE. – Chile, 1994. – 5/94 – С. 894–900.
5. Патент №UA 44892U. Спосіб векторного регулювання струму на стороні змінного струму трифазного чотириквadrантного перетворювача / О.В. Волков, В.О. Волков, М.Л. Антонов – МПК (51) H02P 7/00, H02P 21/00.
6. Домнин И. Ф. Полупроводниковые компенсаторы неактивных составляющих полной мощности [Текст] : автореф. дис. ... д. техн. наук: 05.09.12 / Домнин Игорь Феликсович ; Национальный технический университет – Х., 2008. – 36 с.

Грицьков А.С. студент гр..ЕПАм-09

Науковий керівник д.т.н., проф. Сінолиций А.П., професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

(Державний ВНЗ "Криворізький національний університет", м. Кривий Ріг, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕВАГ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ МАНЕВРНОСТІ

Сучасний стан видобутку корисних копалин відкритим способом характеризується значним ускладненням гірничотехнічних умов розробки. Загальною тенденцією розвитку відкритих гірничих робіт є збільшення глибини кар'єрів, що приводить до зменшення параметрів робочих площадок.

У зв'язку з цим, технічні характеристики транспортних машин, що експлуатуються, насамперед, величина радіусу повороту при постановці самоскидів під екскаватор, не відповідають новим вимогам, які виникають внаслідок зменшення ширини робочих площадок.

Відомі методи підвищення ефективності роботи кар'єрних самоскидів в стисених умовах потребують значних фінансових вкладень, які можуть бути окуплені через великі строки.

У той же час, на кар'єрах Криворізького регіону основу технологічного автотранспорту складають самоскиди вантажопідйомністю 120-136 т, у яких використовується трансмісія на змінному струмі.

До недавнього часу створення електромеханічної трансмісії змінного струму стримувалось неможливістю створення необхідної маси та габаритів надійних перетворювачів тягової потужності. Поява на ринку силових IGBT-модулів відкрило нові можливості побудови системи тягового електроприводу на основі силового перетворювача частоти та двигуна змінного струму.

У сучасних електроприводах змінного струму застосовується векторне управління. Це забезпечує ряд переваг у порівнянні з приводами постійного струму за схемою «генератор-двигун» з послідовною обмоткою збудження двигуна.

- відсутність механічного колектора в тягових двигунах;
- електричне гальмування із заданим моментом до нульової швидкості;
- відсутність силової контактної апаратури, яка виробляє механічні перемикання в схемі при переході з тягового режиму в режим гальмування і назад;
- можливість стоянки завантаженого самоскида на ухилі з електричним гальмом без накладення механічного гальма;
- використання електричного диференціалу за рахунок незалежного управління обертанням ведучих коліс.

Алгоритм векторного управління асинхронного двигуна за частотою його напруги базується на обчислюванні миттєвої амплітуди та фази результуючого вектора магнітного потоку з переводом математичної моделі електроприводу у ортогональну систему координат, що обертається, одна вісь якої орієнтована за напрямом результуючого вектора потокозчеплення ротора.

Будова електромеханічної трансмісії та алгоритм управління асинхронного двигуна кар'єрного самоскиду дозволяє змінювати крутний момент, швидкість та напрям обертання тягових електродвигунів окремо правого та лівого бортів.

У зв'язку з цим, одним із способів зменшення радіусу повороту кар'єрних самоскидів може бути поєднання повороту за рахунок передніх керованих коліс та приму-

сового безступінчастого регулювання обертання ведучих коліс, що дозволить зменшити радіус повороту.

Зазначена можливість може бути реалізована при налагодженні та програмуванні за допомогою окремого модулю системи керування тяговими електродвигунами.

Розробка алгоритму роботи електронного блоку примусового управління поворотом є необхідною для вирішення актуального для гірничо-видобувної галузі завдання щодо підвищення маневреності кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією, які працюють у стиснених умовах.

Гула А.С. студент гр. ЕМ-13-2м

Науковий керівник: Шокар'юв Д. А., старший викладач кафедри СЕЕМ

(Державний ВНЗ "Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського", м. Кременчук, Україна)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ДУГИ В ДУГОВІЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНІЙ ПЕЧІ ЗМІННОГО СТРУМУ

Вступ. Навантаження ДСП безперервно-циклічне, тому вона є причиною виникнення коливань напруги, несиметрії і несинусоїдальності струмів і напруги – це призводить в свою чергу до погіршення режиму енергоспоживання. Ефективним напрямом вирішення цієї проблеми є розробка автоматизованої системи керування режимом енергоспоживання, що в свою чергу дозволить скоротити електричні і теплові втрати. Ефективна робота ДСП без досконалих систем автоматичного управління (САУ) переміщенням електродів неможлива. Для побудови СУ для ДСП є важливим аналіз параметрів горіння електричної дуги під час плавлення, тому об'єктом дослідження в роботі є процес горіння і дослідження параметрів електричної дуги в умовах сталеплавильного виробництва.

Мета роботи. Реалізація математичної моделі електричної дуги в дуговій сталеплавильній печі, з використанням пакету MATLAB, з метою аналізу параметрів її горіння та забезпечення побудови ефективної системи управління опускання електродів печі.

Матеріал і результати дослідження. Регулювання режимами ДСП здійснюється в основному шляхом зміни довжини електричної дуги, а з нею і струму. Для побудови електричних характеристик розглянемо схему заміщення електричної дугової установки, яка представлена на рисунку 1. При цьому ДСП вважають симетричною 3-х фазною системою, тому схему заміщення можна побудувати для однієї фази відносно сторони низької напруги пічного трансформатора.

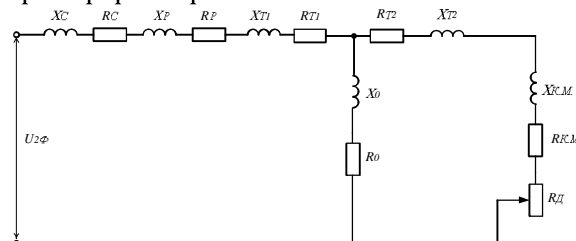


Рисунок 1 – Схема заміщення дугової печі ДСП

Представлені на схемі активні та індуктивні опори R і X характеризують відповідні опори вторинного струмопроводу і пічного трансформатора. Змінний опір дуги позначений параметром R_D . Опір дуги, являє собою нелінійну характеристику, яка залежить від багатьох факторів, а саме: різниці потенціалів між електродами, відстані дугового проміжку, конфігурації електродів, часу дугового проміжку, провідності дуги, тому для побудови математичної моделі була застосована модель "чорна скринька", що визначається як модель, в якій залежність між вхідними та вихідними сигналами описано, без урахування фізичних процесів, що лежать в основі. Запропонована модель складається з моделі електричної мережі, дуги та навантаження. В роботі було розглянуто декілька варіантів побудови моделей електричної дуги. Відомі рівняння електричної дуги: Маяра, Кема, Кессі, Шварца. Для наступного дослідження була обрана модель Кессі, так як за її допомогою можна аналізувати більш високі струми електричної дуги і яка має, наступні припущення: втрати тепла залежать від потоку дуги (конвекція

втрат); втрати тепла та електричної провідності пропорційні площі поперечного перерізу поверхні електрода. Модель дуги Кессі описується диференціальним рівнянням (1).

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{d \ln g}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot \left(\frac{U^2}{U_c^2} - 1 \right) \quad (1)$$

В пакеті MATLAB, за допомогою блоку Simulink була реалізована модель ДСП з моделю дуги Кессі рис. 2, що досліджує вольт-амперні характеристики електричної дуги.

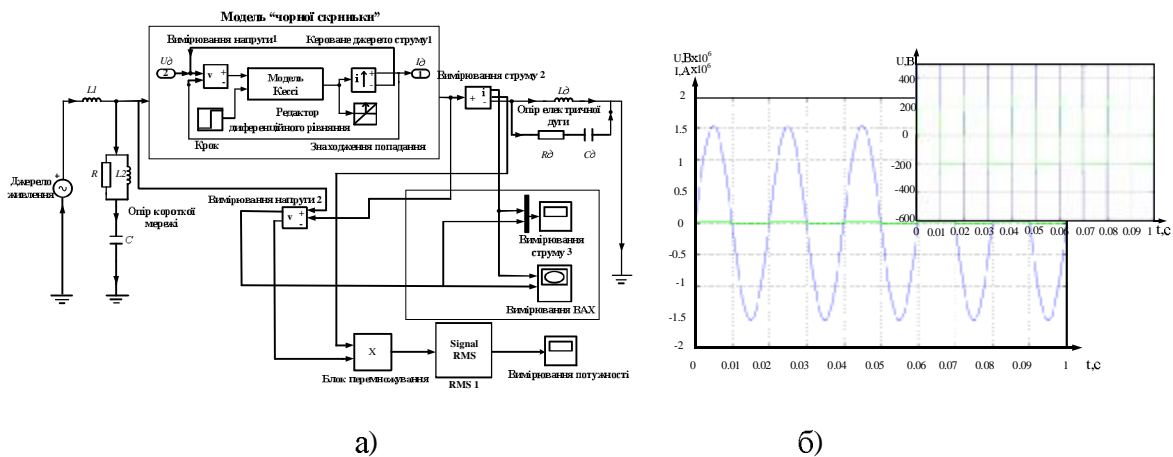


Рисунок 2 – Модель ДСП з моделю дуги Кессі на прикладі тестового електричного кола (а), графік залежності струму та напруги електричної дуги від часу плавлення (б), при $U_c = U_{min} = 200\text{А}$ (б)

При моделюванні змінним параметром є U_c (постійна напруга дуги). Було проведено декілька експериментів при однаковій довжині дуги. На рис. 2 представлені графіки залежностей струму та напруги електричної дуги від часу плавлення з урахуванням поздовжніх і поперечних параметрів короткої мережі і елементів ДСП, при $U_c = U_{min} = 200\text{А}$.

Висновки. Результати моделювання в повній мірі відповідають теоретичним висновкам процесу горіння електричної дуги. В ході моделювання було встановлено, що розроблена модель дозволяє отримати чітку картину відносно енергетичних процесів, які виникають в дугових сталеплавильних печах в процесі горіння електричної дуги. На основі цієї моделі можлива побудова системи автоматичного управління механізмом опускання електродів ДСП, вхідним параметром одного із сигналів управління, якої буде величина струму та напруги електричної дуги.

Перелік посилань

1. Лапшин, І.В. Автоматизація дугових печей: ЕБ / І.В. Лапшин – Видавництво МГУ, 2004 - 165 с
2. Черных В.И. Моделирование электромеханических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. Киев, 2008. – 290с
3. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. – К.: Техника, 1989 – 287с.

Данилашик А.В., студент гр. ВДЕ-13м, ЕЕС – 12 – 2

Научный руководитель: Гребенюк А.Н., к.т.н., доцент кафедры «Відновлювальні джерела енергії»

(ГВУЗ “Національний горний університет”, м. Днепропетровск, Украина)

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА И СПОСОБ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Вступление: Природный солнечный свет жизненно необходим для обеспечения физического и психологического здоровья человека. Если в помещениях недостаточно естественного солнечного света, то излишнее применение искусственного освещения может вызвать серьезный дисбаланс, излученное традиционными лампами (люминесцентные и нитью накаливания) [1,2].

Поставленная проблема: найти альтернативный источник света, для снижения вреда на организм человека.

Раскрытие проблемы:

- применение источников альтернативной энергии, для снижения вреда на организм человека;
- ввести меры по замене энергосберегающих люминесцентных ламп, потому что они могут стать причиной мигреней и приступов эпилепсии. А невидимая невооруженным глазом пульсация люминесцентной лампы, возникающая из-за колебаний в подаваемом напряжении, стаёт причиной отрицательного влияния на мозг и утомляемость зрения, вызывая повышенную утомляемость и плохое самочувствие [2].

Цель: Достичь снижений отрицательного влияния от света на организм человека. Что бы не допустить ухудшения зрения, а также снижения состояния стрессовых нагрузок и избавиться от стробоскопического эффекта от люминесцентных ламп.

Для исследования выбрали аудиторию кафедры «Возобновляющиеся источники энергии» 1/31, в которой проводилось исследование по замеру освещённости. Замеры искусственного и естественного освещения проводились контрольно измерительным прибором ДТ-1308-Люксметр [3], на высоте равноудалённой от потолка на 2,9м в верхней точке учебных парт на горизонтальной плоскости.

1. Замер искусственного освещения проводился, придерживаясь нормативным гостированным требованиям [1]. Аудитория с параметрами $a \times b \times h$, $7 \times 10 \times 4$, где a – ширина; b – длина; h – высота. Для измерений выбрано 15-ть точек на высоте от пола 1,1м, которые равноудалённые друг от друга. Условия замирения вечернее время суток для точных измерений искусственного освещения. Освещение соответствует стандартам (Европейский стандарт 300-500 люкс). План аудитории и пример замирения искусственного освещения показано на (рис.1.). Достоинства и недостатки люминесцентных ламп и с нитью накаливания (табл.1.) ГОСТ Р МЭК 60081-99, ГОСТ Р МЭК 61195-99 (табл.1.) [4].

Достоинства и недостатки люминесцентных ламп и с нитью накаливания Табл. 1.

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
Высокая световая отдача	Повышенная шумность работы лампы
Малая себестоимость	Вредные для зрения пульсации светового потока
	Содержание вредных для здоровья веществ
	Нагревает окружающую среду

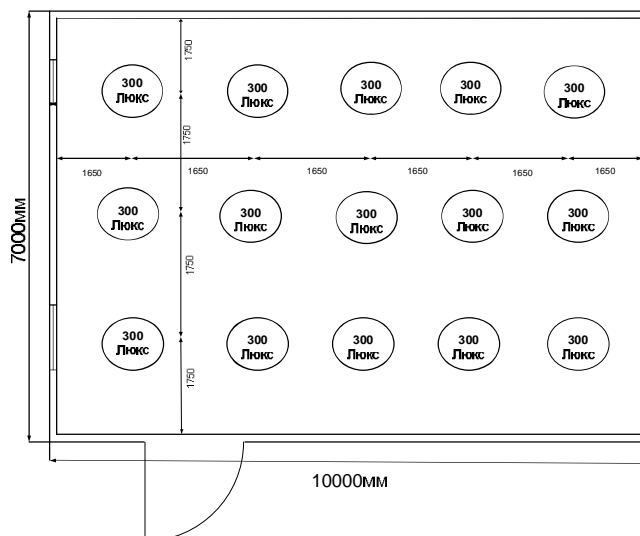


Рис. 1. План аудитории и мониторинга искусственного освещения

2. Замер естественного освещения проводился, придерживаясь нормативным гостированным требованиям [1]. Аудитория с параметрами $a \times b \times h$, $7 \times 10 \times 4$, где a – ширина; b – длина; h – высота. Для измерений выбрано 15-ть точек, которые равноудалённые друг от друга на высоте 1,1 м от пола. Условия измерений дневное время суток 10 часов дня, погода пасмурная с отключенным освещением в аудитории, для точных измерений естественного освещения. План и пример замирения естественного освещения приведено на (рис.2.).

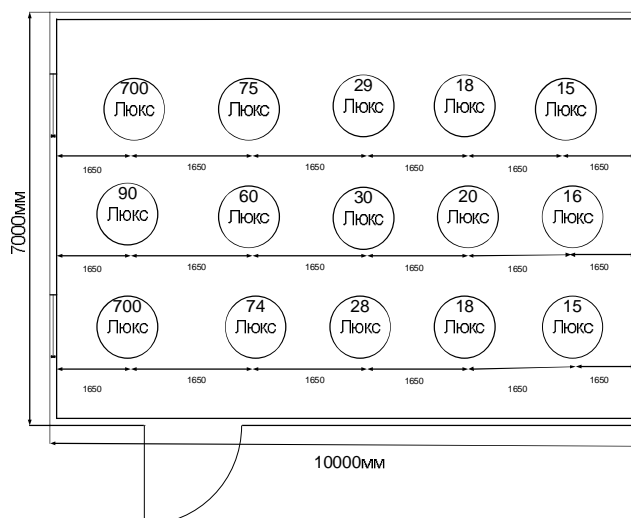


Рис.2. План аудитории и мониторинга естественного освещения

Данное исследование показало, что естественного освещения не хватает для обеспечения нормальных условий для учебного процесса. Так как правила СНИП 23-05-95 [1] естественного и искусственного, гласят о том, что помещения для учебного процесса должно быть обеспечено освещением не меньше чем 300 люкс. Из проведённых исследований определено, учебное помещение не обеспечивает нормальное условие для хорошей работоспособности.

Перечислив преимущества и недостатки традиционного освещения, внедряем альтернативный источник солнечного света световод Lightvay Silver [5].

Преимуществом этой системы является: качество светопередачи, задержка вредного ультрафиолетового излучения, не нагревает воздух окружающей среды, отсутствие стробоскопического эффекта, экономия финансов.

Вывод: природный солнечный свет необходим для обеспечения физического и психологического здоровья человека.

Литература

1. Естественное и искусственное освещение СНИП 23-05-95/ Под ред. И.А. Шмаров к.т.н., В.А. Земцов и др., Москва 2011г.
2. Научно–исследовательский институт Охраны труда г. Иваново http://www.niiot.su/?option=com_content&view=article&id=46
3. Руководство по эксплуатации ДТ-1308 <http://www.labprice.ua/files/22/DT-1308.pdf>
4. Преимущества и недостатки люминесцентного ламп и нити накаливания: http://www.eltsnab.ru/upload/15-catalog_svet_528-530.pdf
<http://elektri4estwo.ru/osveshenie/18-lampa-nakalivaniya.html>
5. Свет <http://lightway.iricond.ru/lightwayrus.pdf>

Дидевич Е. А. студентка гр. АУ-13м

Научный руководитель: Азюковский А.А., к.т.н., доцент кафедры электропривода
(ГВУЗ "Национальный горный университет", м. Днепропетровск, Украина)

ПОВОРОТ ЛОПАСТИ ВЕТРОКОЛЕСА КАК МЕХАНИЗМ СТАБИЛИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ГЕНЕРАТОРА

С развитием возобновляемых источников энергии стали актуальны вопросы максимального получения энергии при низких затратах. Проблема получения высокого качества энергии особенно актуальна для ветровых генераторов. Так как скорость ветрового потока постоянно изменяется, то для получения высоких энергетических показателей необходима система управления, которая обеспечит стабильность выходной мощности.

Что бы регулировать выходную мощность ветрогенератора используем механизм поворота лопасти на основании электропривода. Приведем формулу мощности, которую ветровой поток отдает ветроколесу:

$$P = 0.49 \cdot C_p \cdot (\lambda, \delta) \cdot D^2 \cdot V_w^3 \quad (1)$$

Где

C_p – коэффициент мощности ветроколеса, который зависит от быстроходности λ и установочного угла δ между плоскостью вращения ветроколеса и крылом

D - диаметр ветроколеса

V_w - скорость ветра

Быстроходность определяется (2), как отношение окружной скорости вращения конца лопасти к скорости ветра

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V_w} \quad (2)$$

причем окружная скорость лопасти равна произведению угловой скорости вращения ω на радиус ветроколеса R .

Теперь рассмотрим принцип работы ветроколеса. На плоскость (лопасть) расположенную под некоторым углом α , называемым углом атаки, к направлению воздушного потока действует некоторая сила F , эта сила состоит из следующих составляющих: подъемной силы F_y и силы сопротивления F_x .

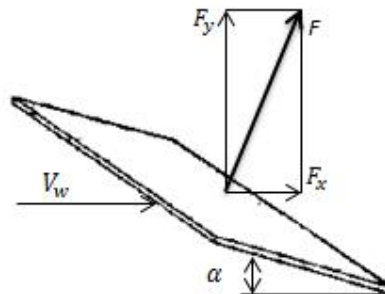


Рисунок 1 - Подъемная сила, действующая на плоскость под углом α

Подъемная сила выполняет полезную работу, приводя во вращение ветроколесо в плоскости, перпендикулярной направлению воздушного потока.

Таким образом, изменяя угол атаки можно изменять подъемную силу лопасти, что приводит к изменению скорости вращения ветроколеса и как следствие изменению быстроходности и коэффициента мощности. Результатом чего станет изменение мощности, которую ветровой поток отдает ветроколесу и как следствие генератору, то есть изменяя угол атаки можно поддерживать мощность на постоянном уровне.

Перечень ссылок

1. Сокольский, А. К. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. [Текст]: Учебн. пособ. / А.К. Сокольский. – М.:Москва, 2006. – 104 с.

Заць А.О., студент гр. ЕПА-09

Науковий керівник: Сьомочкин А.Б., к.т.н., доцент кафедри АЕМСПТ

(Державний ВНЗ "Криворізький національний університет", м. Кривий Ріг, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ ПУСКУ 2-ФАЗНОЇ СИСТЕМИ БПЧ-АД

У літературних джерелах [1] обґрунтована доцільність використання системи БПЧ-АД для кар'єрного екскаваторного електропривода, через наступні причини:

- необхідність зниження втрат енергії в циклі (високий ККД системи БПЧ-АД за рахунок однократного перетворення електричної енергії);

- ефективність енергоспоживання, зниження витрат на електроенергію (можливість вільного обміну енергією між двигуном і мережею живлення, рекуперація енергії в мережу без додаткових пристроїв);

- забезпечення високої якості регулювання в динаміці, зниження зношування механічного обладнання (плавне регулювання амплітуди і частоти основної гармоніки вихідної напруги);

- підвищення надійності екскаваторного двигуна для зменшення простою екскаваторів у результаті витрат часу на обслуговування щітково-колекторного вузла двигунів постійного струму.

Враховуючі вищевказане, є нагальна необхідність у поглибленому дослідженні системи БПЧ-АД за допомогою математичного моделювання динамічних процесів, для перевірки можливості використання БПЧ-АД саме для екскаваторного електропривода, тому що у [1] наведені загальні ствердження про раціональність впровадження системи БПЧ-АД, без серйозних наукових обґрунтувань.

Тому для вирішення вказаної задачі була розроблена програмна модель у Матлабі для дослідження системи БПЧ-АД. Тут прийнята 2-фазна система БПЧ-АД, тому що в [2] показано, що в корпусі двигунів типу ДЕ для забезпечення колишньої потужності можливо вмонтувати обмотки із ротором тільки для 2-фазного варіанту АД. Більше того, 2-фазний варіант БПЧ потребує меншу кількість силових вентилів, а отже – буде значно дешевшим.

Як відомо, принцип роботи безпосереднього перетворювача частоти можна усвідомити за допомогою тиристорних перетворювачів напруги постійного струму. Якщо взяти реверсивний мостовий перетворювач постійного струму, і на вхід його СІФК подавати, припустимо, сигнал керування синусоїдальної форми, то при лінійній характеристиці вхід-вихід перетворювача ми повинні отримати вихідну напругу, перша гармоніка якої відповідає вхідному сигналу керування. Відповідно, зміна частоти й амплітуди синусоїдального вхідного сигналу реверсивного перетворювача напруги постійного струму повинна призвести до відповідної зміни частоти й амплітуди першої гармоніки вихідної напруги зазначеного перетворювача. За аналогією стає ясно, що 2-фазна система синусоїдальних напруг (разом з вищими гармоніками) формується із двох реверсивних перетворювачів напруги постійного струму, на входи яких подаються синусоїдальні сигнали керування с фазовим зсувом величиною 90 ел. град.

Нижче (рис. 1) наведена програмна модель 2-фазної системи БПЧ-АД, побудована у Матлабі, а результати моделювання на вказаній моделі наведені на рис. 2, 3. Видно, що результати моделювання на перший погляд адекватні, і отриману модель можна використати для дослідження характерних режимів екскаваторних електроприводів.

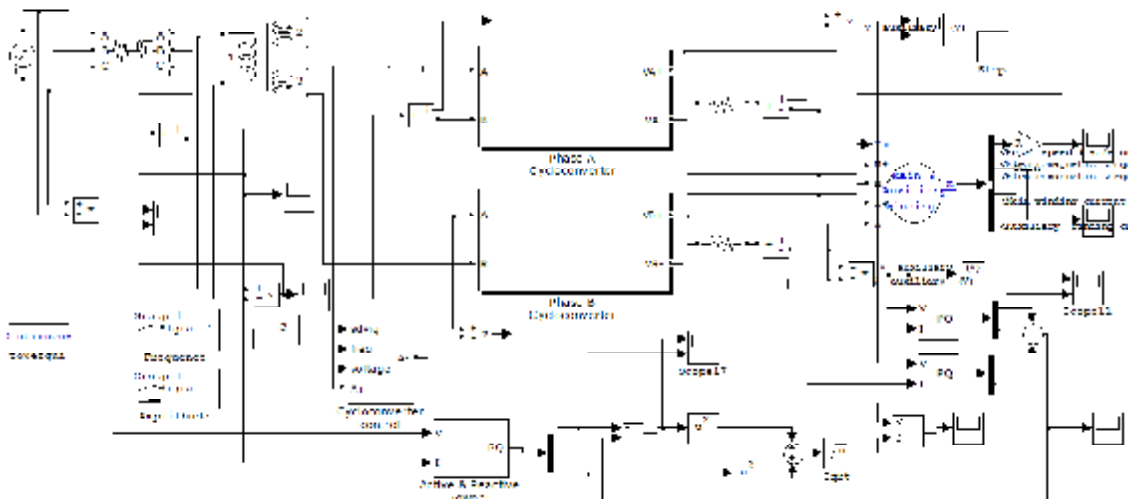


Рис. 1. Програмна модель для дослідження динаміки 2-фазної системи БПЧ-АД

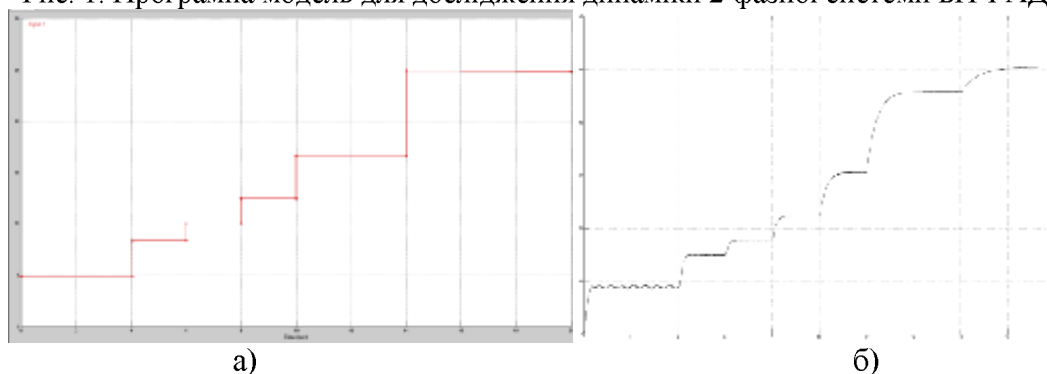


Рис. 2. Сигнал завдання частоти (а) та швидкість (б) при ступеневому пуску БПЧ-АД

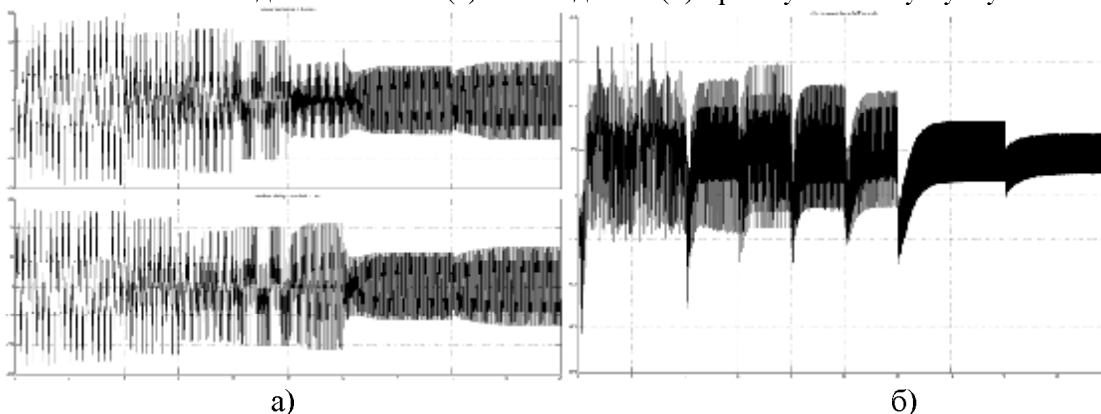


Рис. 3. Струми статора (а) та електромагнітний момент (б) 2-фазної системи БПЧ-АД при ступеневому розгоні

Перелік посилань

1. Новый взгляд на экскаваторный электропривод В.В.Сафoshин, гендир. ОАО «Рудоавтоматика» А.Я. Микитченко, чл.-кор. АЭН РФ, д. т. н., проф., директор по научной работе ОАО «Рудоавтоматика» С.Г.Гладких, начальник отдела стандартизации и качества ОАО «Рудоавтоматика» Журнал "Горная Промышленность" №4 2004
2. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Качалиной Е.В., выполненной на кафедре электромеханики Московского энергетического института в 2010 году.

Захаров В.Ю., аспирант

Научный руководитель: Синчук О.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте
(Государственный ВНЗ «Криворожский национальный университет» г. Кривой Рог, Украина)

ПРЕДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ УГЛА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕРТОРОМ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие тяговых электроприводов для внутри шахтного транспорта с высокими технико-экономическими показателями, основой которого являются синхронный двигатель и полупроводниковый (вентильный) преобразователь. К ним относятся реактивно-индукторные (РИД) и вентильные двигатели (ВД) на базе синхронных двигателей (СД) с электромагнитным возбуждением или с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ)[1].

Цель работы заключается в определении максимально допустимого угла управления инвертором в режимах регулирования скорости выше номинальной, позволяющего обеспечить максимальную скорость вращения вентильного двигателя и максимальную производительность технологического оборудования при известном моменте нагрузки двигателя.

Интенсивное применение вентильных двигателей (ВД) с высокими технико-экономическими показателями, основой которого являются и полупроводниковый преобразователь и синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов требует пристального изучения его свойств и возможностей. Скоростные характеристики ВД подобны характеристикам систем с двигателями постоянного тока смешанного возбуждения, в котором щетки сдвинуты с геометрической нейтрали на угол, аналогичный углу опережения управления инвертором. Работа ВД со скоростью выше номинальной достигается увеличением угла опережения инвертора при постоянном потоке возбуждения[1].

Уравнения скоростной и механической характеристик ВД с учетом повторяемости процессов (квазиустановившихся процессов) [2], при которых периодически с частотой вращения ротора переключаются фазы инвертора с повторением начальных условий, и с учетом того, что инвертор выполняется как на тиристорах, так и на IGBT – транзисторах угол коммутации инвертора принимаем равным нулю. Тогда, уравнение статической характеристики запишется в виде:

$$\omega = \frac{U_{dm} - I_d R_s}{K_f \cos \beta + I_d L_\Sigma}$$

В формуле приняты следующие обозначения: U_{dm} – напряжение в звене постоянного тока преобразователя; I_d – ток в звене постоянного тока преобразователя; R_s, L_Σ – активное сопротивление и индуктивность соответственно двух последовательно соединенных обмоток фаз статора; β – угол опережения управления инвертором; K_f – магнитный поток полюса синхронного двигателя.

При работе ВД в режимах на скорости выше синхронной, форма кривой ЭДС, амплитуда, частота пульсаций и гармонический состав в звене постоянного тока зависят от угла управления β опережением инвертором. Увеличения угла опережения β управления инвертором, что соответствует ослаблению потока возбуждения, однозначно приводит к росту скорости (Рис. 1) вращения только в том случае, когда момент нагрузки на валу двигателя обратно пропорционален скорости, то есть нагрузка с постоянной

мощностью $P_C=const$. При постоянном моменте ($\mu=const$), скорость будет увеличиваться только до достижения угла управления β определенного значения.

Результаты расчетов показывают, что при увеличении угла опережения β управления инвертором с увеличением скорости вращения холостого хода уменьшается жесткость характеристик (Рис 1). При дальнейшем увеличении угла β начинается снижение скорости вращения, так как в случае $\mu=const$ снижение потока (увеличении угла β) приводит к увеличению тока $i=\mu/\cos\beta$, а значит, к увеличению падения напряжения на сопротивлениях, приведенных к звену постоянного тока.

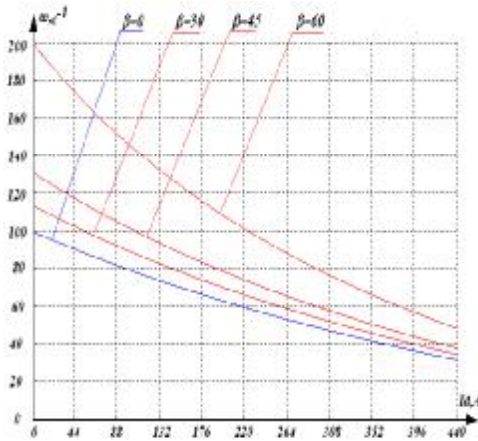


Рис. 1 Статические характеристики ВД

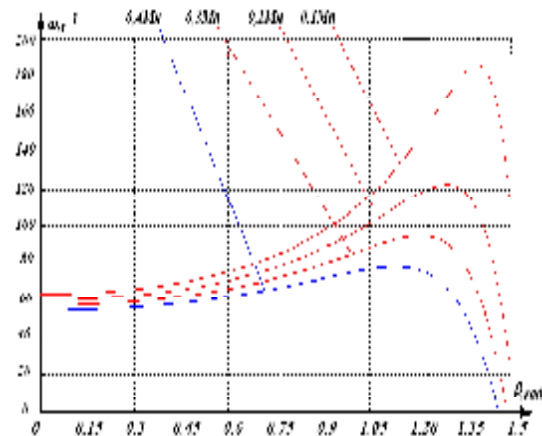


Рис 2. Зависимость $\omega(\beta)$ при $M=const$

Начиная с некоторого значения угла управления β , в процессе его увеличения, рост скорости холостого хода идет медленнее, чем скорость обусловленная падением напряжения из-за увеличения тока. Решением уравнения будет значение $\cos\beta$, при котором достигается максимальная скорость вращения v_{MAX} :

$$\cos\beta_{v_{MAX}} = \frac{\mu}{u} + \sqrt{\frac{\mu^2}{u^2} + \mu T_0}; \quad v_{MAX} = \frac{u(\mu + \sqrt{\mu^2 + \mu T_0 u})}{\frac{2\mu^2}{u} + \frac{2\mu\sqrt{\mu^2 + \mu T_0 u}}{u} - \mu T_0}$$

Выводы. Статические характеристики ВД имеет вид характеристик двигателей постоянного тока смешанного возбуждения. При снижении скорости поток возбуждения ВД остается постоянным в отличие от двигателя смешанного возбуждения. Жесткость характеристик ВД определяется величиной индуктивного сопротивления статора СД, на много превышающей индуктивность витка якорной обмотки двигателей постоянного тока, которой пренебрегают при расчетах статических характеристик. Определена зависимость максимально допустимого угла управления инвертором ВД и достижимой максимальной скорости вращения при постоянном моменте нагрузки.

Список используемой литературы

1. Фрумин В.Л., Радзищевский Ю.А., Казначеев В.А. Исследование рабочих свойств бесконтактного вентильного двигателя постоянного тока с учетом режима инвертирования. -В кн. Бесконтактные электрические машины, вып. 17. Рига: 1978, с.54-66.
2. Захаров В.Ю. Тытюк В.К Захарова Е.Б., Статические характеристики вентильного двигателя с вертикальным принципом управления инвертором. Деп. рукопись УКР-НИИТИ 09.02.87, N657-Ук87.
3. Фигаро Б.И. Работа трехфазных вентильных двигателей переменного тока при скорости выше основной. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Випуск 4/2011 (16) 12-16с.

Івашкин О.С., студент гр. ЕПА-09

Науковий керівник: Федотов В.О., ст. викладач кафедри АЕМСПТ

(Державний ВНЗ "Криворізький національний університет", м. Кривий Ріг, Україна)

АКТУАЛЬНІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 2-ФАЗНОЇ СИСТЕМИ ЕП «ПЧ-АД ІЗ ШІМ» УЧБОВОМУ ПРОЦЕСІ

У наш час у промисловості та транспорті спостерігається тенденція все більшого і більшого впровадження перетворювачів частоти до асинхронних електроприводів, враховуючи понад усе значний ефект від економії електроенергії. Якщо для механізмів вентиляторів та насосів це майже не викликає сумнів через значні втрати енергії на шиберах, засувках, та ін., то впровадження ПЧ на інших механізмах іноді викликає питання. Так, при більш детальному розгляді особливостей [1] експлуатації частотно - регульованого електроприводу, навіть якщо не враховувати особливостей конкретного технологічного процесу, на поверхню спливають ряд нюансів.

1. Ресурсомісткість і енергоємність електроприводу визначається двома обернено пропорційними складовими (ресурсо і енергоємність перетворювача частоти і ресурсо і енергоємність двигуна).

2. Реальна енергоємність перетворювача частоти залежить від багатьох факторів (росте при збільшенні частоти комутації вентилів інвертора, навантаження, змінюється при коливаннях напруги живлення тощо), в той час як дані, що надаються виробниками, наводяться лише для конкретних (напевно « сприятливих ») умов.

3. Для оцінки ресурсомісткості та енергоємності електродвигуна при його живленні від перетворювача частоти необхідно мати дані про гармонійний склад струму двигуна, залежного від f комутації ПЧ, про рівень комутаційних перенапруг і про ступені захисту обмотки від термо-вібромеханічних ушкоджень, які, по «незрозумілих» причин не надаються виробниками.

4. Експлуатація перетворювачів частоти без вхідних фільтрів, з одного боку, призводить до зниження електромагнітної сумісності, а також надійності роботи перетворювачів, а з іншого - забезпечує більш високий ККД і кращі масогабаритні показники.

5. Експлуатація перетворювачів частоти з вихідними фільтрами, з одного боку, забезпечує зниження енергоємності та підвищення терміну експлуатації двигуна, а з іншого - призводить до збільшення втрат в перетворювачі і погіршення масогабаритних показників.

Таким чином, можна сказати, що стосовно вибору систем ПЧ-АД потрібно серйозно підходити до методики контролю енергетичних параметрів, що дозволило б адекватно оцінювати їх ефективність в різній комплектації з урахуванням зміни налаштувань параметрів у всьому діапазоні навантаження.

Враховуючи все це, стає зрозумілим, що, незважаючи на широке впровадження ПЧ в практику (яке в перспективі буде тільки наростати) актуальність завдання з дослідження режимів роботи систем ПЧ-АД залишається як і раніше високою, насамперед в енергетичному аспекті.

З цієї причини актуальним є і дослідження студентами системи ПЧ-АД в лабораторних умовах. Для цього необхідно мати лабораторний стенд з цією системою. Його можна побудувати на основі промислового ПЧ, тим більше що на ринку є великий вибір малопотужних ПЧ порівняно невеликої вартості. Однак готові ПЧ мають невисоку гнучкість для експериментальних досліджень. Так, для оцінки енергетичних показників необхідно змінювати частоту комутації. Вона в ПЧ є фіксованою, а фірми-виробники зазвичай не надають повної документації на ПЧ (з принциповими схемами і

відкритими кодами обчислювальних програм), побоюючись конкуренції. Тому у нас немає ніякої можливості модифікувати програмне забезпечення ПЧ, а значить, зробити його більш гнучким. Для більшої гнучкості експериментів слід було б також передбачити різні закони формування ШІМ (синусоїдальна, прямокутна, трикутна, і т.д.) що в комплектних малопотужних ПЧ також не передбачено.

Електротехнічні компанії на певних умовах навіть готові безкоштовно оснащувати навчальні лабораторії ВНЗ своєю продукцією, в тому числі і ПЧ. У даному випадку треба розуміти, що цілі у компанії і ВНЗ дещо різні. Для компанії найголовніше - просування своєї продукції в промисловість. Тому вони розраховують, що студенти, які працюють з їх обладнанням, просто краще запам'ятають товарну марку їхньої продукції, і коли вони прийдуть на виробництво, вони цю марку при необхідності модернізації виробництва згадають трохи швидше, ніж інші. Тут доречна аналогія з першою любов'ю, яку зазвичай пам'ятають до кінця життя, незважаючи на те, що були і наступні «любові», і трохи краще. З точки зору майбутнього

електроінженера абсолютно все одно, ПЧ якої фірми управляти. Вони все одно управляються приблизно однаково, у них всіх приблизно однаковий набір функцій. Нюанси можуть бути в точності регулювання параметрів, в надійності, у функціональності. ВНЗ ж потрібно, щоб майбутні електроінженери досконало знали особливості роботи систем приводу безвідносно торгової марки, для чого потрібно спеціальне лабораторне обладнання, що має більшу функціональність, ніж стандартні ПЧ. В даний час, враховуючи ажіотаж у впровадженні ПЧ в усі механізми, де потрібно, і де не треба, електротехнічні компанії не схильні виготовляти навчально-промислове обладнання для потреб ВНЗ, тому що дрібні партії унікального обладнання занадто дорого обходяться для них, і вони не бачать необхідності для його виробництва.

Таким чином, стає ясно, що побудова повноцінної лабораторної установки для дослідження енергетики ПЧ-АД залишається виключно справою самого ВНЗ. Самим очевидним варіантом самостійної побудови ПЧ з ШІМ є трифазний ПЧ, однак перевага була віддана двофазному варіанту. По-перше, трифазна система дещо складніше, ніж двофазна, хоча б тому, що потрібно здійснювати два зсуву по фазі між напругою живлення, замість одного. По-друге, в математичному моделюванні симетричних режимів АД велике поширення мають моделі в ортогональній системі координат, що спрощує зіставлення результатів моделювання з результатами експериментальних досліджень двофазних систем ЕП ПЧ-АД. По-третє, для малопотужних двообмоткових АД елементна база ПЧ обійдеться значно дешевше, так як вартість силових ключів дуже залежить від потужності АД. Крім цього, для дослідження енергетичних характеристик слід мати комплект змінних фільтрів з різними параметрами, який також буде значно дешевше, якщо потужність системи приводу буде невисокою.

Перелік посилань

1. П. Д. Гаврилов, к. т. н., доц. каф. електропривода и автоматизации КузГТУ, Автоматизированный частотноуправляемый электропривод – основа энерго- и ресурсосбережения/ Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/stat65p1.html>

Качалка В. Ю., аспірант кафедри СЕЕМ

Науковий керівник: Бялобржеський О.В., к.т.н., доцент кафедри СЕЕМ

(Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МЕТОДА І ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ ОДНОФАЗНОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА

Сучасне покоління повністю керованих, швидкодіючих ключів стало основою для розробки нового виду силових електронних пристроїв – силових активних фільтрів (АФ), які здатні одночасно з високою точністю та швидкодією здійснювати компенсацію споживаної з мережі реактивної потужності, потужності спотворення і симетрувати фазні струми мережі, але в силу принципів їх дії мають обмежену ефективність. Як показано в роботі [1], у залежності від алгоритму керування вентилями перетворювача АФ сам може бути генератором вищих гармонік.

Задача роботи полягає у визначенні механізму та залежностей коефіцієнта викривлення струму активного фільтра від параметрів режиму керування вентилями.

Відповідно до [1-3] виділяють два базових методи керування АФ: релейне регулювання з певною шириною петлі гістерезису; широтно-імпульсне регулювання пилоподібним сигналом певної частоти [1].

Для виконання досліджень синтезовано модель однофазного АФ, транзистори якого керуються підсистемами реалізованими за описаними алгоритмами регулювання відповідно до рекомендацій [3].

Модель АФ складається з однофазного джерела електричної енергії ($U=220\text{В}$, $f=50\text{Гц}$), навантаження ($R_H=10,4\text{Ом}$, $L_H=0,058\text{Гн}$), реактора ($L_P=0,0054\text{Гн}$), автономного інвертора, до складу якого входять чотири повністю керовані транзистори, накопичувального конденсатора ($C_K=0,002\text{Ф}$). Параметри реактора та конденсатора розраховані для мережі і навантаження відповідно до рекомендацій викладених у [4].

У результаті проведення експериментів для пристрою з релейною системою керування (змінювалися I та ΔI) досліджувалися основна гармоніка струму, коефіцієнт гармонік (THD) та частота пульсацій гармонік. Для даної системи керування при $I_1=10\text{А}$, $I_2=50\text{А}$, $I_3=100\text{А}$, змінах $\Delta I=0,01\dots 0,5\text{А}$ були отримані графічні залежності коефіцієнту гармонік від зазначених параметрів (рис. 1).

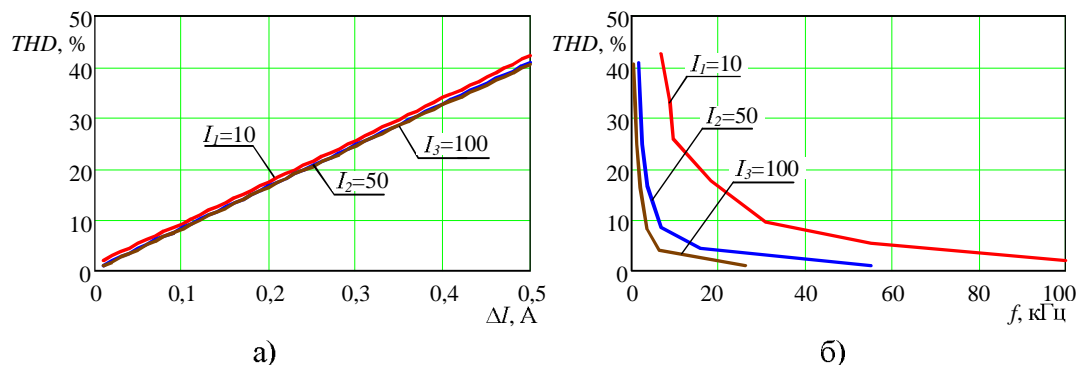


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнту гармонік від зони релейного регулювання (а) та частоти пульсацій гармонік (б)

Лінійність графіку (рис. 1, а) зумовлена аналітичною залежністю [5]. Залежність THD від частоти пульсацій (рис. 1, б) емпірично представлено гіперболічною формою та відповідно апроксимовано.

При роботі пристрою з широтно-імпульсною системою керування змінними покладено: основну гармоніку струму, коефіцієнт підсилення пропорційної складової ПІ-регулятора та частоту модуляції. Відповідно до рекомендацій по вибору параметрів [2] проведено серію експериментів, контролюючи THD . У результаті проведення експериментів побудовані графіки залежності коефіцієнту гармонік від коефіцієнту підсилення ПІ-регулятора і від частоти модуляції при $I_1=10A$, $I_2=50A$, $I_3=100A$ (рис. 2, а).

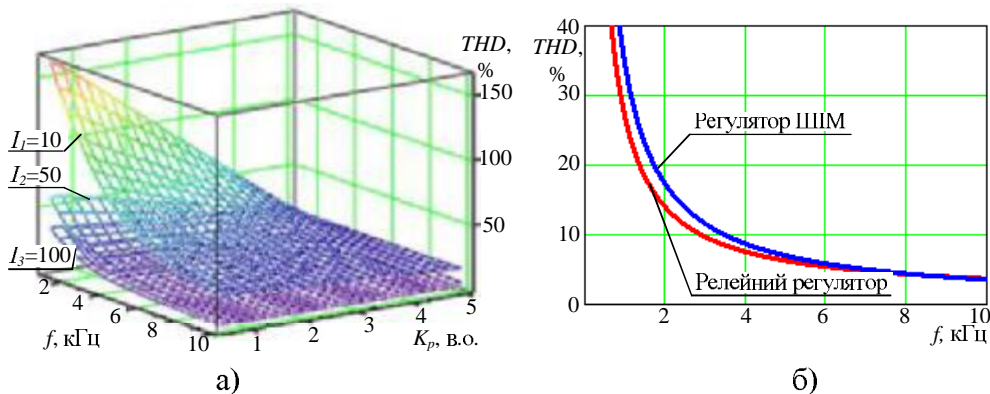


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнту гармонік від коефіцієнту підсилення ПІ-регулятора та від частоти модуляції при $I_1=10A$, $I_2=50A$, $I_3=100A$ (а); залежність коефіцієнту гармонік від частоти модуляції для різних систем керування (б)

Аналізуючи графіки (рис. 2, а), слід відзначити, що залежність THD для різних частот (наприклад, для основної гармоніки струму 10А) на частотах більш 2,5кГц мають установлений характер. Це явище можна прогнозувати і для інших значень струму, але при більших коефіцієнтах підсилення. Таким чином, значне підвищення частоти модуляції при великих значеннях коефіцієнту підсилення не раціональне з позиції зниження THD та підвищення втрат у напівпровідникових елементах.

Для залежності (рис. 2, б), у випадку струму $I_3=100A$ при коефіцієнті регулювання $K_p=0,5$ виконано апроксимацію гіперболічною функцією. На рис. 2, б побудовані залежності THD від частоти вищих гармонійних складових струму, отримані аналітичні залежності для двох варіантів систем регулювання.

Таким чином: залежності коефіцієнту гармонік від частоти модуляції в обох випадках є гіперболічною та знижується з ростом коефіцієнту підсилення у випадку широтно-імпульсного керування, що дозволяє застосовувати це для зменшення частоти модуляції; за умов вибору змінних параметрів керування обидві схеми регулювання можуть бути приведені до однакових умов за параметром коефіцієнту гармонік.

Перелік посилань

1. Juan W. Dixon, Sebastian Tepper M. Analysis and evaluation of different modulation techniques for active power filters. IEEE 1994, Dept. of Electrical Engineering Universidad Catolica de Chile Casilla 306, Santiago, CHILE.
2. Mihaela Popescu. Optimum control strategy of three-phase shunt active filter system, World Academy of Science, Engineering and Technology 58 2009
3. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты/Екатеринбург: УРО РАН, 2000. 654с.
4. Zakis J., Vinnikov D., Laugis J., Rankis I, Feasibility study of flexible systems for reactive power compensation // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» - Київ: ІЕД НАН України, 2010 ч.2, с. 16-21.
5. Жук А.К. Анализ несинусоидальности напряжения в системах с тиристорными преобразователями при наличии коммутационных колебаний / А.К. Жук, Д.А. Жук // Електромашинобуд. та електрообладн.: Міжвід. наук.-техн. зб.-2005.- Вип. 64. - С.37-44

Козлов В.С. аспірант кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Науковий керівник: д.т.н., проф. Сінолиций А.П., професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

(ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна)

ДО ПИТАННЯ ВИМІРЮВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СУЧАСНИМИ ЛІЧИЛЬНИКАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Математичний апарат для обчислення значення реактивної енергії сучасних електричних лічильників може відрізнятись в залежності від виробника. За ідеальних умов мережі (системи напруг та струмів синусоїдні та симетричні) зазначена відмінність ніяким чином не впливає на показники лічильників. Однак існують такі стани електричної мережі живлення, за якими відмінність показників реактивної енергії лічильників різних виробників одного й того ж високого класу точності сягатиме десятків відсотків [1].

Вітчизняними дослідниками запропоновані деякі вдосконалення математичного апарату обчислення реактивної потужності [1] для лічильників реактивної потужності. Більш фундаментальними можна назвати роботи Czarneski [2], які присвячено комплексному аналізу показників електричної мережі живлення.

Зазначені «проблемні» стани електричної мережі викликані такими факторами:

- вищі гармоніки в системах струму або напруги;
- несиметрія систем струму або напруги.

Стосовно першого чинника: до складу реактивної потужності, що обчислюється деякими сучасними цифровими лічильниками, входить складова потужності, викликана вищими гармоніками (потужність спотворення за Budeanu [3]):

$$Q = \sqrt{U_A^2 \cdot I_A^2 - P_A^2} + \sqrt{U_B^2 \cdot I_B^2 - P_B^2} + \sqrt{U_C^2 \cdot I_C^2 - P_C^2}$$

Приклад: є симетрична синусоїдна система напруг та симетрична несинусоїдна система струмів. У такому разі, різниця показань індукційного та зазначеного цифрового лічильників сягатиме декількох разів. Формула реактивної потужності, за якою працює індукційний лічильник, має вигляд

$$Q = (\underline{U}_{BC} \cdot \underline{I}_A + \underline{U}_{CA} \cdot \underline{I}_B + \underline{U}_{AB} \cdot \underline{I}_C) / \sqrt{3}$$

Стосовно несиметрії системи струмів можна привести приклад, запропонований Czarneski [2]: є трифазна трипровідна мережа, до якої підключено трансформатор трикутник/зірка із нульовим провідником у вторинній обмотці. У вторинній обмотці, між однією фазою та нульовим провідником підключене активне навантаження. В такому випадку коефіцієнт потужності, розрахований за показниками вищенаведеного цифрового лічильника, дорівнює 0,866. У той же час, коефіцієнт потужності індукційного лічильника дорівнює 1,0.

Висновки: виконаний аналіз станів мережі живлення є важливим для оцінки ефективності впровадження пристроїв активної та пасивної фільтрації неактивних складових потужності. Очевидно, що більш ефективним є впровадження пристроїв активної фільтрації до мережі з сучасними цифровими електричними лічильниками.

Перелік посилань

1. Давыдов А.С. Особенности измерения полной и реактивной мощности и энергии в электрических сетях / А.С. Давыдов, А.Н. Попенака, В.В. Аникин // Український метрологічний журнал, 2009. - №2. – С. 11–15.
2. Czarneski L.S. Currents' Physical Components (CPC) concept: a fundamental of Power Theory / L.S. Czarneski // Przegląd elektrotechniczny, R84. – 2008. – No. 6. – P. 28-37.
3. The New IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms / [chair Gediminas P. Kurpis]. – IEEE: New York, 1993. – 1619 p.

Кошеленко Є.В., аспірант кафедри систем електропостачання
Науковий керівник: Випанасенко С.І., д.т.н., професор кафедри систем електропостачання

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

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАБІЛЬНІСТЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАГНІТОСТРИКЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Ультразвукова технологічна обробка складним електромеханічним процесом. Її ефективність визначається не тільки ефективністю прямого перетворення електричної енергії в механічну за допомогою п'єзоелектричного чи магнітострикційного перетворювача, але і взаємодією цього перетворювача з навантаженням. Збуджуючи коливання у мийному розчині – при ультразвуковій мийці, чи безпосередньо у матеріалі самої оброблюваної деталі, наприклад, при ультразвуковому різанні, стриктор створює складну картину накладання прямих та відбитих хвиль, при цьому сам отримує імпульси відбитих хвиль від середовища, що піддається обробці. У процесі обробки змінюються параметри оброблюваного середовища: підвищується температура мийного розчину, внаслідок чого змінюється його пружність, в'язкість, кавітаційна активність та інші параметри, при ультразвуковому різанні явно змінюється жорсткість середовища під час проходження загартованого шару металевих виробів. Таким чином, дослідження ефективності передачі енергії від джерела ультразвуку до оброблюваної поверхні вимагає не тільки врахування змін електричних величин у контурі збудження магнітострикційного чи п'єзоелектричного стрижня, але й врахування змін динамічних параметрів самого оброблюваного середовища. Тому актуальним буде дослідження залежності активної потужності коливань у навантаженні від змін параметрів як електричного контура збудження, так і динамічних параметрів самого навантаження.

Метою даної роботи є отримання аналітичних залежностей потужності механічних коливань у навантаженні від його динамічних параметрів.

У попередній роботі [1] було обґрунтовано електричну схему заміщення стриктора з навантаженням, яку доцільно використовувати при аналізі роботи магнітострикційної установки. Схема заміщення з механічним відповідником представлена на рис. 1.

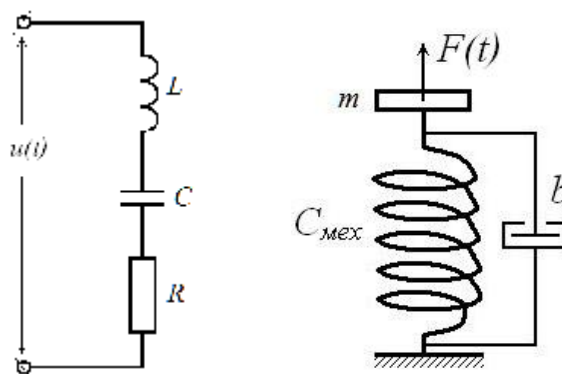


Рис. 1. Еквівалентна схема заміщення магнітостриктора з механічним навантаженням та відповідна механічна схема

Для переходу від механічних величин до їх відповідників було використано наступні співвідношення: $L = \frac{M}{K_1}$, $C = \frac{\omega^2 M}{K_3}$, $R = \frac{\omega \sqrt{b}}{\omega_0 K_2} = \frac{\omega \sqrt{Mb}}{K_2 \sqrt{C_{i\alpha\delta}}}$, де M - маса стриктора з навантаженням, b - динамічна в'язкість навантаження, $C_{i\alpha\delta}$ - еквівалентна жорсткість,

L - еквівалентна індуктивність, R - еквівалентний активний опір, C - еквівалентна електрична ємність, коефіцієнти K_1, K_2, K_3 - дозволяють масштабувати електричні та відповідні їм механічні величини та узгодити їх розмірності.

Перехід від механічної системи до електричної дозволив аналітично отримати відношення активних потужностей, що віддаються стриктором у навантаження, при зміні маси оброблюваних об'єктів під час технологічної обробки.

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{1}{\left[\left(1 - \frac{b^2}{4C_{i\ddot{a}o} M_0} \right) k + \left(\frac{C_{i\ddot{a}o} M_0}{b^2} - \frac{1}{4} \right) \left(\frac{k^2 - 1}{k} \right)^2 \right] \sqrt{k(4C_{i\ddot{a}o} M_0 - b^2)}}.$$

Величини з коефіцієнтом "0" відповідають резонансному режиму роботи стриктора з навантаженням, P_0, P_1 - відповідно активні потужності системи у резонансному режимі та у режимі зі зміненою масою навантаження стриктора. Коефіцієнт k показує відхилення маси навантаження системи від маси навантаження, для якої система була налаштована на резонансний режим ($M_1 = kM_0$).

Побудуємо графічні залежності для відношення $\frac{P_1}{P_0}$ (рис. 2).

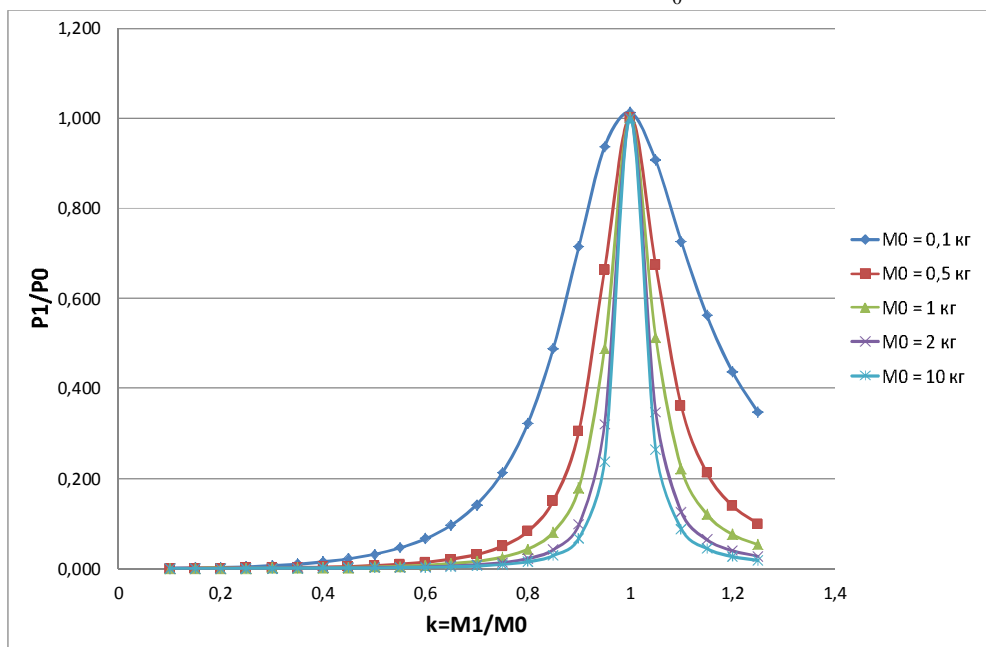


Рис. 2. Вплив зміни маси навантаження на активну потужність, що віддається магніостриктором у оброблюване середовище.

Таким чином, отримана аналітична залежність відношення активних потужностей у навантаженні магніостриктора дозволяє оцінити ефективність використання режимів роботи ультразвукової магніострикційної установки. Графічні залежності активних потужностей вказують на те, що ультразвукові системи, які працюють з масивними навантаженнями є більш чутливими до змін параметрів навантаження і вимагають більш точного налаштування та підтримання заданого режиму роботи.

Перелік посилань

С.І. Випанасенко, Є.В. Кошеленко. Визначення потужності магніострикційної установки з імпульсним струмом [Текст]/ С.І. Випанасенко, Є.В. Кошеленко // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2013. – № 90. – С. 125-129.

Курись Л. В., аспірант кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Науковий керівник: Бялобржеський О. В., к.т.н., доцент кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна)

ОЦІНКА ГРАФІКА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Аналіз електроспоживання є одним з ключових етапів роботи з підвищення енергоефективності. На основі оцінки споживання з'являється можливість розробки і впровадження ефективних технологічних і організаційних заходів з енергозбереження.

Процеси переробки залізорудної сировини займають особливе місце на гірничо-збагачувальних комбінатах України. Так як найбільш енергоємним елементом являється дробильно-збагачувальний комплекс, значна частина експлуатаційних витрат виділяється на подрібнення сировини [1]. Наприклад, річне споживання електроенергії збагачувальної фабрики, які переробляють близько 10 млн. тон руди на рік, перевищує в середньому 800 млн. кВт·год. При цьому в собівартості готового продукту подрібнення становить порядку 55%.

У зв'язку зі збільшенням частки енерговитрат у собівартості продукції гірничо-збагачувальних підприємств питання підвищення енергоефективності мають актуальний характер. Позитивне рішення цих питань можливе за умов якісного аналізу технологічних та енергетичних параметрів процесу виробництва в часі.

На рис. 1, 2 приведені графіки річного споживання електричної енергії та випуску продукції гірничо-збагачувальної фабрики відповідно. Графіки представляють собою випадковий процес, який протікає в часі та формується в результаті спільної дії низки випадкових факторів: завантаження збагачувального комбінату замовленнями, наявність сировини для виробництва продукції, режим роботи підприємства, погодні та кліматичні умови тощо [2].

Одним з найбільш поширених завдань статистичного дослідження являється виявлення зв'язку між випадковими величинами. Зазвичай зв'язок між ними носить не функціональний, а імовірнісний (або стохастичний) характер. При дослідженні стохастичних залежностей використовують кореляційний аналіз, який полягає у визначенні ступеня зв'язку між двома випадковими величинами X і Y . Для оцінки ступеня взаємозв'язку величин X і Y , виміряних в кількісних шкалах, використовується коефіцієнт кореляції – параметр, який характеризує ступінь лінійного взаємозв'язку між двома вибірками та визначається за формулою (1):

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

де x_i , y_i – значення вибірок x та y відповідно для i -го об'єкта, $i = 1, \dots, n$; n – число об'єктів; \bar{x} , \bar{y} – середні арифметичні значення вибірок x та y відповідно [3].

У розглянутому випадку визначався зв'язок масивів даних річного споживання електричної енергії та випуску продукції гірничо-збагачувальної фабрики.

Результати розрахунку коефіцієнта кореляції представлені в табл. 1.

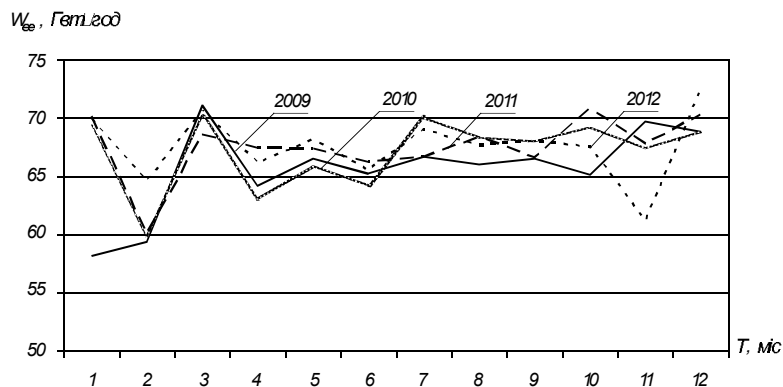


Рисунок 1 – Річне споживання електричної енергії дробильно-збагачувальної фабрики

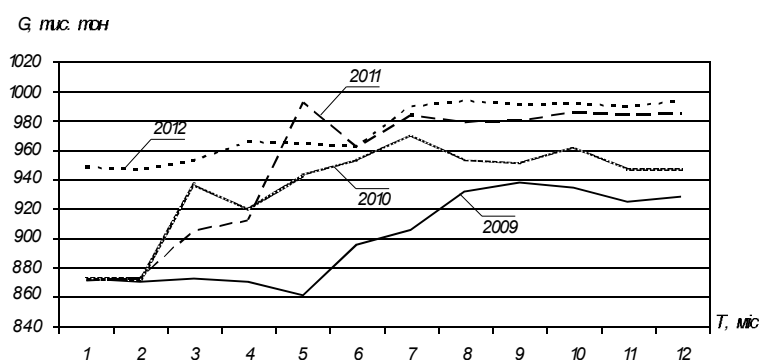


Рисунок 2 – Річний випуск продукції дробильно-збагачувальної фабрики

Таблиця 1

Результати розрахунку коефіцієнта кореляції

Роки	Кореляція споживання електричної енергії			Кореляція випуску продукції		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
2010	0,46			0,62		
2011	0,35	0,79		0,68	0,9	
2012	0,11	0,57	0,49	0,9	0,78	0,85

Як показують результати, масиви величин мають пряму пропорційну залежність. З кожним роком коефіцієнт кореляції випуску продукції підвищується, а коефіцієнт кореляції споживання електричної енергії знижується, що говорить про зниження питомих електровитрат.

Перелік посилань

1. Измельчение. Энергетика и технология: Учебное пособие для ВУЗов / Г.Г. Пивняк, Л.А. Вайсберг, В.И. Кириченко. – М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2007. – 296 с.
2. Севастьянов Б. А. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.
3. Математическая статистика: Учебное пособие для ВУЗов / А.И. Герасимович, Я.И. Матвеева. – Мн.: Изд. «Высшая школа», 1978. – 200 с.

Лазаренко Н.Г., аспірант

Науковий керівник: Бялобржеський О.В., к.т.н., доцент кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук, Україна)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИБОРУ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Застосування когенераційних електростанцій дозволяє ефективно доповнювати ринок енергопостачання, без реконструкції мереж. При цьому значно збільшується якість електричної та теплової енергій. Автономна робота установки дозволяє забезпечити споживачів електроенергією із стабільними параметрами по частоті і по напрузі, тепловою енергією із стабільними параметрами по температурі. Потенційними об'єктами для застосування когенераційних установок виступають промислові виробництва, нафтопереробні заводи, лікарні, об'єкти житлової сфери, газоперекачувальні станції, компресорні станції, котельні і т.д. У результаті впровадження когенераційних електростанцій можливе вирішення проблеми забезпечення споживачів теплом і електроенергією без додаткового будівництва потужних ліній електропередачі і теплотрас. Наближеність джерел до споживачів дозволить значно знизити втрати передачі енергії і поліпшити її якість, а значить, і підвищити коефіцієнт використання енергії природного газу [1].

Застосування подібних пристроїв у системах електропостачання підприємств дозволяє вирішити не тільки локальні проблеми надійності та зниження витрат на електроенергію, але є одним із способів вирішення назрілих в енергетиці країни складнощів. В існуючих умовах споживач для забезпечення надійності електропостачання та зниження плати за електроенергію змушений будувати власні джерела електроенергії.

Позитивна сторона автономного режиму роботи – відсутність отримання та виконання технічних умов від енергосистеми, плати за технологічне приєднання і більш низька вартість електроенергії. Проте скорочується тривалість використання номінальної потужності енергоагрегатів через жорстку залежність миттєвої потужності генератора від графіка електричного навантаження [2].

Основними компонентами будь-якої системи когенерації є: первинний двигун, електрогенератор, система утилізації тепла.

Теплова енергія в міні-ТЕЦ виробляється пропорційно виробленню електроенергії. Приблизно на 1 кВт електроенергії виробляється 1,2–2 кВт теплоенергії, відповідно для стабілізації тепlopостачання в години мінімального завантаження турбіни міні-ТЕЦ додатково комплектується піковою котельнею, яка забезпечить якісне тепlopостачання в необхідному обсязі незалежно від завантаження мікротурбіни установки [3].

Розрізняють когенераційні системи на базі газотурбінних і газопоршневих установок, мікротурбін. Рідше використовуються двигуни, що працюють на дизельному паливі. ККД різних типів когенераційних установок представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

ККД когенераційних установок

Вид когенераційної установки	Електричний ККД, %	Тепловий ККД, %
Газотурбінна установка	39	75
Мікротурбінна установка	35	50
Газопоршнева установка	40	50

Газопоршневі установки отримали широке застосування в енергетиці за рахунок тенденції використання газу як більш дешевого палива (як природного, так і альтернативного) і відносно екологічно безпечнішого з точки зору викидів з вихлопними газами [4].

Собівартість електроенергії, виробленої когенераційною установкою з газопоршневим двигуном в 9 разів менше собівартості електроенергії, виробленої когенераційною установкою з дизельгенератором, в 1,7 разів менше собівартості електроенергії виробленої когенераційною установкою з газотурбінним двигуном і на 55% і більше нижче ціни електроенергії, пропонованої централізованими системами. На рис. 1. зображена залежність витрати газу від завантаженості установки.

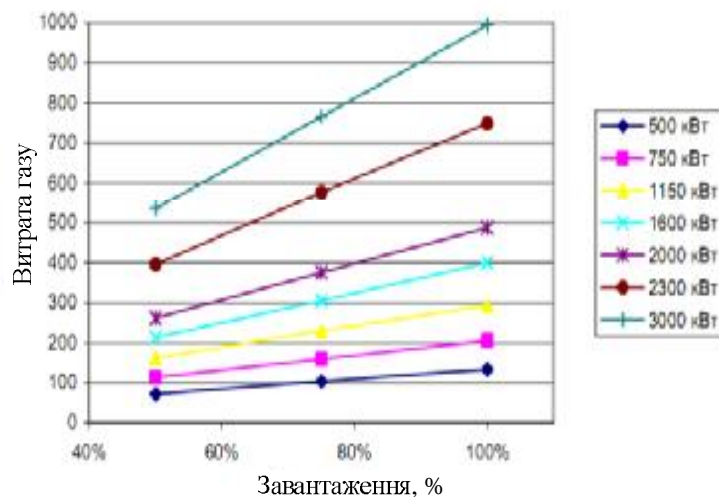


Рисунок 1 – Залежність витрати газу від завантаження установки

Власник міні-ТЕЦ, як правило, має в 3 – 4 рази дешевшу електроенергію і в 1,5 – 2 рази теплоту, ніж за тарифами традиційних монополістів.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок, що мала енергетика успішно доповнює централізовану систему енергопостачання і в багатьох випадках здатна вирішити проблему надійного і економічного забезпечення тепловою та електричною енергією промислових та житлово-комунальних об'єктів.

З використанням когенерації можливий частковий або повний перехід підприємств з централізованого теплопостачання на місцеві когенеруючі системи.

Рациональне використання когенераційних установок в умовах підприємств потребує поглибленого техніко-економічного аналізу режимів і тарифікації системи тепло- і електропостачання.

Перелік посилань

1. Клименко В.Н. Проблемы когенерационных технологий в Украине // Пром. теплотехника. – 2001. – Т. 23, № 4–5. – С. 106–110.
2. Барков В.М. Когенераторные технологии: возможности и перспективы. // «ЭСКО» электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – №7. – 2004.
3. Воропаев А.Н. Сравнительный анализ эффективности вариантов организации утилизационных систем ВЭР когенерационной установки. // Тез. докладов аспирантско-магистерского семинара. – Казань: Казан. гос. энерг. унив-т, 2009. 83 с.
4. Харитонов Д.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2007. – 19 с.

Луценко І.М., Прокуда В.М. асистенти кафедри систем електропостачання,
Калінніков В.Б. аспірант кафедри систем електропостачання
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДІЛЬНИЦЬ ЗА РЕАКТИВНОЮ ПОТУЖНІСТЮ В УМОВАХ ВУГІЛЬНИ ХШАХТ

Тепловий режим роботи основних складових частин трансформаторів визначається величиною втрат, що виділяються в сталі сердечника і магнітопроводі (постійні втрати холостого ходу), які не залежать від навантаження $\Delta P_0 = \Delta P_{xx}$, а також другої складової (змінні омичні втрати), викликані проходженням електричного струму по провідникам обмоток трансформатора, які обчислюються за законом Джоуля-Ленца $\Delta P_{\text{нав}} = I^2 R_{\text{обм}}$.

Для оцінки впливу реактивної складової на температурний режим роботи виконаємо наступні перетворення:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{нав}} &= I^2 R_{\text{обм}} = \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2 = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[\frac{S_{\text{нав}}}{S_{\text{ном.т}}} \right]^2 = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[\frac{\sqrt{P_{\text{нав}}^2 + Q_{\text{нав}}^2}}{S_{\text{ном.т}}} \right]^2 = \\ &= \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[\frac{\sqrt{S_{\text{нав}}^2 \cdot \cos^2 \varphi + S_{\text{нав}}^2 \cdot \sin^2 \varphi}}{S_{\text{ном.т}}} \right]^2 \end{aligned}$$

Відношення $S_{\text{нав}}/S_{\text{ном.т}}$ представляє собою коефіцієнт завантаження трансформатора K_3 .

Сумарні втрати потужності в трансформаторі можуть бути описані за наступним виразом:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[\frac{\sqrt{(S_{\text{нав}} \cdot \cos \varphi)^2 + (S_{\text{нав}} \cdot \sin \varphi)^2}}{S_{\text{ном.т}}} \right]^2 + \Delta P_{\text{xx}}$$

Для визначення частки реактивної складової повної потужності ΔP_Q у «нагрівальних» втратах не враховуємо перший доданок підкореневого виразу і постійні втрати в сталі магнітопроводу. Тоді

$$\Delta P_Q = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[\frac{S_{\text{нав}} \cdot \sin \varphi}{S_{\text{ном.т}}} \right]^2$$

За вибіркою ГЕН, отриманих при проведенні натурного масового експерименту для шахт Західного Донбасу, проаналізуємо вплив реактивної складової повної потужності за визначеними реальними коефіцієнтами ($\cos \varphi_{\text{ср}}$, $\sin \varphi_{\text{ср}}$) для відповідних технологічних дільниць.

Так для видобувних дільниць $\cos \varphi_{\text{ср.вд}} = 0,53$, $\sin \varphi_{\text{ср.вд}} = 0,85$; для прохідницьких – $\cos \varphi_{\text{ср.пд}} = 0,64$, $\sin \varphi_{\text{ср.пд}} = 0,77$; для дільниць конвеєрного транспорту – $\cos \varphi_{\text{ср.кт}} = 0,57$, $\sin \varphi_{\text{ср.кт}} = 0,82$.

Для подальшого аналізу виділяємо частку втрат активної потужності в трансформаторі від передачі реактивної в сумарних нагрівальних втратах. Виконаємо необхідні розрахунки на прикладі підстанції типу КТПВ-400 (найбільш поширений типорозмір для шахт Західного Донбасу) за її паспортними даними залежно від коефіцієнту завантаження. Вихідні паспортні дані: $S_{\text{ном.т}} = 400$ кВА, $\Delta P_{\text{xx}} = 1,35$ кВт, $\Delta P_{\text{кз}} = 2,9$ кВт.

Як видно з даних щодо коефіцієнтів потужності, вплив реактивної складової потужності є суттєвим. Частка реактивної потужності у «нагрівальних» втратах залежно від поточного навантаження змінюється в широкому діапазоні. Беручи до уваги завантаження трансформатора у діапазоні 0,5-1,0 для видобувних дільниць частка впливу реактивної потужності (ΔP_Q) може досягати 25-50% по відношенню до повних «нагрівальних» втрат ($\Delta P_{\text{сум}}$), а реактивна складова (ΔP_Q) у навантажувальних втратах ($\Delta P_{\text{нав}}$) для видобувних дільниць знаходиться на рівні 70%; для прохідницьких дільниць $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{сум}} = 20-40\%$, а $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{нав}} = 60\%$; для дільниць конвеєрного транспорту $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{сум}} = 23-46\%$, а $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{нав}} = 67\%$.

З приведенного вище аналізу можна зробити висновок, що трансформатори технологічних дільниць завантажені реактивною потужністю у значно більшій мірі, ніж активною. Тому для підвищення ефективності використання навантажувальної здатності трансформаторів, а також для вибору їх раціонального типорозміру існує необхідність компенсації реактивної потужності в низьковольтній шахтній мережі. Проте такі засоби як низьковольтні конденсаторні установки у вибухозахищеному виконанні на сьогодні відсутні, тому безпосередньо виконати компенсацію реактивної потужності для технологічних дільниць вугільних шахт не представляється можливим. Винятком можуть бути лише дільниці конвеєрного транспорту, для яких масово встановлюються перетворювачі частоти (ПЧ), які є непрямыми компенсаторами реактивної потужності, що споживається приводними електродвигунами при роботі конвеєра [1]. Принципова схема роботи конвеєра при використанні ПЧ приведена на рисунку 1. Так, коефіцієнти потужності при роботі конвеєра від ПЧ становить $\cos\phi_{\text{пч}} = 0,98$, $\sin\phi_{\text{пч}} = 0,2$. Враховуючи той факт, що потужність встановленого допоміжного обладнання дільниць конвеєрного транспорту (лебідки, ручні електросвердла, пускові освітлювальні агрегати тощо) переважно не перевищує 10 % від загального розрахункового навантаження дільниці, то коефіцієнт потужності для дільниці і цілому дещо зменшиться і становитиме $\cos\phi_{\text{пч}} = 0,95$, $\sin\phi_{\text{пч}} = 0,31$. При цьому будемо мати наступні показники щодо завантаження трансформатора за реактивною потужністю та її впливу нагрів обмоток: у діапазоні завантаження 0,5-1,0 для конвеєрів, оснащених ПЧ, $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{сум}} = 3,4-6,7\%$, а $\Delta P_Q/\Delta P_{\text{нав}} = 9,75\%$. Тобто, при використанні ПЧ частка втрат активної потужності від передачі реактивної зменшується на порядок.

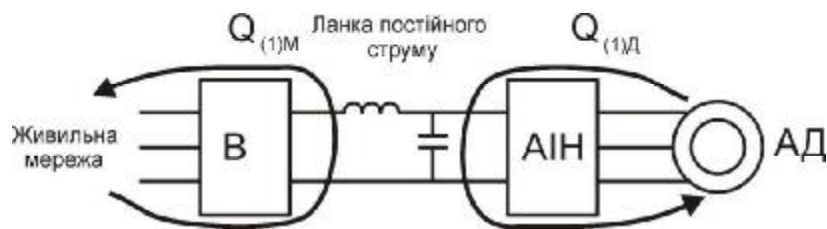


Рисунок 1 – Принципова схема асинхронного двигуна з перетворювачем частоти та зображення перетоків реактивної потужності

Підвищення коефіцієнту потужності дільниць конвеєрного транспорту при застосуванні ПЧ доцільно враховувати вже на етапі вибору потужності КТП. Це дозволить певною мірою уникнути прийняття завищеного типорозміру трансформатора, так як, згідно рекомендацій [2], при визначенні потужності пересувної підстанції для живлення СП дільниць магістрального конвеєрного транспорту за методом коефіцієнту попиту

[3] рекомендовано приймати коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{КТ}} = 0,75$, а за рахунок непрямої компенсації реактивної потужності за допомогою перетворювача частоти його значення буде на рівні $\cos\varphi_{\text{ПЧ}} = 0,95$. Рекомендована потужність трансформатора $S_{\text{рек}}$ (з урахуванням впливу ПЧ) по відношенню до розрахункової $S_{\text{розра}}$ (без урахування ПЧ) становитиме:

$$\frac{S_{\text{рек}}}{S_{\text{розра}}} = \frac{\cos\varphi_{\text{КТ}}}{\cos\varphi'_{\text{ПЧ}}} = \frac{0,75}{0,95} \approx 0,79.$$

Тобто, врахування впливу фактору непрямої компенсації реактивної потужності за рахунок застосування перетворювачів частоти для двигунів магістральних стрічкових конвеєрів дозволяє знизити потужність дільничної підстанції приблизно на 20 %, що неодмінно сприятиме підвищенню ефективності їх використання за навантажувальною здатністю.

До того ж, використання асинхронного регульованого приводу для магістральних конвеєрів впливає на режим пуску їх двигунів, який є полегшеним [4], що необхідно враховувати при перевірці шахтної мережі за втратою напруги у характерних режимах при виборі електрообладнання (трансформатори, кабельна мережа), так як саме технічні обмеження щодо забезпечення регламентованих рівнів напруги на затискачах електродвигунів часто вимагають збільшити типорозмір КТП або переріз кабелів, що суттєво впливає на завищення номінальних параметрів окремого устаткування та підвищує вартість підземної системи електропостачання в цілому.

Актуальною також є розробка низьковольтних конденсаторних установок у вибухозахищеному виконанні, так як це дозволить суттєво розвантажити електрообладнання, підвищити його пропускну спроможність та зменшити втрати в низьковольтній мережі.

Перелік посилань

1. Заїка В.Т., Прокуда В.М. Зниження потоків реактивної потужності в шахтних електричних мережах при впровадженні асинхронного регульованого приводу магістральних конвеєрів // Гірнична електромеханіка і автоматика: Наук. – техн. зб. – 2011. – Вип. 87 – С. 3–8.
2. Електропостачання гірничих підприємств: Довідковий посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 550 с.
3. Методика расчета электрических нагрузок угольных шахт. – Днепропетровск: Днепрпрогипрошахт, 1990.– 86 с.
4. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учеб. пособие / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков; под. ред. И. Я. Браславского. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 202 с.

Музика Л.В. студент гр. ЕМ-10-1

Науковий керівник: Бакутін А.В. аспірант кафедри електроприводу

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет",

м. Дніпропетровськ, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИЛОВИХ СХЕМ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

На сьогодні перетворювачі постійного струму широко використовуються у побуті та промисловості. Проте на ринку перетворювальної техніки відсутні пропозиції щодо перетворювача, який здатен забезпечити значення вихідної напруги до 500 В при живленні від акумуляторної батареї напругою 12 В з можливістю регулювання струму у діапазоні від 0,005 до 1 А, оскільки значення опору навантаження в процесі експлуатації буде змінюватися від декількох Ом до десятків кОм. Для вирішення задачі було розглянуто варіанти побудови системи на основі схеми push-pull з середньою точкою, напівмостової та схеми повного мосту.

Схема push-pull являє собою двухтактний перетворювач, який має трансформатор з розщепленою первинною обмоткою (рис. 1). Принцип роботи схеми полягає у по черговому відкритті транзисторів VT1 та VT2, імпульси відкриття яких генеруються аналоговим ШІМ контролером TL494 та підсилюються драйвером IR2110. Датчик струму реалізовано у вигляді шунта, сигнал якого надходить до входу TL494. Від ширини імпульсів залежить напруга на виході перетворювача, а ширина останніх задається аналоговим ШІМ контролером. Тривалість імпульсів керування залежить від величини сигналу зворотного зв'язку та завдання на струм [1]. Величина напруги на первинній обмотці трансформатора дорівнює

$$U_{\text{пер}} = 2 \cdot U_{\text{жив}} - 2 \cdot I_d \cdot r_{ds}$$

де: $U_{\text{жив}}$ – напруга живлення перетворювача, В; I_d – струм, який протікає через сток – істок силових транзисторів, А; r_{ds} – опір відкритого каналу транзистора, Ом.

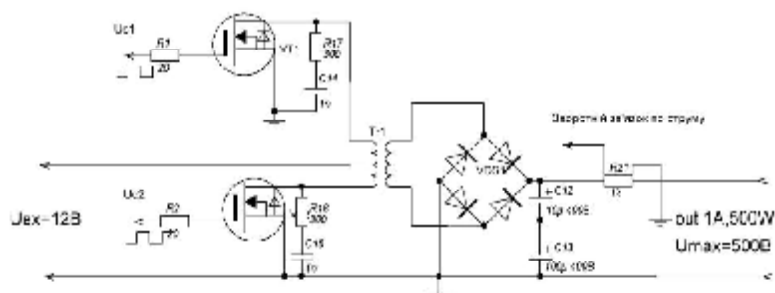


Рисунок 1 – Принципова схема перетворювача за схемою push-pull

Перетворювач відрізняється високим ККД та простотою реалізації силової схеми, проте схема має суттєві недоліки, як подвійне значення напруги живлення на транзисторі у закритому стані, високочастотні комутаційні перенапруження з великою амплітудою, які не здатні усунути снаберні ланцюги, важко забезпечити симетрію первинної обмотки, що може призвести до насичення трансформатора при номінальному струмі.

Схема напівмосту відрізняється тим, що середня точка формується завдяки ділянці напруги з двох конденсаторів (рис. 2). На відміну від попередньої схеми, принцип роботи перетворювача полягає у по черговому підключенні транзисторами різнополярної

напруги до трансформатора відносно штучно сформованої середньої точки на дільнику напруги [1]. Напруга на первинній обмотці трансформатора дорівнює

$$U_{\text{пер}} = \frac{U_{\text{ЖИВ}}}{2} - I_d \cdot r_{ds}$$

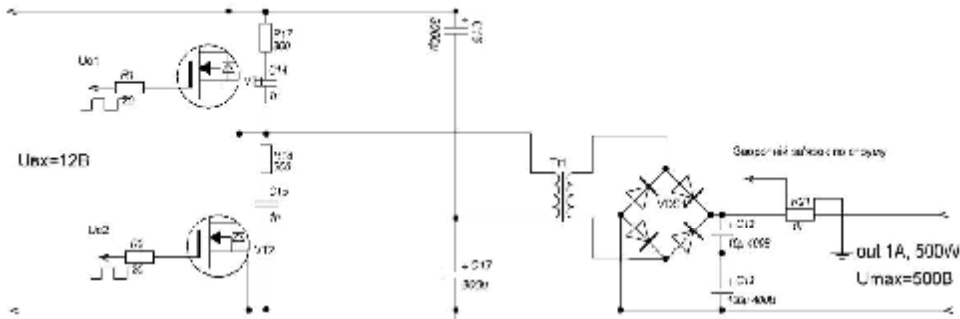


Рисунок 2. – Принципова схема двухтактного перетворювача за схемою напівміст.

Перевагами схеми є простота реалізації та зниження значення напруги транзистора у закритому стані до рівня напруги живлення перетворювача. Донедаля можна віднести відносно низьке значення напруги живлення трансформатора, внаслідок чого присутній значний струм первинної обмотки, а також наявність дільника з конденсаторів, які при значному значенні струму не здатні забезпечити стабільність напруги живлення трансформатора.

На відміну від двох попередніх схем, принцип роботи схеми повного мосту полягає у по черговому відкритті пар транзисторів VT1,VT4 та VT2,VT3 (рис. 3), що забезпечує формування знакозмінної напруги на вході трансформатора [1]. Напруга на вході трансформатора дорівнює

$$U_{\text{пер}} = U_{\text{ЖИВ}} - 2 \cdot I_d \cdot r_{ds}$$

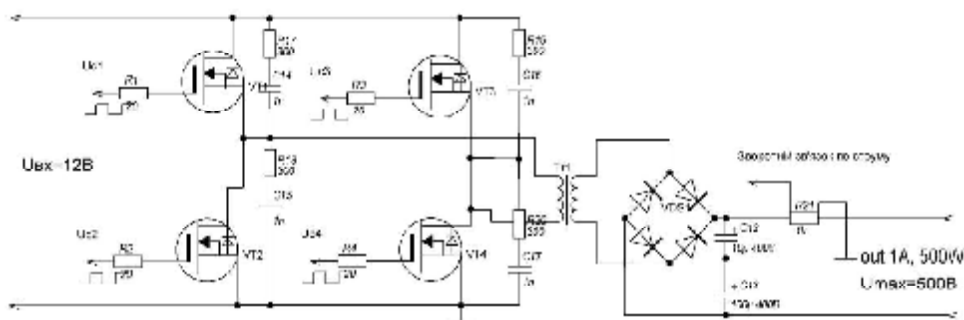


Рисунок 3– Принципова схема мостового перетворювача.

Розглянувши та провівши випробування трьох схемо-технічних рішень перетворювача, було прийнято рішення використати схемуповного мосту, який має наступні переваги: напруга на вході трансформатора дорівнює напрузі живлення, невеликий рівень перенапруги на транзисторах та відсутність конденсаторного дільника напруги.

Перелік посилань

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

Назаренко М.М, Горшков В.В, Хуторний А.Г студенти кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту

Керівник: Сінчук І.О. д.т.н. проф. Кафедри автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті

(ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НА ПРИКЛАДІ СОНЯЧНИХ УСТАНОВОК

У наш час тема розвитку альтернативних способів отримання енергії як не можна більш актуальна. Традиційні джерела стрімко вичерпуються і вже через яких-небудь п'ятдесят років можуть бути вичерпані. І вже зараз енергетичні ресурси досить дорогі і значною мірою впливають на економіку багатьох держав. Тому у данній роботі і буде розглянута можливість використання енергії сонця.

Введення. Сонячна енергетика - напрямок нетрадиційної енергетики, засноване на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь-якому вигляді. Сонячна енергетика використовує поновлюване джерело енергії і є екологічно чистою, тобто не виробляє шкідливих відходів. Виробництво енергії за допомогою сонячних електростанцій добре узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії.

Актуальність. Актуальність проблеми пов'язана із зростаючим інтересом до нетрадиційних, в першу чергу, поновлюваних та екологічно – чистих джерел енергії. Цей інтерес пов'язан із катастрофічним зменшенням запасів традиційних енергетичних ресурсів та погіршенням загальної екологічної ситуації. Наразі важливим напрямом виходу України з економічної кризи є вирішення проблем енергетичної галузі. За умов постійного подорожчання енергоресурсів, неповного завантаження обладнання та низьких темпах переоснащення виникає потреба у використанні більш енергозберігаючих технологій. Отже, на даному етапі наша країна стикнулася із проблемою енергоефективності. Причиною цього є певні прорахунки в пріоритетах та перспективах розвитку енергетики держави, її залежність від зовнішніх чинників, зростання цін на світовому ринку, обмеженість природних енергетичних ресурсів у земних надрах. За розрахунками експертів, нафти вистачить на 43 роки, газу - на 56 років, урану - на 30 років, вугілля - на 170 років. Іншими чинниками, що сприятимуть подальшим проявам енергетичної кризи є відсутність ефективних практичних дій та державної підтримки заходів енергозбереження у виробництві та комунальній сфері, несприйняття в Україні світових тенденцій і пріоритетів розвитку альтернативної енергетики та інфраструктури її забезпечення. Одним із способів вирішення проблем в енергетичній галузі України є використання нетрадиційних екологічно-чистих та відновлювальних джерел енергії, перш за все, енергії сонця. Розвитку енергетики на основі сонячного випромінювання приділяється найбільше уваги через її екологічну безпеку та практичну невичерпність. Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Вимоги щодо необхідності розробки і реалізації програми державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії містяться у Законі «Про альтернативні джерела енергії», указі президента України «План заходів щодо забезпечення енергетичної безпеки України», Постанові КМУ «Про роботу центральних органів виконавчої влади із забезпечення економічного і соціального розвитку регіонів».

Матеріали досліджень. На протязі останніх років у вітчизняній енергетиці нагромадилося чимало складних проблем, які потребують ефективного і швидкого розв'язання. Серед них першочерговими є проблеми надійного та якісного енергоза-

безпечення, підвищення енергетичної безпеки країни, розробки та впровадження енергозберігаючих технологій, пошуку нових джерел енергії, розвитку відновлюваної енергетики, вдосконалення структури паливно-енергетичного балансу, передусім за рахунок збільшення частки використання енергоресурсів власного видобутку, реконструкції та оновлення матеріальної бази енергетичної галузі, інтеграції енергетики країни з Європейською енергетичною системою, підвищення безпеки експлуатації енергетичних об'єктів.

Проблема неузгодженості внутрішнього споживання ПЕР має гостро негативні економічні та соціальні наслідки, які обмежують потенціал підвищення якості життя українських громадян. Це виявляється в наступному:

- конкурентоспроможність вітчизняної продукції, яка здебільшого є енергомісткою, досягається лише за рахунок значного зниження витрат на оплату праці;
- поступово руйнується інфраструктура паливно-енергетичного комплексу та комунальних підприємств водо- й тепlopостачання;
- високі ціни та низька якість послуг підприємств паливно-енергетичного комплексу та комунальних підприємств водо- й тепlopостачання.

Енергоефективність та енергозбереження є взаємопов'язаними, оскільки в більшості випадків енергозбереження є головним чинником підвищення рівня ефективності використання ПЕР. Поняття енергоефективності є дещо ширшим та містить не лише напрями безпосереднього енергозбереження, а й непрямі заходи, які призводять до зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Енергозбереження - це діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Енергоефективність – характеризує міру використання енергії на одиницю кінцевого продукту.

Проблеми енергозбереження та енергоефективності стають наріжним каменем для вітчизняної економіки. Найбільш актуальними аспектами зазначених проблем є:

1. Нестача інвестиційних ресурсів для здійснення енергозберігаючих проектів. Зазначені обсяги фінансування в Комплексній державній програмі енергозбереження України на 2006-2010 рр. виконувалися не більше ніж на 51,3 % у 2008 році.

2. Незадовільний технічний стан об'єктів енергетики, що призводить до великих понаднормативних втрат енергоносіїв. Рівень зношеності основних фондів енергетики становить від 60 до 70 %. В електроенергетиці витрати електроенергії при її транспортуванні в мережах у 1991 р. становили 9 %, а в 2010 р. ця величина сягнула понад 12 %. Так, технологічні втрати природного газу при його транспортуванні магістральними газопроводами у 2009 р. склали 142,6 млн. куб. м., і за прогнозами Мінпаливенерго у 2011 р. сягнуть розміру 180,0 млн. куб. м.

3. Низький рівень використання потенціалу альтернативних видів палива та альтернативних джерел енергії. Згідно даних Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження Україна має значний технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, який становить 98 млн. т.у.п.

Список літератури

1. Сніжко С.В. Менеджмент у паливно-енергетичному комплексі: Навч. посіб. / С.В. Сніжко, К.О. Великих. Харк. Нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 344 с.
2. Діак І. В. Енергозбереження: стан, проблеми і перспективи. / І.В. Діак // Екотехнологии и ресурсосбережение. Сборник трудов Восьмой научно-технической международной

ной конференції "Енергетическая безопасность Европы XXI столетия. Евразийские энергетические коридоры", 2005, С. 44-47

3. Діак І.В. Енергозбереження: реалії сьогодення / І.В. Діак // Дзеркало тижня. - № 21 (700) – 2008 – с. 9.

4. Андрійчук В. Шляхи досягнення енергетичної безпеки / Андрійчук В. // Політика і час. - № 12. – 2006. С. 35-37

5. Шидловський А. К. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / Шидловський А. К., Стогній Б. С, Кулик М. М. та і н. К., 2004, - 468 с.

Пересунько И.И. аспирант кафедры автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте

Научный руководитель: Синчук И.О. к.т.н. доц. кафедры автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте

(ГВУЗ «Криворожский Национальный Университет», г. Кривой Рог, Украина)

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ

Задача обеспечения высокой производительности и экономичности неразрывно связана с проблемой повышения эффективности систем электроснабжения подземных электропотребителей, так как электроснабжение железорудных шахт является одним из основных показателей обеспечения добычи руды в необходимом объеме.

Введение. В Украине значительное внимание уделяется развитию черной металлургии и её сырьевой базы - горнодобывающей промышленности. Это накладывает дополнительные требования к увеличению производительности железорудных шахт и снижению себестоимости добычи руды.

Актуальность. Основными требованиями, предъявляемыми к системам электроснабжения, наряду с повышением надежности, являются рациональное использование электрооборудования, снижение капитальных затрат эксплуатационных расходов.

Основой решения вопросов электроснабжения горных предприятий является строгое соблюдение условий безопасности, осуществление оптимальной надежности схемы, обеспечение электроприемников (ЭП) напряжением необходимого качества во всех режимах работы электродвигателей и, кроме того, принятая система электроснабжения должна быть экономически наиболее выгодной.

Добыча полезного ископаемого подземным способом в основных рудных бассейнах ведется на глубинах более 1000 м, а в перспективе глубина разработки железной руды, в том числе и Криворожского бассейна будут увеличиваться до 2000м. [1].

При это система электроснабжения современных железорудных шахт проектировалось более 50 лет назад и за время эксплуатаций практически не модернизировалось.

Однако для конкретных условий электропотребления на железорудных шахтах исследования по эффективности электроснабжения шахтных потребителей проводятся недостаточно. В настоящее время необходимо отметить начало проведения исследований по комплексному решению вопросов электропотребления и повышения эффективности электроснабжения ЭП железорудных шахт Кривбасса.

Задача оптимизации электроснабжения шахты, как и любого промышленного предприятия, заключается в правильном выборе отдельных элементов электрической сети, от которых зависит вся система. Сюда следует отнести: напряжение отдельных групп ЭП, распределительных и питающих сетей, количество, мощность и размещение трансформаторов, число и сечение кабелей, способы их прокладки.

Материалы исследований. Основными вопросами при разработке высокоэффективных систем электроснабжения шахт являются:

1. Выбор рационального варианта схемы распределения электрической энергии по протяженности (конфигурации) сетей, зависящего, основным образом, от показателей надежности электроснабжения потребителей и принятых систем разработки.
2. Определение наиболее приемлемых уровней напряжения на всех ступенях трансформации, зависящих от пропускной способности распределительных се-

тей, параметров показателей качества электроэнергии и режима электропотребления.

3. Установление рациональных мощностей подземных подстанций путем определения фактических значений электрических нагрузок потребителей и, как следствие, степени загрузки силовых трансформаторов.

Энергоемкость современных рудников имеет тенденцию к постоянному росту, в связи с чем вопросам электроснабжения уделяется серьезное внимание.

Особое значение приобрели вопросы качества электроэнергии в связи с введением ГОСТ 13109-67 на "Нормы показателей качества электроэнергии у её приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения", определяющего допустимые значения и пределы изменения показателей качества электроэнергии.

Развитие современной горнодобывающей промышленности характеризуется дальнейшим ростом электровооруженности труда, внедрением электроприводов, требующих обеспечения качественных показателей. Как показывают исследования, повышение эффективности производства во многом зависит от успешного решения вопросов их оптимизации.

Специфичность электрических нагрузок участков шахт оказывает отрицательное влияние на режим работы всех элементов системы электроснабжения. Низкое качество электроэнергии приводит к увеличению потерь, вызывает перегревы обмоток электродвигателей и сокращение срока их службы.

В связи с этим существенное значение имеет применение в различных отраслях промышленности повышенного напряжения 660В, что обеспечивает ряд преимуществ и значительный технико-экономический эффект. Внедрение напряжения 660В в сетях промпредприятий является одной из важнейших задач.

При переводе шахтных распределительных сетей с напряжения 380В на 660В возможны следующие варианты выбора сечения кабельных линий:

1. По механической прочности. В этом случае сечение сети не меняется. Следовательно, потери электроэнергии при напряжении 660В снижаются в 3 раза;
2. По потере напряжения. В этом случае сечение сети при 660В снижается в 3 раза, сохраняя на том же уровне потери энергии;
3. По нагреву. В этом случае сечение сети при напряжении 660В снижается примерно в 2-2,5 раза, а потери энергии уменьшаются соответственно в 1,5 - 1,2 раза.

Использование напряжения 660/380В обеспечивает неоспоримые экономические преимущества по сравнению с напряжением 380/ 220В при возможности глобального перевода всех трехфазных нагрузок на напряжение 660 В[2].

При этом обеспечивается снижение потерь мощности и затрат на пропускную способность сети. В среднем экономический эффект по зависимой части приведенных затрат составит 73%. Не менее существенны и технические преимущества, даваемые напряжением 660В. Они заключаются в обеспечении экономии цветного металла, снижении потерь и оптимизация режимов напряжения, снижении номинальных потоков нагрузки, возможности укрупнения единиц трансформаторной мощности и мощности ЭП.

Список использованной литературы

1. Мельников Н.В. Будущие горные разработки.-Горный журнал, 2, 1974, с.3-9.
2. Грейсух М.В. Повысить экономическую эффективность электро- снабжения рудников.-Горный журнал, 1963, № 2

Риженков Д.В. магістрант кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Науковий керівник: д.т.н., проф. Сінолиций А.П., професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

(ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна)

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ З ЛАНКОЮ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЇХ ПОЛІПШЕННЯ

Робота присвячена дослідженню показників якості споживання електроенергії дво-ланковими перетворювачами частоти. Здійснений математичний опис електромагнітних процесів перетворювача частоти стосовно мережі живлення, за допомогою якого про-раховані зазначені показники. Запропоновані заходи щодо поліпшення показників якості споживання електроенергії перетворювачами частоти методами активної фільтрації.

Все більшого значення в світі набуває питання якості електроенергії. В Україні це питання є найбільш гострим, зважаючи на застарілі технології видобутку електроенергії, та з все більшим розповсюдженням навантажень з нелінійними характеристиками.

Будь-яке нелінійне навантаження, зокрема перетворювачі частоти, споживають з мережі струм, відмінний за формою від напруги мережі живлення [1] (рис. 1). Останнє викликає додаткові втрати енергії в електричних мережах та спотворенням форми мережевого струму i , відповідно, напруги. Отже, виникає потреба розробки додаткових технічних засобів щодо компенсації зазначених негативних явищ.

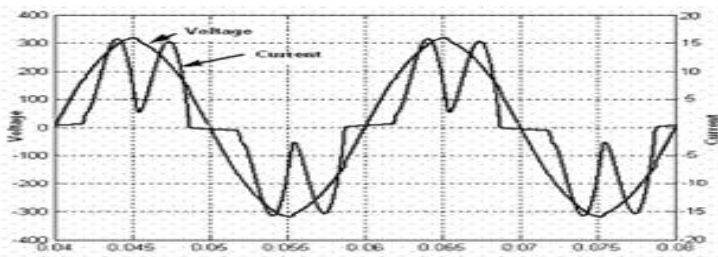


Рис. 1. Форма вхідного струму перетворювача частоти

Огляд існуючих досліджень [2,3] показав, що згадані спотворення є причиною виникнення неактивних складових потужності. У поданій роботі запропонована методика розрахунку електромагнітних процесів роботи перетворювачів частоти стосовно мережі живлення, з подальшим аналізом показників якості споживання електроенергії (рис. 2).

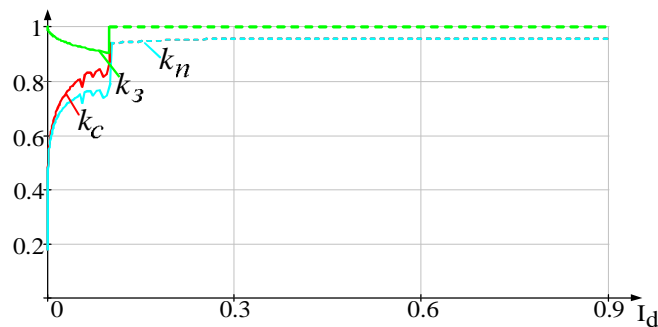


Рис. 2. Енергетичні коефіцієнти отримані за аналітичними розрахунками

Перспективними засобами поліпшення показників якості споживання енергії [4] є використання методів активної фільтрації, що надає змогу підвищення таких показників майже до 1,0 (рис. 3).

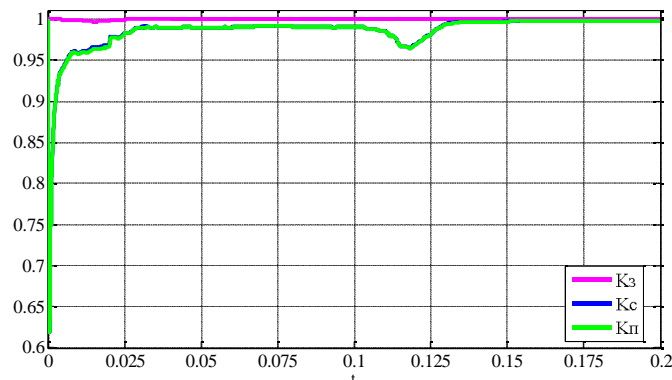


Рис. 3. Показники якості споживання електричної енергії

Список літератури

1. <http://www.vesper.ru>
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий / И.В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
3. Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
4. Бурлака В.В., Гулаков С.В., Бублик С.К., Дьяченко М.Д. Параллельный активный фильтр с повышенным коэффициентом подавления высших гармоник тока / В.В. Бурлака, С.В. Гулаков, С.К. Бублик, М.Д. Дьяченко // Вестник ПГТУ. – 2009

Савеленко И.В., аспирант

Научный руководитель: Плешков П.Г., канд. техн. наук, доцент

(Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина)

К ВОПРОСУ О РЕАЛЬНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЯХ ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Процесс протекания тепловых процессов в тяговых электрических двигателях (ТЭД) электровозов является одним из определяющих факторов надежности и долговечности как ТЭД так и всего электромеханического комплекса транспортных единиц.

В настоящее время существует ряд теоретических методов определения тепловых режимов и вентиляционных расчетов в электрических двигателях тепловых режимов и вентиляционных расчетов в электрических двигателях вообще и тяговых их видах частности. Однако, как свидетельствуют результаты исследований ученых различных научных школ в данном направлении, ни один из известных теоретических методов не может дать реальную картину распределения тепловых потерь в элементах ТЭД шахтных электровозов, поэтому последние около 75% времени функционируют в неустановившихся – переходных режимах [1]. При этом характер протекания этих процессов носит хаотический случайный характер [2].

С целью установления реальности в данном направлении автором в составе научного коллектива был проведен комплекс экспериментальных исследований в условиях ряда шахт Криворожского железорудного бассейна.

Как следует из рис.1 (кривая 1 и кривая 2) тепловые процессы тяговых двигателей шахтных контактных электровозов за время рейса протекают каждый раз несколько по иному. Даже в том случае, когда электровоз с одинаковой грузоподъемностью поезда совершает идентичные рейсы, совпадение кривых нагрева, как-правило, не происходит.

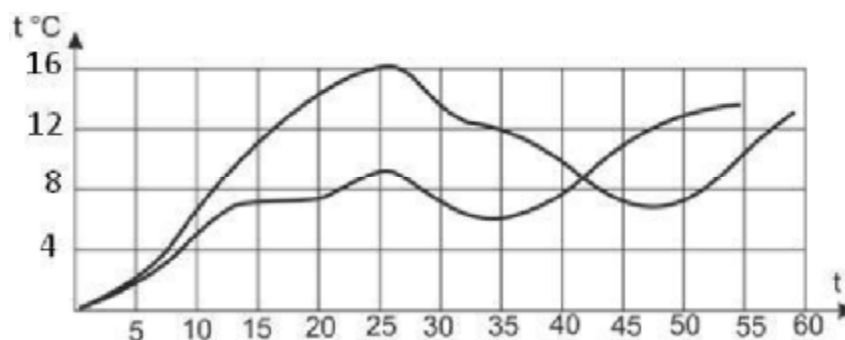


Рисунок 1 Графики превышения температуры тяговых двигателей ДТН-45 за время рейса электровоза К-14 по горизонту 1240 м ш. Родина ПАО «Криворожский железорудный комбинат»

Как подтверждение вышесказанному на рис. 1 приведены кривые превышения температуры тяговых двигателей ДТН-45 для двух рейсов, характеризующихся следующими параметрами: генеральная средняя нагрузка соответственно равна $i_1 = 63,5a$; $i_2 = 63,1a$; относительная продолжительность работы под нагрузкой $\tau_1 = 0,395$, $\tau_2 = 0,417$, температура двигателя в начале рейса $\theta_1 = 76^\circ\text{C}$, $\theta_2 = 76,5^\circ\text{C}$ не совпадает.

Анализ экспериментальных кривых нагревания, полученных в производственных условиях показывает, что наибольшее превышение температуры происходит при

подаче вагонеток в опрокидыватель и интенсивной погрузке в ортах, так как реализация электрической мощности происходит в тяжелых условиях с точки зрения нагрева тяговых двигателей. В отдельные периоды работы они потребляют токи величиной 95-160 А, временами оказываются без всякой нагрузки. Характер периодов нагрузки и пауз определяет форму кривой нагрева двигателя.

Опытные поездки показали, что характер изменения кривой нагрева во многом зависит от относительной продолжительности работы под током τ . Причем величина τ исключительно зависит от особенностей производства и в течении смены изменяется в пределах 0,25-0,65, определяя интенсивность загрузки двигателя. На рис.2 представлено изменение температуры тягового двигателя за время смены. Общей чертой большинства рейсов является колебательный процесс изменения температуры, а не последовательное возрастание ее к концу рейса.

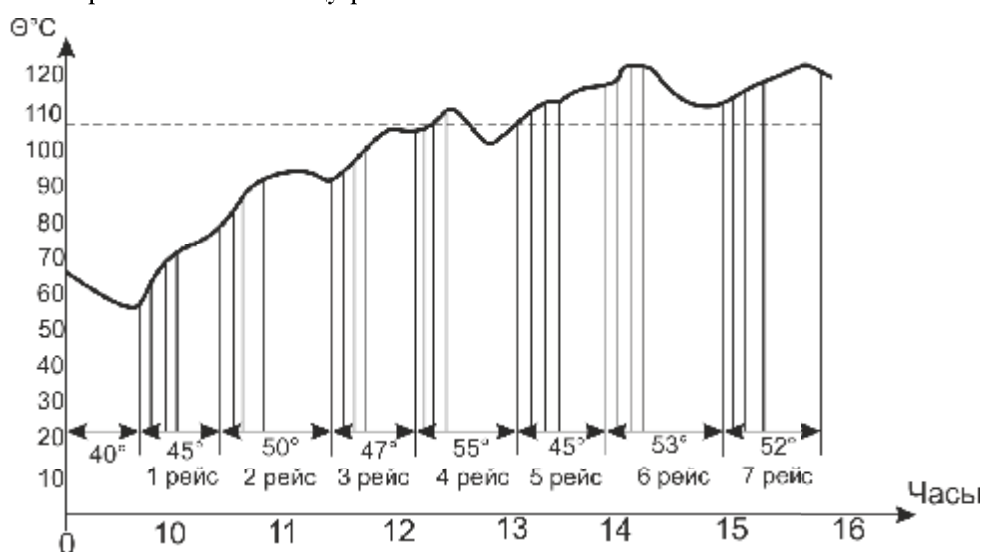


Рисунок 2 График изменения температуры тягового двигателя ДТН-45 в течение смены работы электровоза К-14 на горизонте 1240м ш. Родина ПАО «Криворожский железорудный комбинат»

Поэтому характеризовать рейс превышением температуры, полученным, как разность отсчета в конце и начале рейса неправильно, так как при работе в зоне допустимых превышений температуры, перегревы двигателя ухудшают изоляционные свойства обмоток.

Выводы: 1. Существующие теоретические методы определения тепловых потерь в тяговых электрических двигателях шахтных электровозов не дают реальной картины поскольку двигатели работают в стохастических неустановившихся режимах.

2. Для определения действительных данных по распределению тепловых потерь в тяговых двигателях необходимо проведение комплекса исследований в реальных шахтных условиях функционирования электровозов.

Список использованной литературы

1. Системы управления рудничным электровозным транспортом / О.Н. Синчук, Т.М. Беридзе, Э.С. Гузов и др.- М.: Недра, 1993. – 255с.
2. Синчук О.Н., Сушко Д.Л. Методика и алгоритм диагностирования технического состояния тяговых двигателей // Вестник Национального технического университета «ХПИ».- Вып. 45. – Проблемы электропривода. Теория и практика. Харьков. – 2005. – С.432-437.

Сменова Л.В., аспирант

Научный руководитель: Синчук О.Н., д-р техн. наук, профессор

(Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Введение. Эксплуатации шахтных электровозов, оборудованных тяговыми электротехническими комплексами, использующими тяговые асинхронные электрические двигатели (ТАД) с короткозамкнутым ротором, выдвигает особые требования к таким их показателям как К.П.Д., коэффициент мощности, максимальный крутящий момент, начальный пусковой момент, начальный пусковой ток. Эти требования диктуют необходимость знания электрических параметров слагаемых ТЭТК в т.ч. электродвигателя, его эксплуатационных характеристик[1].

Актуальность. Основным методом решения поставленных задач является математическое моделирование с последующей проверкой полученных решений методом натурального эксперимента[2]. Возможные ошибки в параметрах, первоначально задаваемых в расчетных формулах наблюдателя в виде констант, также как и все вышеуказанные эффекты вызывают появление дополнительных погрешностей в оцениваемых параметрах.

Для тягового привода известные методы не очень хорошо подходят по следующим причинам: они предназначены преимущественно для использования в преобразователях частоты универсального исполнения, подходящих для управления широким классом объектов и допускающих подключение самых разных двигателей, точные параметры которых зачастую неизвестны, а реализация процедуры их стендового определения не доступна; из-за универсализации подхода и отсутствия возможности выполнять стендовую настройку, точность процедуры автоматической настройки параметров и диапазон действия алгоритмов адаптации к изменению параметров в процессе работы весьма ограничены; в тяговых приводах требования к точности исходной настройки на параметры и к диапазону действия алгоритмов адаптации существенно возрастают из-за расширения диапазона изменения самих параметров и предъявления более жестких требований к энергетическим характеристикам привода.

В связи с изложенным, разработка структур и систем идентификации состояния и диагностики электрических параметров ТАД с короткозамкнутым ротором является актуальной научной задачей.

Материалы исследований. Применительно к тяговому приводу для идентификации параметров автором использован следующий метод[3].

Перед началом движения электровоза или во время загрузки вагонеток электровоза управляемый преобразователь частоты переводится в режим регулируемого постоянного напряжения, которое подается на две фазы асинхронного двигателя. Напряжение подается поочередно на каждую пару фаз двигателя *ab*, *bc*, *ca*. Измеренные и преобразованные в цифровые значения токи и напряжения формируют массив о переходном процессе в стопорном режиме двигателя. Этот массив хранится или передается в систему идентификации параметров. При пуске на двигатель подается напряжение заданной частоты и амплитуды. Данные о токах напряжении и частоты вращения формируют массив данных о переходном процессе в электромагнитной системе двигателя при разгоне двигателя до заданной скорости вращения.

Полученные массивы данных передаются в ПЭВМ, в которой программным путем производится идентификация параметров и диагностика состояния асинхронного двигателя.

По установившимся значениям о токе и напряжении статора в стопорном режиме рассчитывают активное сопротивление статора. Каталожные, расчетные или данные параметров асинхронного двигателя после испытаний вводятся как параметры математической модели асинхронного двигателя. Массив рассчитанных на модели данных сравнивается с данными, полученными при стопорном и пусковом режимах.

Параметры будем вычислять по аналитическим выражениям, полученным из статических соотношений между переменными и параметрами асинхронной машины. При этом в качестве переменных будем использовать только измеряемые в приводе переменные: ток, напряжение, скорость, а в качестве параметров – по возможности параметры, которые либо мало изменяются в процессе работы (близки к константам), либо изменения которых довольно слабо влияют на процессы в системе. К этим параметрам можно отнести эквивалентные индуктивности рассеяния статора и ротора, которые мало изменяются при эксплуатации и зависят от геометрических параметров.

Конструктивный коэффициент $K_{sr} = R_r/R_s$, для обмоток статора и ротора, выполненных из одного материала, при отсутствии механических повреждений и пробоя изоляции, будет постоянным и равный рассчитанному значению по проектным данным. Возможность использования постоянного коэффициента K_{sr} определяется по сравнению измеренных и рассчитанных токов в стопорном режиме. При большом расхождении значений делается вывод об аварийном состоянии двигателя и идентификация не производится.

По сопротивлению статора R_s , по значениям тока статора и напряжению статора, и известном конструктивном коэффициенте K_{sr} определяется активное приведенное сопротивление ротора R_r .

На следующих этапах идентификации параметров определяется конструктивный коэффициент отношения индуктивности фазы статора к индуктивности контура намагничивания $K_{1\sigma}$ и вместе с ним взаимная индуктивность L_μ , индуктивность обмотки статора $L_1 = L_\mu + L_{\delta s}$, индуктивность обмотки ротора $L_2 = L_\mu + L_{\delta r}$, приведенный к валу двигателя момент инерции J и момент нагрузки M_c .

Таким образом, необходимо найти значение одной переменной, которая приведет к равенству рассчитанных и реальных значений координат тягового асинхронного двигателя в переходных процессах.

Список использованной литературы

3. Пасько О.В. Тяговый электропривод переменного тока с плавно изменяемой структурой для рудничного аккумуляторного электровоза. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени к. т. н. Харьков. – 2005. – 19с.
4. Shultz L., Van Wyk D., Dunford W.S., Pzest R.B., Landy C.F. An inverter and induction motor traction drive underground mining's Locomotives. // Elek. Bahnen. – 1990. – 88. №3. – P.145-148.
5. Родькин Д.И., Черный А.П., Здор И.Е. Задачи диагностики параметров асинхронных двигателей при испытаниях и в системах промышленного привода. Труды КГПИ «Проблемы создания новых машин и технологий» - 1999. выпуск 1, с.16 – 23.

Слепченко П.М. студент гр. ЕМс-12-1

Науковий керівник: Балахонцев О.В., к.т.н., доцент кафедри електроприводу

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ВІД ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРИВОДУ

Питання економії пального щонайгостріше постало останнім часом у зв'язку з постійним ростом цін на пальне, що в майбутньому може зробити розкішню пересування автомобілем. Іншою вагомою причиною у потребі зниження витрат, тобто використання, пального є проблема забруднення повітря в містах. Збільшення кількості авто в містах веде до все більших викидів свинцю і вуглекислого газу в навколишнє середовище, тому у найбільш перевантажених районах міст потоком автомобілів повітря не просто забруднене, а навіть шкідливе.

Рішенням даних проблем може стати гібридний транспортний засіб (ГТЗ). Гібридний автомобіль – це автомобіль, у якому є як двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), так і електричний двигун (ЕД). В залежності від конфігурації силової частини ГТЗ (послідовної чи паралельної) він може рухатись за допомогою ДВЗ, ЕД або використовуючи їх обох одночасно [1, 2].

Силова частина будь-якого ГТЗ складається з трьох основних частин: ДВЗ, ЕД та накопичувача енергії. При проектуванні ГТЗ перед розробниками постає питання: «Якої ж ємності повинен бути накопичувач енергії, щоб максимально зекономити пальне, але при цьому не встановлювати накопичувач надто великої ємності?» Це питання викликане вартістю і вагою накопичувачів, які збільшуються зі збільшенням ємності батареї [3].

Для попереднього визначення оптимальної ємності батареї потрібно спершу розібратись куди і яким чином витрачається енергія у автомобіля. Цикл руху транспортно-го засобу в міських умовах має трапецеїдальний вигляд.

Спершу розглянемо, як саме поводить себе в цих умовах звичайне авто. На першому етапі руху, коли відбувається розгін, від автомобіля вимагається найбільше потужності, а отже і витрачається найбільше палива. Після розгону слідує рівномірний рух, який не потребує значної потужності і відповідно витрат палива. Останнім етапом руху є гальмування, де вся накопичена автомобілем кінетична енергія виділяється у вигляді тепла в гальмівних колодках.

У ГТЗ, на відміну від звичайного авто, в залежності від ємності накопичувача, на початковому етапі руху можна компенсувати частину потрібної для розгону потужності і тим самим зекономити пальне. Гальмування, зазвичай, ГТЗ виконує за допомогою ЕД, які переходять в режим рекуперації. Таким чином, накопичена автомобілем кінетична енергія не розсіюється у вигляді тепла в гальмівних колодках, а перетворюється в електричний заряд, який накопичується в батареї і потім знову використовується для розгону автомобіля при наступному циклі руху. Виходячи з цього зрозуміло, що оптимально підібраний накопичувач енергії може накопичити більше заряду, а отже й компенсувати більше потужності при розгоні.

За допомогою розробленої нами моделі в пакеті MATLAB/Simulink можна дослідити залежність витрат палива від ємності батареї.

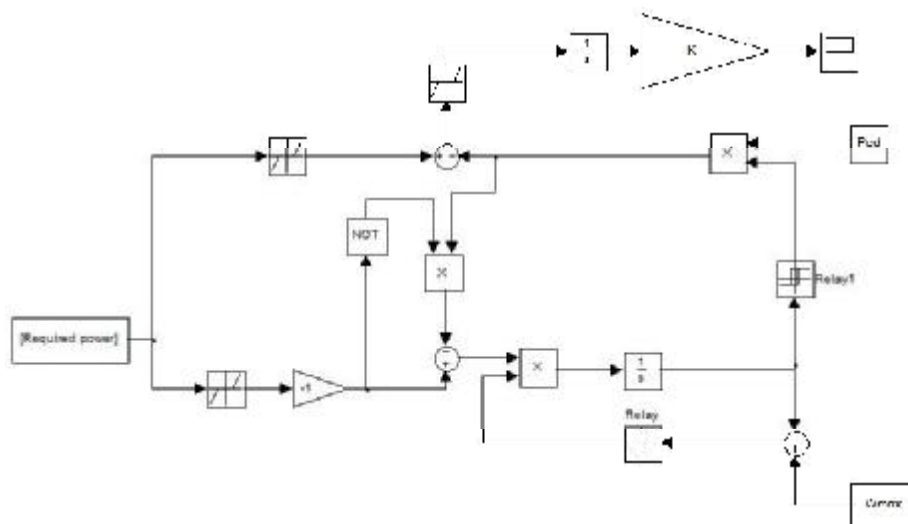


Рисунок 1 – Модель енергетичної системи ГТЗ в пакеті MATLAB/Simulink

В даній моделі наявна ланка завдання по потужності, ланка заряду накопичувача енергії, ланка розряду накопичувача енергії і ланка перетворення потужності, яку потрібно виробити ДВЗ в затрати палива на сто кілометрів.

Дана модель працює наступним чином:

На початковому етапі в блок “Ped” задається потужність електроприводу (ЕП) автомобіля, завдання потрібної потужності у відповідні проміжки часу (блок “Required power”) і максимально можлива ємність накопичувача енергії (блок “Wmax”).

Після завдання потрібної потужності через відповідний пропускаючий фільтр вона потрапляє до ланки завдання транспортного засобу, де від неї віднімається потужність ЕП автомобіля. Потужність, яка залишилася являється потужністю, яку повинен розвинути ДВЗ. Дана потужність подається до ланки, де за допомогою інтегратора вона переводиться в потрібну енергію і через відповідний коефіцієнт дана енергія відображається в кількості палива затраченого на сто кілометрів пробігу.

При цьому через ланку розряду накопичувача подається використана потужність ЕП, яка за допомогою інтегратора перетворюється у затрачену енергію і віднімається від енергії накопичувача. Отримана енергія подається на реле Relay, яке при наявності сигналу подає одиницю, а при відсутності – нуль. Отриманий сигнал потрапляє до множника, в якому він перемножується з потужністю ЕП, яка надходить для розрядження накопичувача. Після цього потужність знову потрапляє до інтегратора і отримана енергія повторює вище згаданий процес. Ця енергія також потрапляє до реле Relay1, яке працює за тим самим принципом, що і попереднє, а отриманий сигнал (одиниця або нуль) перемножується з потужністю ЕП. Таким чином, вразі відсутності заряду батареї реле подає нуль на множник і до вище згаданих ланок буде поданий нуль. Тобто вся потрібна потужність буде вироблятися ДВЗ.

Вразі подачі потужності гальмування вона потрапляє до ланки заряду накопичувача. В даній ланці наявний множник -1, який потрібний для зміни знака потужності гальмування (його відсутність викличе зниження заряду батареї). До цієї ланки приєднаний логічний елемент “НІ” (блок “NOT”), який при відсутності сигналу в даній ланці подає одиницю, при наявності сигналу – нуль. Сигнал з логічного елемента надходить до множника, де він перемножується з потужністю розряду накопичувача. Таким чином, коли до ланки заряду не подається потужність гальмування відбувається розряд батареї, при подачі – лише заряд батареї. За допомогою вище описаної логіки модель повністю імітує роботу ГТЗ: при русі вперед ЕП компенсує частину потрібної потужності і відбувається розрядження батареї, при гальмуванні вся кінетична енергія акумулюється у вигляді заряду.

За допомогою отриманої моделі можна дослідити залежність витрат палива від ємності накопичувача змінюючи ємність батареї і фіксуючи значення потрібних витрат палива на пробіг ста кілометрів.

Після проведення дослідів витрат палива від накопичувача енергії для середньостатистичного автомобіля вагою 1500-1800 кг, прикладом якого може бути Daewoo Sens, ми отримали наступну залежність:

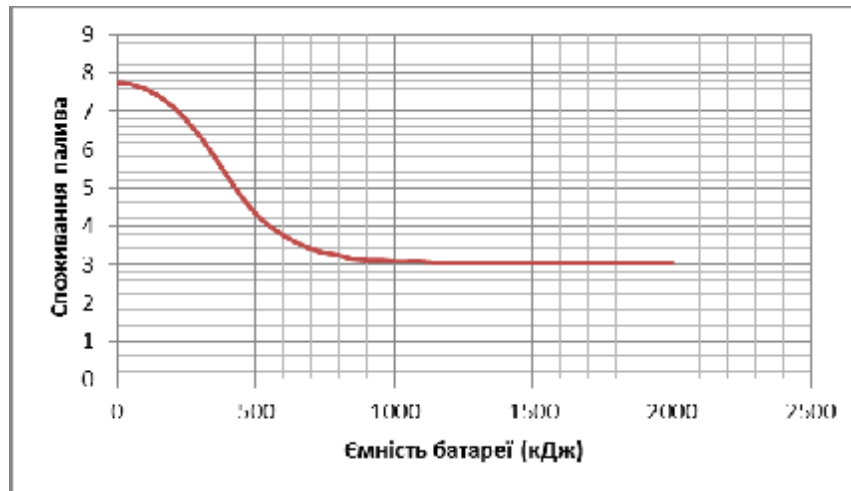


Рисунок 2 – Залежність споживання палива від ємності накопичувача енергії

Як видно із залежності, збільшення ємності накопичувача енергії веде до зниження середньої кількості спожитого пального на сто кілометрів пробігу. Але це спостерігається лише до ємності 1000 кДж, а подальше збільшення ємності не призводить до значної економії пального. Це може бути пояснено тим, що при подальшому збільшенні ємності накопичувача недостатньо енергії рекуперації для її заповнення і тому як би не була збільшена ємність батарея буде заряджена лише до певного значення, але вага і вага будуть значно вищими.

З отриманих даних можна зробити висновок, що для легкових гібридних автомобілів найоптимальнішою ємністю накопичувача буде в межах 700-1000 кДж, за допомогою якої середні затрати палива будуть знижені від 7,5-8 (л/100км) до 3-3,5 (л/100км).

Використана література:

1. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles fundamentals, theory, and design (second edition); CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, 2010.
2. Electric and hybrid vehicles design fundamentals; CRC Press, Taylor & Francis e-Library, 2005.
3. Advanced lithium-ion batteries for plug-in hybrid-electric vehicles; Paul Nelson, Argonne National Laboratory, 9700 S.Cass Ave, Argonne, IL 60439 630-252-4503.

Слободенюк Д.В., аспірант кафедри СЕЕМ

Науковий керівник: Сінчук О.М., д.т.н., професор, зав. каф. СЕЕМ

(Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна)

ПРИСТРІЙ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА ЕКСКАВАТОРА

Робота синхронного двигуна (СД) екскаватора характеризується тривалим режимом роботи зі змінним навантаженням, що змінюється безсистемно, через різні проміжки часу. Такий режим роботи при значних накидах навантаження СД без автоматичного регулювання збудження викликає качання ротора та коливання активного і реактивного струмів двигуна, зниження віддачі реактивної потужності синхронного двигуна в мережу. Основним методом підвищення динамічної та статичної стійкості СД в перехідних режимах є застосування автоматичних регуляторів збудження [1].

До систем збудження синхронних машин висуваються високі вимоги. Вони мають забезпечувати: а) надійне живлення обмотки збудження в нормальних і аварійних режимах; б) стійке регулювання струму збудження при зміні навантаження машини; в) кратність форсування по напрузі збудження не менше 2; д) ефективне гасіння електромагнітного поля ротора [2].

Значний прогрес в перетворювальній техніці пов'язаний зі створенням силових напівпровідникових вентилів в поєднанні з ємнісними накопичувачами енергії. Високі електричні параметри, малі габарити і маса, простота конструкції і обслуговування, висока експлуатаційна надійність дозволяють широко використовувати їх в схемах збудження [3].

Таким чином, мета роботи – розробка схеми напівпровідникового пристрою динамічного збудження СД з ємнісним накопичувачем.

Для підвищення швидкодії та точності керування збудженням синхронної машини в динамічних режимах запропоновано систему збудження з ємнісним накопичувачем, функціональна схема якої наведена на рис. 1.

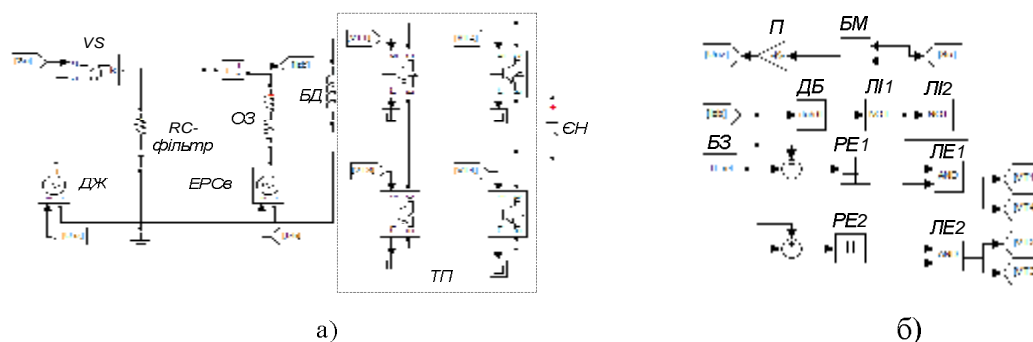


Рисунок 1 - Модель силової частини (а) та системи керування (б) регулювання збудженням СД

Силова частина складається з синхронного двигуна; системи збудження, до якої входять обмотка збудження (ОЗ), система керування режимом роботи синхронного двигуна. До системи, паралельно обмотці збудження через буферний дросель (БД) підключений транзисторний перетворювач (ТП) та ємнісний накопичувач енергії (ЄН). На основі вимірюваних значень параметрів режиму роботи синхронного двигуна, система

керування розраховує та подає керуючі сигнали на перетворювачі, що живлять обмотку збудження.

Дослідження режимів роботи моделі виконано з наступними параметрами елементів схеми: активний опір обмотки збудження $R_f = 0,133 \text{ Ом}$, індуктивність $L_f = 0,01 \text{ Гн}$; індуктивність буферного дроселя, попередньо обрана $L_{fb} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$. На проміжку часу від 0 до 0,1 с задано лінійне наростання струму зі швидкістю $\frac{di_{f-ref}}{dt} = 500 \text{ А/с}$, на проміжку від 0,1 до 0,2 с знак лінійне спадання струму з тією ж швидкістю. Як видно з графіка (рис. 2), струм обмотки збудження i_f повністю відпрацьовує заданий із пульсаціями зумовленими принципом регулювання. Конденсатор розряджається, забезпечуючи при цьому необхідне значення кратності напруги та контрольоване наростання струму збудження. Оскільки живлення від конденсатора здійснюється через транзисторний перетворювач, напруга на обмотці збудження має пульсуючий характер, що є недоліком (рис. 3).

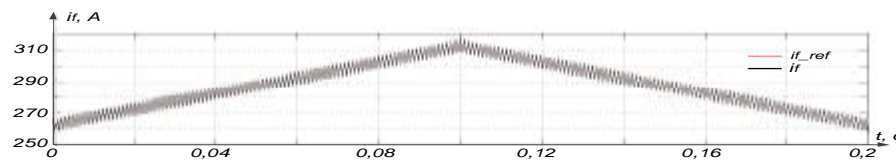


Рисунок 2 – Струм збудження СД при живленні від ємнісного накопичувача

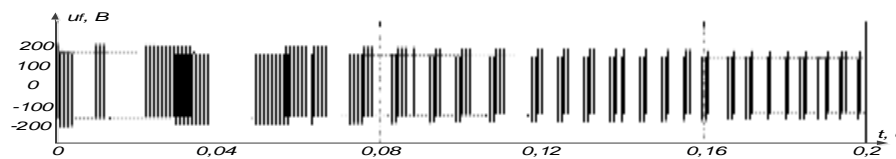


Рисунок 3 – Напруга збудження СД при живленні від конденсатора

Висновки: Система регулювання режимом збудження дозволяє підтримувати заданий струм збудження синхронного двигуна період часу за рахунок енергії конденсатора введеного в контур збудження транзисторним перетворювачем. Запас енергії конденсатора зумовлює тривалість роботи пропонованого пристрою. В динамічних режимах роботи для підвищення стійкості можливе застосування форсування та гасіння електромагнітного поля ротора СД шляхом зміни струму збудження за рахунок високопотенціальної енергії конденсатора, при цьому визначення параметрів елементів схеми є окремим завданням.

Перелік посилань

1. Калентионюк Е.В., Устойчивость электроэнергетических систем. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 375 с.
2. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. – К.: Техника, 1989. – 287 с.
3. Низимов В.Б., Колычев С.В., Снижко А.А. Система параметрического пуска СД со ступенчатым накопителем энергии в обмотке возбуждения. / Низимов В.Б., Колычев С.В., Снижко А.А. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2011. – Випуск 1(16). – с. 101-106

Смакота А.Н., студент гр. ЕЕс-12-2

Научный руководитель - Федоров С.И. ст. преподаватель каф. Возобновляемых источников энергии

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В современных условиях рациональное использование и экономия энергетических ресурсов и как следствие решение экологических проблем является одним из важнейших приоритетов энергетической политики Украины. За последние годы промышленность Украины сократила производство в 3-5 раз, однако потребление энергоресурсов сократилось по разным источникам от полутора до двух раз. Это привело к возрастанию энергоемкости ВВП (в развитых странах этот показатель наоборот снижался). Современный уровень энергоемкости предприятий Украины в 3.5-5 раз выше, чем в других развитых странах.

Одним из решений данной проблемы является использование имеющегося потенциала энергосбережения, а также альтернативных и возобновляемых источников энергии. Генеральная Ассамблея ООН указала, что «развитие использования альтернативных источников энергии по своей значимости относится к важнейшей проблеме глобального характера».

Использование энергосбережения в сфере теплоснабжения по предварительным подсчетам ученых приведет к экономии 35-45% от всего теплопотребления Украины.

На горных предприятиях выработка тепла для собственных нужд осуществляется, как правило, на небольших угольных котельных. Они являются крупными потребителями угля, имеют низкий КПД и характеризуются высоким уровнем эксплуатационных затрат. В то же время они являются наиболее значительным источником загрязнения атмосферы, (до 50% всех выбросов). При сжигании угля в атмосферу выбрасывается сера, цинк, ртуть, хлор, свинец и множество других элементов таблицы Менделеева. В отличие от традиционной системы теплоснабжения, использующей топливо, при теплоснабжении с применением тепловых насосов полностью исключаются вредные выбросы в атмосферу.

Угольное производство Украины характеризуется значительным выходом не используемых в настоящее время вторичных тепловых ресурсов ВТР. Много тепла теряется с потоками отработавшей в технологических процессах воды (сбросной, оборотной и др.), шахтными вентиляционными выбросами, шахтными водами и т.п. Источниками бросового тепла в угольных шахтах являются: шахтная вода, исходная вентиляционная струя, компрессорные установки. Анализ возможных низко-потенциальных источников тепла на угольных шахтах показал, что наиболее эффективными для использования в утилизации низкопотенциального тепла является тепловой потенциал шахтных вод и хозяйственно-бытовых стоков.

В связи с постоянным удорожанием энергоресурсов возникла необходимость в привлечении альтернативных и возобновляемых источников энергии в решении энергетических проблем путем разработки и внедрения в технологический процесс горной промышленности технологий утилизации низкопотенциального тепла в использовании тепловых насосов для теплоснабжения угольных шахт. С помощью тепловых насосов с использованием бросового тепла шахт возможно: получение горячей воды, нагрев свежего воздуха, направляемого в шахту, получение тепла и электроэнергии. В результате применения тепловых насосов для теплоснабжения угольной шахты, за счет утилизации низкопотенциального тепла, возможно, получить экологически чистую тепловую

энергию и отключать шахтную котельную в летний и осенне-весенний период времени. Применение стандартных технологических схем позволит, затрачивая 1 кВт ч электроэнергии получать около 2.5-4 кВт ч эквивалентной тепловой энергии. Указанная технология реализована на некоторых шахтах России и Украины (тепло шахтных вод на шахте «Осинниковская» АО «Южжубассуголь», низкопотенциальное тепло неочищенных стоков РНС-3 «Гайва» МП «Пермводоканал», тепло шахтных вод и вентиляционных потоков на шахте «Благodatная» ОАО «Павлоградуголь»). На этих объектах затраты на теплоснабжение сокращаются в несколько раз, за счет отключения шахтной котельной в летний и осенне-весенний период и исключаются выбросы вредных веществ в атмосферу, улучшается экологическая обстановка. Снижение себестоимости тепла, производимого на теплонасосной станции (ТНС), по сравнению с традиционным теплоснабжением составляет от 1,5 до 2,5 раз в зависимости от температуры низкопотенциального источника. Срок окупаемости у большинства ТНС не превышает двух-трех лет. Кроме перечисленных ранее достоинств тепловые насосы имеют следующие преимущества:

1. Экономика: тепловой насос использует введенную в него энергию гораздо эффективнее любых котлов. Коэффициент преобразования тепла (КПТ) промышленных тепловых насосов достигает 3,5-4.
2. Экология: тепловой насос исключает вредные выбросы в окружающую среду. Агрегат не сжигает топливо, что приводит к улучшению экологии.
3. Возможность применения на любом предприятии, даже без наличия электрической сети.
4. Возможность получения, как тепла, так и холода (охлаждение воздуха помещений).
5. Применение таких устройств в условиях шахт практически безопасно (отсутствие источников огня, отсутствие работы с газами и топливами).

На шахте «Благodatная» ОАО «Павлоградуголь» установлена и работает, используя тепло шахтных вод и вентиляционных потоков теплонасосная установка ТНУ-800 (разработанная в НГУ), с производительностью по теплу - 800 кВт, объем горячей воды в смену около 140 м³.

Температура шахтной, холодной, горячей воды 12...15°C, 5...15°C, 45°C соответственно. КПТ достигает – 3- 3,2.

Проведенный литературный поиск дал следующие результаты:

Установлено, что наиболее рациональным источником низкопотенциального тепла на угольной шахте являются шахтные воды и хозяйственно-бытовые стоки. Повышение энергетической эффективности и экологичности теплоснабжения угледобывающих предприятий может быть достигнуто на основе разработки и внедрения технических средств, технологий утилизации низкопотенциального тепла шахтных и хозяйственно-бытовых стоков. Выбрана модель теплоснабжения угольной шахты на основе утилизации низкопотенциального тепла. Подобрана экологически чистая технология утилизации низкопотенциальной теплоты шахтных вод, с применением тепловых насосов. Технологическая схема позволяет затрачивая 1 кВт ч электроэнергии получать около 3.5-4 кВт ч эквивалентной тепловой энергии. Указанная технология применяется на шахте «Благodatная».

Изучение результатов работы внедренных технологий подтверждают эффективность работы теплонасосных установок по утилизации низкопотенциального тепла для теплоснабжения угольной шахты. Так, затраты на теплоснабжение сокращаются в 2-4 раза, за счет отключения шахтной котельной в летний и осенне-весенний период исключаются выбросы вредных веществ в атмосферу, улучшается экологическая обстановка в районе расположения шахты.

Результаты литературного поиска и поиска в сети интернет будут использованы для подготовки дипломной работы бакалавра «Оценка внутренних возможностей горного предприятия для повышения эффективности систем теплообеспечения».

Литература

1. Волощенко Н.И., Островский Э.П., Миляковский В.И. и др. Эффективное использование электроэнергии и топлива в угольной промышленности. М.: Недра, 1990. 407 с.
2. Григоров В.Г., Нейман В.К., Семенюк Л.Г. Утилизация низкопотенциальных тепловых вторичных энергоресурсов на химических предприятиях. М.: Химия, 1987. 240 с.
3. Закиров Д.Г. Утилизация вторичных энергетических ресурсов и использование возобновляемых источников энергии с применением тепловых насосов основной путь снижения энергоемкости производства. // Промышленная энергетика, 2002. №5. С. 15-20.
4. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. М.: Недра, 1991. 221 с.
5. Кузнецов Ю.Л. Капиталовложения в строительство теплонасосных установок // Энергетика и электрификация. 1988. №1. С. 46-49.
6. Мялковский В.И. Основные направления утилизации низкопотенциального тепла шахт /Сер. Сборн.: Перспективы развития научно-техн. Прогресса при стр-ве шахт, ствол. Донецк, 1989. С. 2831
7. Пустовалов Ю.В. Экономические вопросы развития теплонасосных станций. // Теплоэнергетика, 1989. №3. С. 47- 51.
8. Утилизация тепла отходящих газов / Shook James R. // Chem. Eng. Progr.-1991. 87, №6. С. 48-54.- Англ.
9. Хайруллин И.Д., Закиров Д.Д. Положительные аспекты внедрения технологий отопления с применением тепловых насосов
10. Шахтные воды в угольной промышленности./Сборник ч.1 ВНИИОСуголь, Пермь, 1989.
11. Литовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. -М.: Энергоатомиздат, 1989. 128 с.
12. Umwelt. 1988. -№10. С. к4-к9.
13. Усенко А.Ю. Губинский М.В. Бикмаев С.Р. Перерва В.Я.
14. Анализ энергетической и экологической эффективности использования теплонасосного оборудования для нужд теплоснабжения/сборник статей «Металлургическая теплотехника». выпуск 3 (18), 2011, 137-143 с.

Сухоніс Т.Ю., аспірант

Науковий керівник: Бялобржеський О.В., к.т.н., доцент кафедри систем електропоживання та енергетичного менеджменту

(Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна)

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ

На підприємствах гірничо-металургійної галузі України з підземною технологією ведення робіт експлуатується більше 4 тис. електровозів, які класифікуються як рудникові та нараховують 20 різних видів [1]. Статистика відмов в елементах тягового рухомого складу свідчить про те, що в більшості випадків частіше виходить з ладу тяговий двигун (55%) та контактна мережа (23%), а незначна частина несправностей припадає на пуско-регулюючу (12%) та електричну апаратуру (10%) [1]. Зазначене зумовлено наступними факторами: короткими замиканнями електричного кола; зникненням або зниженням рівня напруги контактної мережі нижче допустимого; відхиленням параметрів електрообладнання рухомого складу; наявністю імпульсних перенапруг на струмоприймачі електровозу; порушенням алгоритму роботи; вібраціями та нагрівом елементів тягового рухомого складу. Всі фактори, які провокують аварійні режими тягового електротехнічного комплексу, взаємопов'язані та залежать один від одного [4].

Як показують результати досліджень [4] досягти бажаної ефективності функціонування рудникових електровозів можна застосувавши на них тяговий електротехнічний комплекс типу частотний перетворювач – асинхронні тягові двигуни керований мікропроцесорною системою управління [1, 3]. Тому саме цей варіант обраний як базовий для розробки системи діагностики та моніторингу на тяговому рухомому складі рудникових електровозів. Слід зауважити, що при використанні іншої структури тягового комплексу запропонований варіант може бути незначно змінений.

В основу розробки покладено систему тягового електротехнічного комплексу (рис. 1) зі схемою живлення двох двигунів, які встановлені на одному візку тягової одиниці [2].

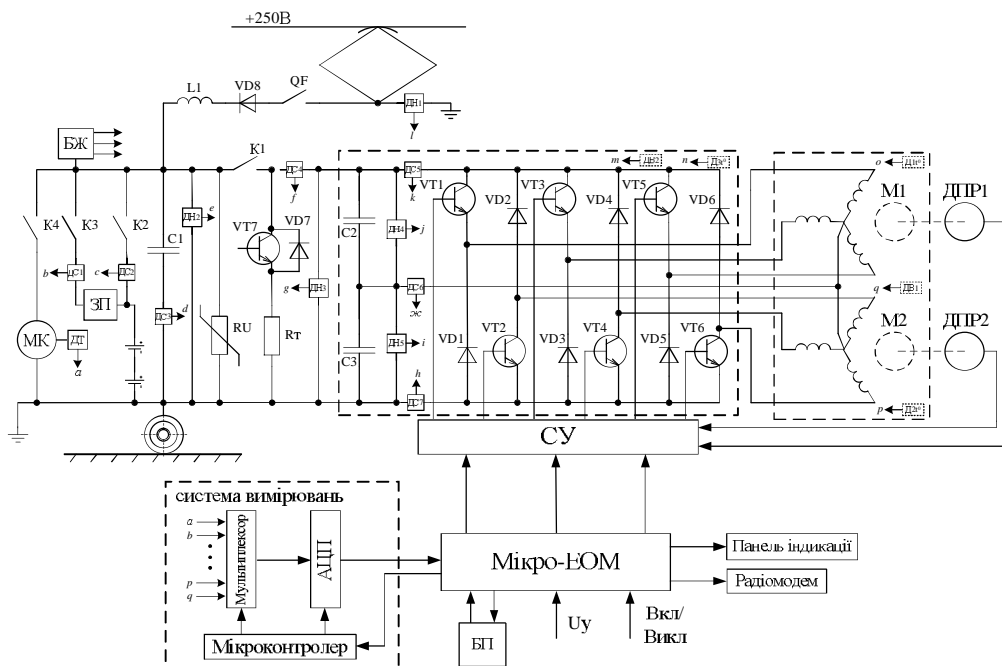


Рисунок 1 – Структура системи моніторингу тягового рухомого складу рудникового електровозу

Силова частина комплексу складається з наступних елементів: контактної мережі (+250В), автономного інвертора напруги та двигунів. При цьому вхідне коло приведеної структури оснащено дільником напруги з двох послідовно ввімкнених конденсаторів (С2, С3), а фазні обмотки двигунів (М1, М2) ввімкнені між точкою з'єднання конденсаторів та точками з'єднання діодів (VD1-VD6) з транзисторами (VT1-VT6). Також комплекс містить мотор-компресор постійного струму (МК), зарядний пристрій (ЗП), акумуляторну батарею з контакторами К2-К4; гальмівний резистор (R_T) для динамічного гальмування тягового електроприводу; блок живлення (БЖ) для живлення фар, сигналу, пульта управління та інших елементів системи управління.

Під час роботи електровоз працює у контактному режимі та отримує живлення через пантограф від контактної мережі. Через автоматичний вимикач QF енергія поступає на вхідний фільтр, який складається із індуктивності L1 та ємності С1 та є загальним для системи управління електроприводом та зарядного пристрою. Також до складу фільтру належать зворотній діод VD8 та обмежувач перенапруг RU. Електричне гальмування тягових двигунів відбувається за допомогою передачі гальмівної енергії від двигунів М1 та М2 через інвертор (VT7, VD7) до гальмівного резистора R_T, при цьому відключається контактор К1.

Для реалізації задач вимірювання, контролю та діагностики функціональних елементів тягового електротехнічного комплексу за подальшим моніторингом його стану в пропонувану схему введено ряд датчиків: струму спрацювання вимикачів (ДС1, ДС2); тиску мотор-компресора (ДТ); струмів LC-фільтра та двигунів відповідно (ДС3, ДС5-ДС7); струму та напруги мережі (ДС4 та ДН2); напруги двигунів (ДН4, ДН5); температури двигунів та інвертора відповідно (ДТ⁰-ДЗ⁰); вібрації двигунів та інвертора відповідно (ДВ1-ДВ3); напруги на ізоляторах пантографу (ДН1) [5].

Структура включає в себе систему управління, систему вимірювань та мікро-ЕОМ, які забезпечують керування тягового рухомого складу. Дані з введених в систему датчиків через канали передачі передають на мультиплексор, з якого по чергово надходять до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Мультиплексовані аналогові сигнали перетворюються в цифровий код та за командою мікроконтролера надходять до мікро-ЕОМ. Оброблені сигнали з виходу блоку мікро-ЕОМ надходять до панелі індикації, де в залежності від стану контрольованого вузла відображаються певними індикаторами, що дає змогу проводити візуальне спостереження за роботою рудникового електровозу в цілому [5].

Отже, пропонується структура системи моніторингу тягового електротехнічного комплексу дозволяє забезпечити візуальний контроль за станом обладнання рудникового електровозу та керування роботою тягового рухомого складу в цілому від блоку мікропроцесорної системи. Система містить мікропроцесорну систему управління для певного керування рудниковим електровозом. Виконання моніторингу основних параметрів тягового електротехнічного комплексу виконується контролюючими датчиками струму, напруги, температури, тиску та вібрації, що дозволяє забезпечити виявлення несправності вузла (блоку) та характер несправності ділянок електричної та пневматичної схем кіл електровозу.

Перелік посилань

1. Дебелый В.Л. Основные направления развития шахтного локомотивного транспорта / В.Л. Дебелый, Л.Л. Дебелый, С.А. Мельников // Уголь Украины.-2006.-№6.-с.30-31.
2. Киреев А.В. Схема питания вентиляционно-индукторного тягового привода электропоезда // Науковий журнал. Вісник СХУ ім. В.Даля – №4 (158) – часть 1.
3. Синчук О.Н. Контактно-аккумуляторный шахтный электровоз с тяговым электротехническим комплексом: IGBT-инвертор-асинхронный электрический двигатель / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, Д.А. Шокарев, Е.И. Скапа, Ф.И. Караманиц // Науковий журнал. Вісник СХУ ім. В.Даля – №4 (158) – часть 1.
4. Системы управления шахтным электровозным транспортом / О.Н. Синчук, Э. С. Гузов, Н. И. Шулин, П. К. Саворский. – К.: Техніка, 1985. – 198 с.
5. Сухоніс Т.Ю., Бялобржеський О.В., Шутко В.М. Структура системи моніторингу параметрів тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу // Науковий журнал. Вісник Інженерної академії України - №3-4 – 320с.

Харсун К.В. студент, Остапчук О.В. доц., к.т.н.

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

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Возможности использования экологически чистой, повсеместно доступной возобновляемой энергии солнечного излучения привлекают все большее внимание. В соответствии с прогнозами [1], уже в течение ближайших 15-20 лет возобновляемые источники энергии (энергия Солнца, ветра, биомассы др.) должны занять заметное место в мировом энергетическом балансе, обеспечивая замещение истощающихся запасов органического топлива и экологическое оздоровление окружающей среды.

В течении года, в среднем, исходя из климатических условий и широты местности, поток солнечного излучения на земную поверхность составляет от 100 до 250 Вт/м², достигая пиковых значений в полдень при ясном небе, практически в любом (независимо от широты) месте, около 1 000 Вт/м². Суммарное среднегодовое солнечное излучение на территории Украины, по данным продолжительных наблюдений, варьируется от 1 000 кВт·ч/м² в северной и центральной части страны до 1 350 кВт·ч/м² на Крымском полуострове и южной части Одесской области. Для удобства анализа данные расчеты были распределены на 4 зоны (рис.1). Реальное распределение суммарной энергии солнечного излучения по разным месяцам может отличаться от среднего значения на 50 процентов в различные годы.



Рисунок 1- Интенсивность солнечного излучения в Украине

В ряде стран солнечные водонагревательные установки стали обычным атрибутом жизни. Так, например, в Израиле горячее водоснабжение 80 % всех жилых домов обеспечивается солнечными водонагревателями, что дает экономию более 5 % производимой в стране электроэнергии. Многие десятки фирм-производителей различных типов солнечных коллекторов и водонагревательных установок успешно действуют в Европе, Америке, Австралии и других регионах мира. Суммарная площадь установленных в наше время солнечных коллекторов в мире превышает уже 50 млн. квадратных

метров, что эквивалентно замещению традиционных источников энергии в объеме примерно 5-7 млн. тонн условного топлива в год.

Пик развития "солнечного" рынка в мире, обусловленный разразившимся энергетическим "кризисом" и резким ростом цен на энергоресурсы, приходится на середину и конец 70-х годов. Во многих странах были приняты специальные государственные программы финансовой, законодательной и информационной поддержки и стимулирования развития технологий использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Говоря о солнечных водонагревателях, можно утверждать, что в настоящее время во многих странах мира, технологии эффективного нагрева воды для бытовых целей солнечным излучением достаточно хорошо отработаны и широко доступны на рынке. Наиболее экономически эффективные сферы применения солнечных водонагревателей в значительной мере уже освоены. Например, в США более 60% частных и общественных плавательных бассейнов обогреваются за счет солнечной энергии (простейшие бесстекольные, без тепловой изоляции, как правило, пластиковые солнечные коллекторы).

Географическое расположение Украины раскрывает большой потенциал для развития рынка солнечной энергетики, таким образом, можно сказать, что потенциал солнечной энергетики в Украине является достаточно высоким для широкого применения солнечного оборудования. Возможность использования солнечного излучения увеличивается в направлении с северо-запада на юго-восток с самым высоким потенциалом на Крымском полуострове. Период времени для эффективного использования солнечных коллекторов в южных областях Украины составляет 7 месяцев (с апреля по октябрь), в северных областях – 5 месяцев (с мая по сентябрь).

В настоящий момент, солнечные коллекторы для нагревания воды широко используются в южной части Украины, и их количество растет с каждым днем. Согласно Национальному агентству по энергосбережению и энергоэффективности (ранее НАЭР), потенциал солнечной энергетики Украины намного выше, чем в Германии, и технически возможно, что доля солнечной энергетики достигнет 10 % энергетического баланса Украины уже к 2030 году.

Согласно данным Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР), Украина уже в ближайшее время готова стать лидером среди экологически чистых экономик Европы, особенно в отношении рынка солнечной энергии, который является одним из наиболее перспективных рынков возобновляемых источников энергии. У Украины имеются все предпосылки для успешного развития рынка солнечной энергии: высокий показатель DNI (прямое нормальное излучение), высокий льготный "зеленый" тариф. К тому же, Энергетическая стратегия Украины предполагает достижение 20 % производства энергии из возобновляемых источников до 2020 года [2].

Трудностями на пути достижения поставленных задач является не совершенная нормативная база и отсутствие технических рекомендаций по эффективному использованию солнечных нагревательных элементов. Наиболее распространённым типом коллекторов на рынке Украины являются плоские и вакуумные. Вакуумные солнечные коллекторы являются высокотехнологичным и интересным в техническом отношении видом данной продукции, причем имеют более высокий КПД, чем плоские. К сожалению, на наш рынок попадают устройства изготовленные, в основном, на территории Китая, при этом не всегда обеспечивается должное качество используемых материалов и условий сборки. При работе в тяжелых климатических условиях, которые характерны для широт Украины (обмерзание, высокий уровень осадков, выпадение града), снижают эффективность использования коллекторов такого типа. Недостатком также является невозможность осуществления ремонта при потере вакуума в трубках коллекторов.

Плоские солнечные коллекторы горячего водоснабжения лишены большей части описанных недостатков, хотя имеют более высокую цену и низкий КПД. При использовании таких систем необходимо помнить, что они могут обеспечить требуемые

функциональные задачи только в комбинации с традиционным оборудованием (работающим на электроэнергии, газе, жидком или твердом топливе).

Реализованные в последние годы экспериментальные проекты показали, что годовая выработка тепловой энергии в условиях Украины составляет 500 - 600 кВтч/м². Учитывая общепринятый на Западе потенциал использования солнечных коллекторов для развитых стран, равный 1 м² на одного человека, а также производительность солнечных установок для условий Украины, ежегодные ресурсы солнечного горячего водоснабжения и отопления могут составить 28 млрд. кВтч тепловой энергии. Реализация этого потенциала позволила бы сэкономить 3,4 млн. тонн условного топлива (т.у.т.) в год.

В настоящее время, коммунальное хозяйство Украины потребляет ежегодно около 74 миллионов т.у.т. Ежегодно потребность в тепловой энергии увеличивается на 1,5-2 %. Существуют оценки, что с возобновлением экономического роста уровень потребления может существенно возрасти. С другой стороны, потенциал энергоэффективности и энергосбережения в коммунальном хозяйстве Украины составляет по разным оценкам не менее 50 %. В случае использования этого потенциала экономический рост не должен привести к существенному увеличению потребления тепловой энергии.

В Украине реализовано несколько десятков экспериментальных проектов в разных отраслях народного хозяйства. Среди них системы горячего водоснабжения жилых и общественных зданий, лечебно-оздоровительных учреждений; солнечные приставки к топливным и электрическим котельным, обслуживающие промышленные, сельскохозяйственные и коммунальные предприятия; малые автономные установки для индивидуальных жилых домов и предприятий бытового обслуживания. По оценкам, сделанным украинскими специалистами, срок окупаемости внедренных экспериментальных установок солнечного водо- и теплоснабжения составляет от пяти до десяти лет.

Литература

1. Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики".
2. Использование солнечной энергии для теплоснабжения на Украине. М.Рабинович, А.Ферт, Возобновляемая энергия, № 3, 1998
3. Шидловский А.К., Випанасенко С.И., Иванов О.Б. Энергетичні ресурси України.- Дніпропетровськ:НГУ, 2003.- 178с.

Хромей О.В. аспірант

Науковий керівник: Сінчук О.М., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті
(Державний ВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна)

АНАЛІЗ СПОСОБІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ДВИГУНОМ ТА ЇХ ВПЛИВ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Комплексний аналіз літературних джерел показав, що властивості електрорушійного складу (ЕРС) повинні покращуватись за рахунок тягово-енергетичних показників тягового електроприводу (ТЕП) та максимального використання ваги зчеплення локомотиву. Ефективність використання сил зчеплення можлива за умови високої швидкодії електроприводу, іншими словами постійно змінні умови, що виникають при контакті колеса з залізничним полотном повинні автоматично швидко узгоджуватись зі змінною обертаючого моменту асинхронного тягового двигуна (АТД). Тягова характеристика при цьому повинна відображати форму за якої би незначна зміна частоти обертання колісної пари призводила б до різкого зниження сили тяги. Тому необхідно збільшувати жорсткість тягових характеристик. Застосування безколекторних двигунів змінного струму, зокрема АТД, - один із перспективних шляхів вирішення даного питання.

Асинхронний тяговий електропривод представляє собою комплексну динамічну систему на процеси якої впливають багато факторів у тому числі і випадкової природи. Цим обумовлено широке застосування математичного моделювання як найбільш прийняттого методу дослідження процесів, виникаючих у ТЕП. Важливими при розробці систем автоматичного керування, уточненні їх структури та параметрів є математичні моделі електромеханічних процесів ТЕП. Вони дозволяють визначати специфічні режими роботи електромеханічної системи - електроприводу (ЕП) з АТД у цілому, а також окремих підсистем.

Єдиним засобом, що дозволить досягти того чи іншого рівня швидкодії є вибір оптимального способу керування. Відповідно до існуючих законів регулювання АТД, розглянуто його механічні характеристики (рис.1) на прикладі асинхронного тягового двигуна НТА-1200, що експлуатується на електровозі ЕП10. Регулювання можливе із заданими: 1) головним потокозчепленням ψ_m та кутовою частотою напруги статора ω_s ; 2) потокозчепленням статора ψ_s та кутовою частотою напруги статора ω_s ; 3) потокозчепленням ротора ψ_r та кутовою частотою напруги статора ω_s ; 4) напругою статора U_s і частотою ковзання ротора ω_r .

Перший спосіб керування передбачає відповідно до [1,2], що зміна електромагнітного моменту відбувається одночасно зі зміною струму статора і потокозчепленням ротора та квазіпостійних частотою ковзання ротора і кутом навантаження. Частота ковзання ротора і кут навантаження залишаються незмінними як в статичних, так і в перехідних режимах, що значно стабілізує перехідні процеси, але не суттєво впливає на час регулювання.

Щодо другого способу в [1,2] вказано, що зміна електромагнітного моменту відбувається одночасно зі зміною струму статора та квазіпостійному потокозчепленні ротора, яке незмінне лише в статичних режимах. Зміна частоти ковзання ротора і кута навантаження пропорційні зміні електромагнітного моменту. Коливальний характер перехідних процесів характеризується значними перерегулюваннями (до 25÷30%). Але в порівнянні з першим способом, у даному випадку можна досягти зменшення часу регулювання.

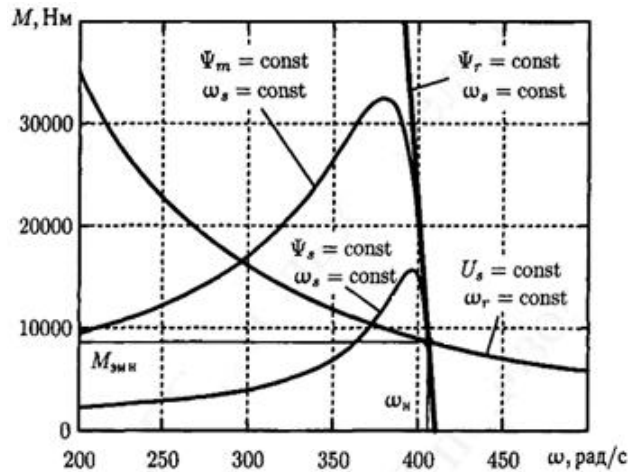


Рисунок 1 – Механічні характеристики $M_{cm} = f(\omega)$ АТД НТА-1200 при різних способах керування

Третій спосіб регулювання: підтримується постійним потокозчеплення ротора та відбувається корекція частоти ковзання по моменту. Цей спосіб регулювання подібний до другого за винятком того, що за допомогою сигналу зворотного зв'язку за потокозчепленням ротора реалізується стабілізація магнітного потоку, а на формування вихідного сигналу впливає зворотній зв'язок за моментом. Корекція частоти ковзання сприяє суттєвій стабілізації перехідних процесів, що, в свою чергу, скорочує час регулювання в декілька разів порівняно з першим, другим та четвертими способами.

Четвертий спосіб керування характеризується як і в першому випадку одночасною зміною електромагнітного моменту зі зміною струму статора і потокозчепленням ротора. Однак лише статичні режими в даному випадку характеризуються незмінністю частоти ковзання ротора і кута навантаження. Відхилення частоти ковзання від заданої величини може досягати 50% при перехідних процесах, що мають коливальний характер, і 15% для кута навантаження. Ці обставини зменшують швидкодію приводу.

Наявність корекції частоти ковзання за моментом стабілізує перехідні процеси, що пояснюється виведенням високоінерційної ланки – потокозчеплення ротора із динамічних процесів. Підґрунтям цієї ідеї, як п'ятого способу побудови систем автоматичного керування (САК), став принцип орієнтації за полем, або при переході до полярних координат – векторний принцип. Використання декартових координат є основою шостого способу побудови САК.

Перехідні процеси при автоматичному керування АТД п'ятим та шостим способами практично не мають відмінностей. Їх аналіз, проведений в [2], показує, що вони подібні до процесів як і при керуванні третім способом і також дозволяють зменшити час регулювання.

Перелік посилань

1. Колпахчян, П.Г. Методология комплексного моделирования и способы управления асинхронным тяговым приводом магистральных электровозов : дис. ... д-ра техн. наук 05.09.03 / П.Г. Колпахчян; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т). - Новочеркасск, 2006 – 402 с.
2. Эпштейн, И. И. Автоматизированный электропривод переменного тока / И. И. Эпштейн. - М.: Энергоиздат, 1982. – 234 с.

Черная В.О., ассистент кафедры систем электропотребления и энергетического менеджмента

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РУДНИЧНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

В структуре горнорудного предприятия важным звеном является шахтный транспорт, в частности электровозный, который предназначен для перевозки полезных ископаемых и горнорабочих. С помощью электровозного транспорта на угольных шахтах выполняется около 90% общего объема, а на подземных рудниках – почти весь объем перевозок [1].

Отечественный парк тягового подвижного состава, представленный контактными и аккумуляторными электровозами, характеризуется значительной степенью физического и морального износа, что сказывается на ухудшении надежности его функционирования, вызывает увеличение материальных и трудовых затрат, связанных с проведением внеплановых ремонтных работ. При этом расходы на ремонт электрооборудования тягового подвижного состава составляют большую часть суммарных эксплуатационных затрат. Так, для предприятий Криворожского железорудного комбината эта величина достигает значений 60-70%.

Наиболее уязвимыми местами электровоза являются токосъемник (1), коммутационная аппаратура (2), соединительные провода и кабели (3), система управления (4), тяговые двигатели (5) (рис. 1). Практика эксплуатации рудничного электровозного транспорта свидетельствует о том, что большая часть поломок приходится на тяговые электрические двигатели (ТЭД). Низкая надежность тяговых двигателей объясняется нестационарными режимами работы, в которых они пребывают в процессе функционирования, а это, в свою очередь, сказывается на их температурном режиме.

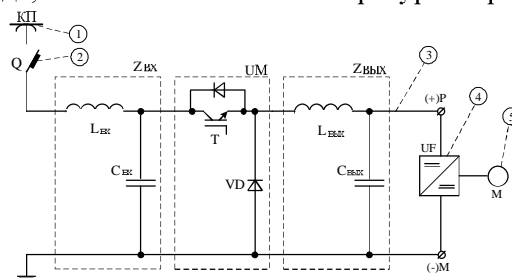


Рисунок 1 – Структура тягового электропривода рудничных двухосных электровозов с указанием возможных мест аварии: КП – контактный провод, Q – входной автомат, Zвх, Zвых – соответственно входной и выходной (сглаживающий) фильтры, UM – регулятор амплитуды напряжения в системе, UF – широтно-импульсный преобразователь, M – ТЭД

Проведенные наблюдения по выявлению видов и причин повреждений тяговых двигателей типа ДТН-45 позволяют говорить об основных неисправностях, таких как пробой изоляции обмотки якоря, выгорание изоляции обмотки якоря в местах пробоя, повреждение стали, пробой и выгорание изоляции полюсных катушек в местах прилегания к станине, разрушения коллектора, неисправность уплотняющего устройства, открытого маслом, обрыв валов тяговых двигателей.

Пробой изоляции обмотки якоря наблюдается в зоне выхода проводников из паза, что совпадает с участком максимального ее нагрева. Частое повреждение меди секций приводит к разрушению стали якоря. Пробой изоляции полюсных катушек способствует ее истиранию, вызванное смещением катушек при больших токовых и механических нагрузках. Наличие масла во внутренней полости двигателя свидетельствует о низкой надежности уплотняющего устройства, и что ускоряет старение изоляции. Пробой и выгорание изоляции коллектора происходит в результате образования дуги или кругового огня и связано с ухудшением условий коммутации из-за загрязнения коллектора и увеличенного его биения при износе посадочного места шарикоподшипника. Чрезмерные механические нагрузки и жесткость передачи крутящего момента на колесные пары – основная причина обрыва вала непосредственно за посадочным местом подшипника. Установлено, что пробой и выгорание изоляции обмотки якоря – наиболее часто повторяющийся вид повреждения.

В процессе исследований были определены причины отказов ТЭД на основании статистической обработки их последствий (сочетания видов дефектов в одном двигателе). Анализ последствий отказов показал, что вероятности сочетаний дефектов в двигателе распределяются по нормальному закону. Наиболее вероятное сочетание дефектов – нарушение корпусной изоляции якоря и полюсных катушек, отклонение размеров вала со стороны привода от допустимых значений, что указывает на наличие перегрузок ТЭД как продолжительных, так и пиковых. Низкая теплоотдача закрытых двигателей вызывает повышенный нагрев и, как следствие, пробой и выгорание изоляции обмоток якоря и коллектора.

Т.е. температурные режимы являются наиболее негативными последствиями нестационарных режимов работы ТЭД, что вызывает необходимость корректирования условий эксплуатации и режимов функционирования двигателей с целью повышения надежности всего комплекса электрооборудования рудничной электровозной откатки [2].

Зарубежные электровозостроительные фирмы для повышения надежности ТЭД и технико-экономических показателей электровозной откатки используют следующие пути:

1. Увеличение удельной мощности приводных тяговых электродвигателей.
2. Принудительное охлаждение с целью повышения длительной мощности и снижения температуры нагрева ТЭД.

Первый способ не может быть осуществлен без изменения конструкции электровоза из-за отсутствия свободного пространства для размещения электродвигателей больших габаритов. Поэтому возможность промышленной реализации этого способа повышения надежности ТЭД практически исключена.

Наиболее перспективно направление повышения надежности двигателей за счет применения принудительной вентиляции. На электровозах за рубежом применяются два способа вентиляции: обдув корпуса и подача воздуха во внутреннюю полость ТЭД.

На отечественных шахтных электровозах, например К14, возможно реализовать только второй вариант системы принудительного охлаждения, так как внешний обдув двигателей не может быть осуществлен без увеличения поперечных габаритов – высоты и ширины электровозов. Это нерационально как с экономических соображений из-за необходимости увеличения сечения горных выработок, так и технических, – так как необходимо разрабатывать электровоз новой конструкции, на освоение производства которого потребуется не менее 7–10 лет.

Литература

1. Синчук О.Н., Гузов Э.С., Шулин Н.И. и др. Системы управления шахтным электровозным транспортом. – К.: Техника, 1985. – 198 с.
2. Филлипов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах: Уч. пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1986. – 256 с.

Чёрная В.О., аспирант

Научный руководитель: Синчук О.Н., д-р техн. наук, профессор

*(Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского,
г. Кременчуг, Украина)*

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ПОВРЕЖДЕНИЙ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

В шахтах и рудниках Украины эксплуатируется около 4-х тысяч электровозов. Практически все они оснащены контактно-резисторной системой управления и тяговыми двигателями постоянного тока последовательного возбуждения. Надежность этих типов электрических двигателей в силу наличия коллектора, а также некоторых других особенностей конструкции весьма низка, что существенно снижает эффективность работы рудничных электровозов. Особенно это проявляется в последнее десятилетие.

Имеющиеся сведения о причинах и видах повреждений ТЭД шахтных электровозов далеко не всегда совпадают, а иногда и вообще противоречивы. Так в исследованиях проф. Ренгевича А.А. говорится о том, что большинство повреждений двигателей – это механические. В тоже время исследования доц. Оата Г.П. свидетельствуют о другом – основной причиной являются тепловые повреждения.

Вместе с тем, новых исследований в анализируемой области практически нет. В связи с этим авторами в составе научного коллектива был проведен комплекс экспериментальных исследований по определению причин выхода из строя ТЭД в железорудных шахтах Криворожского железорудного бассейна.

Для анализа видов повреждений и их причин было проведено обследование тяговых двигателей при поступлении их в капитальный ремонт. Характерные виды повреждений фиксировались как непосредственно при разборке тяговых двигателей, так и в процессе его ремонта, всего было обследовано более 200 двигателей.

Наиболее характерными являются следующие виды повреждений:

- пробой изоляции обмотки якоря в месте выхода проводников из паза;
- выгорание обмотки якоря и повреждение стали;
- пробой изоляции полюсных катушек в местах прилегания к станине;
- пробой и выгорание изоляции коллектора;
- разрушение шпоночной канавки и обрыв вала.

При обработке результатов обследования повреждений тяговых двигателей использовались методы математической статистики, точность оценки вероятностей повреждений как случайных событий определялась с достоверностью 0,9.

Распределение видов повреждений тяговых двигателей по шахтам ПАО «Криворожский железорудный комбинат» приведено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, наиболее уязвимым узлом тягового двигателя является обмотка якоря, на долю которой приходится 71% повреждений. Основными причинами повреждения изоляции обмоток якоря являются превышения температуры и высокие динамические нагрузки.

Механические повреждения, приводящие к нарушению работоспособности двигателя, составляют лишь 2,5%. Тем не менее наблюдающиеся повреждения валов говорят о наличии недопустимых перегрузок.

Таблица 1

Распределение видов повреждений тяговых двигателей по шахтам ПАО «Криво-
рожский железорудный комбинат»

Параметры распределения отказов	Отказы изоляции обмотки якоря				Отказы полюсных катушек				Механические повреждения	Пробой изоляции обмоток, причины которых не установлены
	16	79	74	169	1	8	4	13		
Количество дефектов	16	79	74	169	1	8	4	13	6	49
Оценка вероятности	0,0675	0,333	0,312	0,715	0,004	0,0338	0,0168	0,054	0,0253	0,207
Среднеквадратическое отклонение	0,0163	0,03	0,03	0,035	0,004	0,012	0,0084	0,017	0,0102	0,0263
Ошибки оценки при уровне значимости 0,1	0,0167	0,05	0,049	0,057	0,007	0,0192	0,0138	0,029	0,0167	0,0432

Наблюдается также пробой и выгорание изоляции коллектора, что происходит в результате образования дуги и кругового огня при недопустимых перегрузках двигателя или ухудшения условий коммутации из-за загрязнения коллектора. На долю щеточно – коллекторного узла приходится около 14% повреждений. В сумме повреждения обмотки якоря и щеточно-коллекторного узла составляют 85% повреждений тяговых двигателей постоянного тока.

На основании выполненных исследований можно дать следующие рекомендации по повышению надежности тяговых двигателей:

1. Применить защиту от перегрева тяговых двигателей;
2. Улучшить охлаждение тяговых двигателей, особенно якоря;
3. Применить для обмотки якоря более нагревостойкую изоляцию;
4. Ограничить максимальные токи допустимыми значениями;
5. Применить эффективную защиту от коротких замыканий;
6. Ограничить коммутационные перенапряжения;
7. Улучшить защиту двигателя от попадания пыли и влаги.

Ялова О.М., аспірант

Научний керівитель: Синчук О.Н., д-р техн. наук, професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

*(Державний ВНЗ «Криворізький національний університет»
м. Кривий Ріг, Україна)*

ТОПОЛОГІЯ ЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ГІРНИЧОРУДНОГО КОМПЛЕКСУ

Поняття «ефективного керування» - важливий чинник при оцінюванні споживання електричної енергії залізорудними підприємствами. Ефективне керування споживанням електричної енергії відіграє визначну роль у формуванні стратегії підприємств та ключових моментів їх діяльності [1]. Споживання електричної енергії потребує постійного моніторингу з метою здійснення ефективного керування. Всебічний моніторинг дозволяє провести типологію для виявлення слабких місць виробництва та своєчасного реагування на зовнішні та внутрішні виклики. На теперішній час для оцінювання споживання електричної енергії не існує адекватних універсальних методів і способів, які б дозволяли провести типологію підприємств за класифікаційними ознаками. Концепція їх класифікації буде істотно відрізнятися від інших існуючих, адже у даному виді діяльності існує така кількість факторів та відповідних чинників, що їх вплив неможливо не помітити та не врахувати. Треба відмітити, що особливістю є і той факт, що існуючі моделі не враховують ті фактори, які безпосередньо важливі для підприємств Криворізького регіону. Серед причин затребуваності диференціації на українських підприємствах можна виділити наступні: потреба в застосуванні сучасних методів внутрішньовиробничого обліку і контролю, аналізу, що адекватні ринковій економіці; конкуренція, що посилюється, вимагає все більш швидкої адаптації до ринкового оточення, яке постійно міняється; ускладнення організаційної структури (злиття окремих підприємств у групи), що вимагає координації взаємозв'язків між новостворюваними, та вже існуючими підсистемами управління.

Аналіз науково-практичних джерел свідчить про необхідність більш поглибленого вивчення закономірностей формування і механізмів використання сучасних інструментів, що дозволяють підвищити ефективність керування підприємством. Серед сучасних методів і процедур найбільш практично застосований – кластерний аналіз [2].

Кластерний аналіз може бути використаний для структур даних без надання пояснень. Іншими словами, кластерний аналіз просто виявляє структуру даних, не пояснюючи, чому вони існують.

Незалежно від предмета вивчення застосування кластерного аналізу припускає наступні етапи:

- відбір вибірки для кластеризації;
- визначення безлічі змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці;
- обчислення значень тієї чи іншої міри схожості між об'єктами;
- застосування методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів;
- перевірка достовірності результатів кластерного рішення.

При визначенні міри подібності об'єктів кластерного аналізу використовуються чотири види коефіцієнтів: коефіцієнти кореляції, показники віддалей, коефіцієнти асоціативності та ймовірнісні, коефіцієнти подібності. Кожен з цих показників має свої переваги та недоліки, які попередньо потрібно врахувати. На практиці найбільшого роз-

повсюдження у сфері технічних та економічних наук здобули коефіцієнти кореляції та віддалей.

Кластерний аналіз підприємств гірничорудного комплексу було здійснено за показниками: обсяг видобутку корисної копалини, притік води в шахту, витрати стисненого повітря, чисельність виробничого персоналу, глибина видобутку корисної копалини.

Провівши ітераційні процедури, був здійснений перехід до ієрархічних, тобто, до побудови дендрограми. На цьому етапі усі дані по підприємствах гірничорудного комплексу були об'єднані в одну групу. Побудову дендрограми здійснювали за допомогою відстані Евкліда та косинусу. Евклідову відстань – найбільш поширений спосіб метрики відстаней. Також була використана функцію «сophenet». Ця кореляція є єдиним способом перевірити, що кластерне дерево погоджене із оригінальними відстанями. Великі значення вказують, що дерево відповідає відстані, в сенсі, що існує зв'язок між корелятом спостережень і з їх фактичним значенням відстані. Тобто, це дерево (дендрограма) справедливо відповідає відстаням.

Базуючись на результатах від групування даних методом к-середніх, косинус є також хорошим вибором для знаходження відстаней. Один із найвищих рівнів цього дерева відділяє зразки даних в дві дуже чіткі групи. Дендрограма показує те, що відносно відстані косинуса, внутрішньо-групові відмінності набагато менші відносно міжгрупових відмінностей, як це було у випадку для відстані Евкліда.

Також порівнявши різні метрики відстаней, зокрема, Евклідову та відстань косинусу, ми змогли об'єднати наші дані та визначити найвищі рівні дендрограми. Отже, на основі кластерного аналізу ми визначили, що дані по підприємствам гірничорудного комплексу з 2007 по 2010 роки можна виділити в три класи. При цьому, у першому та другому кластері по 4 значення, а у третьому – 8 значень.

Перелік посилань

1. Пастухова В. В. Стратегічне управління підприємством: Монографія. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002.— 302 с.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрии. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 1022 с.

Ярошенко А.С., студент

Научный руководитель А.В. Бобров, ассистент

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Во многих отраслях промышленности сжатый воздух получил широкое распространение для различных технологических процессов. Сжатый воздух давлением 7-9 ат широко используется во многих отраслях промышленности для выполнения механической работы [1]. Для выработки сжатого воздуха применяются различные типы компрессоров – поршневые, центробежные, ротационные, осевые. Наибольшее применение получили центробежные и поршневые компрессоры.

Основными достоинствами поршневых компрессоров являются: высокий к.п.д. и возможность получения высокого давления – до 1000 ат (по сравнению с другими типами компрессоров). В виду высокой энергоёмкости и распространённости поршневых компрессоров, остро встаёт задача рационального управления ими.

Производительность поршневых компрессоров при установившихся условиях (постоянное число оборотов, постоянные условия всасывания и сопротивление сети), является постоянной величиной, поэтому в производственных условиях всегда возникает несоответствие между производительностью компрессоров и потреблением сжатого воздуха [2].

Поэтому важнейшей задачей регулирования производительности поршневого компрессора является обеспечение экономичного расхода электрической энергии, как при выработке сжатого воздуха, так и при его использовании в производстве. Управляя значениями регулируемых параметров, при которых затраты электроэнергии на единицу продукции минимальны при требуемом её качестве, можно обеспечить экономичность технологического процесса в целом. Наиболее широко распространены системы автоматического регулирования, у которых таким параметром является давление в воздухохранильнике компрессора. Хотя из условий технологического процесса такими параметрами могут быть температура, мощность и т.д.

Особенность регулирования давления заключается в том, что при осуществлении необходимых регулирующих воздействий на любом участке технологического процесса неизбежны значительные потери энергии, большие, чем, если регулирование осуществляется компрессором при сжатии воздуха. Большая часть регулирующих воздействий связанная с распределением газовых потоков, может быть направлена только на снижение давления, как правило, неэкономичными способами – наиболее часто дросселированием. Это приводит к необходимости выработки большего количества сжатого воздуха, работе компрессоров на более высоких давлениях, что в свою очередь, ведёт к значительным потерям энергии. Поэтому обеспечение соответствия между выработкой компрессором сжатого воздуха и потребностью его в каждый момент времени для технологического процесса является наиболее важной задачей.

Способы регулирования производительности в зависимости от места, в котором производится соответствующее воздействие, могут быть отнесены к одной из трёх групп: с исполнительными устройствами, размещёнными на трубопроводах, в конструкции компрессора или в конструкции его привода.

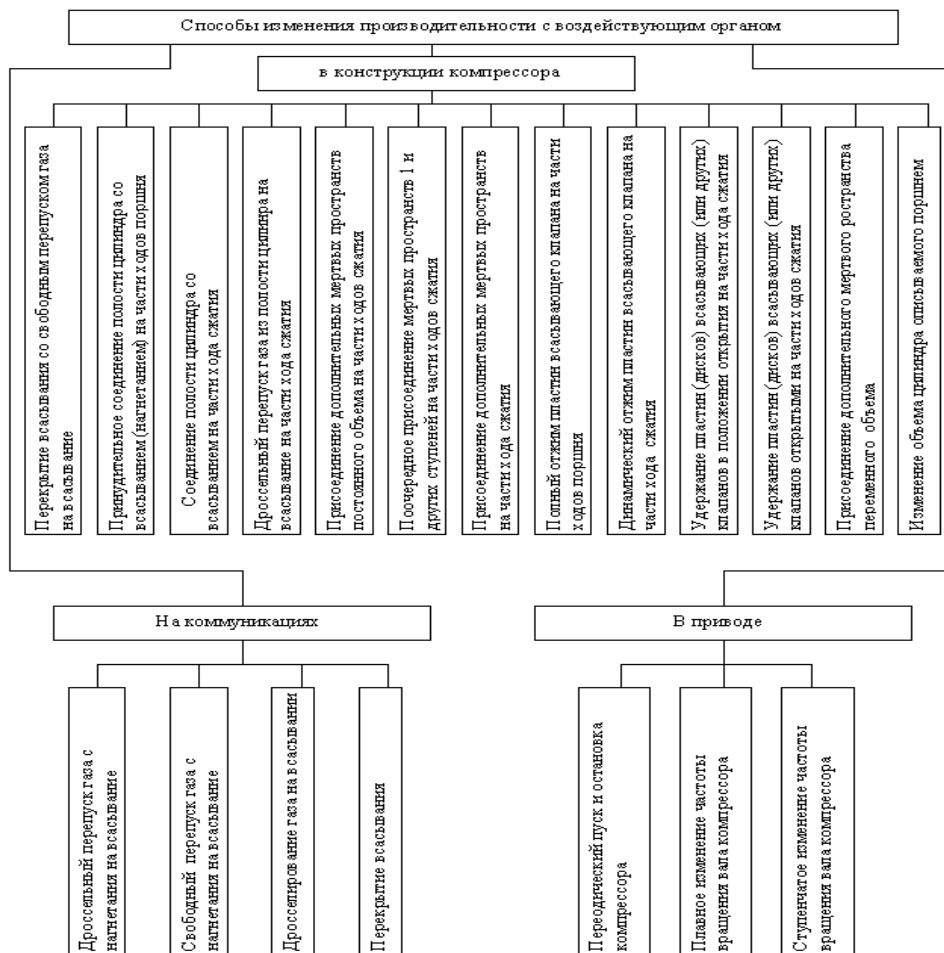


Рис.№1. Классификация способов регулирования поршневых компрессоров [3]

Рассмотрим основные способы регулирования.

1. Дроссельный перепуск сжатого воздуха во всасывающий трубопровод (байпасирование).

Данный способ регулирования производительности компрессора, как и сброс сжатого воздуха в атмосферу через дросселирующий клапан нередко применяют на практике. Не экономичность данного способа очевидна – работа, которую выполняет компрессор, при сжатии воздуха, полностью теряется при дросселировании сжатого воздуха в байпасном клапане. Как правило, применение данного метода целесообразно для разгрузки компрессора при пуске и в качестве защитной функции, когда возникает опасность быстрого повышения давления, при необходимости не останавливая компрессор быстро снизить его производительность. При байпасировании быстро изменяется давление. Этим можно объяснить довольно частое его применение, даже в тех случаях, когда компрессоры снабжены более экономичными устройствами для изменения производительности. Во всех случаях, когда возможно изменение производительности более экономичным способом, байпасирование применять не рекомендуется. Регулирование производительности при помощи предохранительных клапанов и сбросом воздуха через линию холостого хода в атмосферу крайне экономично, так как связано с большими непроизводительными потерями электроэнергии [4].

2. Свободный перепуск сжатого воздуха с нагнетания на всасывание (перевод компрессора на работу без противодействия).

Способ значительно экономичнее, чем дроссельный перепуск газа, поскольку перепускаемый со стороны нагнетания на сторону всасывания газ сжимается лишь на столько, чтобы преодолеть сопротивление, создаваемое клапанами и трубопроводом. Потери энергии при изменении производительности компрессора переводом на работу без противодействия значительно ниже, чем при байпасировании.

3. Дросселирование воздуха во всасывающем трубопроводе и отключение всасывания.

С уменьшением проходного сечения регулирующего клапана, установленного на всасывающем трубопроводе, снижается давление всасываемого компрессором газа и увеличивается его удельный объём. Это приводит к уменьшению массовой производительности регулируемой ступени компрессора. Поскольку степень сжатия с уменьшением производительности возрастает, температура нагнетания может достичь значений, недопустимых для нормальной работы компрессора. Поэтому плавно изменять производительность компрессора дросселированием на стороне всасывания можно только в ограниченных пределах, определяемых величиной мертвого пространства. Чтобы избежать высокого перегрева при дросселировании на стороне всасывания, необходимо полностью перекрыть всасывающий трубопровод. При этом после кратковременного переходного процесса, когда отсасывается оставшийся в трубопроводе газ и вследствие высокой степени сжатия конечная температура газа может оказаться большой, наступает режим работы, при котором газ не засасывается компрессором и его производительность равна нулю.

4. Периодический пуск и остановка компрессора.

Производительность компрессора может быть также изменена выбором требуемого соотношения между временем работы компрессора и его остановки. Поскольку во включенном состоянии компрессор и электродвигатель работают в режиме, близком к номинальному, с максимальными для них к.п.д. и $\cos\varphi$, а при отключении электродвигателя расход энергии равен нулю, этот способ изменения производительности является весьма экономичным. Этот способ может быть применен в условиях, когда коэффициент рабочего времени, под которым понимается относительное время работы компрессора, необходимое для покрытия потребности в газе, не превышает 0,8—0,85. Наряду с достоинствами (простота управления, экономичность, а также отсутствие необходимости в конструктивных усложнениях компрессора) этот способ имеет следующие недостатки:

– возникновение резких толчков тока при пуске электродвигателя компрессора.

– работа электродвигателя при пуске в режиме повышенных токов налагает ограничение на частоту включений по условиям нагрева и прочности изоляции, что приводит к увеличению перепада между давлениями, при которых происходит включение и выключение электродвигателя, или необходимости в ресивере большего объема.

Для уменьшения толчков тока целесообразно разгружать компрессор перед пуском, включая его без противодействия. Экономичность и простота изменения производительности путём пуска – остановки компрессора предопределили широкое применение этого способа в системах автоматического регулирования давления компрессоров небольшой производительности.

Регулирование производительности поршневых компрессорных установок наиболее выгодно, с точки зрения экономии энергии, производить с помощью управления электроприводом. При такой системе регулирование осуществляется первичной энергией, в данном случае электроэнергией, а не вторичной, сжатым воздухом. Более дорогим энергоносителем, так как при выработке сжатого воздуха неизбежно существуют потери, как в механической, так и в электрической части компрессоров. К сожалению, вопрос экономичной эксплуатации асинхронного электропривода поршневых компрессоров ввиду, во-первых, относительно небольшой его мощности, во вторых, ограниченности способов и средств воздействия на режим работы двигателя, работающего в естественной

схеме включения, хотя и имеет большое практическое значение, решается в весьма ограниченных рамках [5]. Синхронный двигатель за счёт регулирования тока возбуждения обладает значительно большими возможностями по оптимизации, как своего режима работы, так и режимов работы компрессора и питающей сети. Распространённость поршневых компрессоров с асинхронным электроприводом, а также примитивизм систем регулирования их производительности, обусловили возможность экономии электроэнергии. Двухпозиционная система регулирования включает и отключает поршневой компрессор в зависимости от уставок реле, на которое подаёт сигнал датчик давления в воздухохранильнике. Такая система не учитывает множество факторов влияющих на энергоэффективность работы компрессоров, которые должна учитывать современная система регулирования.

1. Регулирование давления должно производиться по спросу потребителей на сжатый воздух, путём контролирования параметра – скорости изменения давления. Данным способом можно уменьшить потери в пневмосети, за счёт снижения давления, в периоды минимума потребления сжатого воздуха. Следя за изменениями давления, система должна запоминать график потребления сжатого воздуха, с целью определения максимумов и минимумов, для того, чтобы компенсировать, прогнозируемые, резкие изменения давления.
2. Способность системы автоматически вычислять минимум потерь энергии в системе, электропривод – компрессор – потребитель, обеспечит возможность работы всей системы в наиболее энергоэффективных режимах.
3. В зависимости от режимов работы потребителей сжатого воздуха система регулирования должна предусматривать установку шкал временных интервалов, с соответствующими уровнями давлений в эти интервалы.

Для реализации данной функциональности системы регулирования необходимо произвести исследования зависимостей между потерями в электрической сети, электроприводе, компрессоре, воздухопроводе и уровнем давления в пневмосети, при различных режимах работы (пуск, холостой ход, под нагрузкой). На их основе построить оптимизационную математическую модель, основным критерием которой является общий минимум потерь, при обеспечении нормального режима работы потребителей сжатого воздуха. С помощью данной модели произвести расчёт оптимальных параметров для различных режимов работы и на их основе создать энергоэффективный алгоритм управления.

Обеспечить необходимую функциональность системы регулирования, возможно построив её на базе новейших микроконтроллерных систем управления – программируемых логических контроллерах. Эти системы позволяют реализовывать более интеллектуальные алгоритмы управления, ранее недоступные для систем управления построенных на старой аппаратной базе. Поэтому разработка систем регулирования на базе программируемых логических контроллеров работающих по данным алгоритмам, которые контролируют параметры систем электропривод – компрессор – потребитель и управляя электроприводом поршневого компрессора обеспечат минимум потерь энергии является приоритетной.

Список литературы

1. Автоматизация воздушных поршневых компрессорных установок. Г.Р.Грейнер, В.П.Ильяшенко, Н.Н.Первушин, В.А.Чумаевский.- Л. Судпрогиз – 1963.- 147с.
2. Сжатый воздух. А.И.Карабин.- М. Машиностроение – 1964.- 342 с
3. Автоматизация поршневых компрессоров. Основы проектирования и расчёт. А.Д.Крючков.- Л. Машиностроение – 1971.- 232 с.
4. Экономия электроэнергии при производстве и использовании сжатого воздуха. У.П.Назаренко.- М. Энергия – 1976.- 103 с.
5. Экономия электроэнергии при эксплуатации воздушных компрессорных установок. А.И.Рыбин, Д.Г.Закиров.- М. Энергоатомиздат – 1988. –71с.