

Том 11

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

УДК 621.311

Кобилянський С.В., студент гр. ЕМг-13-1**Науковий керівник: Рухлов А.В., к.т.н., доцент кафедри систем електропостачання**
(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)

ПРОБЛЕМА НЕРІВНОМІРНОСТІ ГРАФІКА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ

Згідно "Енергетичної стратегії України на період до 2030 р." (редакція 2015 р.) та "Плану розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на наступні десять років" (редакція 2015 р.) станом на кінець 2014 року більша частина генеруючих активів та магістральних і міждержавних електричних мереж зношена та неефективна:

- 83% енергоблоків ТЕС і ТЕЦ відпрацювали більше 200 тис. годин (граничний ресурс), є фізично зношеними й морально застарілими та потребують модернізації або заміни. Зношеність устаткування призводить до перевитрат палива, зменшення робочої потужності та погіршення екологічних показників;

- енергоблоки АЕС наближаються до закінчення строку проектної експлуатації: для 70% з них необхідне продовження строку експлуатації у найближчі 10 років;

- баланс потужності ОЕС України характеризується дефіцитом маневрених потужностей; частка ГЕС і ГАЕС як основних маневрених джерел, у загальному балансі складає до 10%. Тому блоки ТЕС і ТЕЦ, спроектовані для роботи в базовому режимі, використовуються для підтримки змінної частини графіка навантаження;

- більше 90% ліній електропередачі напругою 220 кВ і вище 55% основного устаткування підстанцій відпрацювали розрахунковий технічний ресурс (25 років), а 56% ліній електропередач і 17% підстанцій експлуатуються понад 40 років.

Структура генеруючих потужностей ОЕС України з точки зору забезпечення ефективного регулювання частоти і потужності в енергосистемі є неоптимальною, що зумовлено наступними основними факторами:

- значною часткою АЕС, які, згідно технологічного регламенту їх експлуатації, працюють в базовому режимі (ця частка складає від 55 до 40% в покритті зимового мінімуму і максимуму навантажень);

- зниженням маневреності енергоблоків ТЕС, які працюють на твердому паливі, через знос і старіння обладнання, погіршення якості палива тощо (діапазон регулювання ТЕЦ, обумовлений режимом теплоспоживання, становить не більше 20%);

- прискореним розвитком генеруючих потужностей, що виробляють електроенергію з використанням альтернативних джерел (різко змінний графік роботи).

Аналіз графіків електричного навантаження (ГЕН) енергосистеми України (див. рис. 1) для різних пор року дозволяє стверджувати, що лівова частина маневреної складової величиною від 4-5 (улітку) до 6-8 ГВт потужності (взимку) покривається твердопаливними енергоблоками ТЕС, що розраховані для роботи у базовій частині ГЕН.

Використання маневрених можливостей газомазутних енергоблоків 300-800 МВт, що мають потенційно високий регулюючий діапазон (до 50%) ускладнене через високу ціну на газ і мазут, ці блоки більшу частину часу перебувають у простої, або працюють на технічному мінімумі і не приймають участі в регулюванні графіка навантаження.

У цих умовах основний тягар регулювання графіка навантаження припадає на вугільні енергоблоки 150-200-300 МВт. Внаслідок низької якості вугілля та технічних обмежень (у першу чергу у зв'язку з технічним зношенням), фактичний регулювальний діапазон вугільних блоків становить до 20% при проектному 30-40%. У зв'язку з несприятливою структурою потужності (низька питома вага маневреної складової, обмеження регулювального діапазону ТЕС), в енергосистемі практикуються щодобові зупинки 7-10 блоків на період нічного зниження навантаження з наступними їх пусками до ранкового/вечірнього максимуму навантаження. Такі режими приводять до

додаткового спрацювання ресурсу устаткування, підвищеної аварійності та перевитрат палива.

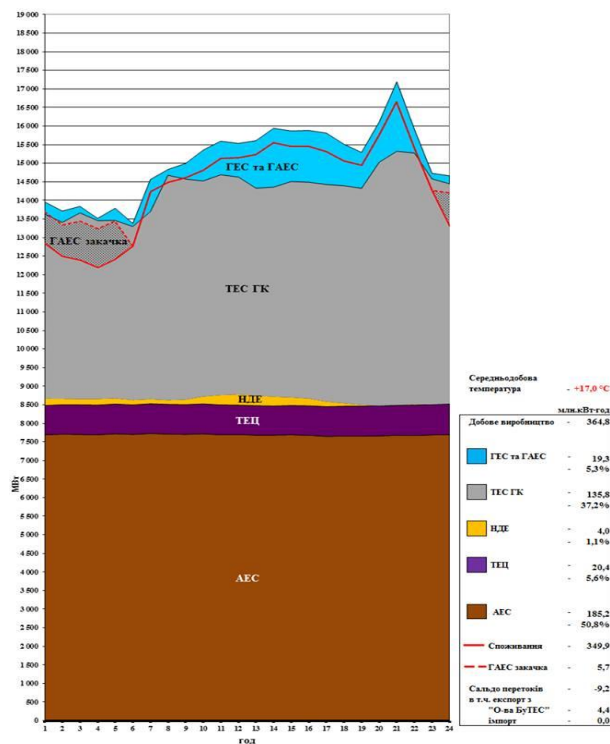


Рисунок 1 – Добовий ГЕН енергосистеми України за 1 вересня 2016 р.

До теперішнього часу не вирішена проблема ефективно вигідного поєднання централізованих та децентралізованих систем генерації енергії (великих та малих за потужністю), що працюють на різних видах палива та відповідають закономірностям формування ГЕН на регіональному рівні. Під регіональним рівнем слід розуміти формування нерівномірного ГЕН енергосистеми України за рахунок узагальнення регіональних режимів електроспоживання [1].

Найбільш ефективний державний підхід, при якому проблема покриття нерівномірності ГЕН може бути вирішена шляхом створення оптимальної структури генеруючих потужностей та залучення споживачів до вирівнювання ГЕН енергосистеми за рахунок адміністративних (обмежуючих) і економічних

(стимулюючих) заходів.

Наприклад ГАЕС, на відміну від інших станцій, мають подвійний регулюючий ефект. Їх встановлена потужність в одному випадку використовується для підйому нічного провалу добового ГЕН (при роботі в режимі зарядки станції), а в іншому – для покриття піків (в режимі розрядки). Такі станції, ККД яких сягає 72–75%, є одним з найефективніших способів вирівнювання добового ГЕН енергосистеми. Одним з видів таких станцій є підземні гідроаккумуляуючі енергоблоки, що можуть споруджуватися на базі глибоких закритих або непродуктивних шахт.

Крім того, вельми ефективним є варіант спорудження потужних маневрених джерел енергії у регіональних центрах навантаження. Ці парогазові або газотурбінні установки мають працювати не тільки на природному газі, але й на синтез-газі, отриманому шляхом газифікації вугілля (у тому числі підземної), або газоповітряній суміші з підземних виробок після дегазації вугільних пластів.

Висновки

1. Генеруючі джерела енергосистеми України фактично знаходяться на стадії вичерпання фізичних можливостей для забезпечення добового регулювання навантаження та раціональних режимів роботи електростанції, тому вже найближчим часом необхідна їх модернізація, а також введення нових високоманеврених потужностей.

2. З метою вирішення проблеми нерівномірності добового ГЕН та сталого функціонування енергосистеми пропонується впровадження децентралізованих джерел енергії (парогазових установок тощо) у регіональних центрах електричного навантаження, що буде сприяти зменшенню втрат електроенергії у магістральних лініях живлення.

Перелік посилань

1. Аспекти вирішення проблеми нерівномірності споживання електричної енергії [Текст]: моногр. / Ю.Т. Разумний, А.В. Рухлов. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 95 с.

УДК 621.3

Клюшник В.Б., Кравець Н.А., Сторожко Р.Р. студенти гр. МЕ-13-1/9**Науковий керівник: Лісняк С.М., викладач***(Кам'янський державний енергетичний технікум, м. Кам'янське, Україна)*

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ВИКОРИСТАННІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ У ПОБУТІ. SMART HOUSE: ДІМ МОЄЇ МРІЇ

Мета дослідження: довести доцільність застосування альтернативних джерел енергії у побуті та перспективність і доступність інтелектуальних систем для кожної родини в Україні.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю аналізу стану ситуації, яка склалася з невідновлювальними ресурсами. По розрахункам вчених, кількість видобутку сировини для енергетики мають вичерпатися в дуже близькому майбутньому. Якщо всі потреби людства мають бути задоволені лише за рахунок хімічного палива, людству повинно хватити вугілля, нафти та газу лише на 150 років. А забруднення від цих видів палива дуже небезпечно для навколишнього середовища. До того ж, 90% видобутої сировини стає відходами, які забруднюють довкілля.

Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження, тобто розробки систем, що ефективніше використовують енергію, забезпечують такий самий або навіть вищий рівень транспортних послуг, освітлення, опалення за менших енерговитрат.

Одним із шляхів подолання сучасної енергетичної кризи є перехід на використання альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії та застосування енергозберігаючих технологій

Об'єкт дослідження – альтернативна енергетика України та інтелектуальні системи.

Предмет дослідження – спроби впровадження інтелектуальних систем з метою популяризації заходів з енергозбереження.

У відповідності до мети була висунута гіпотеза дослідження, положенням якої є те, що ефективність вказаних методів позитивно впливатиме на екологію та енергозбереження.

Предмет, об'єкт, мета, гіпотеза дослідження зумовили постановку таких завдань:

1. Проаналізувати можливість застосування теплового навантаження для житлових будинків, виявити переваги та недоліки.
2. Проаналізувати стан вітроенергетики в Україні та перспективи розвитку малої вітроенергетики.
3. За результатами моніторингу енерговитрат звичайної середньостатистичної родини запропонувати потужність та комплектацію сонячної електростанції.
4. Теоретично обґрунтувати доцільність застосування комплексного підходу в питаннях застосування у побуті альтернативних енергоустановок та інтелектуальних систем з метою пропаганди енергозбереження у побуті.
5. Розробити рекомендації щодо впровадження альтернативної енергетики та інтелектуальних систем у побут.

Методи дослідження. Використано методи теоретичного пошуку (теоретичний аналіз наукових джерел та нормативної документації, порівняння, класифікація, систематизація теоретичних даних, моделювання); емпіричні методи: спостереження, опитування; статистичні: метод експертних оцінок.

В науково-дослідній роботі охарактеризовано енергетичні аспекти використання альтернативних джерел енергії. Показано, що основною проблемою для

людства все більше стає отримання альтернативної енергії та її раціональне використання. В наших руках – наше майбутнє.

На сьогодні головним джерелом енергії служить викопне паливо, спалювання якого руйнує навколишнє середовище і викликає зміну клімату. Спираючись на статистичні дані традиційних джерел енергії ми можемо побачити, що їх залишилося лише на кілька десятків років. Тим більше, що зараз вони дуже подорожчали. Саме тому спеціалісти все активніше шукають можливості використання альтернативних джерел енергії.

Розглянувши результати впровадження альтернативних джерел в Україні ми можемо зробити висновок, що це не так уже й дорого. Просто потрібно заохочувати населення використовувати альтернативні види джерел енергії або ж піднімати штрафи при забрудненні навколишнього середовища традиційними джерелами палива.

Енергозбереження є важливим енергетичним потенціалом держави. Прогнозований потенціал енергозбереження України складатиме у 2030 році 318,4 млн. т у.п., що майже у 1,5 рази перевищує існуючий рівень споживання первинної енергії. Впровадження заходів технологічного та структурного енергозабезпечення дозволить на 51,3 % зменшити рівень енергоспоживання у 2030 році – з 621 млн. т у.п. за існуючим рівнем енергоефективності, до 302,7 млн. т у. п. за прогнозованим рівнем енергоефективності. Тобто, майже трикратне зростання ВВП у період до 2030 року обійдеться зростанням споживання енергії лише у 1,5 рази.

Прогнозується значне зростання частки абсолютних показників використання відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії із додержанням принципових засад Зеленої книги «Європейська стратегія стабільної, конкурентоздатної та безпечної енергетики». На рівні 2030 року розвиток забезпечить заміщення 57,73 млн.т у.п., що складає 19% сумарного рівня споживання первинної енергії.

У цьому проекті ми намагалися показати перспективність широкого застосування нетрадиційних джерел енергії та інтелектуальних систем, тому що вони є екологічно чистими та енергоощадними.

УДК 621.383

Никитин С.В. студент гр. ВДЕ-15м

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

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

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЁМКОСТИ НАКОПИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА АВТОНОМНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Для оптимальной работы автономных фотоэлектрических установок (ФЭУ) необходимо такая нагрузка, при которой потребляемая мощность нагрузки в каждый момент времени была равна генерируемой мощности. Для солнечной энергии это невозможно за редким исключением (водяные насосы). Между источником и потребителем возможно противоречие, которое необходимо устранить. Один из способов его устроения включение в состав энергосистемы (ФЭУ) накопителей энергии, обеспечивающих бездефицитное энергообеспечение, а с другой утилизацию генерируемой энергии. Таким образом, введение в ФЭУ накопителя энергии в качестве самостоятельной структурной единицы продиктовано объективными причинами.

Выбор величины накопителя является актуальной задачей потребителя, так как при избыточной ёмкости будет недоиспользование номинальной ёмкости, а при недостаточной ёмкости возникают потери из-за дефицита. Задача может быть решена на основе теории запасов, теории массового обслуживания [1], теории интервального распределения [2].

Цель работы установить зависимость риска системных энергопотерь от величины ёмкости накопителя автономной ФЭУ.

Процессы поступления и расхода солнечной энергии в ФЭУ можно представить последовательностью равно-интервального следования на протяжении года случайных по энергетической интенсивности событий. При этом могут наблюдаться события точного равенства прихода и расхода энергии в сутки, недоиспользование прихода или дефицит расхода. При определённых соотношениях годового баланса прихода и расхода энергии можно найти величину АКБ отвечающего требованиям потребителя [3].

События и величины поступления и расхода энергии на протяжении n суток представлены графически на рис. 1.

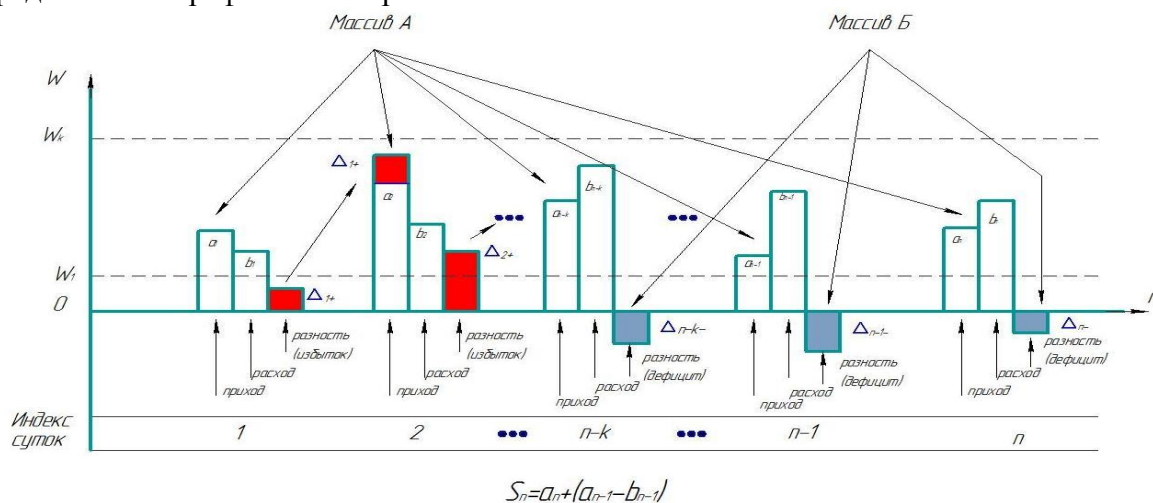


Рисунок 1 – События и величины ежесуточного поступления энергии
солнечного излучения и её расхода потребителем

Результаты сводятся в таблицу, где определяется оптимальная ёмкость накопителя для профиля потребления. Исходя из оптимальной ёмкости, находится количество АКБ необходимое для бездефицитного энергообеспечения и утилизации генерируемой энергии. При эксплуатации ФЭУ могут появляться условия, при которых ёмкость накопителя меньше оптимальной при этом появляется риск необеспеченности потребителя электроэнергией. Результаты установленной зависимости риска необеспеченности от ёмкости аккумулятора представлены на рис. 2.

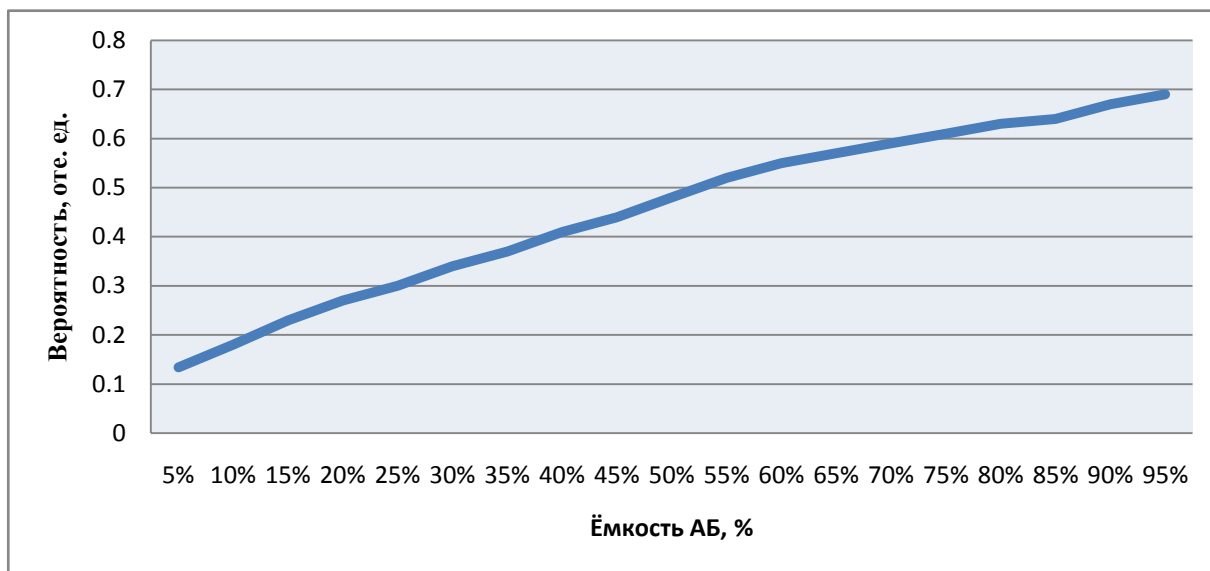


Рисунок 2 – Зависимость риска необеспеченности потребления от величины ёмкости накопителя

Из анализа графика представленного на рис. 2 следует, что вероятность необеспеченности составляет 0.7 при снижении оптимальной ёмкости АКБ на 95%.

Выводы

Обоснованная в работе методика позволяет определить оптимальную величину АКБ в автономных фотоэлектрических установках

Рассчитанные с её помощью данные позволяют прогнозировать риск необеспеченности электроэнергией автономной фотоэлектрических установках.

Список источников

1. Р.Акоф, М. Сасиени. Основы исследования операций [Текст]: монография // М.: Мир – 1971 г. – 531 с.
2. В.А. Дзензерский, М.А. Кищенко, Ю.В.Шкиль. Оценка интервального распределения поступающей солнечной энергии в месте установки фотоэнергетической системы // Матеріали 14-й міжнародної конференції Відновлювальна енергетика XXI століття. – 2013р. – № XIV. – С.141-144.
3. В.А. Дзензерский, С.В. Плаксин, Н.М. Хачапуридзе, С.В. Тарасов, В.Г. Толдаев, Ю.В. Шкиль. Определение рациональной величины ёмкости аккумулятора-накопителя автономной энергетической установки // Матеріали 10-й міжнародної конференції "Відновлювальна енергетика XXI століття". – 2009 р. – С. 161-162.

УДК: 621.3.078.4: 621.512

В.О. Безкровный студент**Научный руководитель: Бобров А.В., к.т.н., доцент кафедры систем электроснабжения***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)*

ДОПУЩЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ В РАСЧЕТЕ КПД ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ – ПРИВОД – КОМПРЕССОР – ПНЕВМОСЕТЬ»

Система двухпозиционного регулирования давления широко применяется в поршневых компрессорных установках. Нормальная работа потребителей сжатого воздуха обеспечивается благодаря поддержанию в системе давления в заданном интервале ($P_{min} \div P_{max}$).

Повышения энергоэффективности системы “электрическая сеть – компрессор – пневмосеть” в целом можно достичь, выполнив “плавающим” верхний уровень давления. В работе [1] введен критерий экономичности для системы управления и определения значения верхнего уровня давления на одном цикле накачки спуска давления – КПД. Обоснование этого энергетического показателя базируется на выяснении зависимостей между различными показателями элементов всей системы, определении наиболее весомых, с точки зрения потерь энергии, элементов электромеханической системы, а также взаимосвязи между ними.

В [2] были установлены зависимости между измеряемыми параметрами и потерей мощности в различных элементах комплекса с учетом существующих связей между ними, которые позволяют исследовать реальную картину изменения потерь при различных режимах работы технологического оборудования. Энергию, потребляемую приводом компрессора, можно представить в виде:

$$\Theta = \sum_{i=1..T} N_i \cdot t_i$$

где N_i - потребляемая мощность приводом компрессора, кВт.; t_i - интервал дискретизации, ч.

Здесь важно правильно выбрать этот интервал. В таком случае упрощаются расчеты по определению потерь энергии в элементах электротехнического комплекса, так как производить вычисления в виде суммирования потерь мощности менее ресурсоемко с точки зрения вычислительной мощности управляющей системы.

Следующим шагом стало формирование математической модели, позволяющей определять оптимальный режим работы оборудования системы. Так как элементы электромеханической системы существенно отличаются друг от друга, например, электрическая и пневматическая сети, и, соответственно, различными являются их параметры, выработан единый подход для анализа их энергетических показателей, что позволило унифицировать параметры режимов работы элементов электромеханической системы и создало предпосылки для объективного и точного определения критерия управления.

Таким образом созданы все условия для постановки задачи условной параметрической оптимизации, с одним оптимизируемым параметром P_{max} , определяющим максимальный уровень КПД электромеханической системы за цикл, при различных расходах сжатого воздуха, потребляемого пневмоприемниками.

Поскольку речь идет о решении оптимизационной задачи, то модель включает критерий оптимальности, представленный в виде аналитической функции (целевой).

$$F_{opt}(X) = \eta(P_{maxopt}) \rightarrow max.$$

Определение зависимости, связывающей уровни расхода сжатого воздуха с показателем КПД системы в целом, является основной задачей (целью) разработанной математической модели. Это дало возможность проследить режимную взаимосвязь элементов комплекса и получить результаты в аналитическом и графическом виде. Анализ этой зависимости произведен с точки зрения определения момента времени выработки управляющего воздействия на асинхронный привод поршневой компрессорной установки. Поскольку математическая модель ориентирована на оперативное управление, и контролируемые параметры режимов сведены к минимуму, то установлена зависимость между контролируемыми параметрами и показателем КПД. Особенность построения такой зависимости заключается в необходимости обеспечения наглядности представления данных для определения оптимальных параметров режима работы электромеханической системы. Эти параметры обеспечивают максимум КПД. Управляющие воздействия вырабатываются в момент времени, который соответствует оптимальным параметрам режима работы электромеханической системы. Это позволило получить максимальное значение показателя КПД η , следовательно, определить оптимальные параметры режима работы электромеханической системы на заданном интервале времени.

Предложенная математическая модель позволяет определить момент создания управляющего воздействия на асинхронный привод поршневой компрессорной установки. Для обеспечения адекватности разработанной модели необходимо принять и обосновать допущения и ограничения.

Математическая модель учитывает режимы работы всех звеньев электротехнического комплекса для определения его энергетического показателя – КПД и определяет оптимальное значение верхнего предела уровня давления P_{opt} за цикл спуска – наработки при условии максимума КПД электротехнического комплекса – минимума потерь энергии в его звеньях.

При этом ограничениями для математической модели являются:

- условие по обеспечению пневмоприемников сжатым воздухом.
- ограничение по количеству пусков приводного асинхронного двигателя в час (защита асинхронного двигателя от перегрева).

Модель разработана исходя из следующих допущений:

- напряжения питания асинхронного двигателя неизменно $U = const$;
- исходя из анализа рабочей характеристики $\eta = f(\frac{N}{N_{ном}})$ асинхронных приводов

компрессоров работающих на нагрузку, значение КПД при коэффициенте загрузки большем 0,3 – 0,4 остается практически неизменным и равным $\eta_{ном}$ [3], так как коэффициент загрузки асинхронных приводов поршневых компрессоров изменяется от 0,6 до 0,9 при их работе на промежутке давления от P_{min} до P_{max} системы двухпозиционного регулирования;

- влияние температур всасывания воздуха на потребляемую мощность полагается несущественным и может не учитываться;
- расчет должен производиться по параметрам при $T_1 = 20^\circ C$, так как снижение температуры всасываемого воздуха с постоянным уровнем давления уменьшает количество водяных паров содержащихся в нем, что приводит к повышению производительности [4].

Ограничения $W_i(\vec{X})$, накладываемые на область существования оптимизируемого параметра [5,6]. Решение оптимизационной задачи должно быть найдено при давлении в пневмосети $P_{\min} \leq P_2 \leq P_{\max}$. А так как ранее было сказано, что математическая модель должна учитывать условие обеспечения пневмоприемников сжатым воздухом и ограничение по количеству пусков приводного асинхронного двигателя в час (защита асинхронного двигателя от перегрева), то в задачу параметрической оптимизации необходимо ввести также ограничения:

$$P_{\min} < P_{\max \text{ опт}} \leq P_{\max}.$$

Оптимальный (максимальный) верхний уровень давления в пневмосистеме $P_{\text{опт}}$ должен устанавливаться в интервале давлений от $P_{\min}$ до $P_{\max}$. Количество пусков определяет минимальную продолжительность цикла

$$M \leq M_{\text{паспорт}}; T_{\text{цмин}} = \frac{60}{M}.$$

Таким образом сформулирована задача условной оптимизации с одним оптимизируемым параметром ($P_{\max}$), определяющим оптимальный (максимальный) КПД электромеханической системы за цикл, исходя из его конкретных параметров, режимов работы, ограничений и допущений.

В дальнейшем был проведен анализ методов поиска, ориентированных на нахождение точки оптимума внутри заданного интервала, который показал, что с учетом особенностей оптимизационной задачи наиболее предпочтительным является метод сканирования. Т.к. изменение параметра P_2 происходит с переменным шагом.

Список источников

1. Бобров А.В. Повышение энергоэффективности поршневых компрессоров. Технічна електродинаміка.- №3. - 2004. - с. 70-71.
2. Бобров А.В. Нагрузка пневматической сети и её влияние на уровни потерь мощности в элементах электротехнического комплекса поршневой компрессорной установки. Вісник приазовського технічного університету. м. Маріуполь. – 2008 р. – Енергетика. Ч 2. – 68-71 с.
3. Дегтярева В.В. Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления: Сборник инструкций / Под общ. ред. В.В.Дегтярева. – М.: Недра,1983. – 223 с.
4. Назаренко У.П. Экономия электроэнергии при производстве и использовании сжатого воздуха / У.П. Назаренко. – М.: Энергия,1976. – 103 с.
5. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации: Учеб. Пособие / А.Г.Сухарев, А.В.Тимохов, В.В.Федоров // 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 368 с.
6. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие/А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – 2-е изд., исправл. – М.: Высш. шк., 2005. – 544 с.

УДК 621.3.026.5

Ступасєв М.В. студент гр. МЕ14-1/9

Науковий керівник: Калюжний К.О. викладач ел.тех. дисциплін

(Кам'янський державний енергетичний технікум, м. Кам'янське, Україна)

РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

В сучасній Україні попит на енергоресурси зростає, тоді як запаси традиційних видів палива постійно зменшуються. З огляду на це, проблеми застосування енергоефективних та енергозберігаючих технологій, використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії залишаються одними з пріоритетних в розвитку вітчизняного народного господарства і недостатня увага до них спричиняє як відчутні економічні, так і негативні екологічні наслідки. [1]

Для раціонального використання електроенергії необхідно забезпечити економічні засоби її передачі, розподілу й споживання з мінімальними втратами. Зокрема, привертає до себе увагу проблема втрат електроенергії й напруги на промислових підприємствах, тому що вони є одними з найбільших споживачів.

Актуальність даної проблеми полягає в тому, що енергозабезпечення різних галузей промисловості потребує скорочення розходу споживання електроенергії. Система компенсації реактивної потужності розглядається як комплексна задача, для рішення якої необхідно враховувати різні параметри, які пов'язані з експлуатаційними режимами, роботи різних джерел. Пошук найбільш ефективних засобів економії електроенергії є важливим чинником по удосконаленню технологічного процесу. Проблема полягає в тому, що при збільшенні вживаної енергії збільшується і реактивна складова, яка йде на нагрів електрообладнання і не являється корисною, а разом з цим росте і ціна на витрачену енергію. Збільшення витрат на реактивну енергію несе разом з тим і негативні наслідки: додаткові втрати, нагрівання проводів, зменшення строку служби ізоляції, зменшення строку служби трансформаторів, необхідності збільшення потужності трансформаторів, тощо (рисунк 1). [2]



Рисунок 1 – Негативні наслідки транспортування реактивної потужності

Компенсація реактивної потужності є одним з найефективніших енергозберігаючих заходів, який дозволяє знизити втрати активної електроенергії при її передаванні, розподілу та перетворюванні у трансформаторах мережі електропостачання промислових підприємств за рахунок зниження величини реактивної потужності, що передається через елементи електричної мережі [3]

Для вирішення даної проблеми одним із ефективних способів який ми будемо розглядати в даній роботі – компенсація реактивної потужності за допомогою регульованих конденсаторних установок.

Переваги конденсаторних установок:

- малі втрати (до 0,5 Вт на 1 квар потужності);
- простий монтаж і експлуатація;
- можливість підключення в будь-якій точці електромережі;
- невеликі експлуатаційні витрати;
- можливість компенсації практично будь-який реактивної потужності;
- швидка окупність (до одного року).

Після розрахунку компенсаторів реактивної потужності для підприємства загальною потужністю 250 кВт/год термін окупності установки склав 1,16 роки.

У результаті роботи можна зробити наступні висновки:

- розрахунок економічного ефекту наочно демонструє необхідність застосування в електромережах установок компенсації реактивної потужності;
- дозволяє забезпечити значну економію коштів на оплату електроенергії при низькому терміні окупності капітальних вкладень;
- рекомендації по вибору потужності конденсаторних установок можна зробити після аналізу добового графіка споживання реактивної електроенергії.

Перелік посилань

1. Железко Ю. С. Стратегия снижения потерь мощности и повышения качества электроэнергии в электрических системах / Ю. С. Железко // Электричество. – 1992. – № 5. – С. 6-12.

2. Пароховник А. В. Комплексне і системне вирішення проблеми компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / А. В. Пароховник, В. М. Божко, Б. С. Рогальський, О. М. Нанак // Промышленная энергетика. – 2004. – № 2. С. 25-27.

3 В. С. Бабенко, магістрант Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, м. Харків “Обеспечение компенсации реактивной мощности как составляющая энергосбережения”

4. Режим доступу: <http://www.alfar.ru/smart/2/1387/>.

5. Режим доступу: <http://moment.net.ua/>

УДК 621.311+620.92

Бердник В.В. аспірант кафедри ВДЕ**Науковий керівник: Шкрабець Ф.П., д.т.н., професор, зав. каф. ВДЕ***(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)*

СИСТЕМИ ОСНОВНОГО І РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ НА ОСНОВІ ВІДНВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Основна ідея роботи полягає у розробці математичної моделі фотоелектричної системи, здатної забезпечити електроенергією мобільні споживачі невеликої потужності до 10 кВт.

До мобільних споживачів електроенергії можна віднести портативні пристрої невеликого розміру та ваги, які отримують живлення від бензинових або дизельних генераторів. Такими пристроями можна вважати геофізичне обладнання для електророзвідки.

Електророзвідка – це частина розвідувальної геофізики, сукупність заходів, які направлені на дослідження поверхні Землі з метою пошуку корисних копалин та вирішення інших прикладних задач в даній області [1]. Електророзвідні експедиції є як короткотривалими від декількох днів, так і довготривалими – до двох місяців. Обладнання експедицій зазвичай розділяють на прилади генераторної групи та польової або вимірювальної лабораторії [2]. До генераторної групи відносять бензинові або дизельні генератори, які виконують функцію джерела живлення та пристрої для створення електромагнітного поля. В свою чергу до вимірювальної апаратури відносять електророзвідувальні польові осцилографи, електророзвідувальні вимірювачі, приймачі, передавачі, ноутбуки для обробки зібраних результатів, різноманітні електроди, тощо.

Основним споживачем енергії в електророзвідному обладнанні є джерела постійного струму, які використовують для створення електромагнітних полів. Потужність даних пристроїв варіюється в залежності від глибини досліджень. В таблиці 1 наведено потужності досліджуваного обладнання та електричних приладів, необхідних для роботи польової бригади.

Таблиця 1

. Потужність електророзвідного обладнання

Електроприймач	Напруга живлення	Споживана потужність, кВт	Час роботи, год	Сумарна споживана потужність за добу, кВт.год
Джерело постійного струму, Т-3	200 – 240 В ~ 12 – 72 В =	3,0	10	30,0
Багатофункціональний приймач, V8	12 В =	0,015		0,15
Передавач RXU	12 В =	0,005		0,05
Ноутбук, 2 шт.	200 – 240 В ~	0,1	14	1,4
Світлодіодні лампи, 3 шт.	200 – 240 В ~	0,015	6	0,09
Всього	-	3,135	-	31,69

Джерело постійного струму Т-3 – універсальне, багатоцільове джерело сигналу яке використовується в геофізичних методах розвідки. V8 – електророзвідний приймач компанії Phoenix Geophysics призначений для запису або відображення даних з будь-

якого датчика. RXU – передавач, який використовується в мережі інструментів V8 і RXU, при включенні бездротової передачі, RXU передає по мережі накопичені дані на V8 і в той же час зберігає їх для подальшої обробки. RXU використовує те саме програмне забезпечення для збору даних що й V8 [3].

На рис. 1 представлено графік електричного навантаження фотоелектричної установки впродовж 24 годин.

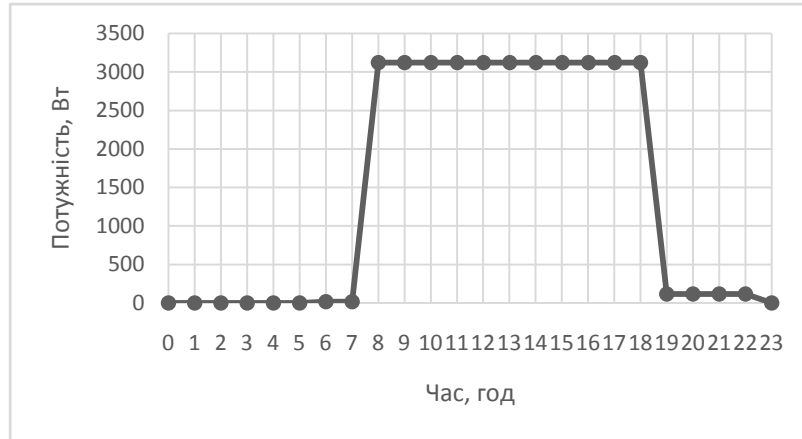


Рисунок 1 – Графік добового електричного навантаження ФЕУ

З рис. 1 видно, що найбільше значення електроенергії споживається в період з 8 до 18 годин – 3120 Вт, на даному етапі працюють електроозвідні пристрої та два ноутбуки, необхідні для попередньої обробки даних. В період з 23 до 5 годин ранку електроспоживання дорівнює нулю, в цей час бригада відпочиває. З 6 до 7 годин ранку працюють тільки світлодіодні лампи. З 19 до 22 годин електроенергію споживають п'ять світлодіодних ламп та два ноутбуки, в цей час проводиться збереження та остаточна обробка отриманих даних.

В якості системи основного і резервного живлення виділених споживачів, запропоновано наступну схему представлену на рисунку 2.

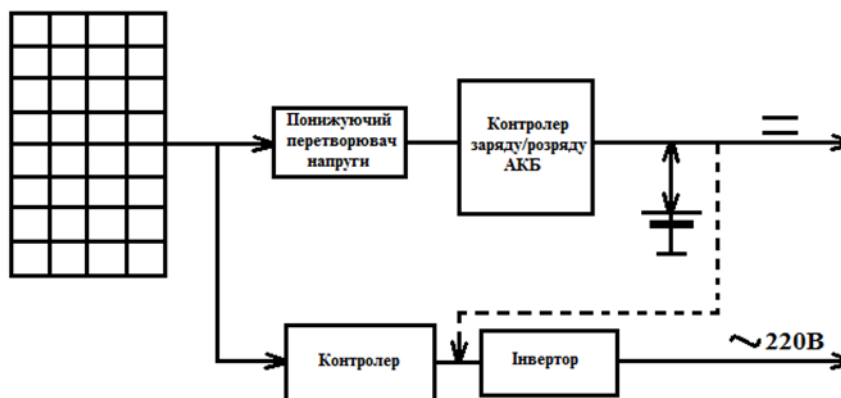


Рисунок 2 – Структурна схема фотоелектричної установки

Представлена схема має наступний вигляд. В якості основного джерела живлення використовуються фотоелектричні модулі YL310P-35B [4] потужністю 310 Вт у кількості 10 шт, які при номінальному освітленні 1000 Вт/м² генерують потужність 3100 Вт. В якості резервного джерела живлення встановлена акумуляторна батарея (АКБ) ємністю 50 А.год. В схемі також використовуються понижуючий перетворювач та інвертор для отримання на виході установки синусоїдальної напруги

220 В. Представлена схема керується контролером, який при номінальній освітленості заряджає АКБ та живить споживачі електроенергії. При значенні освітленості 900 Вт/м^2 і нижче контролер використовує для живлення споживачів тільки АКБ.

Математична модель запропонованої схеми виконана в програмній середі. Вихідні дані отриманих результатів відповідають паспортним даним фотоелектричного устаткування з прийнятним значенням похибки, до 4 %.

На рисунку 3 приведено характеристики фотоелектричної установки (а) та акумуляторної батареї (б) при температурі навколишнього середовища 25°C та освітленості 1000 Вт/м^2 .

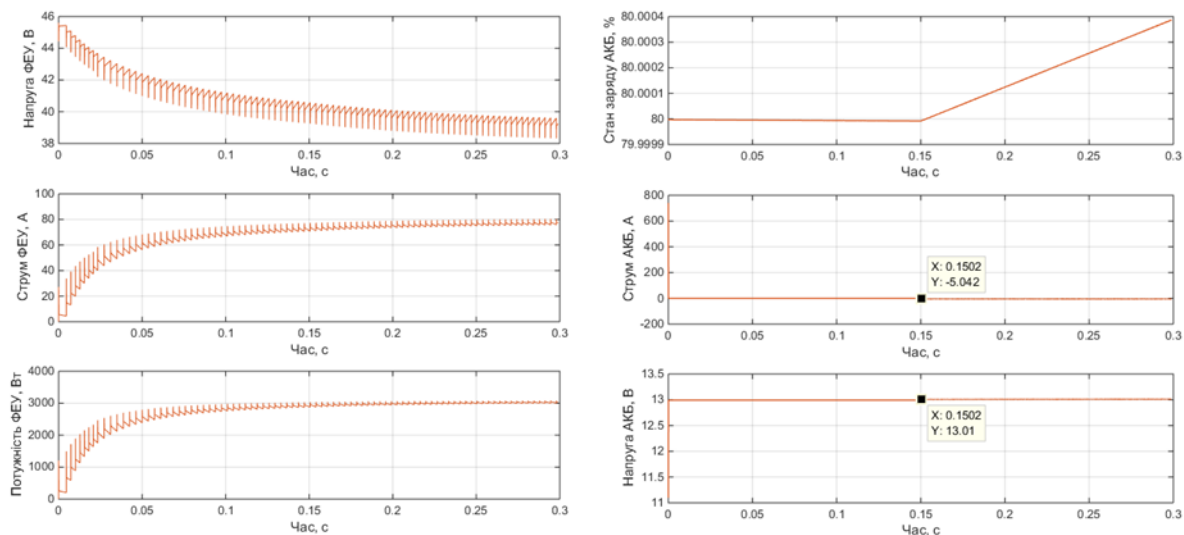


Рисунок 3 – Вихідні характеристики ФЕУ (а) та акумуляторної батареї (б) при номінальних параметрах навколишнього середовища

Висновок: запропонована математична модель схеми основного і резервного живлення мобільних споживачів повністю забезпечує потреби в електроживленні приладів для електророзвідних експедицій, є універсальною, може бути удосконаленою та використаною в наступних дослідженнях.

Перелік посилань

1. Хмелевской В.К., Яковлев А.Г., Модин И.Н., Пушкарев П.Ю., Казурова Н.Р. Комплексные электромагнитные исследования в Калужской области при проведении учебно-производственных геофизических практик. Вестник МГУ, Серия 4 (Геология), 1999, №5, с. 64 – 68.
2. Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геологических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ, 2004, 232 с.
3. Phoenix Geophysics. Сайт компанії електророзвідного обладнання. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.phoenix-geophysics.com/home/>
4. Сонячна батарея YL310P-35B. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://power-group.com.ua/solnechnaya-batareya-yingli-310vt-24v-polikristallicheskaya-yl310p-35b.html>

УДК 621.311

Чумаков А.С., студент гр. МЕ-14-1/9**Науковий керівник: Панчоха В.А., викладач електротехнічних дисциплін**
(Кам'янський державний енергетичний технікум, м. Кам'янське, Україна)**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ: ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ
КОНСТРУКЦІЇ І ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

Технічний прогрес надає нові можливості і вимагає застосування досконаліших пристроїв, ефективних і здатних адаптуватися до умов роботи. Це повною мірою відноситься до силових трансформаторів. Потреби заміни існуючих трансформаторів стають все гостріше.

Конструкція силових трансформаторів, як масляних, так і сухих, вже більше століття є практично незмінною: магнітопровід, обмотки, бак (для масляних трансформаторів). На зміну гарячекатаним маркам електротехнічної сталі прийшли холоднокатані, на зміну міді для обмоток стали використовувати алюміній, спосіб шихтовки магнітопроводу "прямий стик" змінився на "косий стик", товстостінний бак з розширювальним бачком поступається місцем герметичному тонкостінному гофробаку.

Розвиток конструкції силового трансформатора економічно визначається двома тенденціям :

- 1) вимога ринку до здешевлення трансформатора в цілому як товару;
- 2) необхідність застосування дорожчих технологій для виготовлення трансформатора як товару з привабливішими споживчими властивостями.

Головною проблемою сучасної енергетики є втрати енергії.

Скорочення втрат електроенергії значною мірою можна досягти саме зміною конструкції трансформатора і матеріалів, які використовуються в ньому. Для цього потрібно визначити можливі способи підвищення енергоефективності силового трансформатора.

Коефіцієнт корисної дії силового трансформатора η виражається відомою формулою, рекомендованою ДСТУ:

$$\eta = 1 - \frac{(\beta^2 P_{кз} + P_{хх})}{(\beta S_{ном} \cos \varphi + \beta^2 P_{кз} + P_{хх})'}$$

де $P_{кз}$ - потужність втрат короткого замикання, Вт; $P_{хх}$ - потужність втрат холостого ходу, Вт; β - коефіцієнт навантаження; $S_{ном}$ - номінальна потужність трансформатора ВА; $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Потужність, яка передається у вторинний ланцюг збільшуватиметься, якщо:

1. Коефіцієнт навантаження β буде оптимальним.
2. Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ збільшуватиметься (у ідеалі - до одиниці).
3. Потужність втрат $P_{хх}$ зменшуватиметься.
4. Потужність втрат $P_{кз}$ зменшуватиметься.

Оптимальний коефіцієнт навантаження - ця передусім відсутність коливань напруги в мережі, як в первинній, так і у вторинній. Високий коефіцієнт потужності - це компенсація реактивної потужності. Тобто є необхідність так званої "розумної мережі" (Smart Grid, як її називають в англійських країнах). Також ці системи спрямовані на набагато ефективнішу експлуатацію, оптимізацію і розподіл навантаження в мережі, що знижує потребу в масштабних капітальних витратах на нові підстанції і лінії електропередач. В умовах надзвичайних подій Smart Grid дозволяє швидше реагувати на ситуацію і відновлювати працездатність мережі.

При цьому в такі мережі легко згодом інтегрувати і альтернативні джерела енергії. Що усе вищесказане означає з точки зору конструкції силового трансформатора? Оскільки напруга в мережі регулюється трансформаторами, необхідно використовувати сучасні напівпровідникові пристрої – електронні перемикачі тиристорів, що використовують властивості р-п переходу.

Надійність таких перемикачів істотно вища. Проте, і управляти ними істотно складніше.

Зменшення потужності втрат холостого ходу P_{xx} (втрат в магнітопроводі), очевидно, пов'язане зі зміною конструкції і матеріалу магнітопроводу.

Найбільш перспективний шлях зниження витрат на виробництво і експлуатацію силових розподільних трансформаторів - це застосування магнітопроводів з аморфних (нанокристалічних) сплавів, при цьому забезпечується більш ніж п'ятикратне зниження втрат холостого ходу трансформаторів в порівнянні з магнітопроводами з холоднокатаної електротехнічної сталі.

Сьогодні силові розподільні трансформатори з сердечником з аморфної сталі серійно випускаються в США, Канаді, Японії, Індії, Словаччині. Японська фірма "Hitachi" в співпраці з американською "Allied Signal" випустила на ринок гамму силових трансформаторів (потужністю від 500 до 1 тис. кВА), сердечник яких виготовлений з аморфного сплаву.

Як показали випробування, він дозволяє скоротити втрати енергії в сердечнику трансформатора на 80% в порівнянні із сталевим аналогом. Недоліком сердечників з аморфних матеріалів є їх більш висока вартість в порівнянні з традиційними матеріалами - у японської фірми ця різниця досягає 15 - 20%.

Особливості камфорної сталі потребують зміни конструкції магнітопроводу. У зв'язку з малою товщиною аморфний матеріал найбільш придатний для витой конструкції магнітопроводу, тобто для трансформаторів I - II габариту (до 1000 кВА). До умовно витой конструкції магнітопроводу можна віднести технологію виробництва магнітопроводів UNICORE, розроблену і запатентовану австралійською компанією A.E.M.Cores.

Технологія UNICORE є дуже гнучкою, високоточною і надійною. Однією з основних переваг UNICORE технології є отримання мінімальних втрат в сердечнику.

Зменшення потужності втрат короткого замикання $P_{кз}$ (втрати в обмотках) - це інновації в конструкції обмоток силового трансформатора. У цій області найцікавіші два напрями.

Перший напрям зменшення потужності втрат короткого замикання - це новий тип трансформатора DryFormer (фірма ABB Transformatoren), обмотки якого виконуються із спеціального кабелю. Цей кабель має багатодротяну мідну або алюмінієву струмопровідну жилу, поверх якої накладений тонкий шар матеріалу, що напівпроводить, що дозволяє усунути нерівномірність електричного поля, викликаного багатодротяністю жили. Ізоляція такої жили виготовляється з поліетилену, її товщина вибирається з міркувань електричної міцності (практично досяжний рівень напруги 220 кВ).

Поверх ізоляції накладений екран, виконаний також з матеріалу, що напівпроводить, який заземляється, що забезпечує раціональний розподіл електричного поля. Для такого трансформатора не потрібні введення високої напруги; просто кабель, яким виконана обмотка, простягається до розподільного пристрою на будь-яку довжину.

Другий пов'язаний з використанням високотемпературних надпровідникових (ВТНП) матеріалів. Перевагами трансформаторів з обмотками з ВТНП – матеріалів є:

1. зниження втрат навантажень при номінальному струмі майже в два рази, що значно збільшує ККД трансформатора;

2. зменшення ваги і габаритів трансформатора до 40%, що, у свою чергу, дозволяє застосовувати такі трансформатори у вже існуючих підстанціях без їх конструкційних змін зі значним збільшенням потужності. Полегшується і транспортування трансформаторів;

3. властивість обмеження струмів короткого замикання, що в аварійних режимах захищає електроустаткування мережі;

4. значне зменшення реактивного опору, що дозволяє забезпечити стабілізацію напруги, не прибігаючи до її регулювання;

5. велика перевантажувальна здатність без ушкодження ізоляції і старіння трансформатора;

6. зменшення рівня шуму.

Крім того, трансформатор з ВТНП - обмотками пожежобезпечний і екологічний.

На сьогодні у світі існує три основні розробки по створенню ВТНП - трансформатора : в США, Європі і в Японії. Усі три проекти були реалізовані в 1997 році у вигляді дослідних зразків. Міністерство енергетики США зробило детальний аналіз пробного застосування ВТНП - трансформаторів. На підставі цих досліджень експерти встановили, що витрати за увесь термін експлуатації ВТНП - устаткування потужністю до 30 МВА майже на 50% менше витрат на обслуговування традиційних трансформаторів.

Проте, незважаючи на безперечні переваги, надпровідні трансформатори мають і істотні недоліки. Головним чином вони пов'язані із захистом трансформатора від втрати його надпровідних властивостей при можливих перевантаженнях, перегріваннях, коротких замиканнях, у випадку якщо струм, магнітне поле або температура досягнуть максимальних значень.

Подібні форс-мажорні обставини можуть привести до руйнування трансформатора. Втім, навіть якщо руйнування і не станеться, трансформатору знадобиться декілька годин на охолодження і відновлення надпровідних здібностей. Такі перерви в електропостачанні неприйнятні.

Це говорить про те, що перш, ніж вводити надпровідні трансформатори в серійне виробництво, необхідно розробити систему захисту устаткування від аварійних режимів і детально пропрацювати можливість альтернативного забезпечення системи електроенергією на час простою надпровідного трансформатора. Успіхи, досягнуті в цій області, дозволяють сподіватися, що в недалекому майбутньому проблема захисту трансформаторів нового покоління буде успішно розв'язана і устаткування займе своє місце на електропідстанціях.

УДК 621.383

Поповкин В.О. студент гр. ВДЕ-15м**Научный руководитель: Циценков Д.В., к.т.н., доцент кафедры возобновляемых источников энергии***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет », г. Днепр, Украина)***ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛУЧИСТЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ
ДЛЯ КОМФОРТНОГО ОТОПЛЕНИЯ ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

В настоящее время проблема энергосбережения является одной из важнейших для строительного комплекса Украины.

На отопление и горячее водоснабжение ежегодно расходуется не менее 200 млн. т. условного топлива. Затраты на отопление жилых зданий составляют 27 - 30 % от общего потребления тепловой энергии, а затраты на отопление 1 м² общей площади жилого здания превышают аналогичный показатель в странах в 2,5 - 3 раза. Одним из вариантов энергосберегающих технологий является применение потолочного панельно-лучистого отопления.

Типы систем отопления

Системы отопления зданий необходимо подбирать так, чтобы добиться максимально качественного обогрева с сохранением комфортной для человека влажности воздуха. В зависимости от вида теплоносителя различают такие системы:

- 1) воздушные;
- 2) водяные;
- 3) паровые;
- 4) электрические;
- 5) комбинированные (смешанные).

Воздушное отопление.

Воздух нагревается непосредственно от источника тепла без использования промежуточного жидкого или газообразного теплоносителя. Системы применяют для обогрева частных домов небольшой площади. Установка отопления этого типа возможна как при возведении здания, так и при реконструкции уже существующего. В качестве источника тепла служит котел, ТЭН или газовая горелка.

Водяное отопление

Это замкнутая система отопления, в качестве теплоносителя в ней используется вода или антифриз. Вода подается по трубам от источника тепла к радиаторам отопления. В централизованных системах температура регулируется на тепловом пункте, а в индивидуальных – автоматически (с помощью термостатов) или вручную (кранами).

Паровое отопление

На сегодня паровое отопление используют ограничено: в производственных и нежилых помещениях, в пешеходных переходах, тепловых пунктах. Его преимущества – относительная дешевизна, низкая инерционность, компактность отопительных элементов, высокая теплоотдача, отсутствие теплопотерь. Все это обусловило популярность парового обогрева до середины XX века, позже его вытеснило водяное.

Электрическое отопление

Это надежный и наиболее простой в эксплуатации вид отопления. Если площадь дома не более 100 м, электричество – неплохой вариант, однако обогрев большей площади экономически не выгоден. Электрическое отопление может использоваться как дополнительное на случай отключения или ремонта основной системы. Также это хорошее решение для загородных домов, в которых владельцы проживают лишь периодически.

Особенности систем лучистого отопления

Современное лучистое отопление – превосходный выбор для любого здания и помещений. Такой обогрев позволяет без лишних финансовых затрат и усилий обогреть помещения любой площади, создав оптимальные условия для проживания или работы. Это один из наиболее прогрессивных и эффективных методов отопления помещений большой площади, который отличается простотой и универсальностью, многофункциональностью и практичностью.

Лучистая система отопления – вид обогрева, при котором большая часть теплоты в помещение передается посредством излучения и отчасти конвекции. Довольно часто при таком виде обогрева все приборы, излучающие тепло, располагаются в полу, в стенах (разновидность панельного отопления) либо же под потолком. Первые излучающие панели, которые появились на рынке отопительных систем, были потолочными. В силу отсутствия прямого контакта излучающих панелей с человеком для них (как и для обогревающих панелей в стенах) допустимы более высокие значения температуры поверхности, нежели для теплых полов, что позволяет обеспечить достаточно высокую теплоотдачу, не создавая особого дискомфорта для пользователей. Очевидно, что допустимые максимальные значения температуры поверхности для потолочных панелей в значительной степени обусловлены высотой потолков. Теплоноситель (как правило, вода), используемый в таких системах, имеет умеренную температуру как для отопления, так и для охлаждения, отсюда оптимальные условия для работы конденсационных котлов и тепловых насосов, солнечных коллекторов, высокий уровень энергетической эффективности и экологической безопасности.

Выводы

Лучистые системы отопления – современный и доступный вариант для обогрева любых объектов недвижимости. По сравнению с более традиционными схемами, лучевые имеют довольно много преимуществ и просто уникальных качеств:

1. Возможность монтажа в любых зданиях, как новых, так и реконструируемых;
2. Простота процесса монтажа, отсутствие необходимости выполнять разводку трубопровода, устанавливать радиаторы и прочие узлы отопления;
3. Длительный срок эффективной и безотказной службы. Лучевые нагреватели прослужат порядка 50-70 лет, не требуя ремонта и не теряя своих свойств;
4. Высокие показатели КПД. Эффективность работы лучистых систем достигает порядка 95%, что очень неплохо, как для экономичного оборудования, потребляющего совсем немного топлива;
5. Создание комфортабельных условий в помещении. Быстрый нагрев воздуха в здании, а также отсутствие снижения влажности позволяют обеспечить в любом помещении уникальную атмосферу уюта;
6. Невысокое потребление электроэнергии (в случае с пленочными и потолочными ИК-нагревателями) – порядка 20 Вт/м²;
7. Вследствие того что излучающие поверхности имеют большие размеры и сравнительно низкую температуру, конвекция уменьшается до возможного минимума, в особенности если греющая поверхность находится на потолке. В тех случаях, когда она расположена в полу, конвекционные токи воздуха обладают малой скоростью, а температура их ниже 30°. Вследствие этого пыль не может подниматься (с пола) токами воздуха, что имеет место при радиаторах, нагретых до сравнительно высокой температуры. Пыль, являющаяся в большей или меньшей мере носителем патогенных микробов, поднимается в последнем случае токами воздуха и находится во взвешенном состоянии в зоне дыхания людей.

8. Распределение нагревательных поверхностей по всей площади потолка позволяет переставлять перегородки в административных зданиях, не переделывая системы отопления.

Перечень ссылок

1. Эффективность использования лучистого отопления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gardenweb.ru/luchistoe-otoplenie>.
2. Лучистое отопление [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://teploguru.ru/sistemy/luchistoe-otoplenie.html>.
3. Основные типы систем отопления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://1poteply.ru/sistemy/tip/kakie-byvayut-sistemy-otopleniya.html>.

УДК: 621.3.078.4: 621.512

А.В. Черненко студент**Научный руководитель: Бобров А.В., к.т.н., доцент кафедры систем электроснабжения***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)*

ВЛИЯНИЕ ПУСКОВЫХ ПОТЕРЬ НА ЗАВИСИМОСТЬ КПД ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ – ПРИВОД – КОМПРЕССОР – ПНЕВМОСЕТЬ» ОТ УРОВНЯ ДАВЛЕНИЯ

Система двухпозиционного регулирования давления широко применяется в поршневых компрессорных установках. Благодаря поддержанию в системе давления в заданном интервале ($P_{min} \div P_{max}$) обеспечивается нормальная работа потребителей сжатого воздуха.

Для повышения энергоэффективности системы, было предложено, выполнить “плавающим” верхний уровень давления, при этом рассматривался электротехнический комплекс “электрическая сеть – компрессор – пневмосеть” в целом, а также был введен критерий экономичности для системы управления и определения значения верхнего уровня давления на одном цикле накачки спуска давления– КПД [1]. Обоснование этого энергетического показателя базируется на выяснении зависимостей между различными показателями элементов всей системы, определении наиболее весомых, с точки зрения потерь энергии, элементов электромеханической системы, а также взаимосвязи между ними.

В [2] были установлены зависимости между измеряемыми параметрами и потерей мощности в различных элементах комплекса с учетом существующих связей между ними, которые позволяют исследовать реальную картину изменения потерь при различных режимах работы технологического оборудования.

Запишем выражение для КПД в зависимости от давления P_2 с учетом проведенных испытаний и определенных допущений:

$$\eta = \frac{\mathcal{E} - \Delta\mathcal{E}_{21} - \Delta\mathcal{E}_{31} - \Delta\mathcal{E}_{32}}{\mathcal{E} + \Delta\mathcal{E}_{11} + \Delta\mathcal{E}_{пуск}} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ – активная энергия, потребляемая асинхронным двигателем, кВт*ч; $\Delta\mathcal{E}_{11}$ – потери активной энергии в электрической сети, кВт*ч; $\Delta\mathcal{E}_{21}$ – потери энергии в асинхронном двигателе и компрессоре, кВт*ч; $\Delta\mathcal{E}_{31}$ – потери мощности в пневмосистеме, на интервале накачки давления, кВт*ч; $\Delta\mathcal{E}_{32}$ – потери мощности в пневмосистеме, на интервале снижения давления, кВт*ч; $\Delta\mathcal{E}_{пуск}$ – пусковые потери энергии в электрической сети и асинхронном двигателе кВт*ч.

Вопрос целесообразности учета пусковых потерь в зависимости (1) неоднозначен, ведь по сравнению с потерями энергии в элементах электромеханической системы при работе на нагрузку эти потери будут невелики [3].

Для выбора правильного решения необходимо сравнить зависимости $\eta(P_2)$ при различных расходах воздуха, потребляемого пневмоприемниками, с учетом пусковых потерь и без них. При расчете этих зависимостей приняты следующие параметры электромеханической системы:

$$P_2 = 0,6 \dots 0,8, \text{ МПа}, \quad P_1 = 0,1, \text{ МПа}, \quad n = 1,24, \quad Q_1 = 20, \text{ м}^3 / \text{ мин}, \quad \eta_{\text{мех}} = 0,85, \quad \eta_{\text{пол}} = 0,88, \\ \eta_{\text{ос}} = 0,935, \quad \cos\varphi = 0,8, \quad U = 0,38, \text{ кВ}, \quad r_0 = 0,00035, \text{ Ом / м}, \quad l = 40, \text{ м}, \quad P_k = 0,8, \text{ МПа},$$

$$P_n = 0,6, \text{ МПа}, \quad V_{\text{рес}} = 8,3, \text{ м}^3, \quad V_{\text{треб}} = 21, \text{ м}^3.$$

Расчетные коэффициенты производительности компрессора, коэффициенты корреляции и корреляционные отношения:

$$B_1 = 212,745; B_2 = -190,778; B_3 = -153,934; r_{xy} = 1; \eta = 0,96.$$

Расчетные коэффициенты потерь в пневмосистеме, коэффициент корреляции и корреляционное отношение:

$$C_1 = 315,022; C_2 = -315,714; C_3 = -162,804; r_{xy} = 1; \eta = 0,95.$$

Равенство приведенных коэффициентов корреляции и корреляционных отношений соответственно 1 и 0,95 свидетельствуют о наличии тесной корреляционной связи между параметрами Q и P. Таким образом применение аппроксимационной зависимости вида $P = A_0 + A_1 \cdot e^{-t/A_2}$; где A_0, A_1, A_2 – коэффициенты обосновано.

Здесь необходимо отметить, что при изменении исходных параметров электромеханической системы могут изменяться и потери энергии в ее элементах. Однако характер полученных зависимостей останется неизменным.

Для понимания того, как и в каких пределах изменяется энергетический показатель электромеханической системы на рабочем промежутке давления пневмоприемников от $P_{\min}$ до $P_{\max}$. Целесообразно выразить зависимость изменения КПД электромеханической системы от уровня давления P_2 нагрузки пневмосети в процентах. Это в свою очередь дает возможность, зная нагрузку пневмосети и параметры комплекса, определить максимальный уровень этого показателя при обеспечении пневмоприемников сжатым воздухом. Следовательно, создаются предпосылки для обеспечения работы всей электромеханической системы с максимальным КПД.

График зависимости КПД электромеханической системы от уровня давления в пневмосистеме построен в интервале изменения давления P_2 от $P_{\min}$ до $P_{\max}$, при различном расходе сжатого воздуха $Q_1 \div Q_{11}$ ($1 \div 11 \text{ м}^3/\text{мин.}$).

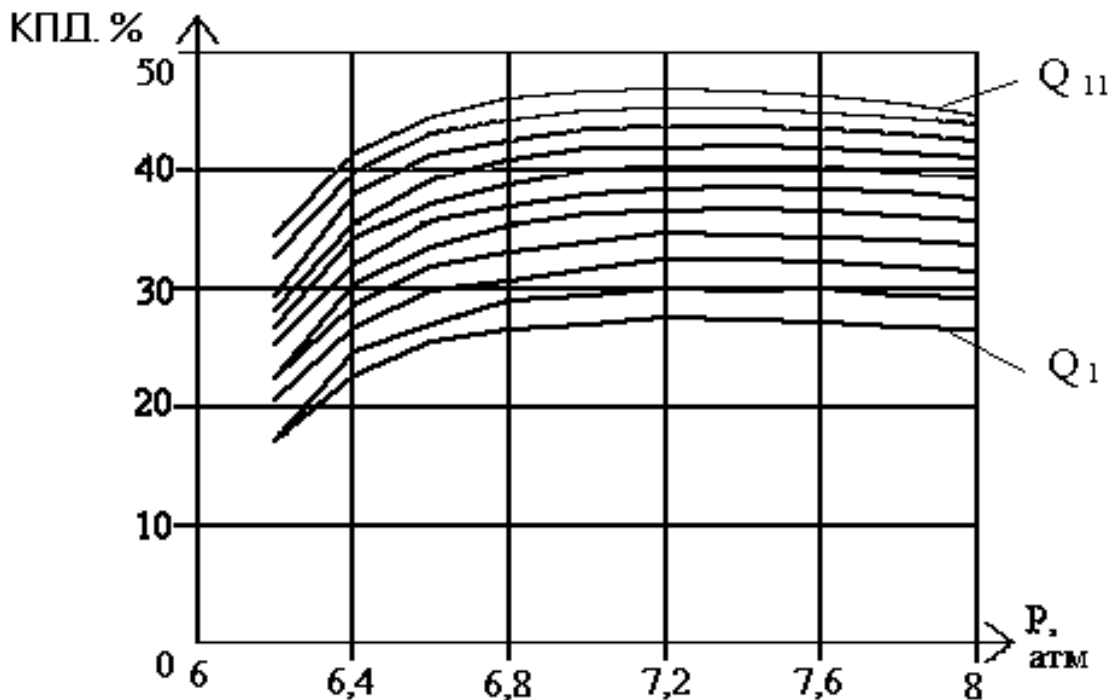


Рисунок 1 – Зависимость КПД электромеханической системы от уровня давления в пневмосистеме при различном расходе сжатого воздуха

На рис. 1. представлены зависимости КПД электромеханической системы от максимального верхнего уровня давления – КПД ($P_{\max}$) с учетом потерь энергии при пуске приводного двигателя, а без их учета – на рис 2. Приведенные графики позволяют оценить влияние пусковых потерь на КПД электромеханической системы в целом.

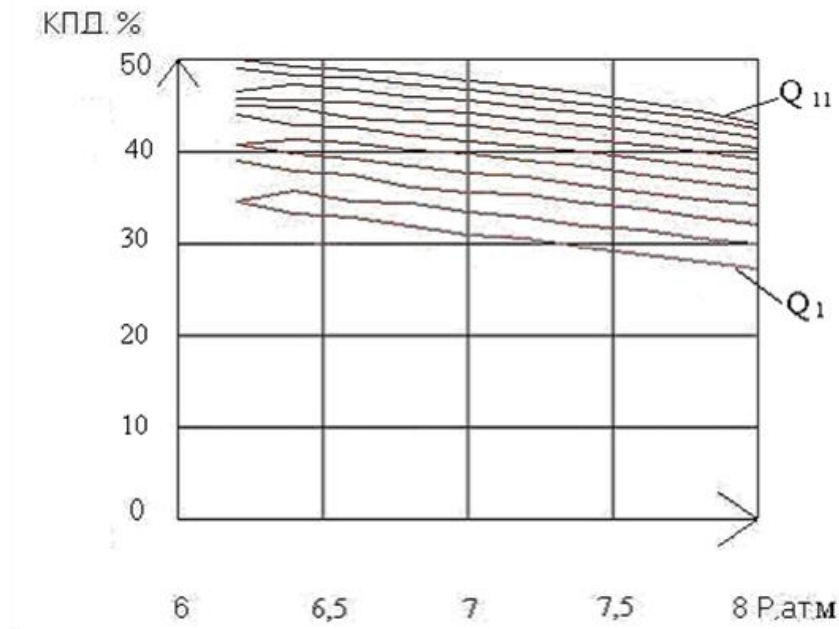


Рисунок 2 – Зависимость КПД электромеханической системы без учета пусковых потерь от уровня давления в пневмосистеме при различном расходе сжатого воздуха

Сравнение графических зависимостей с учетом потерь энергии при пуске и без них показывает, что влияние потерь существенно и сказывается в снижении значения КПД на всем диапазоне значений верхнего максимального уровня давления в пневмосистеме от $P_{\min} + \Delta P$ до $P_{\max}$. Особенно это заметно при значениях верхнего максимального уровня давления в пневмосистеме близких к минимальному давлению в пневмосистеме $P_{\min}$ в начале диапазона. Исходя из выше изложенного, очевидно, что учитывать пусковые потери $\mathcal{E}_{\text{пуск}}$ при определении КПД электромеханической системы в целом необходимо. Это позволит избежать ошибок при определении максимального КПД и, соответственно, верхнего оптимального уровня давления в пневмосистеме $P_{\max.\text{опт}}$.

Перечень ссылок

1. Бобров А.В. Повышение энергоэффективности поршневых компрессоров. Технічна електродинаміка. - №3. - 2004. - с.70-71.
2. Бобров А.В. Нагрузка пневматической сети и её влияние на уровни потерь мощности в элементах электротехнического комплекса поршневой компрессорной установки. Вісник приазовського технічного університету. м. Маріуполь. 2008 р. Енергетика, Ч2., – 68-71 с.
3. Бобров А.В. Управление электроприводом компрессорной установки на основе определения КПД электротехнического комплекса. Междунар. молодёжная науч.-техн. конф. "Энергосистема и активные адаптивные электрические сети: проектирование, эксплуатация, образование", г. Самара, 21-25 ноября 2011 г. – 423 с.