

Том 11

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

УДК 621.577.004.18

Олишевский И.Г., студент гр. 141м-17-2**Научный руководитель: Выпанасенко С.И., д.т.н., профессор, зав каф. систем электроснабжения***(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина)*

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО РЕЖИМА КЭС

В настоящее время значительное количество всей получаемой электроэнергии производится на конденсационных электростанциях (КЭС). При этом, КЭС, работающие по базовому циклу Ренкина, имеют КПД, не превышающий 30 %. Поэтому на этих электростанциях применяют различные способы повышения эффективности. Это повторный перегрев пара после ступеней турбины высокого давления, а также принцип регенерации для подогрева питательной воды перед паровым котлом за счет теплоты промежуточных отборов пара из ступеней паровой турбины. Применение этих способов позволяет повысить КПД КЭС до 40 %. Однако, при этом значительные объемы теплоты бесполезно отводятся из конденсатора турбины в окружающую среду.

В свою очередь, для наиболее полного использования произведенной в котле тепловой энергии широкое распространение получили теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Основной особенностью теплоэлектроцентралей является комбинированное производство тепловой и электрической энергии. Это приводит к экономии топлива по сравнению с раздельной выработкой данных видов энергии. Однако, при этом на ТЭЦ с противодавлением существует жесткая зависимость между генерируемыми электрической и тепловой мощностями. Это требует наличия постоянной тепловой нагрузки, которая в свою очередь носит суточный и сезонный характер. Применение ТЭЦ с регулируемыми отборами пара приводит к ощутимым уменьшениям выработки электроэнергии, что требует наличия резервной КЭС на случай пикового потребления электроэнергии.

В то же время все более широкое применение в энергосистемах получают тепловые насосы (ТН). Как правило, ТН применяются для теплоснабжения, а также кондиционирования жилых и административных зданий во многих странах мира и получают все большее распространение в Украине.

Была исследована возможность применения в тепловой схеме КЭС теплового насоса. Данный тепловой насос использует отводимую в конденсаторе теплоту для нужд горячего водоснабжения, которое представляет собой относительно постоянную тепловую нагрузку в течение соответствующего сезона. При этом, здесь осуществляется подогрев воды до меньшей температуры, чем это требуется для отопительных нужд, что реально повышает коэффициент преобразования энергии теплового насоса (до 7).

Таким образом, используя разработанную автоматизированную методику, было проанализировано и определено, что предложенная схема КЭС+ТН позволяет достичь значения коэффициента использования теплоты, равного 78 %.

Здесь данный коэффициент представляет собой отношение суммы полезной электрической и тепловой мощностей паросиловой установки к затратам тепловой энергии на привод паровой турбины и компрессора теплового насоса, что соответствует значению этого коэффициента для ТЭЦ. При этом выработка тепловой энергии практически не влияет на производство электроэнергии.

К трудностям реализации данного проекта можно отнести необходимость проектирования специального высокомоощного теплонасосного оборудования, что может потребовать больших капитальных затрат.

УДК 621.314

Луценко І.М., доцент кафедри систем електропостачання
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ

Трансформаторні підстанції є найбільш важливою складовою частиною розподільчих електричних мереж з точки зору забезпечення надійності електропостачання. Основним і в той же час найбільш капіталоемним електрообладнанням підстанцій є трансформатори, які в силу різних причин використовуються неефективно за навантажувальною здатністю і потребують обґрунтованої заміни [1]. У даній роботі запропоновано порядок аналізу показників фактичних графіків електричних навантажень (ГЕН) та їх впливу на ефективність роботи силових трансформаторів.

При обґрунтуванні встановлення трансформаторів на ступінь меншого типорозміру, ніж існуючий, економічний ефект може бути отриманий шляхом зіставлення вартості втрат електричної енергії в конструктивних елементах трансформаторів суміжних типорозмірів, а також різниці вартості самих трансформаторів.

Ефективність використання навантажувальної здатності доцільно аналізувати в залежності від коефіцієнту завантаження трансформатора. Зважаючи на той факт, що підстанції розподільчих мереж 6-220 кВ є переважно двотрансформаторними, то слід враховувати, що для забезпечення живлення споживачів у післяаварійному режимі, у номінальному режимі середньоквадратичне значення завантаження трансформатора повинно становити 0,7-0,8 від номінального, яке до того ж є економічно доцільним.

У табл. 1 у якості прикладу приведені необхідні технічні характеристики для можливих типорозмірів трансформаторів типу ТМН 35 кВ.

Таблиця 1

Технічні характеристики трансформаторів типу ТМН-35 кВ

Серія	Позначення типорозміру	Номінальна потужність трансформатора $S_{ном.т\bar{z}}$, кВ·А	Втрати, Вт	
			ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$
ТМН 35 кВ	T1	630	1300	7600
	T2	1000	2100	11600
	T3	1600	2900	16500
	T4	2500	3900	23500
	T5	4000	5600	33500
	T6	6300	8000	46500
	T7	10000	12000	60000

Зниження річного споживання електричної енергії за рахунок зменшення втрат потужності в конструктивних елементах трансформатора за умови $S_{ном.Т2} > S_{ном.Т1}$:

$$\Delta W_{p,2-1} = ((\Delta P_{xx,T2} - \Delta P_{xx,T1})T_p + (\Delta P_{кз,2} \cdot K_{з2}^2 - \Delta P_{кз,1} \cdot K_{з1}^2) \tau_{нб}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Слід додатково враховувати, що «навантажувальні» втрати електричної енергії залежать від двох параметрів – K_z і T_m ($\tau_{нб}$). Розглянемо діапазон значень $T_m = 2000 \dots 6500$ год з кроком 500 год та визначимо граничний коефіцієнт завантаження для існуючого трансформатора $K_{з,гр.}$, при якому різниця втрат електричної енергії в трансформаторах суміжних типорозмірів буде додатною (див. рис. 1).

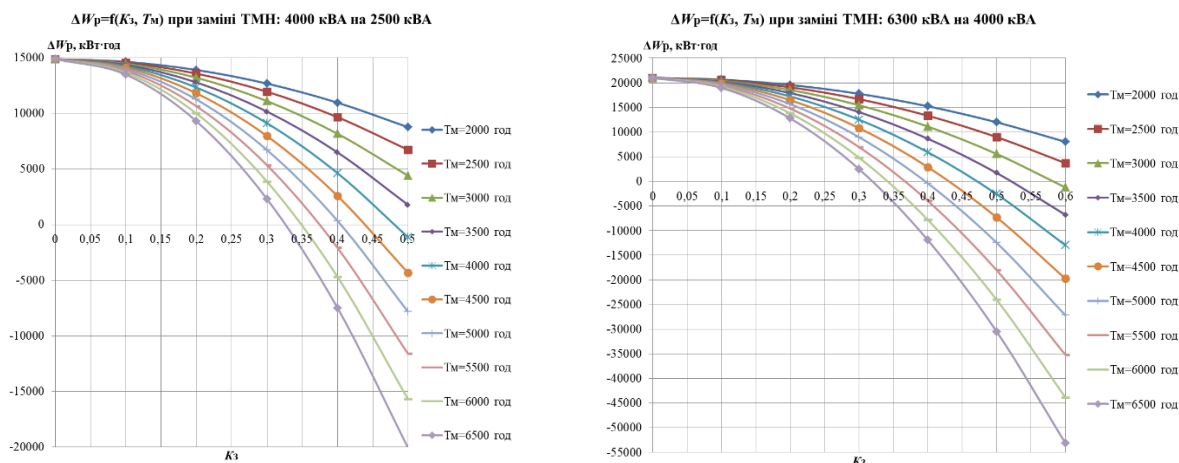


Рисунок 1 – Криві залежностей різниці втрат електричної енергії в трансформаторах суміжних типорозмірів від початкового коефіцієнту завантаження та показників ГЕН

З наведених графіків для суміжних типорозмірів трансформаторів можна попередньо визначити доцільність їх заміни та відповідну ефективність такого заходу за втратами річними втратами електричної енергії. Від’ємні значення втрат електричної енергії свідчать про недоцільність такого заходу, але розглядати їх слід, порівнюючи з різницею у вартості трансформаторів суміжних типорозмірів. Різниця втрат електричної енергії спадає зі зростанням числа годин використання максимального навантаження, тобто при вирівнюванні графіка електричних навантажень. Мінімальна різниця спостерігається при максимальному значенні T_m і K_3 . Для об’єктивної оцінки слід враховувати тариф на електроенергію (поточний і перспективний прогноз), вартість трансформаторів, що розглядаються при оптимізації, а також регламентований строк служби обладнання.

Аналіз тарифів на електроенергію для першого класу напруги за останні 5 років дозволив встановити, що в середньому за рік вартість електричної енергії зростала приблизно на 10%. Тобто зміну тарифу можна розглядати як геометричну прогресію з першим членом b_1 , що дорівнює значенню поточного тарифу на електроенергію C_0 , і знаменником $q = 1,1$ (враховує щорічне збільшення тарифу на 10 %). У такому випадку тариф у поточному році (n) розрахункового періоду можна записати так [2]:

$$C_n = (C_0 \cdot q^n - C_0) / (q - 1), \text{ грн}$$

Враховуючи вище викладене, запишемо відповідний критерій оптимізації:

$$\Delta W_t C_n + \Delta K_{1-2} > 0, \text{ грн}$$

де ΔW_t – сумарна різниця втрат електричної енергії в трансформаторах за період, що розглядається, кВт·год; ΔK_{1-2} – різниця у вартості капіталовкладень на придбання трансформаторів суміжних типорозмірів, грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Заїка В. Т. Навантажувальна здатність трансформаторів розподільних мереж селищ міського типу / В.Т. Заїка, С.С. Котенко, І.М. Луценко // Науковий вісник Національного гірничого університету – 2010. – Вип. №6. – С. 86–91.
2. Ефективне використання вибухобезпечних підстанцій вугільних шахт: монографія / І.М. Луценко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 97 с.

УДК 62-523: 621.311.245

Власюк Н.М., аспірантка кафедри електротехніки та енергоефективності
(Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ІМІТАЦІЇ ПОВЕДІНКИ ВІТРОТУРБІН

Імітаторами вітротурбін (ІВТ) називають електромеханічні системи, побудовані на базі електроприводів (ЕП) постійного або змінного струму, здатні імітувати поведінку вітротурбін відносно валу генератора вітроенергетичної установки. Очевидно, що дані системи повинні забезпечувати високу енергоефективність та реалізовувати всі режими роботи реальних вітротурбін. В даному контексті актуальним є проведення порівняльного аналізу існуючих систем ІВТ з метою виявлення найбільш перспективних схем для побудови нових систем імітації ВТ.

Для порівняння були обрані найбільш розповсюджені структури систем ІВТ, представлені у роботах [1-5]: на базі двигуна постійного струму з незалежним збудженням (ДПС з НЗ) з нереверсивним керованим випрямлячем (КВ) (схема №1), з реверсивним КВ (схема №2), з некерованим випрямлячем в комбінації з широтно-імпульсним перетворювачем (схема №3); на базі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (АДКР) з некерованим випрямлячем і автономним інвертором напруги з ШІМ-модуляцією (АІН-ШІМ) (схема №4), з активним випрямлячем і АІН-ШІМ (схема №5); на базі синхронного двигуна з постійними магнітами (СДПМ) з некерованим випрямлячем і АІН-ШІМ (схема №6).

У якості критеріїв порівняння були обрані: енергоефективність, вартість системи, простота і надійність силового напівпровідникового перетворювача (СНП) та алгоритмів управління, урахування динамічних ефектів (інерційності системи, ефекту «затінення» вежі ВТ, градієнту швидкості вітру) та можливість імітації всіх режимів роботи ВТ (статичного, пуску, розгону і гальмування). Кожній схемі були виставлені бали від 1 до 3 (окрім вартості) в залежності від того, наскільки добре обрана структура відповідає конкретному критерію. Результати порівняння схем № 1–6 за даними критеріями приведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця систем ІВТ

Критерій порівняння	Структура системи ІВТ					
	На базі ЕП постійного струму			На базі ЕП змінного струму		
	Схема №1	Схема №2	Схема №3	Схема №4	Схема №5	Схема №6
Енергоефективність	1	3	2	2	3	1
Вартість, тис.грн.	>69	>75	>71	>72	>85	>80
Простота та надійність СНП та алгоритмів управління	3	2,5	2,7	2	2	2
Урахування динамічних ефектів	2	3	1	2	3	3
Можливість імітації всіх режимів роботи ВТ	2	3	3	3	3	3

Для отримання кількісних показників порівняння систем ІВТ за даними критеріями був застосований метод експертних оцінок. За допомогою експертів були отримані

ваги кожного критерію (таблиця 2) та отриманий адитивний критерій оцінки структур ІВТ.

Таблиця 2

Ваги критеріїв для отримання адитивного критерію оцінки структур ІВТ

Назва критерію	Вага
Енергоефективність	0,9
Вартість системи	0,8
Простота та надійність СНП та алгоритмів управління	0,5
Урахування динамічних ефектів	0,6
Можливість імітації всіх режимів роботи ВТ	1

Після цього були отримані остаточні оцінки кожної структури за адитивним критерієм і побудована діаграма результатів оцінки (рисунок 1).

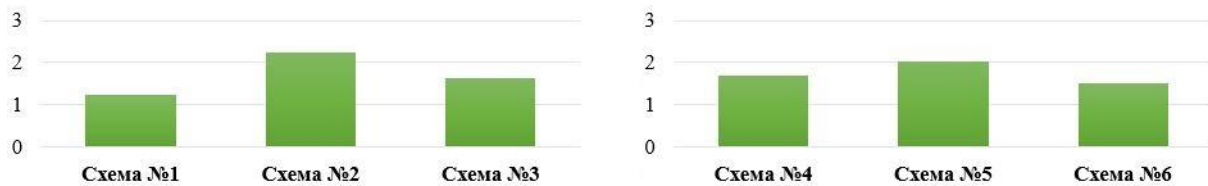


Рисунок 1 – Діаграма результатів оцінки структур ІВТ

Таким чином, в результаті проведеного аналізу найбільш поширених схем систем ІВТ було виявлено, що найбільш оптимальними за обраними критеріями для задач імітації режимів роботи реальних вітротурбін є схеми № 2 і 5, а отже, перспективною є побудова нових систем ІВТ на базі ДПС з НЗ з реверсивним керуванням випрямлячем та на базі АДКР з активним випрямлячем і АІН-ШІМ. Проведений аналіз дає можливість визначити вимоги для проектування більш ефективних систем імітації поведінки вітротурбін.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Monfared, M., Kojabadi, H. M., and Rastegar, H. "Static and dynamic wind turbine simulator using a converter controlled dc motor," *Renew. Energy*, Vol. 33, No. 5, pp. 906–913, 2008.
2. Переверзев А.В., Буров А.Н. Электромеханические системы имитации ветротурбин. Монография. – Запорожье: Издательство ЗГИА, 2014. – 170с., ил.
3. Tatsuta, F., Takahashi, S., Suzuki, K., & Nishikata, S. (2013, October). A wind turbine simulator for adjusting the moment of inertia of a wind power generation system using a DC motor. In *Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2013 International Conference on* (pp. 214-217). IEEE.
4. Neammanee, B., Sirisumrannukul, S., and Chatratana, S. "Development of a wind turbine simulator for wind generator testing," *Int. Energy J.*, Vol. 8, pp. 21–28, 2007.
5. Abo-Khalil, A. G. (2011, December). A new wind turbine simulator using a squirrel-cage motor for wind power generation systems. In *Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2011 IEEE Ninth International Conference on* (pp. 750-755). IEEE.
6. Dolan, D. S. L., and Lehn, P. W. "Real time wind turbine emulator suitable for power quality and dynamic control studies," *Proc. International Conference on Power Systems Transients*, pp. 1–6, 2005.

УДК 621.313:536.2.24:539.2

Кочерга О.І. аспірант**Науковий керівник: Болюх В.Ф., д.т.н., проф.**(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна)**СИЛОВІ ПОКАЗНИКИ ЛІНІЙНИХ ІМПУЛЬСНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІНДУКЦІЙНОГО ТА ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ТИПІВ**

У багатьох галузях науки і техніки широко використовуються лінійні імпульсні електромеханічні перетворювачі (ЛПЕП), які забезпечують потужні силові імпульси. Одними з найбільш ефективних являються ЛПЕП індукційного, електромагнітного та електродинамічного типів [1, 2]. ЛПЕП електромагнітного типу має феромагнітний яр, що призводить до зменшених силових показників [2]. При цьому виникає питання порівняння силових показників ЛПЕП індукційного та електродинамічного типів.

В ЛПЕП індукційного типу з індуктором 1 взаємодіє яр 2а, який виконаний у вигляді електропровідного масивного диску (рис.1), а в ЛПЕП електродинамічного типу з індуктором 1 взаємодіє яр 2б, який виконаний у вигляді багатовиткової котушки, що живиться з індуктором одним струмом (рис.2). В ЛПЕП електродинамічного типу індуктор і яр можуть бути з'єднані як послідовно, так і паралельно. Якоря зазначених ЛПЕП взаємодіють з ударним виконавчим елементом 3. Суміжно з індуктором 1 розташований феромагнітний екран 4, який виконаний з магнітодіелектрика [3]. Індуктор збуджується від ємнісного накопичувача енергії C за допомогою електронних елементів, що формують аперіодичний імпульс струму.

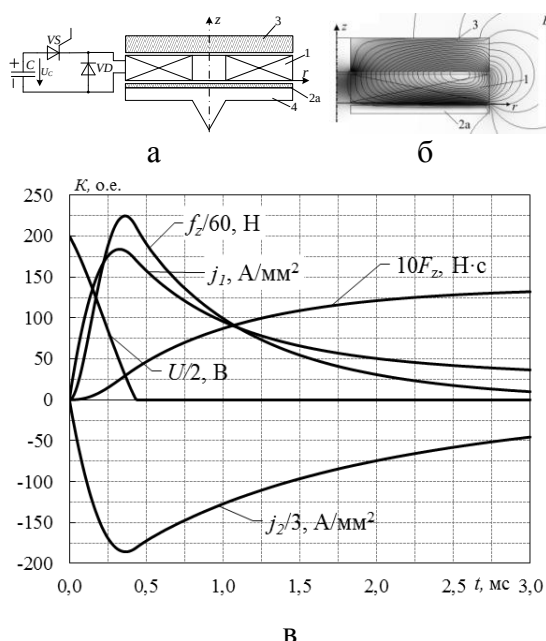


Рисунок 1 – Схема (а), розподіл магнітних полів (б) та електромеханічні характеристики (в) ЛПЕП індукційного типу

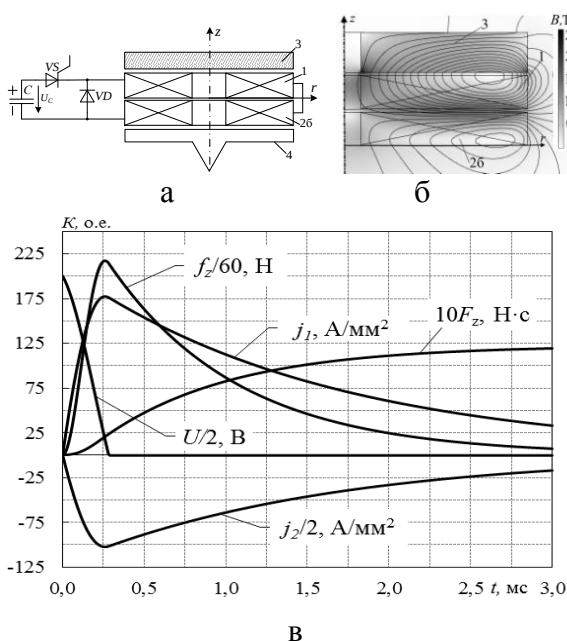


Рисунок 2 – Схема (а), розподіл магнітних полів (б) та електромеханічні характеристики (в) ЛПЕП електродинамічного типу

Мета дослідження полягає у визначенні перетворювача, що забезпечує найбільші силові імпульси. Для рішення поставленої задачі була розроблена комп'ютерна модель ЛПЕП в програмному пакеті *Comsol Multiphysics*, яка дозволяє адаптивно змінювати розрахункову сітку [3]. Моделювання електричних процесів здійснюється фізичними

модулями «*Electrical circuit*», який розраховує перехідні електричні процеси, та «*Magnetic fields*», який розраховує параметри ЛІЕП на основі магнітного поля. Крім того, за допомогою модуля «*Magnetic fields*» розраховувались електромагнітні поля для кожного вузла розрахункової сітки.

Для визначення електромагнітних параметрів ЛІЕП в циліндричній системі координат $\{r, z\}$ розраховується векторний магнітний потенціал A з рівняння:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu(B)} \frac{\partial(rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu(B)} \frac{\partial A}{\partial z} \right) - \sigma \frac{\partial A}{\partial t} = 0.$$

де $\mu(B)$ – магнітна проникливість, яка залежить від індукції магнітного поля B феромагнітного екрану; σ – електропровідність якоря та індуктора.

Межевими умовами системи виступає рівняння $n \times A = 0$, де n – одиничний вектор зовнішньої нормалі до поверхні. Струм в індукторі i_1 описується рівнянням:

$$(R_e + R_1) \cdot i_1 + L_e \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C} \int i_1 dt + \frac{N_1}{s} \int_V \frac{dA}{dt} dv = 0 \quad \frac{1}{C} \int_0^t i_1 \cdot dt = U_0,$$

де R_e – активний опір зовнішнього кола; R_1 – активний опір індуктора; L_e – індуктивність зовнішнього кола; U_0 , C – напруга та ємність накопичувача енергії; N_1 – число витків індуктора; s – площа поперечного перетину індуктора, що пронизується магнітним потоком; A_1 – проекція векторного магнітного потенціалу; V – об'єм індуктора.

Електродинамічні сили, що діють на якір, визначаються з використанням тензора натягу Максвелла:

$$f_z = 0,5 \oint_S [H(B \cdot n) + B(H \cdot n) - n(H \cdot B)] ds,$$

де S – площа, яка обмежує поперечний перетин якоря; n – одиничний вектор нормалі до поверхні якоря.

На рис.1, 2 представлені електромеханічні характеристики та розподіли магнітних полів в момент максимуму дії електродинамічної сили ЛІЕП індукційного та електродинамічного типу. В ЛІЕП індукційного типу максимальні значення густини струмів в індукторі $j_{1m}=185,7$ А/мм², в якорі – $j_{2m}=500,5$ А/мм². Внаслідок взаємодії розрядного та індукваного струмів на якір діє електродинамічна сила f_z , максимальне значення якої складає 13,5 кН. Імпульс електродинамічної сили, який визначає силову дію якоря на ударний виконавчий елемент

$$F_z = \int_0^t f_z dt, \text{ складає } 13,6 \text{ Нс.}$$

В ЛІЕП електродинамічного типу електромеханічні показники суттєво залежать від схеми з'єднання якоря з індуктором. При послідовному з'єднанні максимальна густина струму в індукторі складає $j_{1m}=136,7$ А/мм², на якір діє максимальна електродинамічна сила $f_z=6,91$ кН та її імпульс $F_z=7,5$ Нс. При паралельному з'єднанні максимальна густина струму в індукторі складає $j_{1m}=177,7$ А/мм², на якір діє максимальна електродинамічна сила $f_z=13,0$ кН та її імпульс $F_z=12,3$ Нс.

Таким чином, при паралельному з'єднанні якоря і індуктора ЛІЕП електродинамічного типу силові показники краще, ніж при послідовному збудженні. Але ЛІЕП індукційного типу має найкращі силові показники, що, враховуючи більш надійну конструкцію, робить його найбільш ефективним та привабливим.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bissal A., Magnusson J., Engdahl G. Comparison of two ultra-fast actuator concept // IEEE Transactions on Magnetics. 2012. - vol. 48. - no.11. - pp. 3315–3318.
2. Болух В.Ф., Олексенко С.В., Щукин И.С. Сравнительный анализ линейных импульсных электромеханических преобразователей электромагнитного и индукционного типов // Технічна електродинаміка. - 2016. – № 5. – сс. 46-48.
3. Bolyukh V. F., Oleksenko S. V. The influence of the parameters of a ferromagnetic shield on the efficiency of a linear induction—dynamic converter // [Russian Electrical Engineering](#). – 2015. – Vol. 86, Issue 7. – P. 425-431.

УДК 66.092 – 977

О.В. Коломієць, к.т.н., асистент кафедри енергетики**В.В. Буличов, к.т.н., доцент кафедри енергетики***ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»***ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНДУКТОРА ДЛЯ НАГРІВУ МЕТАЛІЧНОГО КОРДУ ЗНОШЕНИХ ШИН**

Метою даної роботи є розрахунок основних параметрів індуктора для створення принципово нового комплексу утилізації зношених шин шляхом їх піролізу, який здійснюється за рахунок індукційного нагріву металічного корду шин. Структурна схема переробки відпрацьованих шин за даною технологією наведена в [1], а трететичні за-сади проведення процесу в [2].

Як відомо, постійний струм розподіляється рівномірно по перерізу провідника, при цьому його опір визначається по формулі [3]: $r = \rho \frac{4 \cdot l}{\pi \cdot d^2}$;

$$\text{Для сталі: } r = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 50}{3.14 \cdot 0.115} = 0.087 \text{ Ом}$$

$$\text{Для гуми: } r = \frac{10^{15} \cdot 4 \cdot 50}{3.14 \cdot 0.115} = 4.814 \cdot 10^{18} \text{ Ом}$$

$$\text{Густина струму: } \delta = \frac{4 \cdot i}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 50}{3.14 \cdot 0.115^2} = 4814 \text{ А/см}^2$$

Напруженість поля на відстані R від осі (R=0,1см=0,001м):

$$H = \frac{i}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1} = 79.62 \text{ А/см}$$

$$\text{Глибина проникнення струму: } \Delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f \cdot \mu}},$$

тут ρ - питомий електричний опір,

μ - магнітна проникність металу,

f – частота струму.

Для сталі розрахованій напруженості поля $\mu=128$.

$$\Delta = 503 \cdot \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6}}{2500 \cdot 128}} = 0.0038 \text{ см.}$$

Мінімальний час нагріву: $t_{\min} = k_{\Pi} \cdot \left(d_2 - \frac{\Delta_{\Gamma}}{2} \right)^2$, тут k_{Π} - коефіцієнт перепаду температур, Δ_{Γ} - гаряча глибина проникнення струму в нагріває мий метал.

Приймаємо $\Delta T = 5^{\circ} \text{C}$, $k_{\Pi} = 15,5$.

$$\Delta_{\Gamma} = 503 \cdot \sqrt{\frac{118 \cdot 10^{-6}}{2500 \cdot 128}} = 0.0097 \text{ см;}$$

$$t_{\min} = 15.5 \cdot \left(0.115 - \frac{0.0097}{2} \right)^2 = 0.188 \text{ мин} = 12 \text{ с.}$$

Середня за весь процес нагріву сталі потужність P_{3C} , кВт:

$P_{3C} = 4.18 \cdot c \cdot (T_K - T_H) \cdot \Pi_C$, тут c – теплоємність металу, ккал/г·°C, $(T_K - T_H)$ – різниця кінцевої та початкової температури нагріву, °C.

Для сталі $c=0,110$ ккал/г·°C

$$P_{3C} = 4.18 \cdot 0.110 \cdot (550 - 20) \cdot 0.01736 = 4.2 \text{ кВт}$$

Довжина індуктора (при методичному нагріванні) за заданою продуктивністю та розрахованим мінімальним часом нагріву: $l_m = \frac{\Pi \cdot t_{\min}}{S_2 \cdot \gamma_2 \cdot 10^{-3}}$, тут S_2 та γ_2 – відповідно переріз нагріваємої заготовки в см² та питома вага її матеріалу в г/см³.

$$\text{Для сталі } \rho=1200 \text{ кг/м}^3, \gamma_2 = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1200} = 0.83 \text{ г/см}^3:$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.115^2}{4} = 0.01038 \text{ см}^2;$$

$$l_m = \frac{0.01736 \cdot 0.188}{0.01038 \cdot 0.83 \cdot 10^{-3}} = 3.788 \text{ м.}$$

$$\text{Крок витків індуктора: } h_w = \frac{l_1}{W+1} = \frac{378.8}{110+1} = 3.41 \text{ см.}$$

При зазорі між витками 0,7 см вісьова ширина трубки індуктора, см:

$$a = h_w - 0.7 = 3.41 - 0.7 = 2.71.$$

Ширина каналу прямокутної трубки, см: $a_b = a - 2 \cdot \tau$, тут τ – товщина стінки трубки індуктора, $\tau=0,5$ см, $a_b = 2.71 - 2 \cdot 0.5 = 1.71$.

Необхідна витрата води на охолодження індуктора, л/с:

$$\omega_B = \frac{0.24 \cdot P_u \cdot (1 - \eta_y \cdot \eta_t)}{T_2 - T_1}, \text{ тут } P_u = \frac{P_{\min}}{\eta_y \cdot \eta_t}, \text{ кВт, - потужність індуктора (секції);}$$

$T_2 - T_1 \approx 35 \div 40$ °C – різниця температури охолоджуючої води на виході та вході.

$$P_u = \frac{0.224}{0.995 \cdot 0.95} = 0.237 \text{ кВт - потужність секції;}$$

$$\omega_B = \frac{0.24 \cdot 0.237 \cdot (1 - 0.995 \cdot 0.95) \cdot 22.25}{35} = 0.002 \text{ л/с.}$$

Необхідний перетин внутрішнього вікна трубки індуктора, см², при одній вітці охолодження: $S_{ox\ddot{e}} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot \omega_B = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0.002 = 0.00000001$.

Радіальна висота водяного каналу трубки індуктора:

$$b_B = \frac{S_{ox\ddot{e}}}{a_b} = \frac{0.00000001}{1.71} = 5.85 \cdot 10^{-9}.$$

Радіальний (в соленоїді) зовнішній розмір профілірованої трубки індуктора:

$$b = b_B + 2 \cdot \tau = 5.85 \cdot 10^{-9} + 2 \cdot 0.5 = 1.000000006.$$

$$P_{3T} = 4.18 \cdot c \cdot (T_K - T_H) \cdot \Pi_T = 4.18 \cdot 0.447381 \cdot (800 - 20) \cdot 0.15624 = 227.898.$$

Середня за весь період нагріву шин (гуми та сталі) потужність, кВт

$$P_3 = P_{3C} + P_{3Г} = 6.226 + 227.898 = 234.124.$$

Перелік посилань

1. Коломієць О.В. Піроліз зношених шин за рахунок індукційного нагріву їх металічного корду / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Матеріали XXXV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. праць. – Переяслав-Хмельницький, 2017. – Вип. 35. – с. 232 – 235.
2. Коломієць О.В. Дослідження процесу піролізу зношених шин за допомогою математичного моделювання / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2017): матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції (м. Дніпро, 1-3 листопада 2017 року). – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – с. 63 – 64.
3. Немков, В. С. Теория и расчёт устройств индукционного нагрева: учеб. Пособие / В. С. Немков, В. Б. Демидович – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 280с.

УДК 621.3:658.2.016

Гречин В.М., ст. гр. ЕМ-54**к.т.н. доцент Гончаров Є.В., к.т.н. доцент Поляков І.В.,****к.т.н. доцент Крюкова Н.В. кафедри загальної електротехніки***(Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
м. Харків, Україна)*

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ СПОРУД

Енергозбереження в цей час є актуальним завданням, бо з кожним роком збільшується кількість споживачів електроенергії, що викликає додаткове навантаження на лінії електропостачання та потребує збільшення їх потужності. Необхідно відзначити, що практично всі житлові споруди у Європі створені за принципами енергоефективності та енергонезалежності.

Для забезпечення покращення енергозбереження можна реконструювати існуючі споруди з утепленням конструкцій, що огорожують, переходом на автоматизовані індивідуальні опалювальні системи з використанням сонячних колекторів, терморегуляторів і датчиків руху [1]. Також підвищити енергозбереження до 50 % можливо за рахунок використання енергозберігаючих світлодіодних ламп, побутових компенсаторів реактивної потужності, експлуатації побутової техніки високого класу енергозбереження, методів автоматизації та архітектурних рішень. Наприклад, завершення забудови житлових кварталів з ліквідацією наскрізних просторів, що утворюють пропущення вітрових потоків, із замкнутими двірськими та внутрішньо кварталними територіями. Крім того, застосування вікон зі стеклами, що відбивають тепло, знижує втрати тепла до 40% [2].

На відміну від енергозбереження, що в основному призначено для зменшення енергоспоживання, енергоефективність – раціональна витрата енергії, завдяки чому можливо значно скоротити витрати на комунальні послуги. В свою чергу енергетичним компаніям треба також знижувати нераціональні витрати на паливо, що позитивно вплине на стан екології, скоротивши викиди шкідливих парникових газів в атмосферу [3]. Однією з новітніх технологій підвищення енергоефективності є «Розумний будинок», що здійснює автоматичний електронний контроль інженерних систем споруди (освітлення, вентиляція, опалення). Метою використання даної технології є створення системи, здатної підтримувати безпечні та комфортні умови роботи або проживання, а також забезпечувати спрощену систему керування службами і підсистемами будинку. Сучасна система, побудована за технологією «Розумний будинок», містить підсистеми керування кліматом і моніторингом, охоронної сигналізації та відеоспостереження, водопостачання, та ін.

У цей час технологія «Розумний будинок» динамічно розвивається і вважається однією із самих перспективних. У США ця технологія розроблена і впроваджена в різних сферах автоматизації житлових споруд. У Європі, у тому числі в Україні, технологія «Розумний будинок» тільки починає впроваджуватись [4].

Центральний контролер автоматично регулює температуру в приміщенні та переводить споруду в «сплячий режим» на час відсутності власника, мінімізуючи роботу вентиляції та опалення. Через Інтернет власник будинку може включити роботу всіх систем.

Будова системи за технологією «Розумний будинок» поділяється на два методи, які мають різний ступінь надійності: централізований; децентралізований. Централізований метод реалізації технології «Розумний будинок» являє об'єднання різноманітних датчиків і контролерів, що оснащені власними мікроконтролерами, у єдину складну телекомунікаційну мережу із центральним контролером до якого підключені всі основні

й допоміжні блоки. У ролі центрального контролера може застосовуватися сервер, у якості якого використовується сучасний комп'ютер з необхідним програмним забезпеченням. Через телекомунікаційну систему проводиться моніторинг та передача інформації з різних датчиків головному серверу для обробки. Сервер після обробки інформації передає сигнали керування на виконавчі датчики перекриття води, вмикання засобів пожежогасіння, блокування дверей і т.і. Через центральний сервер користувачем відбувається налаштування і керування системою «Розумний будинок», а також здійснюється передача необхідної інформації власнику. Така телекомунікаційна мережа може бути як провідна, так і безпроводна, наприклад, з використанням Wi-Fi, Bluetooth або 3G. Використання даного підходу дозволяє використовувати пристрої різних виробників, що здешевлює вартість усієї системи. Основним недоліком є залежність від центрального контролера, який при підключенні до мережі Інтернет підпадає під загрози зовнішнього втручання [5].

Децентралізований метод побудови системи базується на розподіленій логіці з відсутнім центральним контролером. Система складається з датчиків і сенсорів, які реагують на зміну характеристик споруди, і подають команди виконуючим пристроям. У випадку відмови одного з сенсорних компонентів порушується тільки його функціональна частина. Такі системи є незалежними від телекомунікаційної мережі та більш стійкими й надійними у експлуатації в порівнянні із системами реалізованими за централізованим методом. Але проектування такої системи є більш трудомістким.

Підвищення енергонезалежності можливо з використанням технології «Пасивний будинок». Технологія передбачає ефективну теплоізоляцію всіх поверхонь, що огорожують: стін, підлог, стель, горищ, підвалів та фундаменту. У споруді формується кілька шарів теплоізоляції – внутрішній і зовнішній. Це дозволяє одночасно не випускати тепло з будинку і не впускати холод усередину нього. Також виробляється усунення містків холоду у конструкціях. Завдяки чому втрати тепла через огорожувальні поверхні споруди, що опілюються, можна знизити на порядок, у порівнянні зі звичайними спорудами [6].

Незалежна енергосистема «Пасивного будинку» використовує тепло, що виділяється побутовими приладами та користувачами приміщень. Додатковий обігрів здійснюється установками, наприклад, тепловими насосами або сонячними колекторами, що використовують відновлювальні джерела енергії землі та сонця. Електрична енергія виробляється міні-електростанціями з сонячними батареями і вітрогенераторами.

Таким чином, підвищення енергоефективності споруд потребує використання новітніх енергозберігаючих технологій, запровадження сучасних методів та комплексного підходу до проектування нових систем енергозабезпечення споруд і реконструкції існуючих.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kibert C. Nature as the basis for green buildings // Construction Ecology. Spon press. – 2007. – 328 p.
2. Страхова Н.А., Пирожникова А.П. Контроль энергоэффективности зданий и сооружений как инструмент энергосбережения // Научное обозрение. – 2014. – №7(3). – С. 789–792.
3. Золотов И.И. Негативные явления, связанные с улучшением теплоизоляции наружных ограждающих конструкций // Строительство и архитектура. – 1986. – № 9. – С. 14–16.
4. http://umnydom.kiev.ua/index.php?nma=catalog&fla=stat&cat_id=3&page=1&nums=24/.
5. Снегуров А.В. Риски информационной безопасности систем, построенных по технологии «Умный дом» / А.В. Снегуров, Е.А. Ткаченко, А.Д. Кравченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 4/3 (52). – С. 30–34.
6. <http://ecothermo.com.ua/razrabotka-proektov-passivnyj-dom.html>.

УДК 631.5

Захарчук О.О. студент гр. ОА-61м

Науковий керівник: Босак А.В., к.т.н., старший викладач кафедри АУЕК
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)**ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ**

Розв'язання наукових та технічних проблем в області сушіння має базуватися на вивченні властивостей матеріалу як об'єкта сушіння, вибору методів і режимів процесу сушіння і тільки на цій основі потрібно створювати раціональні конструкції сушильних установок різного призначення.

Підвищення ефективності процесів сушіння здебільшого пов'язано з необхідністю комплексного підходу до проблем теплофізичних та термодинамічних засад процесу із упровадженням у виробництво нових сучасних екологічно чистих, термотехнічних установок із покращеними експлуатаційними і техніко-економічними характеристиками, що дозволить ефективно підводити теплоту до висушуваного матеріалу, прискорить процес тепло- і масообміну у ньому, скоротить час сушіння.

У промисловості використовують різні способи сушіння деревини, що розрізняються як застосовуваним устаткуванням, так і особливостями передачі тепла висушують матеріалу.

Класифікація видів і способів сушіння зазвичай і базується на методах передачі тепла, за якими можна виділити чотири види сушіння: конвективне, кондуктивне, радіаційне та електричне. Основні способи сушіння наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Способи сушіння деревини

Вид сушки	Сушильні агенти	Спосіб сушіння	Основні особливості процесу
Конвективно-атмосферна	Повітря	Атмосферна	На відкритих складах або під навісом
Конвективно-теплова	Повітря, топковий газ, водяна пара і їх суміші	Газопарова	У нагрітому газовому середовищі при атмосферному тиску
		Ротаційна	Газопарова з додатковим використанням відцентрового ефекту
		Вакуумна	Газопарові при тиску середовища нижче атмосферного
	Пари органічних рідин	У парах органічних рідин	Без доступу повітря із застосуванням паротворювачів і конденсаторів
	Рідини	У рідинах	З використанням нагрітих рідких сушильних агентів
Кондуктивна	Повітря	Кондуктивна	З передачею теплоти матеріалу за допомогою теплопровідності при контакті з нагрітими поверхнями
Радіаційна	Повітря	Радіаційна	З передачею тепла матеріалу випромінюванням
		Діелектрична	В електромагнітному полі високої частоти за рахунок діелектричних втрат
Електрична	Повітря	Індукційна	В електромагнітному полі промислової частоти з передачею теплоти матеріалу від розташовуваних всередині штабеля феромагнітних прокладок

Існують також комбіновані способи сушіння, в яких одночасно застосовують різні види передачі тепла (наприклад, конвективно-діелектрична) або поєднуються інші ознаки різних видів сушіння.

Конвективна газопарова сушка називається камерною. Це основний промисловий спосіб сушіння пиломатеріалів, здійснюваний в лісосушильних камерах різних конструкцій, куди пиломатеріали завантажують штабелями. Сушка відбувається в газоподібному середовищі (повітрі, газах, перегрітому парі), яка шляхом конвекції передає теплоту деревині. Для нагрівання і циркуляції сушильного агента камери забезпечують нагрівальними і циркуляційними пристроями.

При камерній сушці терміни висихання пиломатеріалів порівняно невеликі (від десятків годин до декількох діб), деревина просихає до будь-якої заданої кінцевої вологості при необхідній якості, процес сушіння піддається надійному регулюванню.

Атмосферна сушка - другий за значенням і поширенням на лісопильних підприємствах спосіб промислової сушки пиломатеріалів, здійснюваний в штабелях, розміщених на спеціальній відкритій території (складах), що омиваються атмосферним повітрям без підігріву. Перевага атмосферної сушки - порівняно низька собівартість. Недоліки: сезонність (взимку сушка практично припиняється); велика тривалість; висока кінцева вологість.

Сушка в рідинах здійснюється в ваннах, наповнених гідрофобною рідиною (петролатумом, маслом), нагрітої до 105 - 120 °С. Інтенсивна передача теплоти від рідини до деревини дозволяє скоротити термін сушіння в порівнянні з камерної в 3 - 4 рази при інших рівних умовах. Цей спосіб застосовують в технології консервування деревини для зниження її вологості перед просоченням.

Радіаційна сушка відбувається при передачі тепла матеріалу випромінюванням від нагрітих тел. Ефективність радіаційного сушіння визначається щільністю потоку інфрачервоних променів і їх проникністю в твердих вологих тілах. Інтенсивність потоку променевої енергії послаблюється у міру поглиблення в матеріал. Деревина відноситься до малопроникливого для інфрачервоного випромінювання матеріалами (глибина проникнення 3 - 7 мм), тому для сушіння пиломатеріалів цей спосіб не застосовують.

Ротаційна сушка заснована на використанні відцентрового ефекту, за рахунок чого вільна волога видаляється з деревини при обертанні її на центрифугах. Механічне видалення вільної вологи досягається при величині центроостремительного прискорення не менше 100 -500 g (g - прискорення вільного падіння). Такі прискорення через труднощі точного балансування центрифуги зі штабелем на практиці поки що не досягнуто, ведуться лише досвідчені розробки відповідних пристроїв.

Вакуумна сушка - сушка при зниженому тиску в спеціальних герметичних камерах. Через складність обладнання і неможливості отримання низької кінцевої вологості деревини вакуумне сушіння самостійного значення не має. Застосовують її в комбінації з іншими методами сушіння і як допоміжну операцію при підготовці деревини до просочення.

Отже, можна підсумувати, що кожен з вищеперерахованих способів значно скорочує тривалість процесу сушіння. Вибір найдоцільнішого способу сушіння, устаткування й організація процесу залежать від безлічі факторів, як технологічного, так і місцевого значення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ткаченко С.Й. Сушильні процеси та установки. [Текст]: Навч. посіб. / С.Й. Ткаченко, О.Ю. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 76 с.
2. Расев А. И. Сушка древесины. [Текст]: Учебн. пособ. / А.И. Расев - М.: Высшая школа, 1990. — 224 с.

УДК 681.518.54

Лящевський Я.В., студент гр. МЕ 15-2/9

Науковий керівник: Коваленко В.В., викладач II категорії

(Державний ВНЗ “Кам’янський державний енергетичний технікум” м Кам’янське, Україна)

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ЕНЕРГОРЕСУРСАХ ДЛЯ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО РЕГІОНУ

Вітроенергетика і сонячна енергетика є присутньою сьогодні більш ніж у 79 країнах. Вітрогенератори та сонячні панелі для окремих будинків, невеликих селищ, або промислових об'єктів широко застосовуються в Європейських країнах, США, Китаї.

В умовах залежності України від закордонних поставок енергоносіїв, проблем вітчизняної теплової і атомної енергетики, поновлювана енергетика зможе вирішити питання забезпечення національної енергобезпеки і енергонезалежності України. Використання енергії вітру і сонця стає для країни особливо актуальним. У українській Енергетичній стратегії планується, що до 2035 р. в Україні 25% електроенергії повинно вироблятися з відновлюваних джерел енергії [1].

Для ефективної роботи вітроенергетичних установок (ВЕУ) необхідно їх розміщення в місцевостях, де вітровий потенціал складає не менше 2500 годин в рік., а середньорічна швидкість вітру перевищує 5 м/с. Взимку енергетичні ресурси вітру найбільші. В Дніпропетровському регіоні середня швидкість вітру в цей сезон становить, 4,5-5,5 м/с. Середня швидкість вітру влітку сягає 3,8-4,9 м/с.

Таблиця №1

Район	Показники районування	Оцінка потенціалу вітрової енергії
	Середня річна швидкість вітру, м/с	
Подільська та Придніпровська височини	4,0-5,0	Достатній потенціал. Досить сприятливі умови
Поліська та Придніпровська низовини, Волинська височина	3,0-4,5	Невисокий потенціал. Обмежено сприятливі умови

Для ефективної роботи сонячних панелей кількість сонячного випромінювання повинна складати від 1000кВт в рік/м² [2,4], а сонячні панелі встановлені на південь під кутом 30-45-90 градусів[3].

Прийнявши ці вимоги до нашого регіону з'ясуємо, що з жовтня по квітень найвигідніше використовувати вітрові установки, а з травня по вересень сонячні панелі.

Враховуючи вищесказане, з розрахунку, що одне домогосподарство в середньому споживає в рік 1,5-2,5тис.КВт/год електроенергії, робимо висновок, що доцільним буде встановлення комбінованої електростанції на 4кВт, яка складається з вітрогенератора номінальної потужності 1кВт та сонячних панелей на сумарну потужність 3кВт.

Таблиця № 2

Номінальна кількість виробляємої електроенергії			
Назва	Кількість енергії за год, кВт	Кількість енергії за місяць, кВт	Кількість енергії за рік, кВт
Сонячна панель Perligh Solar PLM-310P (10 шт)	3,1	685	8217
Вітрогенератор VE-1	1	405	8640

Ці вимоги задовольняють вертикальний вітрогенератор VE-1 та сонячні панелі Perligh Solar PLM-310P [5]

При підключенні «зеленого тарифу» окупність комбінованої електроустановки складає приблизно 5 років.

Основною перевагою комбінованої електроустановки є надійність тому, що ВЕУ + Сонячні батареї компенсують одне одного і це дає змогу отримувати постійну кількість потужності.

Висновок

Враховуючи кліматичні особливості Дніпропетровського регіону та наші розрахунки, можна зробити висновок, що застосування комбінованих джерел електроенергії (а саме вітрової та сонячної) буде ефективним та надійним використанням поновлюваних енергоресурсів України.

Перелік посилань

- 1.https://espreso.tv/news/2017/09/15/do_2035_roku_ukrayina_matyme_chvert_energiyi_z_vinovlyuvalnykh_dzherel
- 2.<http://www.solarhome.ru/basics/pv/techtilt.htm>
- 3.<http://super-alternatiwa.narod.ru/rekomendacii.htm>
- 4.<http://scsiexplorer.com.ua/index.php/domachnij-elektromaster/1447-rasschet-i-ustanovka-solnechnyh-panelej-v-domashnih-uslovijah.html>
- 5.<http://altenergo.biz>

УДК 621.311.24

Панкова О. О., аспирант кафедры электронных систем*(Государственный ВУЗ «Запорожская государственная инженерная академия», Запорожье, Украина)***АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ВЭУ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ПРИ НЕТОЧНОЙ МОДЕЛИ ВЕТРОТУРБИНЫ**

Ветроэнергетические установки с переменной скоростью вращения получили свое распространение относительно недавно. Толчком для их развития послужили последние достижения в области преобразовательной техники и в области создания систем управления. Регулирование мощности ветротурбины данного типа осуществляется с помощью момента генератора - так называемое моментное управление [1].

Реализации алгоритма моментного управления осуществляется на основе математической модели ветротурбины [2]. Однако точное определение механической характеристики ветротурбины, в некоторых случаях, бывает затруднительным. Это связано с неточностью аэродинамических расчетов или изменения условий эксплуатации.

Цель работы - подтверждение работоспособности предложенного алгоритма моментного управления электромеханической системой ВЭУ при неточной модели ветротурбины.

Проверка работоспособности предложенного алгоритма управления была проведена с помощью математического моделирования. При моделировании были приняты следующие допущения.

1. Все зависимости представляются в относительных единицах.
2. Механическая подсистема считается жесткой.

Решение поставленной задачи осуществлено путем замены в алгоритме моментного управления, блока описывающего семейство механических характеристик, на специальный вычислитель текущего крутящего момента на валу ветротурбины. Его математическое описание приведено в виде блок-схемы на рисунке 1.

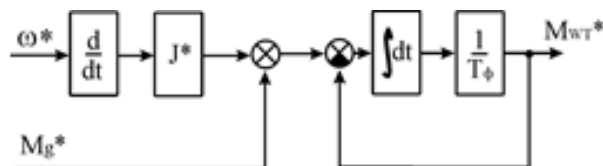


Рисунок 1 - Блок-схема модели вычислителя момента ветротурбины

Входными параметрами вычислителя являются угловая скорость ветротурбины и текущий момент генератора.

Общая модель системы ВЭУ с предложенным алгоритмом управления, реализована на основе методики синтеза визуальных математических моделей [3] (рис.2).

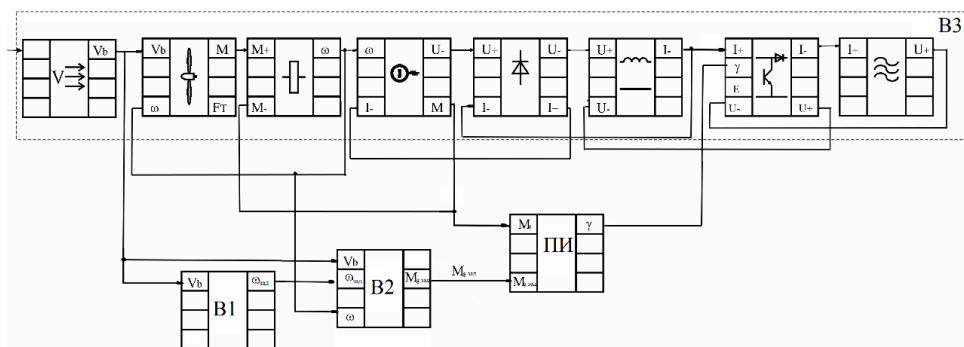


Рисунок 2 – Визуально-блочная модель электромеханической системы ВЭУ с моментным управлением

Блок модели "В1" определяет заданное значение угловой скорости ветротурбины, соответствующее определенной скорости ветрового потока в установившемся режиме.

Блок модели "В2" определяет заданное значение момента генератора во время электромеханического переходного процесса. Для вычисления заданного момента генератора используется значение момента ветротурбины, поэтому вычислитель момента (см. рис. 1) включается этот блок.

Блок модели "В3" представляет собой математическую модель аэромеханической части ВЭУ.

Результаты моделирования приведены на рисунке 3. Для сравнения на графике также показана мощность ветротурбины без режима ограничения мощности.

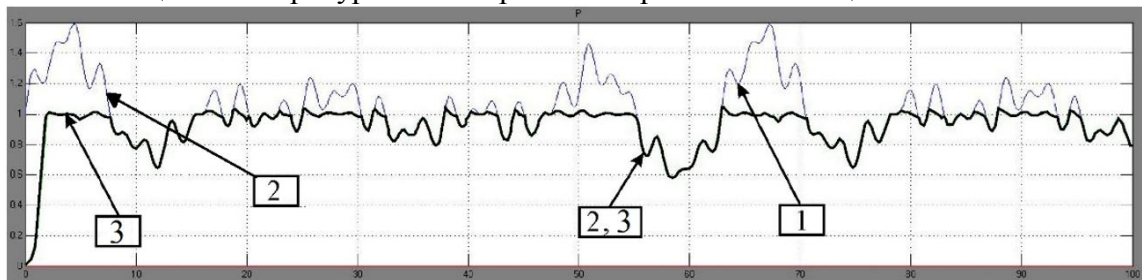


Рисунок 3 - Мощность на валу ветротурбины при переменном значении скорости ветра: 1 – временная зависимость скорости ветра, 2- для ВЭУ без ограничения мощности, 3 - для ВЭУ с моментным алгоритмом управления.

Результаты подтверждают работоспособность предложенного алгоритма управления электромеханической системой ВЭУ с моментным управлением режимом ветротурбины при отсутствии информации о механической характеристике ветротурбины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексієвський Д.Г. Моментне управління ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням // Вісник КНУТД. Серія: Технічні науки. – К.: КНУТД, 2015. – № 5 (90). – С. 32–36.
2. Алексеевский Д.Г., Переверзев А.В., Семенов В.В. Динамические траектории регулирования ветроэлектрогенерирующей системы на базе сверхсинхронного вентильного каскада // Технічна електродинаміка, Тем. випуск "Силовая електроніка та енергоефективність". -2002 -Ч.2,-С. 14-17.
3. Алексеевский Д.Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Спецвипуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2017. – № 27(1249). – С. 332–336.

УДК 621.316

Гадлевський Р.А., Степаненко Д. І., ст.гр. ОРМП-17-2/9

Науковий керівник: Хмарук Ю. М.

(Придніпровський державний металургійний коледж, м. Кам'янське, Україна)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Светодиодные осветительные устройства весьма выделяются среди приборов традиционной светотехники и, в то же время, имеют с ними общие черты. Очень важно хорошо понимать эти отличия и сходства для того, чтобы осуществить корректное сравнение ламп и верно подобрать осветительные устройства для различных областей использования.

Для большей наглядности ниже представлена таблица сравнения ламп.

Параметр	Тип осветительного устройства		
	Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная
Величина светотдачи	10-22 лм/Вт	40-70 лм/Вт	75-150 лм/Вт
Индекс цветопередачи	100	>60-85	>80-90
Термин службы	1 тыс. часов	(8-16) тыс. часов	(50-100) тыс. часов

Как видим, преимущество LED-ламп весьма убедительное. Однако и сегодня находятся скептики, которые говорят об их нерентабельности по причине дороговизны. Проверить данное утверждение на правильность можно при помощи сравнения экономичности обыкновенных «лампочек Ильича» и современных LED-ламп.

На сегодняшний день лампа накаливания фирмы «Искра» с цоколем E27 мощностью 75 ватт (Вт) имеет стоимость 4,59 грн. Лэд-лампа мощностью 10-12 Вт способна обеспечить тот же уровень освещенности. При этом ее цена составит 69 грн. Если говорить о потребностях в электроэнергии для населения, то большинство потребителей за месяц используют от 150 до 800 киловатт-часов. Стоимость 1 киловатт-часа при таком объеме энергопотребления установлена Национальной комиссией регулирования электроэнергетики (НКРЭ) с 1.06.2014 на уровне 0,4194 грн.

Так, если принять, что в среднестатистической квартире имеется 10 лампочек накаливания, которые горят по 6 часов в сутки, то месячное потребление электроэнергии составит:

$$10 \text{ штук} \times 5 \text{ часов} \times 30 \text{ дней} \times 75 \text{ Вт} = 135000 \text{ Вт} = 135 \text{ кВт.}$$

Стоимость потребленной электроэнергии по тарифу: $135 \times 0,4194 \text{ грн.} = 56,62 \text{ грн.}$

В случае, если это же жилое помещение оборудовать светодиодными источниками света, то величина потребления существенно измениться:

$$10 \text{ штук} \times 6 \text{ часов} \times 30 \text{ дней} \times 12 \text{ Вт} = 21600 \text{ Вт} (21,6 \text{ кВт}).$$

Стоимость потребленной электроэнергии по тарифу: $21,6 \times 0,4194 \text{ грн.} = 9,06 \text{ грн.}$

Таким образом, разница суммы оплаты за электроэнергию за месяц составит:

$$56,62 - 9,06 = 47,56 \text{ грн.}$$

Средняя стоимость 10 ламп накаливания равна 45,9 грн., в то время как такое же количество Led ламп обойдется в 690 грн. Разница в цене: $690 - 45,9 = 644,1 \text{ грн.}$

Разделив величину разницы в стоимости на сумму, которую удастся сэкономить в месяц при помощи диодных источников оптического излучения, получим срок, в течение которого можно будет «отбить» более высокую стоимость LED-ламп: $644,1 / 47,56 = 13,54$ месяцев, то есть срок окупаемости светодиодных источников света составляет 1,13 года. Стоит заметить, что гарантия у магазина лампочки.com.ua составляет 24 месяца, так что покупатель гарантированно остается в выигрыше.

А после достижения срока окупаемости led лампы потребитель сможет экономить:

47,56 грн x 12 мес=570,72 грн. ежегодно.

Проанализировав основные показатели различных источников света, можно сказать, что самые экономичные лампочки – это светодиодные. По критерию продолжительности эксплуатации они не имеют равных, а высокий уровень светотдачи гарантирует минимальное потребление электроэнергии, что обеспечит весьма быструю окупаемость стоимости светодиодного осветительного приспособления.

На картинке продемонстрированы преимущества осветительных устройств типа LED перед их аналогами иного принципа работы.

Лампа накаливания 60 Вт	Люминесцентная 14Вт	LED 9 Вт
800 люмен света	800 люмен света	800 люмен света
Срок службы 1200 часов	Срок службы 10000 часов	Срок службы 50000 часов
10лет = 21 лампа	10лет = 3 лампы	10лет = 1 лампа
Стоимость лампы: 4 грн	Стоимость лампы: 30 грн	Стоимость лампы: 60 грн
2200 ч/год * 0,42грн/кВт	2200 ч/год * 0,42грн/кВт	2200 ч/год * 0,42грн/кВт
*0.060кВт = 55.4 грн/год	*0.014кВт = 13 грн/год	*0.009кВт= 8,3 грн/год
Экономия		
Заменяв 10 ламп накаливания на 10 LED ламп, за 10 лет мы получаем выгоду:		
5414 грн		

Вне всякого сомнения, что в ближайшем будущем лидирующие позиции на рынке светотехнической аппаратуры займут именно светодиодные лампы. Таблица сравнения наглядно демонстрирует их преимущества перед конкурентами. А привлекательный внешний дизайн и простота подключения позволила их использовать для подсветки архитектурных зданий исторической ценности, концертных залов, дорог, тоннелей и различных достопримечательностей.

Традиционные устройства освещения постепенно отходят на второй план, становясь вчерашним днем. Полноценное светодиодное освещение ожидает человечество уже завтра.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. <https://test.org.ua/tests/electro/449>
2. <http://reporter.zt.ua/news/5647-koryst-i-shkoda-enerhozberihaiuchykh-lampochok>

УДК 621.316

А.В. Черненко студент**Научный руководитель: Выпанасенко С.И., д.т.н., профессор кафедры систем электроснабжения***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)*

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ОФИСНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Одной из наиболее существенных статей затрат в содержании офиса или офисного центра, является освещение - внутренние помещения, фасады зданий, прилегающие внешние территории. При этом рост энергопотребления зачастую вскрывает еще одну проблему - дефицит мощности для энергообеспечения объекта в целом. В данной ситуации, совершенно естественным является желание собственников офисного центра искать варианты снижения объемов энергопотребления систем освещения и снижения затрат на их обслуживание.

К этому необходимо добавить повышающееся внимание государства и общества к вопросам энергосбережения и экологии. Развитые страны уже давно осознали необходимость бережного отношения к энергии и активно развивают соответствующие технологии. Разработано и производятся программно-технологические решения в области управления освещением, позволяющие обеспечить значительную экономию энергоресурсов, а также существенно снизить расходы на эксплуатацию системы освещения.

Современные системы управления освещением сочетают в себе значительные возможности экономии электроэнергии:

1. Точное поддержание искусственной освещенности в помещении на заданном уровне. Достигается это введением в систему управления освещением фотоэлемента, находящегося внутри помещения и контролирующего создаваемую осветительной установкой освещенность. Несмотря на наличие в подавляющем большинстве помещений естественного освещения в светлое время суток, мощность осветительной установки рассчитывается без его учета.

2. В определенное время года и часы суток возможно даже использование одного естественного освещения. Эта функция может осуществляться тем же фотоэлементом, что и в предыдущем случае, при условии, что он отслеживает полную (естественную + искусственную) освещенность. При этом экономия энергии может составлять 20-40%.

3. Дополнительная экономия энергии в освещении может быть достигнута отключением осветительной установки в определенные часы суток, а также в выходные и праздничные дни. Эта мера позволяет эффективно бороться с забывчивостью людей, не отключающих освещение на рабочих местах перед своим уходом. Для ее реализации автоматизированная система управления освещением должна быть оборудована собственными часами реального времени.

4. Учет присутствия людей в помещении. При оборудовании системы управления освещением датчиком присутствия можно включать и отключать светильники в зависимости от того, есть ли люди в данном помещении. Эта функция позволяет расходовать энергию наиболее оптимально, однако ее применение оправдано далеко не во всех помещениях. В отдельных случаях она может даже сокращать срок службы осветительного оборудования и производить неприятное впечатление при работе. Экономия, получаемая за счет отключения светильников по сигналам таймера и датчиков присутствия электроэнергии, составляет 10-25%.

5. Дистанционное беспроводное управление осветительной установкой. Хотя такая функция не является автоматизированной, она часто присутствует в автоматизиро-

ванных системах управления освещением благодаря тому, что ее реализация на базе электроники системы управления освещением очень проста, а сама функция добавляет значительное удобство в управлении осветительной установкой.

Системы автоматического управления освещением условно можно разделить на 2 основных класса – так называемые локальные и централизованные.

Для локальных систем характерно управление только одной группой светильников, в то время как централизованные системы допускают подключение практически бесконечного числа раздельно управляемых групп светильников

Локальные «системы управления светильниками в большинстве случаев не требуют дополнительной проводки, а иногда даже сокращают необходимость в прокладке проводов. Конструктивно они выполняются в малогабаритных корпусах, закрепляемых непосредственно на светильнике или на колбе одной из ламп. Все датчики, как правило, составляют один электронный прибор, в свою очередь, встроенный в корпус самой системы. Часто светильники, оборудованные датчиками, обмениваются между собой информацией по проходам электрической сети. За счет этого даже в случае, если в здании остался единственный человек, находящиеся на его пути светильники останутся включенными.

Централизованные системы управления освещением, наиболее полно отвечающие названию «интеллектуальных», строятся на основе микропроцессоров, обеспечивающих возможность практически одновременного многовариантного управления значительным (до нескольких сотен) числом светильников. Такие системы могут применяться либо только для управления освещением, либо также и для взаимодействия с другими системами зданий (например, с телефонной сетью, системами безопасности, вентиляции, отопления и солнцезащитных ограждений).

На рынке систем управления освещением в основном присутствуют производители компонентов (устройств управления, переключателей, балластов) а не технических решений. Зачастую упомянутые компоненты не обеспечивают требуемой функциональности в составе систем. В первую очередь это касается управления яркостью осветительных приборов.

До 2000 года почти все системы управления освещением были аналоговыми. Устройство мало-мальски сложных систем отличалось друг от друга незначительно, и было построено по классической схеме автоматизации. Основой системы является, как правило, контроллер, к которому с одной стороны подключены различные датчики, а с другой исполнительные механизмы. Связь между датчиками и контроллером чаще всего аналоговая, такая же связь и между исполнительными устройствами и контроллером.

В настоящее время фирмы – производители осветительных систем освоили производство цифровых систем управления освещением. Основное преимущество цифровых систем по сравнению с аналоговыми это коммуникация, связь между отдельными устройствами, объединенными в систему.

В цифровых системах для связи не требуется отдельных проводов, подавляющее большинство цифровых устройств могут использовать для передачи информации силовые кабели. Одной из последних разработок в области управления светотехническими устройствами является DALI (Digitally Addressable Lighting Interface — цифровой адресуемый интерфейс освещения).

Интерфейс DALI был разработан в 1999 году. Он пришел на смену системе управления DSI (Digital Serial Interface). Поскольку DALI задумывался для управления освещением, в разработке системы приняли участие ведущие производители электронных балластов, прежде всего Osram, Philips, Tridonic, Trilux, Helvar.

Решение ведущих мировых производителей светотехнической продукции принять общий протокол для цифровых адресных контролируемых светильников открыло практически неограниченные возможности для управления искусственным освещением.

ем. При правильном подборе отдельных компонентов, может быть удовлетворен очень широкий спектр требований, предъявляемых заказчиком к системе освещения, от системы управления освещением отдельных помещений до системы управления освещением в целых офисных комплексах, торговых центрах промышленных предприятиях. Нет никаких ограничений на применение этой технологии, можно управлять любым источником света, включая лампы накаливания, флуоресцентные лампы, газоразрядные лампы и даже светодиоды, независимо от того, установлены ли они в офисе, ресторане или на улице.

В системе DALI может быть использовано до 16 различных сценариев освещения для каждого балласта DALI, таким образом, для разного времени суток или для различных событий интенсивность света в помещении может быть легко изменена (например, сценарий "презентация" в конференц-зале, или сценарий "утро" в оздоровительном центре).

Так же как и со световыми сценариями в системе DALI может быть определено до 16 групп для источников света. Как правило, группировка источников света используется для подсветки витрин в торговых комплексах, для освещения выставочных экспонатов в музеях или для освещения стеллажей на складах. Ранее назначенные группы в системе освещения DALI могут быть легко переопределены программно. Любой DALI балласт может принадлежать сразу к нескольким группам, это исключает необходимость дополнительных затрат на кабельную продукцию, затрат на оплату монтажных работ электротехнического персонала по переподключению светильников на другие выключатели и значительно повышает гибкость системы освещения в целом.

Эффективная система освещения позволяет получить высокие баллы в системах сертификации, в частности в LEED и BREEAM. В качестве примера здания, в концепции организации пространства которого акцент сделан на свет, можно привести офис компании Jones Lang LaSalle. Такой подход позволил не только сократить потребление энергоресурсов, но и создать комфортные условия для сотрудников, а также клиентов компании.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Сайт http://iqprom.ru/avtomatizaciya_sistem_osvecheniya.htm
2. Сайт mtelectro.ru, http://mtelectro.ru/uslugi/sistemy_upravlenija_osvescheniem

УДК 621.316

Т.А. Кушнір, магістр гр. 141м-16-3**Научный руководитель: Шкрабець Ф.П., д.т.н., проф., зав. каф. возобновляемых источников энергии***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Солнечные станции нельзя назвать полностью экологически чистыми источниками, так как они являются недостаточно полностью изученными объектами. В лучшем случае к экологически чистой можно отнести конечную стадию – стадию эксплуатации СЭС, и то относительно.

Солнечные станции являются достаточно землеемкими. Удельная землеемкость СЭС изменяется от 0,001 до 0,006 га/кВт с наиболее вероятными значениями 0,003–0,004 га/кВт. Это меньше, чем для ГЭС, но больше, чем для ТЭС и АЭС. Также, вред заключается в создании инфраструктуры для обслуживания солнечных комплексов, ведь на это уходит тоже большое количество нерационального использования земель.

Солнечные концентраторы вызывают большие по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т. д. Нежелательное экологическое действие в районе расположения станции вызывает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями. Это приводит к изменению теплового баланса, влажности, направления ветров. Применение низкокипящих жидкостей и неизбежные их утечки в солнечных энергетических системах во время длительной эксплуатации могут привести к значительному загрязнению питьевой воды. Особую опасность представляют жидкости, содержащие хроматы и нитриты, являющиеся высокотоксичными веществами. В случае создания солнечных прудов, также необходимо большое количество отводов земли, так как она используется в качестве приемника и аккумулятора энергии Солнца, а также увеличивается опасность загрязнения подземных вод рассолами.

Гелиотехника косвенным образом оказывает влияние на окружающую среду. В районах ее развития должны возводиться крупные комплексы по производству бетона, стекла и стали. Само производство солнечных элементов включает в себя использование некоторых токсичных газов, взрывоопасных летучих веществ, коррозионных жидкостей и подозрительных канцерогенных – вызывающих рак – реагентов, также в воздухе производственных помещений появляются кремниевая пыль, кадмиевые и арсенидные соединения, опасные для здоровья людей.

Неблагоприятные воздействия солнечной энергии на окружающую среду могут проявляться:

- в отчуждении земельных площадей, их возможной деградации;
- в большой материалоемкости;
- в возможности утечки рабочих жидкостей, содержащих хлораты и нитриты;
- в опасности перегрева и возгорания систем, заражения продуктов токсичными веществами при использовании солнечных систем в сельском хозяйстве;
- в изменении теплового баланса, влажности, направления ветра в районе расположения станции;
- в затемнении больших территорий солнечными концентраторами, возможной деградации земель;
- в воздействии на климат космических СЭС;
- в создании помех телевизионной и радиосвязи;
- в передаче энергии на Землю в виде микроволнового излучения, опасного для живых организмов и человека.

Перечень ссылок

1. Портал-энерго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/index/id/22>
2. EPRI/ *Electric Power Research Institute* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.epri.com/#/>
3. Васильев Ю. С., Харисанов Н.И. Экология использования возобновляемых энергоисточников. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та. 1991.- 343с.