

Одеський національний політехнічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІЙ І БЕНЗИНОВІЙ ТЯЗІ

Через оцінку коефіцієнтів корисної дії процесів перетворення теплової енергії корисних копалин в механічну енергію за допомогою електропривода і двигуна внутрішнього згорання проводиться аналіз впливу на екологію транспортних засобів на електричній та бензиновій тязі. Обґрунтовується висновок щодо переваг електричної тяги.

Благодаря оценке коэффициентов полезного действия процессов преобразования тепловой энергии полезных ископаемых в механическую энергию с помощью электропривода и двигателя внутреннего сгорания проводится анализ влияния на экологию транспортных средств на электрической и бензиновой тяге. Обосновывается вывод о преимуществах электрической тяги.

Through estimation of output-input ratios of processes of transformation the thermal energy of minerals in mechanical energy by electric drive and combustion engine to be conducted analysis of influence on ecology of transport vehicles on electric and petrol traction. A conclusion about advantages of electric traction is grounded.

При обговоренні доцільності впровадження електромобілів замість автомобілів прихильники перших в якості основного аргументу розглядають негативний вплив вихлопних газів автомобілів на навколишнє середовище. Опоненти електромобілів вважають, що електромобілі так само забруднюють навколишнє середовище, оскільки споживають електрику, що виробляється в основному на теплових електростанціях, які є великими забруднювачами і таким чином забруднення буде перенесено з великих міст до місць, де розташовані теплові електростанції. Тому в статті робиться спроба навести ясність в цьому питанні і порівняти рівень забруднень при отриманні механічної енергії, що подається до механічної трансмісії транспортного засобу, з використанням електричної і хімічної форм енергії, що накопичена в бензині або у дизельному пальному. Для отримання електричної і хімічної енергії застосовуються корисні копалини, які є початковим джерелом енергії. При виробництві електрики або бензину енергія корисних копалин переходить в енергію електрики або бензину з відповідними втратами. Далі ця енергія подається до транспортного засобу і перетворюється в механічну енергію. В першому випадку електрична енергія перетворюється в механічну за допомогою електродвигуна, який застосовується в електромобілях, а в другому випадку хімічна енергія пального перетворюється в механічну енергію за допомогою двигуна внутрішнього згорання, який застосовується в автомобілях. Таким чином, оцінивши коефіцієнт корисної дії (ККД) цих перетворень можна зробити вибір на користь того чи іншого засобу.

Спочатку проведемо оцінку ККД процесу отримання електричної енергії, її передачі до електродвигуна і перетворення в механічну енергію, що подається до механічної трансмісії електромобіля.

Електроенергія в Україні виробляється тепловими (ТЕС), атомними (АЕС) станціями і гідроелектростанціями (ГЕС). Сьогодні до складу української енергетики

входять 44 теплових, 8 гідравлічних, 4 атомних електростанції (не враховуючи Чорнобильську АЕС). На теплові електростанції припадає до 46,3 % усього обсягу виробництва електроенергії, на атомні – 47 %, на гідравлічні – близько 7 %. Причому частка електроенергії, що генерується ТЕС, постійно зростає, частка ГЕС залишається незмінною, а частка АЕС зменшується [3].

До складу теплових електростанцій входять також теплоелектроцентралі (ТЕЦ), на яких крім електричної енергії, одержують і теплову, що вдвічі підвищує коефіцієнт використання палива в порівнянні з електростанціями, які виробляють тільки електричну енергію. Але з точки зору екології ми будемо розглядати генерування теплової енергії як недолік, який приводить до теплового забруднення навколишнього середовища і сприяє підвищенню температури на планеті Земля. Таким чином, в якості корисного продукту, що виробляє ТЕЦ, будемо розглядати тільки електричну енергію.

В Україні діють 15 великих теплових електростанцій, потужність кожної з яких перевищує 10^6 кВт. Вони можуть працювати на вугіллі, природному газі, мазуті та дизельному паливі. Завдяки дефіциту газу і нафти в Україні, значення вугілля як енергетичного палива зростає. Щоб повністю відмовитися від використання природного газу та мазуту для виробництва електроенергії на ТЕС, щорічний видобуток вугілля необхідно збільшити до 240 млн.т. За таких темпів видобутку в Україні вугілля вистачить на 400 років [3].

Електроенергія по високовольтних лініях подається до розподільних підстанцій, де її напруга знижується до необхідного рівня. Проведемо приблизний розрахунок ККД енергетичного ланцюга від ТЕС до споживача.

Коефіцієнт корисної дії електростанції з виробництва електроенергії залежить від ККД основних елементів – парового котла, турбоустановки, а також з'єднуючих їх трубопроводів пари і води [5]. ККД па-

рового котла можна визначити

$$\eta_{ПК} = \frac{W_{ПК}}{W_{П}},$$

де $W_{ПК}$ – кількість теплової енергії на виході парового котла, кВт·год.; $W_{П}$ – кількість теплової енергії, що міститься в паливі, яке поступає до парового котла, кВт·год.

ККД турбоустановки можна визначити

$$\eta_{ТВ} = \frac{3600 \cdot P_E}{W_{ТВ}},$$

де $W_{ТВ}$ – кількість теплової енергії, що поступає до турбоустановки, кВт·год.; P_E – потужність електричної енергії на виході турбоустановки, кВт

ККД трубопроводів, за допомогою яких теплова енергія передається від парового котла до турбоустановки, визначається

$$\eta_{ТВ} = \frac{W_{ТВ}}{W_{ПК}}.$$

При здійсненні генерування електричної енергії частина виробленої енергії (4-6 %) витрачається на підготовку палива, подачу котельного повітря, відвід димових газів котлів, подачу охолоджуючої води, конденсату та інше. Якщо прийняти витрати електроенергії на власні потреби ТЕС у розмірі 5 %, то остаточний ККД ТЕС (енергоблоку) з виробництва електроенергії можна визначити

$$\eta_{ТЕС} = \eta_{ПК} \eta_{ТР} \eta_{ТВ} (1 - 0,05).$$

Найбільший вплив на ККД електростанції має ККД турбоустановки, який враховує велику втрату теплової енергії в конденсаторі турбіни (45-50 % від виробленої кількості теплової енергії). Решта втрат енергії на електростанції значно менше. Приймаючи $\eta_{ПК} = 0,90$; $\eta_{ТР} = 0,99$; $\eta_{ТВ} = 0,50$, отримаємо значення $\eta_{ТЕС} = 0,423$, яке відповідає номінальній потужності електростанції. При неповному навантаженні ТЕС значення ККД зменшується.

АЕС – електростанція, на якій ядерна енергія перетворюється в електричну. Первинним джерелом енергії на АЕС служить ядерний реактор, в якому протікає керована ланцюгова реакція ділення ядер деяких важких елементів. Теплота, що виділяється при цьому, перетворюється в електричну енергію, як правило, так само, як на ТЭС. Якщо в якості первинного джерела енергії на АЕС розглядати ядерний реактор, то загальне ККД АЕС залежить від ККД турбогенераторної установки. До складу турбогенераторної установки входить парова турбіна, ККД якої $\eta_{ПТ}$ (з урахуванням усіх втрат теплової енергії в ядерному реакторі, в теплообміннику, в конденсаторі, в трубопроводах) складає приблизно 33-34 %, ККД генератора $\eta_{Г}$ приблизно дорівнює 98,5 % [5]. В результаті загальне значення ККД АЕС можна визначити

$$\eta_{АЕС} = \eta_{ПТ} \eta_{Г} = 0,33 \cdot 0,985 = 0,325.$$

Таким чином ККД АЕС дорівнює 32,5 %.

На ГЭС для отримання електроенергії використовується енергія водних потоків (річок, водоспадів). Первинними двигунами на ГЭС являються гідротурбіни, які приводять в обертання синхронні гідрогенератори. ККД ГЭС $\eta_{ГЕС}$ досягає 90-93 % [1], по цьому

показнику вони є найбільш економічними електростанціями.

Знаючи приблизний ККД ТЕС, АЕС і ГЕС, а також долю електроенергії, яку вони генерують, розраховуємо середній ККД генерування електроенергії в Україні. Якщо всю електричну енергію, що виробляють усі електростанції позначити $W_{ЕЛ\Sigma}$ і прийняти, що ТЕЦ разом із ТЕС виробляють 46,3 % усієї електроенергії і мають ККД $\eta_{ТЕС} = 42,3$ %, то кількість енергії, що споживають усі ТЕЦ разом із ТЕС може бути визначена

$$W_{ТЕС} = \frac{0,463 \cdot W_{ЕЛ\Sigma}}{\eta_{ТЕС}}.$$

Аналогічно ГЕС виробляють 6,7 % всієї енергії і мають ККД $\eta_{ГЕС} = 91,5$ %, тому кількість енергії, що споживають усі ГЕС, може бути визначена

$$W_{ГЕС} = \frac{0,067 \cdot W_{ЕЛ\Sigma}}{\eta_{ГЕС}}.$$

АЕС виробляють 47 % всієї енергії і мають ККД $\eta_{АЕС} = 32,5$ %, то кількість енергії, що споживають усі АЕС, може бути визначена

$$W_{АЕС} = \frac{0,47 \cdot W_{ЕЛ\Sigma}}{\eta_{АЕС}}.$$

Сумарний ККД усіх електростанцій розраховуємо

$$\eta_{\Sigma} = \frac{(0,463 + 0,067 + 0,47) \cdot W_{ЕЛ\Sigma}}{W_{ТЕС} + W_{ГЕС} + W_{АЕС}},$$

$$\eta_{\Sigma} = \frac{(0,463 + 0,067 + 0,47)}{\frac{0,463}{\eta_{ТЕС}} + \frac{0,067}{\eta_{ГЕС}} + \frac{0,47}{\eta_{АЕС}}} = 0,383.$$

Таким чином усереднене значення ККД усіх електростанцій дорівнює 38,3 %.

Далі електроенергія через розподільчі електричні мережі подається до споживача. ККД функціонування розподільчих електричних мереж визначається рівнем втрат електроенергії при її транспортуванні. За даними річного звіту НКРЕ 2009 року величина загальних технологічних втрат електроенергії по електропередавальному організаціям України склала $17,8 \cdot 10^9$ кВт·годин, або 11,24 % від обсягу електроенергії, що надійшла в мережу. В мережах напругою 6-10 кВ втрати складають 3,12 %, в трансформаторах – 2,02 %, в мережах напругою 0,4 кВ – 6,1 %. Таким чином ККД розподільчих електричних мереж на Україні дорівнює

$$\eta_{ЛЕП} = 1 - 0,1124 = 0,8876.$$

У кінці нашого енергетичного кола знаходиться електричний двигун потужністю 50-100 кВт, ККД якого разом з врахуванням втрат енергії в блоці управління двигуном становить $\eta_{ЕП} = 80-85$ %.

Отже, розглянувши увесь ланцюг генерування, постачання і перетворення електричної енергії, починаючи від потрапляння сировини на електричну станцію і закінчуючи перетворенням її в механічну енергію, ми отримуємо значення загального ККД

$$\eta_{ЕЛ} = \eta_{\Sigma} \eta_{ЛЕП} \eta_{ЕП},$$

$$\eta_{ЕЛ} = 0,383 \cdot 0,8876 \cdot 0,8 = 0,272.$$

Тепер проведемо оцінку ККД процесу отримання бензину, транспортування його до двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і перетворення в механічну енергію.

Первісною сировиною палива традиційно є нафта. Теоретично при застосуванні сучасних засобів переробки нафти можна отримати приблизно 40 % бензину. Отже з 1 т нафти (1168 літрів) можна отримати близько 468 л бензину усіх фракцій. Звичайно з нафти, крім палива, отримують ще багато речей, корисних для людства, але в даному випадку нас цікавить лише енергія, тому все інше, що можна отримати з нафти, ми будемо відносити до забруднювачів навколишнього середовища.

Якщо врахувати, що ККД сучасного нафтопереробного виробництва не перевищує 80 %, то на практиці 1 т нафти дає нам близько 375 л бензину усіх фракцій. Звичайно ця кількість змінюється в незначних межах в залежності від якості нафти [3].

При транспортуванні бензину витрачається близько 1,0 % загального об'єму, тому до споживача потрапляє близько 372 л бензину усіх фракцій.

Споживачем бензину в автомобілі є двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), ККД якого представляє собою відношення корисної механічної роботи до кількості тепла, що виділяється при повному згоранні палива, витраченого на отримання цієї роботи. Теоретично максимальний ККД найбільш досконалих ДВЗ при роботі в оптимальному режимі може досягати 44 %, але, оскільки реальний режим роботи ДВЗ суттєво відрізняється від оптимального, то на практиці середнє значення ККД ДВЗ не перевищує 30 %. Навіть в тому випадку, коли ми закладемо до розрахунку максимальне значення ККД 44 %, то отримаємо, що з тони нафти ДВЗ може перетворити в механічну роботу енергію лише 163,68 л бензину усіх фракцій. Таким чином, виходячи з об'єму отриманого бензину енергія нафти може бути перетворена в корисну механічну роботу з ККД не вищим

$$\eta_{H-B} = \frac{163,68}{1168} = 0,140.$$

Якщо врахувати енергетичну цінність нафти і отриманого з неї бензину, то ККД буде ще нижчим. Так 1 т нафти має паливний енергетичний еквівалент 41,8 ГДж, а 1 л бензину у середньому містить $32 \cdot 10^6$ Дж [2,4]. Звідси у 163,68 л бензину, що перетворюється ДВЗ у механічну енергію, міститься $5237,76 \cdot 10^6$ Дж енергії. Таким чином процес перетворення енергії одної тони нафти в механічну енергію за допомогою ідеального ДВЗ (з ККД = 44 %) теоретично має ККД не вище

$$\eta_{EH-EB} = \frac{5,23776 \cdot 10^9}{41,8 \cdot 10^9} = 0,125.$$

Таким чином процес перетворення енергії корисних копалин в механічну енергію за допомогою навіть ідеального ДВЗ має ККД в 2,17 рази менший за ККД процесу перетворення енергії корисних копалин в механічну енергію за допомогою електродвигуна. Якщо усереднене значення ККД ДВЗ прийняти 30 %, що є також дуже оптимістичним, але більш реальним,

то значення ККД процесу перетворення енергії нафти в механічну енергію буде дорівнювати 8,5 %, що в 3,2 рази менше за ККД процесу перетворення енергії з використанням електродвигуна. Для порівняння можна сказати, що парова машина, яка безпосередньо перетворює енергію корисних копалин в корисну механічну енергію руху (необхідно додатково врахувати ККД трансмісії), наприклад паротяг, має ККД 7 % [3].

Висновок. Перехід транспортних засобів з бензинової тяги на електричну дозволяє зменшити рівень забруднення навколишнього середовища транспортом приблизно на (15÷19) %.

Список використаної літератури

1. Васильев Ю. С. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров: учеб. пособие / Ю.С. Васильев, И.С. Саморуков, С.Н.Хлебников. – СПб: Изд-во СПбГТУ, 2002. – 134 с.
2. Дугин Г. С. Автомобильный справочник: Пер. с англ. / Г.С.Дугин, Е.И.Комаров, Ю.В.Онуфрийчук. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулём», – 2004. – 992 с.
3. Энергетична стратегія України на період до 2030 року (Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р.). Офіційний сайт Мінпаливенерго України. <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog>
4. Калинский В. С. Автомобиль: [Учебн. водителя третьего класса] / В.С. Калинский, А.И. Манзон, Г.Е. Нагула. – М: Транспорт, 1969. – 364 с.
5. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник / В.И. Абрамов, Г.Г. Бартоломей, А.Н. Бисярин [и др.]; под. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

Получено 01.07.2011



Войтенко
Володимир Андрійович,
канд.техн.наук, доцент каф.
ЕМС КУ Одеськ. нац. політехн.
ун-ту
тел. 048-7348-467