

Секція 10

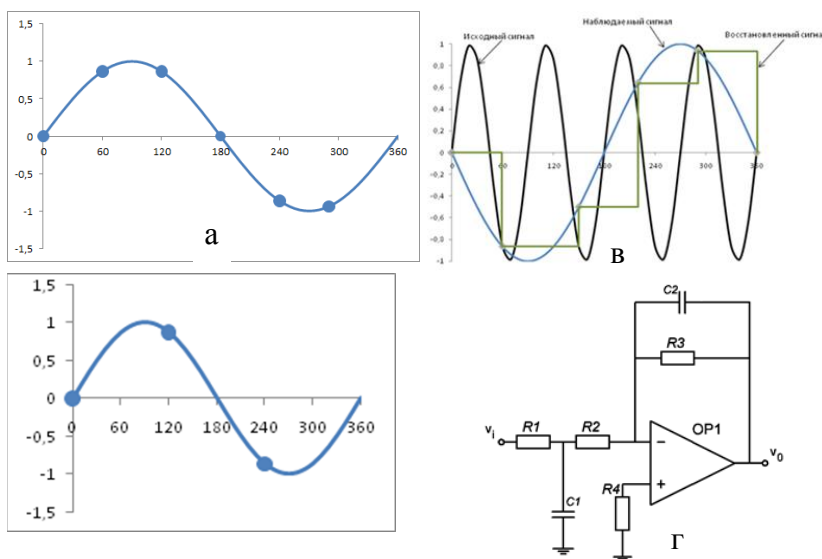
***Електротехнічні
комплекси та системи***

Азюковский А.А., к.т.н., Шестаков А.Ю., студент 4 курса
(ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

ОБОСНОВАНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ СИГНАЛА

Одним из способов температурного воздействия на металлы является его высокочастотный нагрев. Термическая обработка металла состоит из выпрямительного блока, фильтра, инвертора. В качестве нагрузки служит параллельный LC - контур. Регулирование процесса отдачи мощности в контур основывается на значениях тока и напряжения. Выполним выбор минимальной частоты дискретизации сигнала. Максимальная частота работы инвертора составляет 2,7 кГц. Синусоидальный сигнал дискретизируется с частотой f_s . Известно, [1], что, если выборка делается 6 раз за период исходного сигнала, то наблюдаемая частота f_0 не будет отличаться от исходной частоты f (рис. 1 а, б). В случае, если сигнал дискретизируется 5/4 за один период, то гладкая кривая, которая соответствует ему, будет с частотой $0.25 \cdot f$, что ниже истинной частоты (рис. 1 в). Наблюдаемая частота определяется разностью между частотой выборки f_s и истинной частотой f . Частоты в аналоговом сигнале превышающие половину частоты Найквиста обуславливают наличие в последовательности данных выборки гармоник более низкой псевдо-частоты. В случае учета гармоник минимальная частота выборки равна: $f_s = f_i \cdot N \cdot 2$, где f_i – частота переменного напряжения, питающего индуктор; N – номер гармоники [1]. Учитывая 7-ю гармонику, минимальная частота выборки соответствует: $2,7 \cdot 7 \cdot 2 = 37,8$ кГц. С целью устранения появления псевдо-частот, фильтром низкой частоты второго порядка (рис. 1 г) фильтруется аналоговый сигнал до его дискретизации. Частотно зависимый коэффициент усиления определяется как:

$$G = \frac{R_3}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{f}{f_{c1}}\right)^2\right) \cdot \left(1 + \left(\frac{f}{f_{c2}}\right)^2\right)}}$$



где:

$$f_{c1} = \frac{R_1 \cdot R_2}{2\pi(R_1 + R_2)C_1},$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_3 C_2}.$$

Рисунок 1 – Графики дискретизации сигналов (а, б, в) и функциональная схема фильтра

Литература

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

Бондаренко А.В., студент

Научный руководитель Бобров А.В., ассистент

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

О ВЛИЯНИИ РАСХОДА СЖАТОГО ВОЗДУХА НА УРОВНИ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Система двухпозиционного регулирования давления довольно широко применяется в поршневых компрессорных установках. Благодаря поддержанию в системе давления в заданном интервале ($P_{min} - P_{max}$), обеспечивается нормальный режим работы потребителей сжатого воздуха.

Ранее в работе [1] было предложено, что для повышения энергоэффективности системы следует выполнить “плавающим” верхний уровень давления, причем при этом рассматривался электротехнический комплекс “электрическая сеть – компрессор – пневмосеть” в целом, а также был введен критерий экономичности для системы управления – КПД.

Для обоснования энергетического показателя электротехнического комплекса необходимо четко знать зависимости между различными элементами и всего комплекса в целом, с измеряемыми параметрами. Это позволит определить наиболее весомые, с точки зрения потерь энергии, элементы электротехнического комплекса, а также установить взаимосвязь между ними. Так как, потери энергии в различных элементах электротехнического комплекса отличаются друг от друга своими весовыми значениями.

Для этого в работе [2] было установлено, какая существует взаимосвязь между измеряемыми параметрами и потерей мощности в различных элементах электротехнического комплекса с учетом существующих связей между ними. Все это дает возможность исследовать реальную картину изменения потерь мощности в элементах электротехнического комплекса при различных режимах работы технологического оборудования. Однако, если учитывать потери энергии в элементах электромеханической системы, то можно сразу решить несколько проблем, которые присутствуют в предыдущем решении. Во-первых, производить сравнение потерь в различных элементах электротехнического комплекса в виде потерь энергии будет наиболее правильно с энергетической точки зрения. В предыдущем же варианте единицей измерения потерь является мощность. Во-вторых, при правильном подборе интервала дискретизации можно записать, что:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1..T} N_i \cdot t_i . \quad (1)$$

В этом случае упрощаются расчеты по определению потерь в элементах электротехнического комплекса, так как производить вычисления в виде суммирования потерь мощности менее ресурсоемко с точки зрения вычислительной мощности управляющей системы.

Исходя из вышесказанного и работы [3] запишем следующие формулы для определения потерь энергии в элементах электротехнического комплекса.

$$\Delta \mathcal{E}_{11} = \sum_{i=0..1} 3r_0 I \left(\frac{2 \left(\frac{n}{n-1} \right) P_1 Q_{\text{компл}} \left(\left(\frac{P_{2i+1}}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{2n}} - 1 \right) \frac{1}{\eta_{\text{мех}} \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{об}}}}{\sqrt{3} U \cos \varphi} \right)^2, \quad (2)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{11}$ – потери энергии в электрической сети за время накачки сжатого воздуха, кВт·ч; r_0 – удельное сопротивление проводника, Ом/км; l – длина линии, км; t_1 – время накачки сжатого воздуха, с; P_1 – атмосферное давление, Па; $Q_{\text{компл}}$ – объемная производительность по условиям всасывания, м³/с; n – показатель политропы, для поршневых компрессоров $n = 1,2 - 1,35$ [3]; $\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя; $\eta_{\text{пол}}$ – индикаторный КПД относительно политропного процесса сжатия, равный $0,8 - 0,9$ [3]; $\eta_{\text{мех}}$ – механический КПД, учитывающий потери на трение кривошипно-шатунного механизма и поршня компрессора, $\eta_{\text{мех}} = 0,85 - 0,95$ [3]; U – напряжение питающей сети; P_2 – давление в пневмосистеме, Па.

$$\Delta \mathcal{E}_{21} = \sum_{i=0..t1} 2 \left(\frac{n}{n-1} \right) P_1 Q_{\text{компл}} \left(\left(\frac{P_{2_{i+1}}}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{2n}} - 1 \right) \frac{1}{\eta_{\text{мех}} \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{об}}} - \sum_{i=0..t1} P_{2_{i+1}} (B_0 + B_1 e^{-\frac{P_{2_{i+1}}}{B_2}}), \quad (3)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{21}$ – потери энергии в АД и компрессорной установке за время накачки сжатого воздуха, кВт·ч; t_1 – время накачки сжатого воздуха, с; P_1 – атмосферное давление, Па; $Q_{\text{компл}}$ – объемная производительность по условиям всасывания, м³/с; n – показатель политропы, для поршневых компрессоров $n = 1,2 - 1,35$ [3]; $\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя; $\eta_{\text{пол}}$ – индикаторный КПД относительно политропного процесса сжатия, равный $0,8 - 0,9$ [3]; $\eta_{\text{мех}}$ – механический КПД, учитывающий потери на трение кривошипно-шатунного механизма и поршня компрессора, $\eta_{\text{мех}} = 0,85 - 0,95$ [3]; P_2 – давление в пневмосистеме, Па; B_0, B_1, B_2 – расчетные коэффициенты производительности компрессора.

$$\Delta \mathcal{E}_{31} = \sum_{i=0..t1} P_{2_{i+1}} (C_0 + C_1 e^{-\frac{P_{2_{i+1}}}{C_2}}), \quad (4)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{31}$ – потери энергии в системе трубопроводов сжатого воздуха за время накачки сжатого воздуха, кВт·ч; t_1 – время накачки сжатого воздуха, ч; C_0, C_1, C_2 – расчетные коэффициенты потерь сжатого воздуха в пневмосистеме.

$$\Delta \mathcal{E}_{32} = \sum_{i=t1..T} P_{2_{i+1}} (C_0 + C_1 e^{-\frac{P_{2_{i+1}}}{C_2}}), \quad (5)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{32}$ – потери энергии в системе трубопроводов сжатого воздуха, за время спуска сжатого воздуха, кВт·ч; t_2 – время спуска сжатого воздуха, ч; P_2 – давление в пневмосистеме, Па; C_0, C_1, C_2 – расчетные коэффициенты потерь сжатого воздуха в пневмосистеме.

Время полного цикла накачки и спуска сжатого воздуха [4, 5], мин,

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2, \quad (6)$$

где t_1 – время накачки сжатого воздуха, мин; t_2 – время спуска давления, мин.

Анализ зависимости потерь энергии в системе «электропривод-компрессор» от расхода сжатого воздуха показывает, что на интервале накачивания сжатого воздуха в

пневмосистему при увеличении расхода сжатого воздуха потери энергии в системе «электропривод – компрессор» возрастают. Данный процесс, происходящий в этой системе, объясняется следующим образом: при увеличении расхода сжатого воздуха мощность, потребляемая асинхронным приводом поршневого компрессора возрастает, а по закону Бойля-Мариотта объемная подача сжатого воздуха в пневмосеть уменьшается. При увеличении времени работы системы «электропривод-компрессор» будут увеличиваться и потери энергии (см. уравнение (3)). Итак, с увеличением расхода сжатого воздуха из пневмосети возрастают затраты активной энергии на производство сжатого воздуха и соответственно потери в системе «электропривод – компрессор». С увеличением давления сжатого воздуха в пневмосистеме и неизменном (или увеличивающемся) расходе сжатого воздуха его потребителями, затраты электрической энергии на его производство и соответственно потери в элементах электротехнического комплекса «электроприводе – компрессоре» становятся большими.

Определив значения потерь энергии во всех элементах электротехнического комплекса, можно констатировать, что наиболее весомыми, с точки зрения потерь энергии, являются такие элементы, как «электропривод – компрессор» и «пневматическая сеть». Поэтому для уменьшения потерь энергии в наиболее весомых элементах электротехнического комплекса и повышения КПД электромеханической системы в целом необходимо использовать “плавающий” – недетерминированный верхний уровень давления.

Список литературы

1. Бобров, А.В. Повышение энергоэффективности поршневых компрессоров [Текст] / А.В. Бобров // Техн. електродинаміка. – 2004. - №3. – С. 70 – 71.
2. Бобров, А.В. Нагрузка пневматической сети и ее влияние на уровни потерь мощности в элементах электротехнического комплекса поршневой компрессорной установки [Текст] / А.В. Бобров // Вісник приазовського техн. ун-ту. Ч. II. Енергетика. – Маріуполь, 2008. – С. 68-71.
3. Выпанасенко, С.И. Обоснование контролируемых параметров при повышении энергоэффективности поршневых компрессоров [Текст] / С.И. Выпанасенко, А.В. Бобров // Гірн. електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. 2004. – Вип. 72. – С. 95-99.
4. Выпанасенко, С.И. Определение оптимального верхнего уровня давления в системе двухпозиционного управления поршневых компрессоров при ограничении количества пусков и учете пусковых потерь [Текст] / С.И. Выпанасенко, В.В. Кириченко, А.В. Бобров // Гірн. електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. 2005. – Вип. 74. – С. 71-75.
5. Бобров, А.В. Определение максимального уровня давления энергоэффективной системы управления поршневых компрессорных установок при ограничении количества пусков [Текст] / А.В. Бобров // Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації: зб. матеріалів конф. – Кременчук, 2007. – С.171.

Випанасенко С.І., д.т.н., професор, Кетова О. М., студентка гр. ЕЕ-09-2
(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ, Україна)

РЕЖИМИ РОБОТИ АВТОНОМНОГО ОПАЛЕННЯ

На сьогоднішній день «мала енергетика» є досить перспективним напрямом енергозбереження. Використання автономних джерел опалення допомагає уникнути багатьох проблем, що виникають у централізованих системах теплопостачання, але потребує детального попереднього аналізу економічної доцільності та ефективності.

Локалізована система опалення динамічна і може працювати у багатьох наперед запрограмованих режимах. Очевидно, не всі вони є однаково зручними для кожного конкретного випадку, то ж постає питання вибору оптимального режиму роботи, який, з одного боку, має забезпечувати потрібний рівень теплового комфорту у опалюваних приміщеннях, а з іншого – дозволить заощаджувати грошові кошти. На даний момент ця проблема не була розкрита достатньо широко, що і повело за собою наступне проведення аналізу. До розглянення було прийнято такі чотири режима роботи системи опалення:

1. Режим підтримання в приміщенні постійної температури на рівні 18°C. Такий режим нагріву приміщення наразі використовується централізованою системою теплопостачання, тому всі інші режими мають порівнюватися саме з ним.

2. Режим регулювання температури у приміщенні з урахуванням температури навколишнього середовища, який є найбільш бажаним з точки зору споживчів (мешканців), адже забезпечує найбільш комфортні температурні умови.

3. Режим зниження температури у приміщенні до 16°C у нічний час (на 8 годин). Таке рішення не суперечить санітарно-гігієнічним нормам, і в той же час одразу можна припустити, що воно більш економічне, ніж перше.

4. Комбінований режим, що поєднує врахування температури повітря навколишнього середовища та зниження температури на нічний період.

Для розрахунків було обрано дев'ятиповерховий панельний будинок, адже такі будинки найбільш розповсюджені у м. Дніпропетровську. Його габарити: висота $H=27$ м, ширина $B=12$ м, довжина $L=50$ м; розрахункова кількість жителів – $n=216$ чол.. Вартість природного газу – 3453 грн/1000 м³. Також було використано дані по середньомісячній температурі повітря у м. Дніпропетровську та кліматичні таблиці данного регіону.

Методика розрахунку теплового навантаження системи опалення та гарячого водопостачання є відомою, та приводиться в довідковій літературі [1,2]. Результати було зведено в таблицю (табл. 1) з метою спрощення подальшого аналізу і порівняння отриманих значень.

Таблиця 1. Результати розрахунків

	Режим опалення №1	Режим опалення №2	Режим опалення №3	Режим опалення №4
Максимальні теплові втрати через огорожувальні конструкції, кВт	292,6	292,6	292,3 (день)/ 278,6 (ніч)	292,3 (день)/ 278,6 (ніч)
Річні теплові втрати, МДж/рік	2001888	2047029	1931328	1808095
Побутові тепловиділення, кВт	54			
Річні втрати тепла у системі вентиляції, МДж/рік	151,8			

Середні витрати тепла на гаряче водопостачання, к Вт	1530144			
Річні витрати тепла на гаряче водопостачання, МДж/рік	69,1			
Теплове навантаження опалення, кВт	1729000			
Теплове навантаження опалення, кВт	459,7	459,7	459,7/445,7	459,7/445,7
Річні втрати теплоти, МДж/рік	4444048	4489694	4373992	4250761
Витрати природного газу, м ³ /рік	137725,9	140785,7	125754,5	122211,5
Вартість опалення, грн/рік	475567,53	486133,02	434228,56	421996,31

Для більшої наочності результати по вартості можна представити у вигляді гістограми (рис. 1):

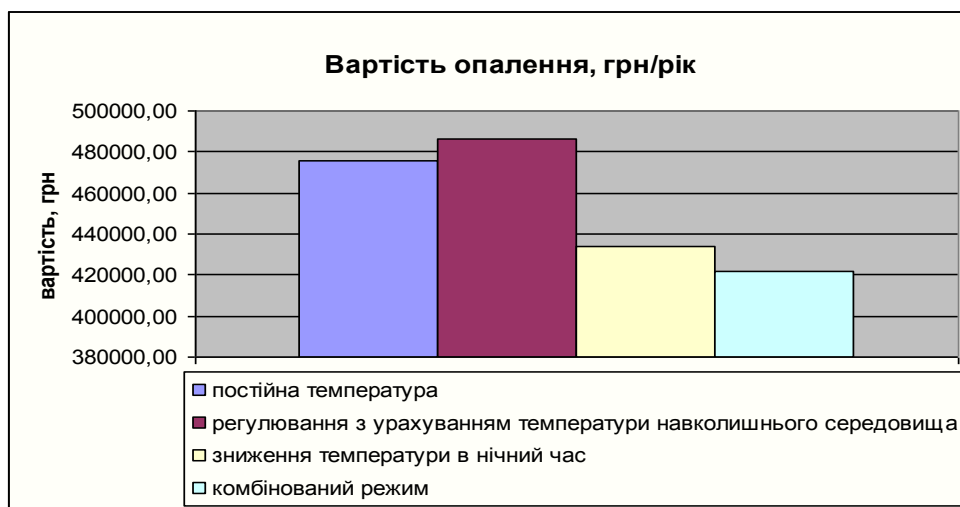


Рис. 1 Річна вартість опалення у різних режимах

Як бачимо, найбільш комфортний для мешканців другий режим тепlopостачання виявився найдорожчим для реалізації. Це пояснюється тим, що для розрахунку режимів нагріву з регулюванням температури використовується не річна, а місячна середня температура, внаслідок чого до робочих днів системи потрапляють і дні поза межами опалювального сезону.

Оптимальним режимом з чотирьох представлених можна вважати режим регулювання опалення з урахуванням температури повітря навколишнього середовища та зниження температури на нічний період, адже при найбільшій серед представлених режимів економічності він забезпечує цілком прийнятні температурні умови у приміщенні.

Перелік посилань

1. Баскаков А. П., Бегр Б.В. Теплотехника: Учебник для вузов – М.: Энергоатомиздат, 1991
2. Щекин Р. В., Корневский С. М., Справочник по теплоснабжению и вентиляции, т.1 – К: Будівельник, 1968
3. Кавун А. М. Аналитический расчет режимов работы автономной системы отопления // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», 2003, №4

Выпанасенко С.И., д.т.н., профессор, Тютченко М.А. студент гр. ЕЕ-09-2
(ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ОАО «ДНЕПРОПРЕСС»

Стаття розкриває методику способу підвищення якості напруги у споживачів в розподільчій мережі електропостачання підприємства ВАТ «Дніпропрес», шляхом зниження затрат напруги в елементах мережі.

Актуальность темы:

В электрических сетях промышленных предприятий остро поставлен вопрос о качестве электрической энергии. Конкретно в данном случае на заводе «Днепропрес» это напрямую связано с такими причинами как:

1. Оптимизацией производственных процессов;
2. Более высокими требованиями к точности работы электроаппаратов;
3. Внедрением нового технологического оборудования;
4. Автоматизацией и роботизацией производства.

Зачастую уровень показателей качества электроэнергии оказывается неудовлетворительным и даже выходит за допустимые пределы общегосударственных стандартов. Поэтому актуален вопрос реконструкции, переоборудования и модернизации существующих схем электроснабжения с целью улучшения показателей качества электроэнергии. Эта задача носит как научный, так и практический характер и для её выполнения предлагаются самые различные схмотехнические способы и решения.

Основными базовыми материалами, о способах эффективной передачи и распределения электрической энергии с сохранением достаточного уровня напряжения на зажимах у потребителя, является литература по проектированию электроснабжения промышленных предприятий.

Выработано множество методов решения поставленной задачи. Но в каждом конкретном случае нужно определить, какой способ будет наиболее экономически выгоден и эффективен с технической точки зрения. Как раз этот вопрос остаётся не решённым до конца. Не хватает такой определённой методики, которая бы позволила быстро принять решение о внедрении нового схмотехнического решения для обеспечения наименьшего отклонения напряжения питания промышленных электроустановок.

Поставлена задача:

1. Расчёта потерь напряжения в элементах сети.

Целью работы является:

1. Рассмотреть полученную эффективность в улучшении качества напряжения электроснабжения по результатам предварительных расчётов и построенных диаграмм отклонений напряжения СЭС.
2. Применение новых зависимостей параметров отклонения напряжения у потребителей от экономической стоимости реализации определённой идеи.

При проектировании схем электроснабжения нормируемые значения отклонения напряжения обеспечиваются выбором рациональной конфигурации и параметров сети, числа и места установки устройств для ЦРН и МРН, оптимальным размещением источников реактивной мощности.

Обеспечение требований по отклонениям напряжения на ЭП достигается одним из способов, а именно:

Путем снижения потерь напряжения в элементах сети.

Данный способ реализуется путем влияния на параметры электросети: повышения пропускной способности кабельных линий путем увеличения сечения кабелей (рис. 1.1).

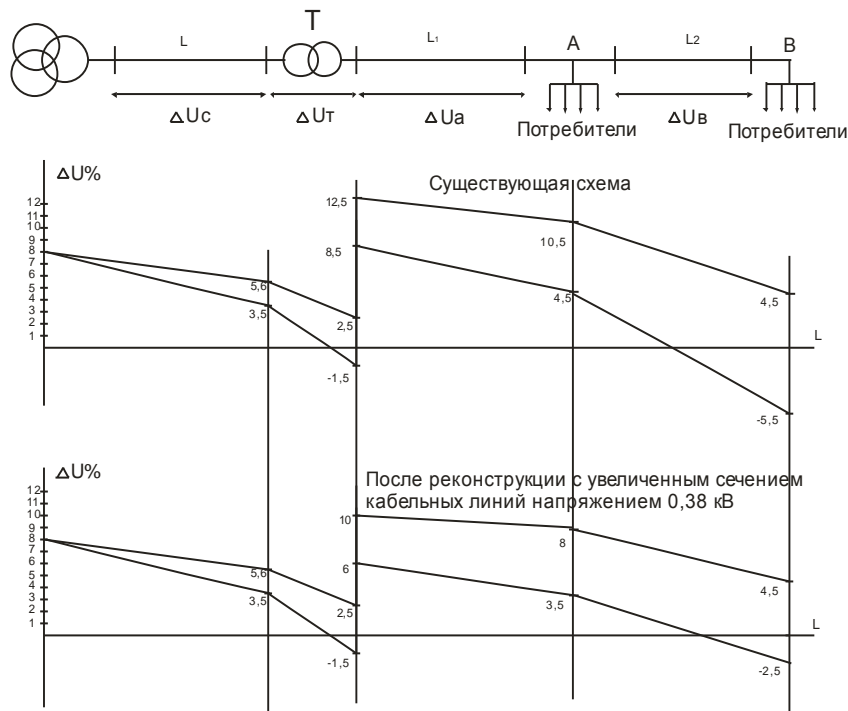


Рис. 1.1

Выводы:

Анализ влияния комплексных схмотехнических решений на показатели качества электрической энергии с применением новых зависимостей является эффективным и удобным с той точки зрения, что можно поставить цель повысить качество напряжения до конкретного требуемого уровня и сразу увидеть экономическую выгоду для реализации каждого схемного решения.

Ожидаемый результат расчётов состоит в получении характеристики мероприятий по повышению качества напряжения.

Таким образом, обосновать конкретный способ повышения качества напряжения будет возможно для различных участков сети.

Список литературы

1. Електричні мережі систем електропостачання. Навч. посібник./ Г.Г.Півняк, Г.А.Кігель, О.Б.Іванов, Н.С.Волотковська, Л.П.Ворохов,. – Національний гірничий університет, 2003
2. Експлуатація електроустановок: Навч. посібник / Г.Г.Півняк, А.В.Журахівський, Г.А.Кігель, Б.М.Кінаш, А.Я.Рибалко, Ф.П.Шкрабець, З.М.Бахор: За ред. академіка НАН України Г.Г.Півняка. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005 – 445с.
3. Электронный научно-технический портал /Способ доступа: URL: <http://www.nauka-teh.ru>

Гребенюк А.Н., к.т.н., Данилащук А.В., ст. гр. ЕЕс-11-2

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Вступление: Солнечный свет так же полезен для психологического состояния человека, и способствует выработке витамина Д который очень важен для иммунной системы и костной ткани. Если в помещениях недостаточно естественного солнечного света, то излишнее применение искусственного освещения может вызвать серьезные проблемы со здоровьем, а так же увеличивает потребление электроэнергии, [1,2].

Поставленная проблема:

Цель: Добиться снижения затрат на электроэнергию найти альтернативное решение для снижения затрат на освещение и внедрение безопасных источников света для человека.

Для исследования взята аудитория кафедры «Возобновляющиеся источники энергии» 1/31, в которой проводилось исследование по замеру освещенности. Замеры искусственного и естественного освещения проводились контрольно измерительным прибором DT-1308-Люксметр [3], на высоте равноудаленной от потолка на 2,6 м и 1,4 м над полом.

1. Замер искусственного освещения проводился, придерживаясь нормативным гос-тированным 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 равноудаленные друг от друга, условия измерений ночное время суток для точных измерений искусственного освещения. Тип освещения (общего исполнения), функциональное назначение соответствует рабочему освещению (Европейский стандарт 300-500 люкс). Достоинства и недостатки люминесцентных ламп (табл.1.) ГОСТ Р МЭК 60081-99, ГОСТ Р МЭК 61195-99 [4]. Учитывая, что лампы искусственного освещения расположены горизонтально, происходит прямое освещение горизонтальной поверхности, то оптический датчик располагается параллельно плоскости стола.

Таблица 1.

Достоинства и недостатки люминесцентных ламп

Достоинства	Недостатки
Высокая световая отдача	Повышенная шумность работы лампы
Высокий коэффициент полезного действия	Вредные для зрения пульсации светового потока
Малая себестоимость	Содержание вредных для здоровья веществ

2. Замер естественного освещения проводился, придерживаясь нормативным гос-тированным 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 равноудаленные друг от друга, 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.1.).

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 проведенных исследований было видно что, учебное помещение не обеспечивает нормальных условий для хорошей работоспособности так как, для нормальной работы соответствует только десятая часть аудитории, которая освещается возле окон.

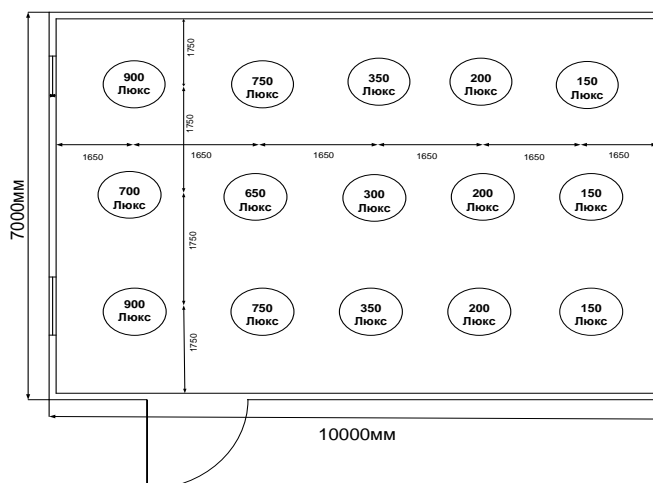


Рис.1. План аудитории и мониторинга естественного освещения

Для решения технологического процесса можно воспользоваться световодами [8], с помощью которых можно решить проблему с естественным освещением. Солнечные трубы - идеальный инструмент освещения помещений 100% естественным источником света, это высоко экологичные системы, в которых естественный свет накапливается и направляется, благодаря материалу внутреннего покрытия трубы с высокой отражающей способностью. Он сводит дисперсию лучей к минимуму, и позволяет доставлять свет на значительные расстояния. Световоды позволяют оптимизировать расход электричества на освещение, ведь и в магазинах и в офисных центрах и на заводах свет горит на протяжении всего рабочего дня.

Исследования показывают, в среднем около 80% рабочего времени освещение в помещении может быть выполнено с помощью естественного света, тем самым способствуя снижению непосредственно потреблению энергии и, следовательно, повышает энергоэффективность зданий.

Солнечные трубы заключены в алюминиевые пластины с зеркальным покрытием, и защищены снаружи защитной трубой. Это обеспечивает высокую механическую прочность для размещения на строительных площадках, промышленных или других зданий, без риска нанесения вмятин или других внешних повреждений.

Были исследованы четыре различных метода передачи света, а именно, системы пучок/линза, полые зеркальные световоды, полые призматические световоды и системы с твердотельным сердечником.

Все системы обладают своими достоинствами и недостатками [9] также системы естественного освещения делятся на системы с жестким рукавом и мягким.

Для освещения аудитории больше всего подходят световодные системы естественного освещения с жестким рукавом:

SOLARSPOT International – Италия [5]

SOLATUBE – USA Canada [6]

Lightvay Silver – Чехия [7]

Сравнив производителей и параметры систем, а также их стоимость приходим к выводу, что система Lightvay Silver наиболее целесообразно подходит для установки в аудитории. Преимуществом этой системы, является экономичность средств по сравнению с другими светосистемами [5, 6], гарантия 25 лет, качество светопередачи.

Вывод: Световоды в последнее время стали популярным решением проблемы освещения помещений. Система световод является источником возобновляемой энергии, которая позволяет:

1. Экономить электроэнергию.
2. Легкость интегрироваться в любые здания.
3. Получить пользу для здоровья работающих в здании людей.
4. Повысить эффективности восприятия информации студентами.

Список литературы

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 DT-1308 <http://www.labprice.ua/files/22/DT-1308.pdf>
4. Достоинства и недостатки люминесцентного лампы http://www.eltsnab.ru/upload/15-catalog_svet_528-530.pdf
5. SOLARSPOT International <http://www.archiproducts.com/ru/продукты/4820/световая-труба-и-световод-solarspot-solarspot-international.html>
6. USA Canada www.solatube.com/
7. Lightvay Silver lightway.iricond.ru/lightwayrus.pdf
8. Световод www.slovopedia.com/2/209/260395.html
9. Достоинства и недостатки световодов <http://svetovody.kiev.ua/information1.html>

Кириченко М.С., ассистент

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

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В УКРАИНЕ И В МИРЕ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В связи с быстрым ростом цен на нефть и другие виды традиционных энергоносителей, запасы которых стремительно истощаются, актуальность темы энергообеспечения за счет возобновляемых источников энергии не вызывает сомнения, а развитие альтернативной энергетики является перспективным направлением как для Украины, так и для всего мира.

По данным "НЭК "Укрэнерго" Украина второй год подряд развивает альтернативную энергетику интенсивнее, чем традиционную: возобновляемые источники энергии в 2012 году обошли ископаемое топливо как по темпам развития, так и по величине прироста установленных мощностей электрических станций. Наибольшее увеличение установленных мощностей продемонстрировали ветроэлектростанции (ВЭС) – в 2,2 раза (на 141,5 МВт) – до 262,8 МВт и солнечные электростанции (СЭС) – в 1,7 раза (на 130,3 МВт) – до 317,8 МВт.

Незначительный рост установленной мощности в прошедшем году продемонстрировали гидроэлектростанции (ГЭС). Суммарная установленная мощность угольных и газовых электростанций на протяжении прошлого года возросла на 0,6% – до 33890,8 МВт.

В Украине в прошлом году были введены в эксплуатацию ВЭС в Запорожской, Николаевской и Херсонской областях и увеличена на 20 МВт мощность ветропарка "Новоазовский" в Донецкой области, а также СЭС в Одесской и Винницкой областях.

Пять мировых лидеров на рынке экологически чистой энергии (преимущественно использующие энергию ветра):

1. *Китай* – крупнейший производитель, генерирует максимальное количество ветровой энергии во всем мире. Ее объем равен 45 ГВт и вырабатывают его 80 ветряных ферм по всей стране. Их целью является достижение выработки 100 ГВт энергии к 2015 году, а ближе к 2030 году страна рассчитывает полностью перейти на экологическое энергоснабжение. Географическое положение и огромная потребность в большом количестве энергии – основные причины инвестиций в развитие ветроэнергетики. Китай также вкладывает средства в турбины небольшого размера, которые устанавливаются в высотных зданиях и опорах уличного освещения.

2. *США* – пионеры в производстве энергии из ветра, занимают второе место в производстве ветровой энергии с объемом в 43 ГВт, вырабатываемых сотней ветряных ферм по всей стране. Поскольку США потребляют больше энергии, чем какая-либо другая часть света, то инвестирование в сектор зеленой энергетики – это обязательное условие для ее экономики. В настоящий момент США не вкладывают денежные средства в морские ВЭС, но планируют это сделать в ближайшем будущем.

3. *Германия* – лидирующий производитель и экспортер ветровых турбин, занимает третье место в производстве экологически чистой энергии с объемом в 28 ГВт, что составляет примерно 9% от всей выработки электроэнергии Германии. По всей стране насчитывается более 20 тысяч ветрогенераторов и их работа направлена на увеличение производства "морской энергии ветра".

4. *Испания* – вторые в Европе. ВЭС удовлетворяют 16% запросов в сфере электроснабжения, и эта страна является четвертой в мире по объему производства электричества из ветра. Общий объем производства составляет 21 ГВт. Испания делает

большие усилия для того, чтобы увеличить производство ветровой энергии и планирует со временем сделать его основным источником всего электроснабжения в стране. Большинство ВЭС расположены в горных районах, так называемых «оффшорных» ферм здесь пока не так и много. Также Испания - одна из лидеров по экспорту оборудования для ветроэлектростанций.

5. *Индия* – пятая в рейтинге страна по объему производимой энергии ветра, который составляет 14 ГВт, что составляет 1,6% от всей энергии, вырабатываемой в стране. В Индии большинство ферм расположено на сельскохозяйственных землях и в горных районах, но большая часть этой страны все же не подходит для производства ветровой энергии, тем и значимее занимаемое ею пятое место.

Десять самых мощных объектов в области альтернативной энергетики, которые были запущены в эксплуатацию в 2012 году:

- самая мощная ВЭС (1064 МВт) – Jaisalmer Wind Park штата Раджастхан (Индия);
- самая мощная оффшорная ВЭС (504 МВт) – Greater Gabbard, Саффолк (Великобритания);
- самая мощная приливная гидроэлектростанция (254 МВт) – Sihwa Lake Tidal Power Station (Южная Корея);
- самая мощная гидроэлектростанция (22.5 ГВт) – Three Gorges, Хубэй (Китай);
- самая мощная приливная турбина (1.2 МВт) – SeaGen, Стрэнфорд Лаф (Ирландия);
- самая мощная волновая электростанция (2.25 МВт) – Agucadoura Wave Farm, Повуа-де-Варзин (Португалия);
- самая мощная тепловая СЭС (354 МВт) – Solar Energy Generating Systems, Калифорния (США);
- самая мощная солнечная фотоэлектрическая станция (250 МВт) – Agua Caliente Solar Project, Аризона (США);
- самая мощная геотермальная электростанция (1517 МВт) – The Geysers, Калифорния (США);
- самая мощная электростанция на биомассе (750 МВт) – Tilbury Power Station, графство Эссекс (Великобритания).

Украина обладает значительным природным потенциалом для реализации проектов, связанных с развитием альтернативной энергетики. Достаточно быстрым темпам ее развития способствует научный и практический задел в этой области, приобретенный на протяжении последних 20 лет в Национальном техническом университете Украины "Киевский политехнический институт" и в Институте электродинамики Национальной академии наук Украины. Например, Институтом электродинамики НАН Украины составлен "Атлас энергетического потенциала возобновляемых источников энергии Украины", где показано распределение энергетического потенциала возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнечная энергия, энергия малых рек, геотермальная энергия и т.д.) по территории Украины. Для оценки энергетического потенциала энергии возобновляемых и нетрадиционных источников и для установления возможных объемов его практического использования и объемов замещения традиционных топливно-энергетических ресурсов проведено деление на три вида – общий, технический и целесообразно-экономический. Общий потенциал – все количество энергии, которой характеризуется каждый из рассмотренных источников энергии. Технический потенциал – это часть энергии общего потенциала, которую можно реализовать с помощью современных технических средств; целесообразно-экономический потенциал – количество энергии, которую целесообразно использовать, учитывая при этом экономический, экологический, технически-технологические, социальные и политические факторы [1].

Энергетические проблемы, которые стоят перед человечеством и способы их решения неоднократно обсуждаются и приводятся в докладах ООН, Всемирного Энергетического Совета, Европейской Комиссии, причем основным выводом является осведомление необходимости перехода на возобновляемые источники энергии.

Во всем мире альтернативная энергетика опережает традиционную по темпам развития, поэтому установившаяся тенденция в нашей стране соответствует общемировым процессам.

Перечень ссылок

1. Атлас энергетического потенциала возобновляемых и нетрадиционных источников энергии Украины. – Киев, 2001. – 110 с.

Константинова В.Н., аспирант

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

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ И В УКРАИНЕ

Проблемы нехватки энергии и загрязнения окружающей среды становятся одними из важнейших задач, стоящих перед миром, поэтому возобновляемые источники энергии рассматриваются как технологии будущего.

За 25 лет развития ветроэнергетических технологий сменилось 8 поколений ВЭУ, единичная мощность увеличилась с 30 до 6000 кВт, диаметр ветроколеса – с 15 до 125 метров, а годовое производство электроэнергии одним ветроагрегатом увеличилось в 500 раз. Вес лопасти современных ВЭУ мощностью 6 МВт достигает 26 тонн, а вес башни – 250 тонн [1].

Крупнейшими в мире ветряными электростанциями на данный момент являются расположенная в штате Техас Roscoe Wind Farm с общей установленной мощностью 781,5 МВт и находящаяся на стадии строительства Alta Wind Energy Center, расположенная в пустыне Мохаве, проектная мощность которой составляет 1,55 ГВт [2].

Важным показателем развития ветроэнергетического рынка является темп роста установленной мощности по сравнению с предыдущим годом. К числу европейских ветроэнергетических рынков с устойчивым темпом роста на уровне 20% относятся Италия, Франция и Великобритания. Соединенное Королевство является так же мировым лидером в оффшорной ветроэнергетике, правительство страны планирует достигнуть 13 ГВт общей установленной мощности морских ветропарков к 2020 году. В странах Восточной Европы наибольшие показатели имеют Румыния (4000%, 152 МВт), Хорватия (161%, 70 МВт), Болгария (112%, 375 МВт), Польша (53%, 1107 МВт), Венгрия (47%, 295 МВт) [2]. Польша, первая страна Восточной Европы с существенным развитием ветроэнергетики, планирует ввести в эксплуатацию 8,6 ГВт ветроэнергетических мощностей к 2020 году.

Для достижения высоких показателей развития ветроэнергетического рынка необходимы соответствующие меры поддержки возобновляемых источников энергии. Существует несколько систем стимулирования развития ВИЭ на государственном уровне [3]:

- 1) система фиксированных цен, которая заключается в том, что государство устанавливает надбавку за электроэнергию, произведенную с помощью ВИЭ («зеленый тариф»), при этом не устанавливается заданное количество вводимых мощностей в энергосистему страны;
- 2) система квот на возобновляемые источники энергии, которая заключается в том, что правительство устанавливает фиксированную долю ВИЭ в энергетике страны, при этом энергетический рынок сам устанавливает цены на вырабатываемую электроэнергию.
- 3) система зеленых сертификатов, которые подтверждают генерацию определенного объема электроэнергии на основе ВИЭ.

В Украине существуют благоприятные условия для интенсивного развития, добычи и использования ветроэнергетических мощностей, такие как наличие свободных земель для строительства, существующие мощности машиностроительных заводов для производства ветроагрегатов, наличие квалифицированных кадров, наличие многолетних наблюдений ветрового режима. Законодательство также создает предпосылки для развития ВИЭ, так в соответствии с налоговым кодексом, объекты с ВИЭ полностью

освобождаются от налога на прибыль в течение 10 лет, а предприятия, которые занимаются продажей оборудования на основе ВИЭ собственного производства, освобождаются от налогообложения 80% прибыли [5].

Программа энергоэффективности Украины предполагает ввести 10% мощности ВИЭ к 2015 году. Для этого выделены средства в размере 347,82 млрд. грн. В частности, планируется выделить 13,81 млрд. грн. – за счет государственного бюджета, 15 млрд. грн. – за счет местных бюджетов, 319,01 млрд. грн. – за счет других источников. Основными направлениями развития ветроэнергетики этой программы являются [6]:

- строительство и реконструкции электросетей, строительство пристанционных узлов, подстанций и электросетей для подсоединения ВИЭ – 307,4 млн. грн.
- проведение модернизации объектов коммунального хозяйства, в том числе перевод котельных, обслуживающих социальную сферу на ВИЭ – 60,1 млн. грн.
- проведение исследований ветропотенциала путем определения районов для ВЭС и установка оборудования – 7,9 млн. грн.

Однако существуют проблемы интеграции ветроэнергетических мощностей в энергосистему Украины. Подсоединение ВЭС к единой энергосистеме вызывает отклонения напряжения распределительной сети, что отражается на устойчивости всей энергосистемы, что в условиях Украины вызывает необходимость дорогостоящей реконструкции электрических сетей.

Увеличение доли ВЭС в энергосистеме приводит к потребности дополнительных резервных мощностей. Уровень резервных мощностей позволит интегрировать до 20% ветровой мощности в энергосистему, после превышения этого уровня могут потребоваться изменения в структуре энергосистемы и способах ее управления [7].

Ветровые электрические станции обладают рядом экономических и экологических преимуществ, что делает их весомой альтернативой при решении глобальных энергетических проблем. Что касается Украины, то это один из первых шагов на пути к признанию не только Европы, но и всего мирового сообщества экономически мощного потенциала Украины среди развитых стран мира.

Список литературы

1. Николаев В. Г. Тенденции развития мировой ветроэнергетики // Энергия: экономика, техника, экология. –2011. –№ 11. –С.10-18
2. Ветроэнергетика мира. Отчет 2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.windenergy.kz/files/1317197459_file.pdf
3. Минин В. А. Развитие ветроэнергетики в мире // Энергия: экономика, техника, экология. – 2010. –N 3. –С.21-24
4. Милованова К.А. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики // Электричество. –2010. –N 11. – С.13-23
5. Подгуренко В.С. Украинская ветроэнергетика: Оценка развития ветроэнергетики Украины в контексте мировых тенденций // Энергосбережение, 2011. –№ 6. – С. 18-19
6. Потапенко О.М. Стратегічні пріоритети розвитку відновлюваної енергетики в Україні // Формування ринкових відносин в Україні, 2012. – № 4. – С. 100-104
7. Kowli A., Gross G. Evaluation of the Impacts of Deep Penetration of Wind Resources on Transmission Utilization and System Stability // Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE, pp. 1-3

Кривошея Н.В., студент

Руководитель Бобров А.В. асс.

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

ПОСТАНОВКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА КПД ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ – ПРИВОД – КОМПРЕССОР – ПНЕВМОСЕТЬ»

Система двухпозиционного регулирования давления довольно 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.

Ранее в [1] было предложено для повышения энергоэффективности системы выполнить “плавающим” верхний уровень давления. При этом рассматривался электротехнический комплекс “электрическая сеть – компрессор – пневмосеть” в целом. Был предложен критерий экономичности для системы управления – КПД.

Построенная математическая модель в соответствии со сформулированными требованиями к ней позволяет определить момент создания управляющего воздействия на асинхронный привод поршневой компрессорной установки. Для обеспечения адекватности разработанной модели необходимо принять и обосновать допущения и ограничения.

Ранее были получены зависимости [2] для определения уровней потерь энергии в каждом элементе электромеханической системы при минимуме контролируемых параметров. Анализ полученных результатов позволил определить элементы электротехнического комплекса с наибольшими уровнями потерь энергии – “привод – компрессор” и “пневматическая сеть”, а также параметры режима работы электромеханической системы, влияющие на уровни потерь энергии в них. Выработан единый подход для анализа потерь энергии в элементах электротехнического комплекса, который позволил унифицировать параметры режимов работы и определить критерий энергетической оптимальности комплекса в целом – максимум КПД, который и является критерием управления.

Математическая модель должна учитывать режимы работы всех звеньев электротехнического комплекса для определения его энергетического показателя – КПД и определять оптимальное значение верхнего предела уровня давления P_{opt} за цикл спуска – накачки 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 $\eta = f\left(\frac{N}{N_{ном}}\right)$ асинхронных приводов

компрессоров работающих на нагрузку, значение КПД при коэффициенте загрузки большим 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 $T_1 = 20$ °С, так как снижение температуры всасываемого воздуха с постоянным уровнем давления уменьшает количество водяных паров содержащихся в нем, что приводит к повышению производительности [4].

Сформируем 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 такие 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.

$$M \leq 20; T_{\text{цмин}} = \frac{60}{M}$$

Таким образом сформулированная 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.

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, частина друга, 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.

Луценко І.М., асистент, Остроуменко Т.Ю., студент гр. ЕЕ-09-1

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА НА НАВАНТАЖУВАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПЕРЕСУВНИХ ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Особливістю роботи пересувних вибухобезпечних підстанцій (КТП) вугільних шахт те, що вони перебувають під дією таких факторів оточуючого середовища як температура повітря та швидкість повітряного струменю у місці їх установки. У дослідженнях [1] показано, що навантажувальна здатність трансформаторів шахтних КТП залежить від умов оточуючого середовища (ОС) у місці їх установки, проте не виявлено універсальної закономірності даного впливу.

Аналіз експериментальних графічних залежностей перевищення температури обмоток з кремнійорганічною ізоляцією трансформаторів вибухозахищених підстанцій від навантаження [1] без зовнішнього обдуву ($V_{нов.с} = 0$ м/с) і при швидкості повітряного струменю $V_{нов.с} = 3,5$ м/с, а також дослідження реальних температурних полів КТПВ-1000 [2] дозволили побудувати аналогічні криві для найбільш нагрітої точки (ННТ) обмоток (див. рис. 1) та встановити вплив факторів оточуючого середовища на навантажувальну здатність КТП.

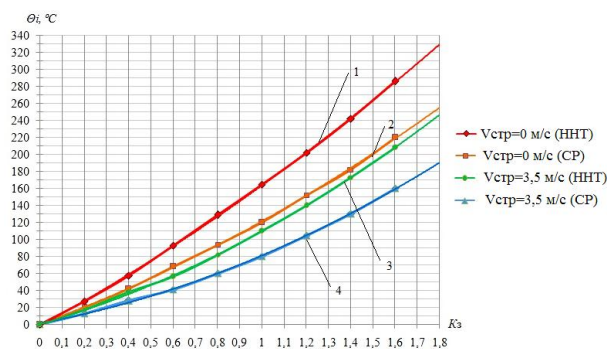


Рисунок 1 – Криві залежностей перевищення температури обмоток від навантаження: 1, 2 – відповідно перевищення температури ННТ обмотки та середнє перевищення без зовнішнього обдуву; 3, 4 – те ж при швидкості повітряного струменю 3,5 м/с;

Доведено, що такі закономірності у загальному випадку ідентичні для всіх конструкцій трансформаторів з кремнійорганічною ізоляцією, розташованих в герметичному корпусі. Таким чином доцільно і корисно для практичного застосування визначити аналогічні характеристики для можливого в реальних умовах експлуатації розкиду значень швидкості повітряного струменю та температури ОС.

Апроксимація приведених на рисунку 2 залежностей та вирішення рівнянь виду (1) для можливого діапазону розкиду швидкості повітряного струменю у місці їх установки дозволили отримати залежності перевищення температури ННТ обмотки від даного показника ОС для конкретних випадків.

$$\theta_{ННТ} = (a'_0 + a'_v \cdot V_{стр}) \cdot K_3^2 + (b'_0 - b'_v \cdot V_{стр}) \cdot K_3 + (c'_0 + c'_v \cdot V_{стр}) \quad (1)$$

де $\theta_{ННТ} = \theta_{ННТ.ном} + T_{ос.ном} - T_{ос.реал}$; $\theta_{ННТ.ном} = 165^\circ\text{C}$ - максимально допустиме перевищення температури найбільш нагрітої точки обмотки для ізоляції класу нагрівостійкості

200 °C при максимально допустимій температурі ОС $T_{oc,ном} = 35^{\circ}C$; $T_{oc,реал}$ - реальна температура ОС в шахтній виробці.

Наступним кроком було встановлення універсальної залежності перевищення температури ННТ обмотки від умов ОС – температури повітря і швидкості повітряного струменю.

В залежності від температури ОС, будемо мати реально допустиме перевищення температури ННТ обмотки. Задаючи різні значення температури ОС в діапазоні температур кліматичного виконання і категорії розміщення ($-10^{\circ}C \dots +35^{\circ}C$), а також, приймаючи при цьому швидкість повітряного струменю в діапазоні від 0 м/с до 6 м/с, отримуємо залежності коефіцієнта допустимого завантаження трансформатора відповідно до конкретних умов ОС (див. рис. 2).

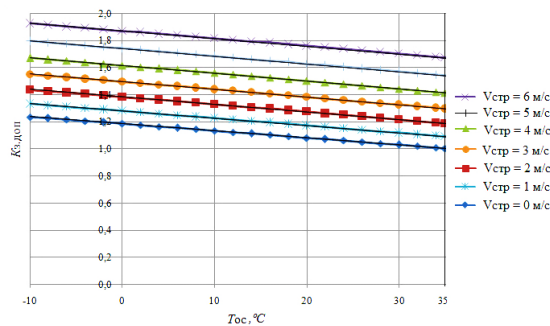


Рисунок 2 – Залежності коефіцієнта допустимого завантаження трансформатора КТП від умов оточуючого середовища

Лінійна апроксимація отриманих характеристик зі 100 % достовірністю дозволяє представити кожну залежність у вигляді рівняння прямої:

$$K_{з,доп} = \kappa \cdot T_{окр,реал} + b,$$

де $\kappa = -0,005 \text{ 1/}^{\circ}C$ – кутовий коефіцієнт у рівнянні прямої, що описує залежність допустимого коефіцієнту завантаження від температури ОС;

$b = b_0 \cdot b_v = 1,187 \cdot 1,08^{V_{стр}}$ - коефіцієнт, що враховує вплив швидкості повітряного струменю у місці встановлення КТП на допустиме завантаження.

Таким чином залежність нормально допустимого коефіцієнту завантаження трансформатора від умов ОС є лінійною і має наступний вигляд:

$$K_{з,доп} = \kappa \cdot T_{ос,реал} + b_0 \cdot b_v = -0,005 \cdot T_{ос,реал} + 1,187 \cdot 1,08^{V_{стр}}$$

Враховуючи фактори ОС, в конкретних умовах можливо додатково навантажити трансформатори КТП або навпаки – вказати на необхідність зниження їх навантаження відносно номінального.

Перелік посилань

1. Перегрузочная способность взрывобезопасных трансформаторных подстанций / И. Я. Чернов, В. В. Шилов, В. М. Грушко, В. Л. Кузнецов // Взрывозащищенное электрооборудование: Сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: ООО «АИР», 2011. – С. 42–46.
2. Сорока Е.А., Луценко И.Н. Экспериментальное исследование теплового состояния взрывозащищенного трансформатора рудничной подстанции мощностью 1000 кВА в различных режимах // Гірнична електромеханіка і автоматика: Наук. – техн. зб. – 2012. – Вып. 88 – С. 6–11.

Лысенко А.Г.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Главными достоинствами транспорта с бесконтактным токосъемом являются искробезопасность, а также надежность, безопасность обслуживания и высокие энергетические показатели. Однако эксплуатация опытных образцов бесконтактных электровозов показала, что нередко возникают сбои в работе транспорта и, как следствие, снижается его энергоэффективность [1]. Эти сбои связаны, в частности, со срабатыванием защиты преобразователя, которые происходят из-за появления в тяговой сети перенапряжений. Статистические данные свидетельствуют, что подобные явления наблюдаются в большей степени при пуске тягового преобразователя частоты (ТПЧ) на тяговую сеть. Ухудшение энергетических показателей при пуске необязательно следует только из срабатывания защиты. Так, выход из строя одного или нескольких компенсирующих конденсаторов тяговой сети приводит к увеличению реактивного сопротивления сети, а, следовательно, и потерь напряжения и мощности в ней. В исследованиях, проведенных ранее [2], отмечается, что наибольшие потери мощности имеют место именно в тяговой сети, так как специфика работы транспорта требует постоянного поддержания тока в тяговой сети на уровне 150 А. Такие условия приводят к тому, что независимо от того, нагружена ли тяговая сеть электровозом или нет, потери мощности достаточно весомые. Однако, несмотря на это, энергетическим показателям, в частности потерям мощности, до последнего времени уделялось недостаточно внимания. Тем не менее, оценка этих параметров дает возможность определить пути снижения потерь мощности в тяговой сети за счет регулирования, в частности, пусковых процессов в преобразователе частоты. Поэтому особый интерес представляют потери мощности при пуске тягового преобразователя частоты на тяговую сеть. Пусковой процесс ранее рассматривался в двух аспектах:

- с точки зрения процессов, происходящих непосредственно в ТПЧ;
- с точки зрения влияния пусковых параметров преобразователя на входные параметры тяговой сети.

Такой подход позволил рассчитать параметры режима системы ТПЧ-тяговая сеть в пусковом процессе, обеспечивающие плавный переход тяговой сети в установившийся режим [2]. Проведенная на основе этих расчетов корректировка алгоритма пуска ТПЧ позволила избежать перенапряжений в тяговой сети, приводящих к выходу из строя конденсаторов продольной емкостной компенсации.

Однако считать такой алгоритм оптимальным с точки зрения энергопотребления было бы бездоказательным, поскольку полученные результаты не оценивались на предмет таких энергетических показателей, как потери мощности. Приведенные в работе [2] кривые дают область ограничений входных параметров тяговой сети при пуске. Задачей данного исследования является уточнение этой области на основании анализа потерь мощности, которые имеют место при разных вариантах сочетания параметров пускового режима. Решение такой задачи связано с определенными сложностями. Эти сложности обусловлены особенностями тяговой сети, состоящими, в первую очередь, в распределенности ее параметров, а также в наличии большого числа конденсаторов продольной компенсации.

Мощность потерь в тяговой линии определяется выражением:

$$\Delta P = I^2 r_0 l, \quad (1)$$

где I – ток в тяговой линии; r_0 – активное сопротивление; l – длина линии.

При пуске ток в сечениях тяговой сети непостоянен вследствие проявления ее волновых свойств, поэтому потери мощности при этом необходимо определять, исходя из распределенности параметров сети [2]:

$$\Delta P = r_0 \int_0^l (I(x))^2 dx. \quad (2)$$

Сложность использования выражений (1) и (2) для тяговой сети заключается в невозможности получить аналитическую зависимость тока от координаты сечения тяговой сети. Из теории планирования эксперимента известно, что результаты измерений могут рассматриваться как случайные величины, зависимости между которыми возможно получить, используя регрессионный анализ. Поэтому в данном воспользоваться результатами вычислительного эксперимента, полученными на математической модели. Адекватность модели подтверждена сравнением полученных с ее помощью значений с известными экспериментальными и их совпадением при минимальной погрешности. Получение на математической модели массивов значений тока в сечениях тяговой сети дает возможность, базируясь на методе наименьших квадратов, построить регрессионные зависимости (рис. 1, 2).

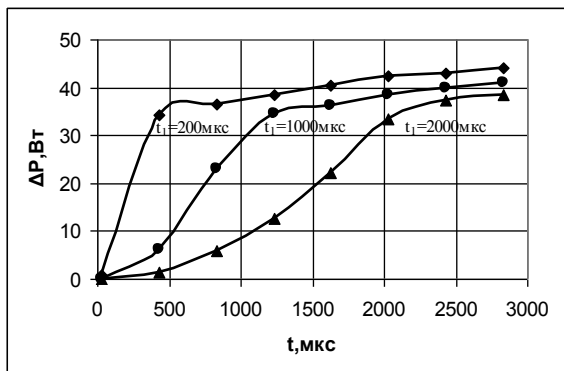


Рисунок 1 - Потери мощности в тяговой сети при пуске для нарастания выходного тока ТПЧ для $I_1 = 10 \text{ A}$

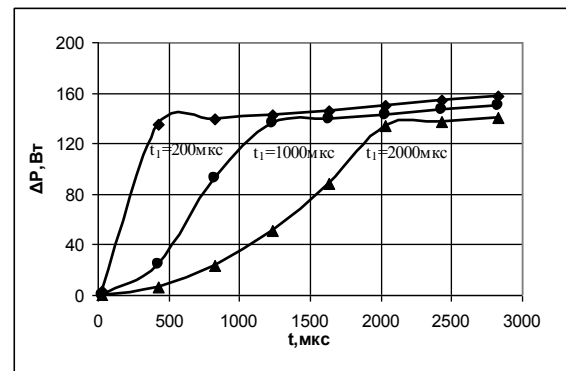


Рисунок 2 - Потери мощности в тяговой сети при пуске для нарастания выходного тока ТПЧ для $I_1 = 20 \text{ A}$

Такой характер семейства кривых потерь мощности объясняется волновыми свойствами линии, поскольку токи в сечениях тяговой сети при пуске ТПЧ зависят от характера изменения волнового сопротивления тяговой сети. Пока линия не заряжена, волновое сопротивление изменяется медленнее, чем входной ток, поэтому для обеспечения минимума потерь мощности в тяговой сети необходимо определить оптимальные выходные параметры ТПЧ (начальное увеличение тока и время нарастания), которые обеспечивали бы реальные эффективные эксплуатационные режимы системы ТПЧ-тяговая сеть.

Список источников

1. Лысенко А.Г. Особенности моделирования нестационарной нагрузки тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии / Е.И. Хованская, А.Г. Лысенко. // Научный вестник НГУ. – №3. – Днепропетровск, 2004. – С. 84-86.
2. Лысенко А.Г. Оптимизация пускового режима тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии / А.Г. Лысенко, Т.И. Хованская // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.– техн. зб. – 2006. – Вип. 77 – С. 57-61.

Мажура А.В., студентка групи ЕЕ-10-1

(ДВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, Україна)

СУЧАСНІ ЗОВНІШНІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ

Найбільшою проблемою нинішнього населення планети є збереження енергоресурсів, які можуть вичерпатися найближчим часом. Простий приклад: нині немає необхідного зовнішнього або вуличного освітлення в житлових мікрорайонах. Скільки різних неприємних випадків відбувається у зв'язку з темним часом доби: збільшується злочинність, отримання травм та ін..

Альтернативою в даній ситуації являється відновлювана енергія, тобто енергія, одержана з природи, яка ні в якому разі не наносить шкоду навколишньому середовищу й не витрачає природні ресурси. Примітивним прикладом може навіть послужити гідро-, вітро- і сонячні електростанції. І так як однією з основних проблем енергетики України є енергоефективність економіки, яка надто мала, тому Міжнародне енергетичне агентство й назвало це істотним мінусом. Тому оптимальним варіантом є Сонце. Його енергія не приносить серйозних витрат ні для використання її, ні для спеціального перетворення.

Сонячні батареї встановлюються на дахи будинків, це і не псує зовнішній вигляд будівлі, а позбавляє його від величезної кількості проводів, які характерні нинішньому енергопостачанню, також знижує безліч проблем пов'язаних зі старінням ізоляції. Сонячні системи можуть забезпечувати фасадне освітлення будинків і безперебійну роботу комунальних систем, крім того їх можна використовувати як резервне джерело живлення, там, де є можливість раптового відключення струму. Звісно через це відбувається безліч проблем, які приносять вагомні фінансові проблеми.

Сонце - це невичерпне джерело енергії, який людство все більш активно намагається використовувати у якості альтернативи для енергетики, що виробляється традиційним способом.

Сонячні панелі найбільш ефективно працюють, коли вони спрямовані на сонце та їх поверхні перпендикулярно сонячним променям. Сонячні панелі зазвичай розташовуються на даху або підтримуючій конструкції у фіксованому положенні і не можуть стежити за положенням сонця протягом дня. Тому, звичайно сонячні панелі не знаходяться під оптимальним кутом (90 градусів) протягом усього дня. Кут між горизонтальними площинами і сонячною панеллю зазвичай називають кутом нахилу.

Внаслідок руху Землі навколо Сонця, мають місце сезонні варіації. Взимку сонце не досягає того кута, як влітку. В ідеалі, сонячні панелі повинні розташовуватися влітку більш горизонтально, ніж взимку. Тому кут нахилу для роботи влітку вибирається менше, ніж для зимового періоду. Якщо немає можливості змінювати кут нахилу двічі на рік, то панелі повинні розташовуватися під оптимальним кутом, значення якого лежить посередині між оптимальними кутами для літа та зими. Для кожної широти є свій кут нахилу панелей.

Сонячна батарея - це пристрій для прямого перетворення енергії Сонця в електроенергію за допомогою напівпровідникових фотоелементів. Вона складається з декількох фотоелектричних сонячних елементів, з'єднаних один з одним за допомогою провідників, мають вихідні клеми для підключення зовнішнього споживача.

Основним матеріалом, є кремній.

Звичайно приймається для весни та осені оптимальний кут нахилу рівним значенню широти місцевості. Для зими до цього значення додається 10-15 градусів, а влітку від цього значення віднімається 10-15 градусів. Тому зазвичай рекомендується

міняти двічі в рік кут нахилу з "літнього" на "зимовий". Якщо такої можливості немає, то кут нахилу вибирається приблизно рівним широті місцевості.

Найважливішим питанням є вибір кута нахилу панелі. Максимальна кількість енергії сприймається сонячним модулем при розташуванні його площині під прямим кутом до напрямку інсоляції (опромінення поверхні сонячними променями). Пікова миттєва потужність визначається сумарною потужністю всіх енергоспоживачів, які можуть бути включені одночасно, тобто найбільш важким випадком з точки зору навантаження на мережу. Потужність сонячного випромінювання змінюється від місяця до місяця, а номінальна потужність сонячної батареї незмінна, і саме на неї слід орієнтуватися при виборі місця для установки і визначенні витрат. До складу систем електропостачання на сонячних батареях, входять наступні категорії пристроїв:

- ✓ Панелі з фотоелектричними елементами;
- ✓ Контролер сонячної батареї, що забезпечує нормування вихідної напруги батареї, зарядку акумуляторів та (опційно) подачу низьковольтного постійного струму в навантаження;
- ✓ Електрохімічні акумулятори, що запасують енергію в період її надлишку і подаючи її в систему в період браку при недостатньому освітленні фотоелементів або при тимчасовому зростанні споживання;
- ✓ Інвертор, що забезпечує перетворення постійного низьковольтного струму від акумуляторів і фотоелементів до побутового або промислового стандарту.

Визначальними критеріями вибору є дві потужності - номінальна потужність сонячної батареї і максимальна потужність навантаження, причому в загальному випадку ці величини можуть мало корелювати один з одним.

Визначаючими критеріями вибору являються дві потужності — номінальна потужність сонячної батареї і максимальна потужність навантаження, при чому в загальному випадку ці величини можуть мало корелювати між собою. Теоретично можна весь літній день заряджати акумулятори от 200-ваттної сонячної батареї, повертаючи її вслід за Сонцем і накопив 2.5 кВт·г енергії, а ввечері за півгодини витратити їх на сварку, використовуючи інвертор потужністю 5 кВт.

Як правило, максимальна потужність сонячної батареї, заявлена виробником, досягається при напрузі на її виході, що перевищує напругу акумуляторних батарей на 15 .. 40%. Більшість недорогих контролерів заряду можуть або підключати навантаження безпосередньо, «пронизуюча» вихідна напруга батарей набагато нижче оптимального, або просто відсікати цей «надлишок». Тому ці втрати також можна закласти в ККД, зменшивши його на 10 .. 25% (втрати потужності менше втрат напруги, оскільки при підвищеному навантаженні «просідання» напруги компенсується деяким збільшенням струму, хоча і не повністю; більш точне значення можна визначити, лише знаючи залежність напруги від струму навантаження для конкретної батареї). Однак існують моделі контролерів, які утримують ці втрати в межах 2 .. 5%.

З вище викладеного матеріалу випливає, що підвищення функціональності зовнішнього освітлення за рахунок сонячної енергії є альтернативним варіантом при зменшенні споживання електричної енергії.

Папайка Ю.А.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Массовое внедрение в системах электроснабжения угольных шахт частотных преобразователей для управления режимами работы стационарных установок (вентилятор главного проветривания, подъемные машины, водоотлив) привело к системному снижению качества напряжения по многим показателям. Наиболее опасным и неконтролируемым явлением при этом является генерация в электрическую сеть широкого спектра высших гармонических составляющих тока и напряжения.

Высшие гармоники в электрических сетях нежелательны из-за целого ряда последствий для системы электроснабжения шахты – они негативно влияют на техническое состояние электрооборудования и ухудшают экономические показатели его работы. Все это определяет наличие дополнительных потерь мощности и энергии, которые ухудшают тепловой режим электрооборудования, усложняют компенсацию реактивной мощности с помощью батарей статических конденсаторов, сокращается срок работы электрических машин и аппаратов из-за ускоренного старения изоляции, наблюдаются сбои в работе устройств системной и сетевой автоматики, средств телемеханики. При увеличении уровня высших гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения шахты неизбежны проблемы с эксплуатацией батарей статических конденсаторов (БСК). Это связано с появлением резонансных явлений на частотах высших гармоник.

Явление резонанса токов возможно в параллельном колебательном контуре «Питающая сеть - БСК» (рис. 1) при наличии высших гармоник в частотном спектре.

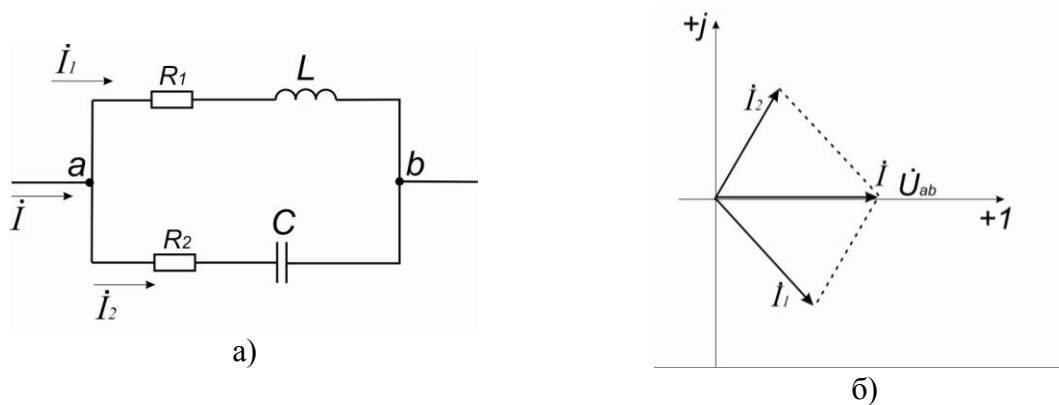


Рисунок 1 – Схема параллельного колебательного контура (а) и векторная диаграмма (б)

Условие наступления режима резонанса токов в схеме рис. 1, определяется следующим образом:

$$\frac{\omega L}{R_1^2 + \omega^2 L^2} = \frac{1/\omega C}{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

Резонанса можно достичь путем изменения ω , L (индуктивность сети), C (емкость БСК) или путем изменения R_1 и R_2 , однако для условий системы электроснабжения угольной шахты резонанс проявляется исключительно из-за высокой частоты гармоник при использовании полупроводниковых преобразователей энергии.

Для анализа ситуации и разработки рекомендаций по дальнейшему использованию конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности разработана модель резонансных процессов для условий систем электроснабжения шахты. В соответствии с алгоритмом последовательность операций следующая:

- анализ система электроснабжения;
- определение нормальных, аварийных и послеаварийных режимов работы системы;
- составление схем замещения электрической сети в R-L-C параметрах с учетом сопротивления системы, проводов, кабелей, трансформаторов, реакторов, БСК;
- определение параметров схемы замещения в именованных или относительных единицах;
- определение параметров эквивалентной схемы замещения, состоящей из параллельного колебательного контура, в котором одна ветвь учитывает сопротивление сети и другой нагрузки, а вторая активное и емкостное сопротивление цепи БСК;
- расчет частотной характеристики (ЧХ) питающей сети $Z^* = f(\nu, \text{Гц})$.

По характеристике делается вывод о резонансной группе гармоник, основной резонансной частоте. Определяется, на какой частоте необходимо защищать БСК.

Частотные характеристики для различных режимов работы системы электроснабжения показаны на рисунках 2, 3.

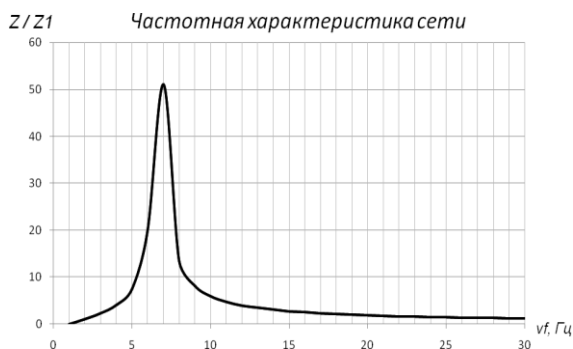


Рисунок 2 - Вид ЧХ для нормального режима работы шахты

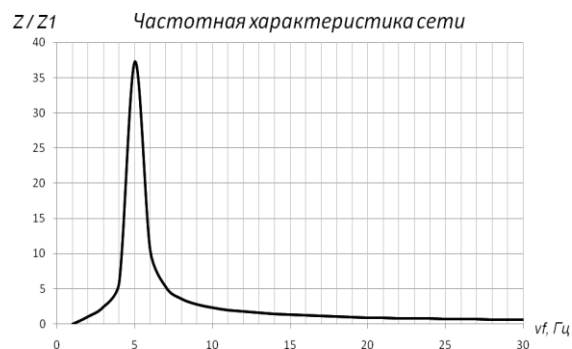


Рисунок 3 - Вид ЧХ для послеаварийного режима работы шахты

При анализе частотных характеристик электрической сети шахт были выявлены зоны проявления резонансных явлений. Физическая природа этих явления обусловлена нелинейным характером ЧХ при наличии в сети батарей статических конденсаторов и преобразователей частоты, которые в последнее время широко внедряются. Опасность указанных процессов заключается в возможности перегруза БСК по току и преждевременного выхода из строя конденсаторов, поэтому для защиты батарей от перегрузки токами высших гармоник необходима установка защитных реакторов.

Список источников

1. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: Підручник / І.В. Жежелевко, А.К. Шидловський, Г.Г. Півняк, Ю.Л. Саєнко. – Д.:Нац. гірнич. ун-т, 2009. – 319 с.: іл.
2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

Петроченко Н.В., студентка гр ЕЕ-09-2

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

(Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", Днепропетровск, Украина)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Введение. Гидроэлектростанции (ГЭС) на малых реках Украины сыграли важнейшую роль в электрификации сельского хозяйства и быта населения. Они послужили основой комплексной электрификации производственных процессов на селе, создания электрооборудования для переработки сельхозпродукции, электрификации водоснабжения крупных животноводческих комплексов и промпредприятий, орошения.

В последние годы вопросы развития малой гидроэнергетики получили поддержку на государственном уровне. Однако строительство новых станций задерживается из-за наличия субъективных и объективных причин, суть которых обусловлена рассмотрением малых ГЭС только лишь как предприятий энергетического назначения.

Комплексные свойства малой гидроэнергетики. Малые ГЭС имеют экономическое влияние на хозяйственное состояние различных территорий. Создание ГЭС способствует решению вопросов водообеспечения городов и предприятий, повышению надежности электроснабжения социально значимых потребителей, реализации управляемой защиты прилегающих территорий и объектов от наводнений, рекреации, рыбозаведению и орошению.

В Украине накоплен уникальный опыт создания каскадов ГЭС на малых и больших реках. Например, каскад малых ГЭС на р. Южный Буг практически решает проблему наводнений в долине реки при условии функционирования всех станций. Аналогичный каскад малых ГЭС был сооружен на равнинных реках Рось и Псел. Каскад ГЭС на р. Днепр в настоящее время является главным инструментарием для защиты прилегающих территорий от весенних паводков. Создание каскадов малых ГЭС особенно актуально для западных регионов страны. Положение Карпат относительно центров действия атмосферных фронтов и условий циркуляции влаги в атмосфере предопределяет выпадение интенсивных осадков, что влечет за собой краткосрочные наводнения. Распространенными являются ливневые дожди продолжительностью до 3-4 суток. В холодный период наибольшие расходы воды формируются в период оттепелей под влиянием смешанного стока, который образуется от таяния снега и осадков. Эффект влияния притоков, в том числе малых, в горной местности довольно значительный. Но даже в такие периоды водохранилища малых ГЭС могут позволить срезать пиковые расходы воды. Одновременно они могут значительно повышать надежность электроснабжения удаленных горных поселений, защищать важные промышленные объекты и населенные пункты.

Сопредельные территории стран соседей в Карпатском регионе также подвержены воздействию наводнений. Сегодня они заинтересованы в сооружении ГЭС на межгосударственных реках, но для этого необходимо разработать систему совместного финансирования строительства и эксплуатации таких гидроэнергообъектов.

Природоохранные аспекты при сооружении малых ГЭС. Прямые и косвенные последствия для прилегающих территорий от создания водохранилищ ГЭС служат причиной активных политических и социальных дискуссий. Они появляются также в процессе функционирования станций, несмотря на отработанные нормы и правила их эксплуатации. Вызывают большую опасность гидросооружения, которые построены без необходимого обоснования из-за неполноты данных гидрологических наблюдений. При приватизации некоторых предприятий были исключены из уставного фонда водо-

хранилища и гидросооружения, которые им принадлежали. У некоторых водохранилищ нет хозяина, некоторые недостроены. Местные органы власти согласны использовать эти водохранилища, но не могут привести их состояние до проектных требований.

Безхозные малые и средние по размерам водохранилища составляют серьезную опасность. Существует большая угроза их переполнения, перелива воды через плотины, прорыва дамб. Крайне необходимо восстановление лесов и охранных зон водотоков.

Необходимо учитывать, что горные реки являются источниками обеспечения водой сельского населения, которое живет в долинах рек, а также флоры и фауны. При принятии решений о строительстве ГЭС любой мощности огромное значение имеет выполнение обязательных требований государственных строительных норм- тщательного анализа влияния объекта на окружающую среду.

По мнению многих специалистов водного хозяйства, кроме источника дешевой электроэнергии и способа повышения надежности электроснабжения местных потребителей, малые ГЭС могут играть значительную роль в сохранении и возрождении рек, особенно для регионов с большими разрушительными паводковыми расходами воды и очень малыми расходами воды и очень малыми расходами в меженные периоды.

Гидроэнергетика, в том числе и малая, основана на способе производства электроэнергии с возобновляемого энергоресурса без выбросов отходов в окружающую среду.

Координация работ по проектированию и эксплуатации малых ГЭС. Дальнейшее развитие малой гидроэнергетики невозможно без скоординированной государством схемы размещения основных малых ГЭС, разработки процедур землеотвода, разрешения на специальное водопользование, налаживание сотрудничества с общественными организациями экологического и природоохранного направлений, обновления нормативной базы эксплуатации.

В Украине в определенной степени утрачен опыт проектирования новых малых ГЭС. За последние 50 лет новые станции не строились. Необходимы организационные мероприятия по объединению институту «Укрводпроект», и «Укргидрпроект», который может выполнять проекты строительства ГЭС.

Украинские предприятия в принципе имеют необходимый потенциал для многосерийного и многономенклатурного производства оборудования для малой гидроэнергетики. Более того, массовое производство оборудования приведет к снижению его стоимости. Коренным образом эту проблему возможно решить только за счет внедрения нормативно-технических требований к оборудованию.

Сегодня на территории Украины находятся в эксплуатации 84 малых ГЭС суммарной установленной мощностью около 107 МВт.

Инвестиционные условия развития малой гидроэнергетики. Для Украины создать условия, обеспечивающие заинтересованность различных отечественных и зарубежных инвесторов, является крайне важной задачей. К сожалению, проблема не решается целенаправленно на общегосударственном уровне. В итоге инвесторы появляются на общие предложения, но исчезают, понимая, что предложения или не имеют серьезных обоснований, или имеют спорные технологические решения. Часто предложения не имеют системного характера. Но есть область для совместной деятельности местных органов власти и инвесторов. Водоохранилища в верховьях рек, особенно горных, могут смягчать последствия и срезать пики паводковых расходов.

Проблемы финансирования достаточно сложные. Потенциально инвесторами могут поддерживаться процессы внутренних квот, но они должны получить нормативно-правовой статус. Возможно кредитное кофинансирование европейских стран и структур.

Выводы. Необходима целенаправленная государственная поддержка по разработке идеологии и нормативно-правовой базы малой гидроэнергетики, обоснованию схемы размещения новых ГЭС. Уровень заинтересованности государственных органов власти обязательно найдет конкретное отражение в повышении инвестиционной привлекательности малой гидроэнергетики.

Прокуда В.М., асистент, Тутов І.В., студент гр. ЕЕ-09-1
(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет")

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ ШАХТНОЇ КОНВЕЄРНОЇ МЕРЕЖІ

Відомо, що при суцільній конвеєризації доставки вугілля з забоїв, конкретні конвеєри на шахтах, у тому числі і Західного Донбасу, працюють при нерівномірних вантажопотоках і тому з завищеними в 2-5 разів питомою витратою електроенергії, тобто, не ефективно [1]. Усунути цей недолік можна за допомогою регульованого приводу. Проте його використання на цих установках, знаходиться поки на рівні пілотних проектів і гальмується через відсутність доказової бази його ефективності, у тому числі через складності і трудомісткості отримання натурних даних для дослідження.

Найбільш важливими у вирішенні цього завдання є етапи моделювання потоків вугілля з очисних вибоїв та оцінки характеристик масових потоків конвеєрного транспорту, так як саме за ними може бути визначена енергоефективність роботи установок, в тому числі, оснащених регульованим приводом.

Метою доповіді є результати розробки імітаційної моделі для розрахунку споживання електричної енергії шахтних магістральних конвеєрних ліній за нерівномірного надходження гірничої маси.

Моделювання проводилося у математичному середовищі SIMULINK MATLAB. Цілісна модель транспортної схеми розподіляється на основні об'єкти моделювання: лави, що характеризуються вихідним вантажопотоком, розподіленому за нормальним законом; ланки магістральних конвеєрів, що характеризуються швидкістю стрічки, вихідним вантажопотоком, приймальною здатністю, споживанням активної енергії; усереднюючі бункери з живильником, що характеризуються вихідним вантажопотоком та рівнем завантаження. Кожен з цих об'єктів вимагав розробки власного алгоритму розрахунку його параметрів у кожен момент часу для об'єднання у реальні або типові схеми реалізації конвеєрної транспортної мережі шахти, що дозволить вирішувати питання енергоефективності нової або оновленої транспортної схеми та надавати рекомендації щодо необхідності використання засобів підвищення енергоефективності. На рисунку 1 наведений імітаційна модель фрагменту транспортної схеми шахти "Павлоградська". Ланка імітаційної моделі «Конвеєр» містить алгоритм розрахунку енергоспоживання стрічкової конвеєрної установки за відомих її механічних параметрів та загальної маси вантажу у кожен розрахунковий інтервал (прийнятий одна хвилина, що обґрунтовано у роботі [2]). Залежності споживання двигуном конвеєра електроенергії від різної переміщеної маси описується апроксимованими залежностями визначення коефіцієнту опору рухомим частинам конвеєру з експериментальних даних та точним тяговим розрахунком, наведеними у літературі [3]. Визначення таким чином енергоспоживання дозволяє уникнути важких аналітично-стахостичних моделей та перекласти роботу підрахунку електроспоживання конкретної змодельованої мережі шахти на ЕРМ. На рисунку 2 наведено приклад змодельованого вантажопотоку у вузлі транспортної схеми об'єднаний масовий потік вугілля з 563-ої та 888-ої лав.

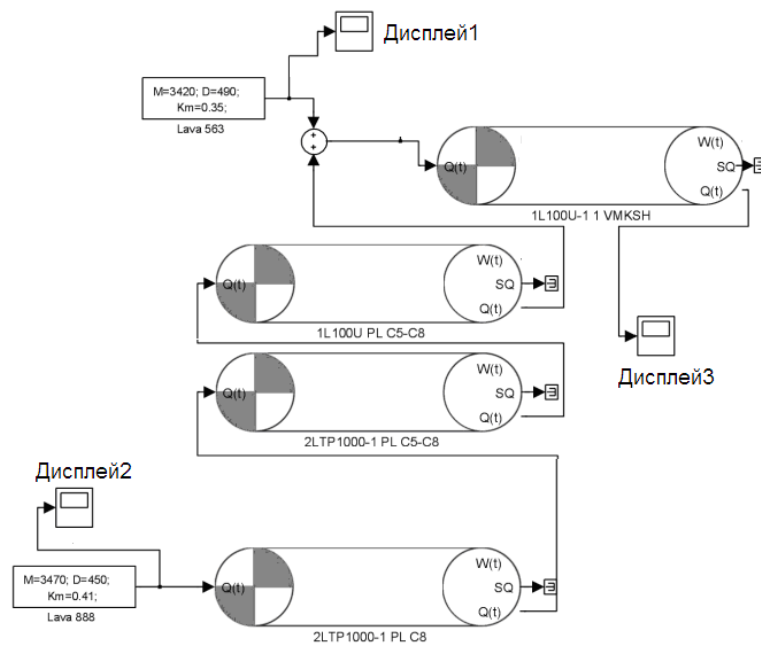


Рисунок 1 – Фрагмент транспортної схеми, змодельований у MATLAB

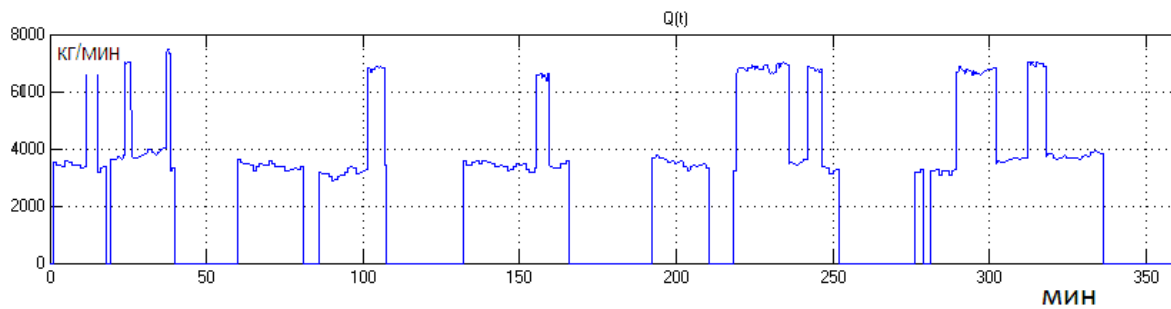


Рисунок 2 – Об'єднаний масовий потік вугілля з 563-ої та 888-ої лав (Дисплей3)

Імітаційне моделювання відкриває можливість в реальному часі оцінювати енергоефективність роботи конвеєрів і управляти процесами транспортування вугілля, в тому числі, по максимуму енергоефективності, наприклад, засобами регульованого приводу.

Перелік посилань

1. Заика В.Т. Модели для контроля энергетической эффективности шахтных магистральных конвейерных установок [Текст] / В.Т. Заика // Науковий вісник НГА України. - Дніпропетровськ: РВК НГА України. – 2000. - № 2. С. 72 – 77.
2. Шахмейстер. Л.Г. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин [Текст] / Л.Г. Шахмейстер. М., 1983. – 312 с.
3. Шахмейстер. Л.Г. Динамика грузопотоков и регулирование скорости конвейеров [Текст] / Л.Г. Шахмейстер, В.Г.Дмитриев, А.К. Лобачева, М., 1972. – 106 с.

Староконь С.В., студент гр ЕЕс-11-2

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

(Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", Днепропетровск, Украина)

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ГЕЛИОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Основными причинами, побудившими человечество заняться широкомасштабным промышленным освоением возобновляемых источников энергии являются:

- климатические изменения обусловленные увеличением содержания CO₂ в атмосфере;
- сильная зависимость многих развитых стран, особенно европейских, от импорта топлива;
- ограниченность запасов органического топлива на Земле.

Недавнее подписание Киотского протокола большинством развитых стран мира поставило на повестку дня ускоренное развитие технологий способствующих сокращению выбросов CO₂ в окружающую среду. Стимулом для развития этих технологий является не только осознание угрозы изменения климата и связанных с этим экономических потерь, но и тот факт, что квоты на выброс парниковых газов стали товаром, имеющим вполне реальную стоимость. Одной из технологий, позволяющей снизить расход органического топлива и уменьшить выбросы CO₂, является производство низкопотенциального тепла для систем горячего водоснабжения, отопления, кондиционирования воздуха, технологических и иных нужд за счет солнечной энергии. В настоящее время более 40% первичной энергии расходуемой человечеством приходится на покрытие именно этих потребностей, и именно в этом секторе технологии использования солнечной энергии являются наиболее зрелыми и экономически приемлемыми для широкого практического использования.

Солнечный коллектор – ключевой элемент солнечной системы теплоснабжения

Солнечный коллектор является основным компонентом любой солнечной системы теплоснабжения. Именно в нем происходит преобразование солнечной энергии в тепло. От его технического совершенства и стоимости зависит эффективность работы всей системы солнечного теплоснабжения и ее экономические показатели.

В системах теплоснабжения используются в основном два типа солнечных коллекторов: плоский и вакуумный.

Плоский солнечный коллектор состоит из корпуса, прозрачного ограждения, абсорбера и тепловой изоляции (рис.1).



Рисунок. 1 Типичная конструкция плоского солнечного коллектора

Корпус является основной несущей конструкцией, прозрачное ограждение пропускает солнечную радиацию внутрь коллектора, защищает абсорбер от воздействия внешней среды и уменьшает тепловые потери с лицевой стороны коллектора. Абсорбер поглощает солнечную радиацию и по трубкам соединенным с его теплоприемной поверхностью передает тепло теплоносителю. Тепловая изоляция уменьшает тепловые потери с тыльной и боковой поверхностей коллектора.

Теплоприемная поверхность абсорбера имеет селективное покрытие, имеющее высокий коэффициент поглощения в видимой и ближней инфракрасной области солнечного спектра и низкий коэффициент излучения в области спектра соответствующего рабочим температурам коллектора. У лучших современных коллекторов коэффициент поглощения находится в пределах 94-95%, коэффициент излучения 3-8%, а кпд в области рабочих температур типичных для систем теплоснабжения превышает 50%. Неселективное черное покрытие абсорбера в современных коллекторах используется редко из-за высоких потерь на излучение. На рис 2 показаны примеры современных плоских коллекторов.

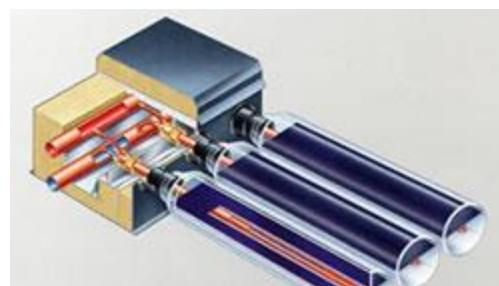


Рисунок 2 – Плоские солнечные коллекторы

В вакуумных коллекторах (рис. 3) каждый элемент абсорбера помещается в отдельную стеклянную трубу, внутри которой создается вакуум, благодаря чему потери тепла за счет конвекции и теплопроводности воздуха подавляются практически полностью. Селективное покрытие на поверхности абсорбера позволяет минимизировать потери на излучение. В результате к.п.д вакуумного коллектора получается существенно выше чем у плоского коллектора, на и стоимость его значительно выше.



а



б

Рисунок 3 – Вакуумный коллектор
а) общий вид, б) монтажная схема

Тепловые схемы солнечных систем теплоснабжения

В мировой практике наиболее широко распространены малые системы солнечного теплоснабжения. Как правило, такие системы включают в себя солнечные коллекторы общей площадью 2-8м², бак аккумулятор, емкость которого определяется площадью используемых коллекторов, циркуляционный насос или насосы (в зависимости от типа тепловой схемы) и другое вспомогательное оборудование. В небольших системах, циркуляция теплоносителя между коллектором и баком-аккумулятором может осу-

ществляться и без насоса, за счет естественной конвекции (термосифонный принцип). В этом случае бак-аккумулятор должен располагаться выше коллектора. Простейшим типом таких установок является коллектор, спаренный с баком аккумулятором, расположенным на верхнем торце коллектора (рис. 4). Системы такого типа используются обычно для нужд горячего водоснабжения в небольших односемейных домах коттеджного типа.



Рисунок 4 Термосифонная солнечная система теплоснабжения.

На рис. 5 показан пример активной системы большего размера, в которой бак-аккумулятор расположен ниже коллекторов и циркуляция теплоносителя осуществляется с помощью насоса. Такие системы используются для нужд и горячего водоснабжения и отопления. Как правило, в активных системах, участвующих в покрытии части нагрузки отопления, предусматривается дублирующий источник тепла, использующий электроэнергию или газ.

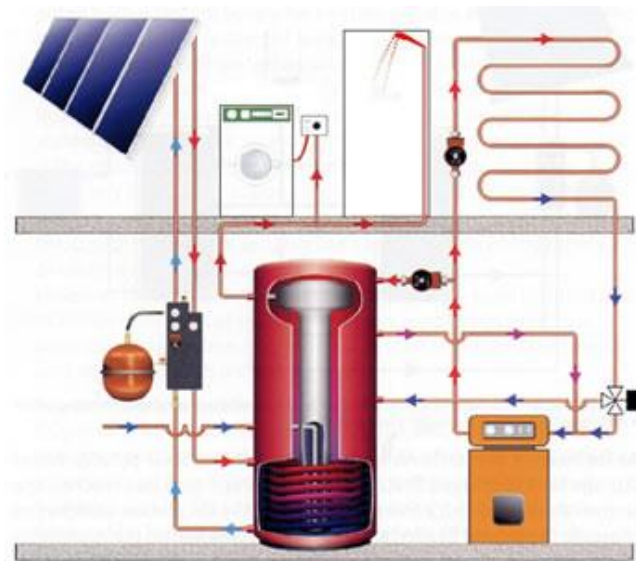


Рисунок 5 – Тепловая схема активной солнечной системы горячего водоснабжения и отопления

Сравнительно новым явлением в практике использования солнечного теплоснабжения являются крупные системы способные обеспечить нужды горячего водоснабжения и отопления многоквартирных домов или целых жилых кварталов. В таких системах используется либо суточное, либо сезонное аккумулирование тепла.

Суточное аккумулирование предполагает возможность работы системы с использованием накопленного тепла в течение нескольких суток, сезонное – в течение нескольких месяцев.

Для сезонного аккумулирования тепла используют большие подземные резервуары, наполненные водой, в которые сбрасываются все излишки тепла, получаемого от коллекторов в течение лета. Другим вариантом сезонного аккумулирования является прогрев грунта с помощью скважин с трубами, по которым циркулирует горячая вода, поступающая от коллекторов.

Ткаченко А.В., студент

Науч. рук. Азюковский А.А. канд. тех. наук, доцент

(Национальный горный университет, г. Днепрпетровск)

АЛГОРИТМ ПОИСКА МИНИМУМА ПРОТЕКАЮЩЕГО В КОНТУРЕ ТОКА

Индуктор плавильной печи является частью колебательного контура, питание которого осуществляется инвертором напряжения. При изменении частоты напряжения питания, обеспечивается режим резонанса, который является необходимым условием эффективной плавки металла. В процессе плавки параметры индуктивности изменяются, что приводит к изменению резонансной частоты контура. При резонансе в колебательном контуре протекает ток, превышающий ток на выходе инвертора, в то время как в неразветвленной цепи, значение тока минимально. Одним из способов определения резонанса является поиск минимального значения тока в неразветвленной цепи. Существует несколько способов поиска значения минимума: метод золотого сечения, метод дробления, метод парабол. Рассмотрим метод дробления (рис. 1). Величину тока, в неразветвленной цепи, рассмотрим как функцию от частоты $I = f(\omega)$. Пусть известны начальная точка ω_0 (частота на выходе инвертора), а так же величина и знак шага h , определяющие движение из этой точки в сторону предполагаемого минимума функции.

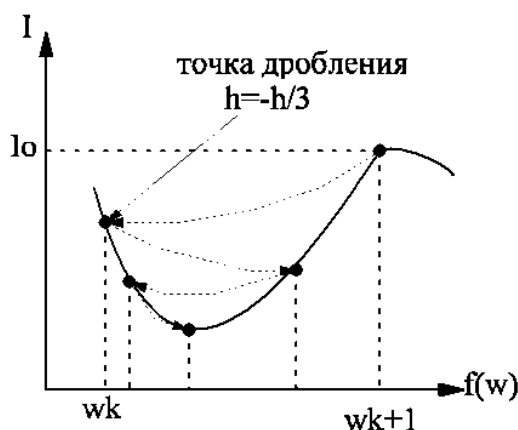


Рис.1 – поиск минимума функции методом дробления

Производится последовательное дробление исходного шага h с изменением его знака в случае выполнения условия:

$$f(\omega_{k+1}) \geq f(\omega_k),$$

где k – порядковый номер вычисляемой точки. Если очередное значение функции

больше предыдущего, то: $h = -h/3$ и процесс продолжаем до тех пор, пока:

$$|\omega_{k+1} - \omega_k| \leq \xi$$

где ξ – величина локального (условного) минимума функции. Основное достоинство данного алгоритма определяется относительной простотой программной реализации и возможностью адаптивно к параметрам сигнала корректировать необходимую точность поиска минимума.

Литература

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

Хацкевич Ю.В., к.т.н., доцент, Атласман Є.О. студент гр. ЕЕ-10-2

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

ОБГРУНТУВАННЯ РОБОЧОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ У СКЛАДІ БІНАРНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Відомо, що енергетична ефективність роботи теплових насосів напряму залежить від обраного режиму. Чим менша різниця температур між середовищами, що охолоджуються та нагріваються, - тим вища ефективність роботи обладнання. Тобто на кожну використану кіловат-годину електричної енергії припадає більша кількість тепла, перенесеного від низькопотенційного джерела до високопотенційного приймача. Величина відношення кількостей відданого тепла та використаної електричної енергії називається коефіцієнтом трансформації теплоти (COP). Вона показує енергетичну ефективність роботи обладнання і може коливатися у межах від 1 до 6-7. Чим більша величина COP, тим менше витрачається електричної енергії на транспортування тепла, отже отримана тепла енергія виходить дешевшою. Але зниження температури джерела теплоти призводить до збільшення використання електричної енергії. Оскільки електрична енергія є найдорожчою серед інших видів енергії, то настає такий момент, коли дешевшим стає опалення від традиційних джерел.

Розглянемо, як змінюється COP залежно від різниці температур всередині приміщення та зовні. Skorистаємося типовою характеристикою теплового насоса на базі спірального компресора, що найбільш широко використовується у наш час. Покажемо залежність теплової потужності Q , що віддається тепловим насосом, та електричної потужності P , використаної ним, від температур у випарнику (охолоджуване середовище) та конденсаторі (середовище, що нагрівається). Також розрахуємо величину COP. Дані розрахунків наведемо в таблиці.

Таблиця 1

Режими роботи теплового насоса на базі спірального компресора

		Потужність, кВт при температурі у випарнику t_v , °C							
	t_k , °C	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
Q	40	6,4	7,6	9,0	10,7	12,7	15,0	17,7	20,8
P	40	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8
COP		2,78	3,17	3,6	4,28	4,88	5,56	6,55	7,43

З таблиці видно різке зниження теплової потужності зі зниженням температури зовнішнього повітря. Це свідчить про те, що може виникнути нестача потужності обладнання для задоволення теплових потреб приміщення, які зі зниженням температури оточуючого середовища зростають. Тому на практиці використовують так звані бінарні системи опалення, а саме спільне використання теплового насоса і котла.

Оскільки більшу частину часу протягом опалювального сезону температура у конденсаторі буде вищою за розрахункову, то більше буде працювати тепловий насос, а додаткове джерело буде використовуватися меншою мірою, основний час воно буде простоювати, а це не вигідно з економічної точки зору. Тому постає питання визначення оптимального співвідношення потужностей теплового насоса та додаткового джерела. Необхідна потужність теплового насоса визначається його робочою температурою.

Мета роботи – обґрунтувати робочу температуру теплового насоса у складі бінарної системи опалення.

Для цього визначимо витрати енергії на опалення за сезон бінарною системою. Розрахунки проводяться для режиму роботи системи, коли тепловий насос працює до деякого обраного значення температури, при температурах нижче за це критичне робо-

че значення опалення реалізується додатковим джерелом теплоти – котлом. Розрахунки проведено на 1 кВт встановленої потужності опалення – максимальної потужності системи при розрахунковій температурі для кожного конкретного міста.

На рис. 1 представлено результати розрахунків витрат енергії на опалення на 1 кВт потужності системи при різних значеннях робочої температури теплового насосу для кліматичних зон України. Бачимо, що зниження робочої температури теплового насосу призводить до суттєвого зменшення витрат енергії на опалення протягом сезону. Кривизна ліній на графіку доводить, що для зон, в яких тривалий час впродовж опалювального сезону переважають низькі температури, застосування теплового насосу більш ефективно (Київ, Дніпропетровськ), ніж у тих зонах, де температура близька до середньої. При робочій температурі насосу -15°C економія досягає 70 % у порівнянні з температурою -1°C . Це необхідно враховувати при проектуванні систем опалення.

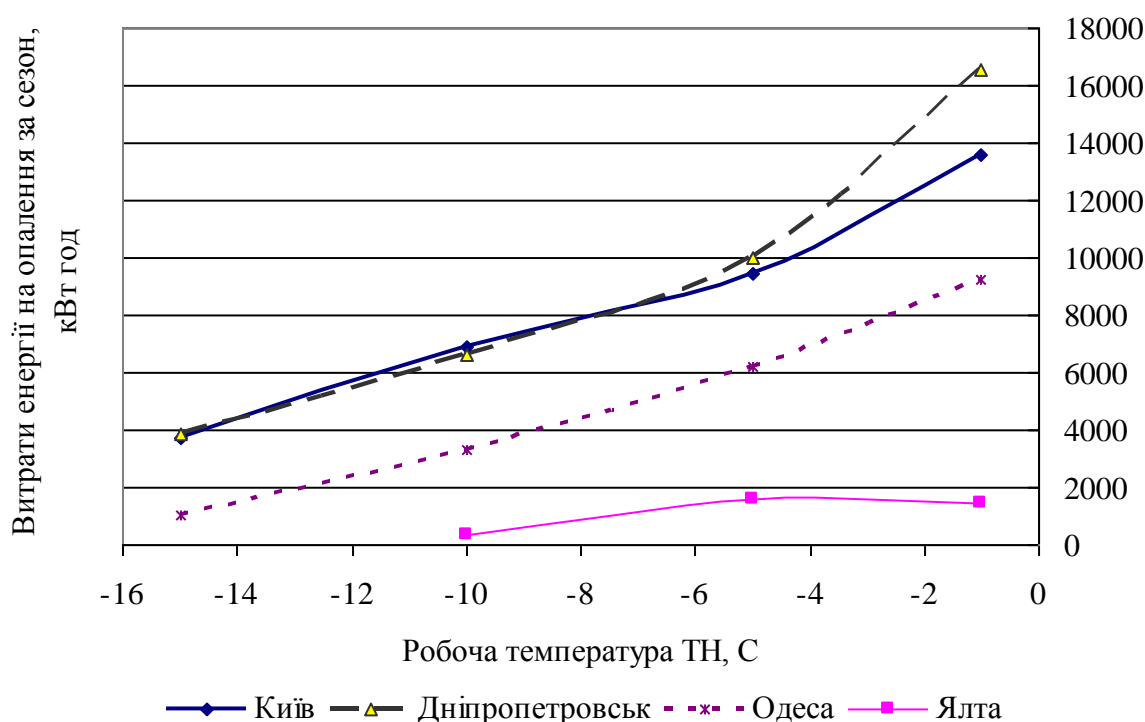


Рисунок 1. Витрати енергії на опалення протягом сезону на 1 кВт встановленої потужності системи залежно від робочої температури теплового насосу

Тобто, незважаючи на те, що під дією пікових теплових навантажень виникають режими роботи теплових насосів, за яких стрибкоподібно зменшується корисна робота, яку вони виконують, і збільшується споживання енергії, робота теплового насосу в системі теплопостачання з котлом істотно зменшує витрати енергії на опалення.

Висновок. На підставі розрахунків виявлено, що з точки зору експлуатаційних витрат найбільш економічним буде режим роботи системи теплопостачання, коли тепловий насос працює в режимі максимального навантаження, а при зниженні робочої температури буде використовуватися додаткове джерело лише для догрівання, коли потужності теплового насоса недостатньо для задоволення теплових потреб будівлі. Також доведено, що тепловий насос в складі бінарної системи з котлом раціонально встановлювати в кліматичних зонах, де на протязі опалювального сезону переважають температури менші за середню. В Україні це три зони, до яких відносяться такі міста як Київ, Дніпропетровськ та Одеса. В теплих регіонах тепловий насос доцільно встановлювати без додаткових джерел теплоти.

Чугунов А.К., аспирант, Куваев Ю.В., к.т.н., профессор

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

НЕКОТОРЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ШАХТНЫХ КОМБАЙНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Сегодня на угольных шахтах вводится новое оборудование, позволяющее осуществлять плавный запуск электродвигателей. Принцип действия этого оборудования основан на применении микропроцессорной техники (транзисторов), которые сильно искажают форму синусоидального сигнала и генерируют высшие гармоники в сеть. В связи с чем на одной из шахт ведущего угольного предприятия Украины ПАО «Павлоградуголь», дающего 25% всей угледобычи Украины, возникла проблема запуска асинхронного двигателя. Как показали исследования, причиной этому были сильные броски реактивного тока и существенное влияние высших гармоник. Поэтому возникла необходимость создания установки, позволяющей производить индивидуальную компенсацию реактивной мощности, улучшать форму синусоидального сигнала, поддерживать уровень напряжения на необходимом уровне и снижать пусковые токи.

Целью работы является разгрузка питающих сетей и трансформаторов от реактивной мощности путем внедрения индивидуальной компенсации реактивной мощности, уменьшение пусковых токов асинхронной машины, улучшение качества синусоидального сигнала, выбор оптимального способа компенсации реактивной мощности.

Основная часть. В этой связи были поставлены задачи:

1. Создание устройства индивидуальной компенсации реактивной мощности с улучшенными технико-экономическими показателями.
2. Исследование переходных процессов в асинхронной машине при подключении устройства индивидуальной компенсации реактивной мощности.

В установленном режиме работы двигателя устройство должно повышать энергоэффективность двигателя путём компенсации его реактивной мощности. Однако основная область применения – пуск двигателя от сети ограниченной мощности с целью уменьшения пускового тока, потребляемого из сети, и увеличения перегрузочной способности двигателя в пусковом и статическом режимах работы.

Принцип действия компенсатора мощности сети основан на генерировании тока, отстающего или опережающего по фазе напряжение сети в точке подключения компенсатора, что эквивалентно потреблению или генерированию реактивной мощности, в результате чего достигается компенсация реактивной мощности сети.

Для определения необходимой емкости конденсаторных батарей и исследования режима переходных процессов в асинхронной машине была написана математическая модель [2], по которой была создана силовая модель в среде Matlab, представленная на рис.1, а переходные процессы в этой модели представлены на рис.2.

Она в себя включает сам двигатель, конденсаторные батареи, соединенные в треугольник и подключенные к линии при помощи IGBT транзисторов, а также систему управления транзисторами. Задачей системы управления является измерение токов нагрузки сети (i_{C_a} , i_{C_b} , i_{C_c}), и вычисления тока задания компенсатора для создания необходимого потока мощности компенсации. Преобразователь выполнен на полностью управляемых ключевых элементах.

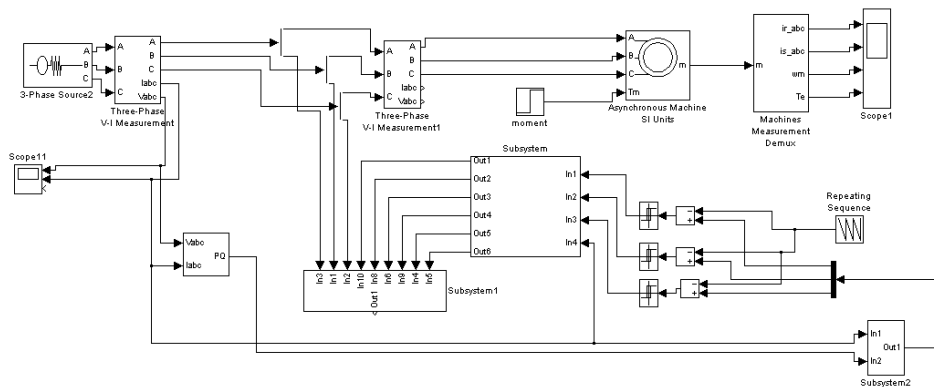


Рисунок 1 – компьютерная модель силовой части асинхронного двигателя с компенсацией реактивной мощности

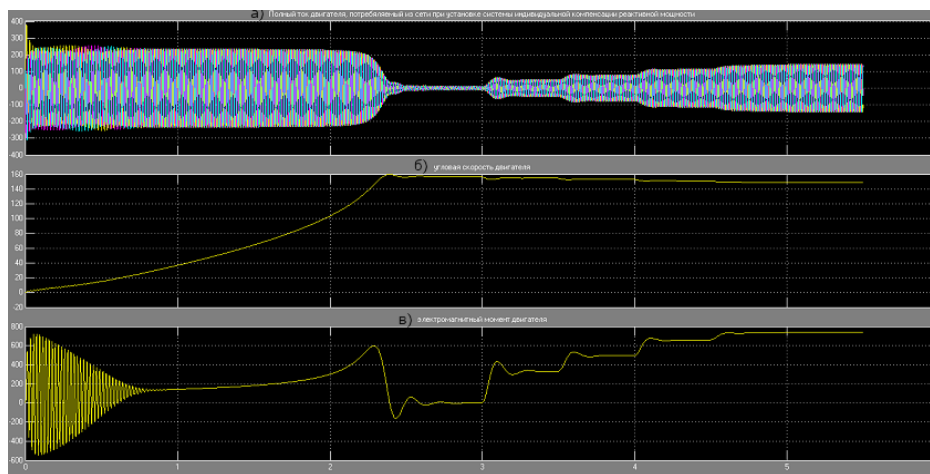


Рисунок 2 - Переходные процессы в шахтном комбайновом двигателях серии ЭКВ, в зависимости от режима работы двигателя (запуск двигателя, нагрузка на 50,75,100 и 125%). а) ток потребляемый из сети; б) угловая скорость двигателя; в) электромагнитный момент двигателя

Выводы. Разработанная автоматическая система компенсации реактивной мощности в зависимости от реактивной составляющей полного тока позволяет: задавать желаемый коэффициент мощности, снижать несинусоидальность питающего напряжения путем подавления высших гармоник, что положительно сказывается на работе двигателя. Снижение пусковых токов также помогает разгрузить питающую сеть и повысить уровень напряжения на зажимах других электроприемниках, запускающихся одновременно с данным двигателем, что приводит к уменьшению необходимого сечения кабельных сетей за счет снижения пусковых и перегрузочных токов.

Список использованной литературы

1. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В, Смирнов М.И. Пуско-регулирующее устройство для асинхронного двигателя на основе преобразователя напряжения с ёмкостным накопителем // XI-я международная конференция «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты» МКЭЭЭ – 2006: Тез. докл. – Алушта, 2006.- С. 182-183.
2. Чугунов А.К. Оценка эффективности вариантов включения конденсаторных батарей при компенсации реактивной мощности, потребляемой трансформатором / Чугунов А.К.// Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн.зб.-2009.-2010.-№84 с. 187-189.

Шавѐлкин А.А., д.т.н., доц., Деревянко Ю.С., студент гр. ЕАПУ-12М
(Государственное ВУЗ "Донецкий национальный технический университет",
г. Донецк, Украина)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕКТОРНОЙ ШИМ В АКТИВНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕ ТОКА

Использование в преобразователе частоты (ПЧ) с автономным инвертором тока (АИТ) активного выпрямителя тока (АВТ) решает вопрос формирования синусоидального входного тока ПЧ при двустороннем обмене энергией с сетью. Принципы реализации АВТ существенно отличаются от активного выпрямителя напряжения и практически не освещены в литературе. Некоторые моменты по использованию в АВТ ШИМ рассмотрены в [1].

Цель работы. Исследовать возможности векторной ШИМ для снижения количества переключений ключей АВТ и обеспечения качества входного тока.

АВТ представляет собой трехфазный мостовой выпрямитель (ТМВ) на полностью управляемых ключах с односторонней проводимостью (запираемые по цепи управления тиристоры на рис. 1) и подключается к сети переменного тока через LC -фильтр (L_{BX} , C_{BX}). Дроссель в цепи нагрузки L_d задает режим работы источника тока.

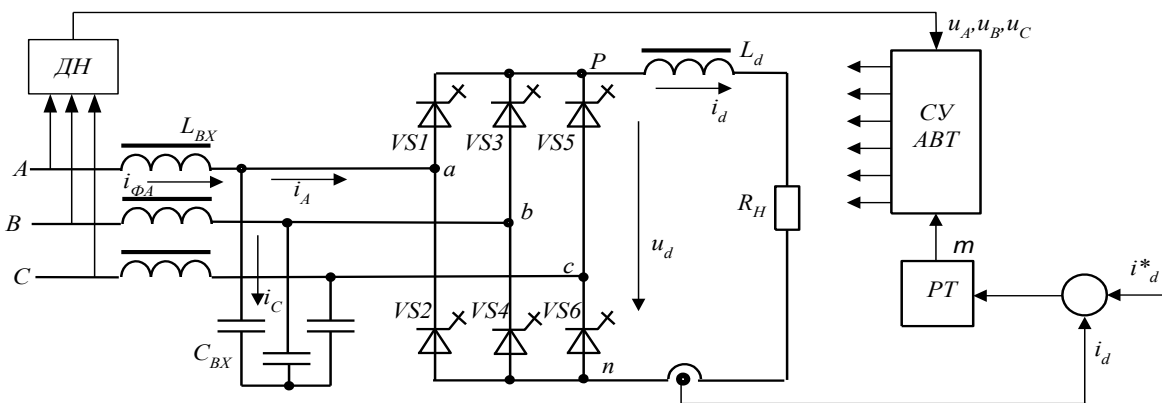


Рисунок 1 - Структурная схема АВТ

Работает АВТ в режиме регулируемого источника постоянного тока с активным формированием тока, потребляемого от источника переменного напряжения. Он обеспечивает регулирование выходного напряжения ниже значения напряжения для неуправляемого ТМВ и функционирует при неизменном направлении выпрямленного тока, но допускает изменение полярности и регулирование выпрямленной ЭДС.

Работа АВТ имеет особенности. Для протекания тока в двух входных фазах в схеме АВТ открыты по одному ключу в двух плечах, в отключенном состоянии (входной ток равен нулю) – отпираются два ключа в одном плече для замыкания тока в цепи нагрузки с индуктивностью.

Возможные состояния схемы АВТ представлены в табл.1, где отображены фазы сети, которые соединены с выводами p и n (рис. 1), выпрямленное напряжение u_B , токи в фазах сети и угол сдвига пространственного вектора тока. При этом получаем 6 ненулевых векторов и три нулевых, когда выпрямитель от сети отключен и замкнуты оба ключа в одном из плеч схемы. Положения пространственного вектора тока представлены на рис.2,а. При этом нумерация положений вектора соответствует табл.1. Рассмотрим случай, когда $\cos\varphi=1$ и пространственные вектора напряжения и тока сети совпадают по фазе. Разделим период на шесть интервалов соответственно моментам изменения полярности фазного напряжения сети. При этом интервалы соответствуют макси-

мумам фазного напряжения сети и определяют положение пространственного вектора напряжения и тока в секторе 60° .

Для определения относительных (к интервалу T , соответствующему времени нахождения вектора в определенном положении) продолжительностей нахождения схемы в состояниях, которые обеспечивают формирование синтезируемого вращающегося пространственного вектора \underline{I} (с траекторией, которая приближается к окружности) для сектора в 60° (рис.2, б) можно использовать соотношения:

$$\delta_1 = \mu \sin(60 - \theta); \delta_2 = \mu \sin \theta; \delta_0 = 1 - \delta_1 - \delta_2,$$

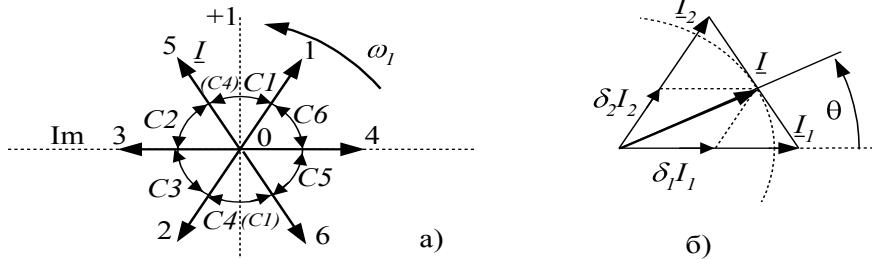


Рисунок 2 - Формирование пространственного вектора входного тока

Таблица 1
Возможные состояния АВТ

№	p	n	u_B	i_A	i_B	i_C	$\beta, \text{град}$
1	A	B	u_{AB}	i	$-i$	0	-30
2	B	A	u_{BA}	$-i$	i	0	150
3	B	C	u_{BC}	0	i	$-i$	90
4	C	B	u_{CB}	0	$-i$	i	-90
5	A	C	u_{AC}	i	0	$-i$	30
6	C	A	u_{CA}	$-i$	0	i	-150
0			0	0	0	0	0

где θ – угол поворота синтезируемого вектора, $\delta_1, \delta_2, \delta_0$ – относительная продолжительность (к T) нахождения схемы в состояниях, соответствующих ненулевым векторам \underline{I}_1 и \underline{I}_2 и нулевому, когда АВТ отключен от сети, интервал T соответствует 1, $\mu = (0 - 1)$ – коэффициент модуляции по амплитуде (определяется как $\mu = I_d / I_{dMAX}$).

Осциллограммы токов $i_d, i_{\phi A}, i_{\phi A}$ и напряжения фазы сети u_A приведены на рис.3.

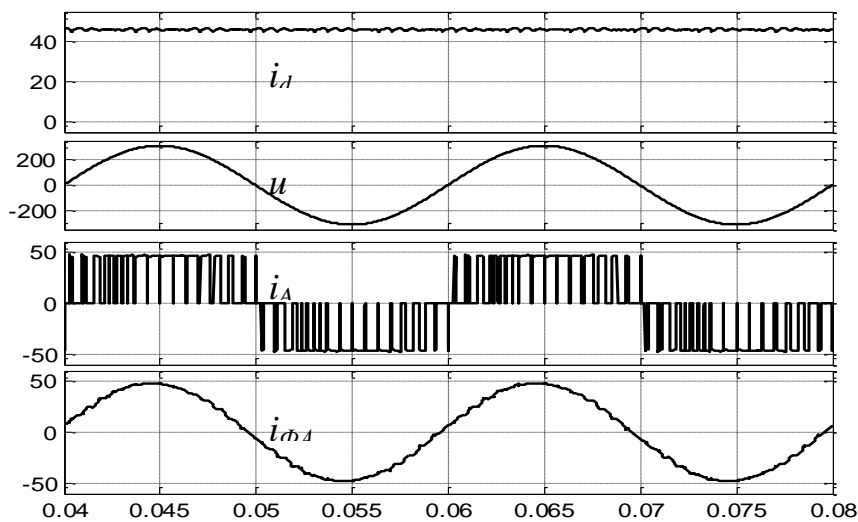


Рисунок 3 - Осциллограммы напряжения сети и токов АВТ при $f_M = 3000 \text{ Гц}$ и $\mu = 1$

Перечень ссылок

1. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р.Т. Шрейнер // – Екатеринбург: УРО РАН.- 2000. – 654с.