

V. Krasnoholovets, V. Zabairachnyi, Technologies to assist in the energy transition to the next century, *MRS Energy & Sustainability: A Review Journal*, Vol. 7, e21, page 1 of 10 (2020).
https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/E6133136FC2EBCFF5C1A4C1C70E7F258/S2329222920000239a.pdf/technologies_to_assist_in_the_energy_transition_to_the_next_century.pdf

Технології, які сприятимуть переходу до енергетики наступного століття

В. Красноголовець¹ і В. Забайрачний²

¹Інститут фізики НАН України, стогна Науки 46, 03028 Київ, Україна

²ТОВ Науково-виробничий інститут модернізації і розвитку, заклад 678, вулиця Еспланадна 22, 01023 Київ, Україна

Анотація

Ми описуємо можливий сценарій енергетичного розвитку європейської країни майбутнього. Окрім сонячної, вітрової та водневої енергії, пріоритет також потрібно віддавати виробленню енергії з використанням малогабаритних газифікаторів. *По-перше*, це є сталою енергією, оскільки біомаса та побутові відходи завжди доступні. *По-друге*, такий підхід дозволить запустити локальні електромережі замість уніфікованих державних та міждержавних мереж, що зменшить до трьох разів споживання енергетичної сировини та в стільки ж разів фінансові ресурси. *По-третє*, нова конструкція електромоторів, а саме торових рушіїв, дозволить майже наполовину скоротити споживання електроенергії та надасть поштовх до нових технологій.

Ключові слова: генерація енергії, поводження з відходами, довкілля

Основні моменти

Відновлення енергії від переробки відходів та зростаючої біомаси має велике значення для управління енергією та сталого енергопостачання. Показано, що біомаса та різні відходи, що містять вуглець, здатні внести свій суттєвий вклад в енергетичний сектор.

Пункти дискусії

Поновлювані джерела енергії на основі вирощуваної біомаси та будь-яких відходів, що містять вуглець, здатні замінити загальну електромережу на

систему локальних електромереж по всій країні, що дасть змогу зменшити споживання енергетичної сировини приблизно втричі. Морські хвильові електростанції здатні забезпечити країни великою енергією, причому витрати на генерацію електроенергії становитимуть лише 0,01 євро.

Технології, які сприятимуть переходу до енергетики наступного століття

В. Красноголовець і В. Забайрачний

1. Вступ

Як можна уявити здорову розвинену країну цього та наступного століття? Очевидно, що в основі її раціонального господарювання також повинна бути досконала енергетика, яка повинна бути дружньою до природи, і, звичайно, викопне паливо має бути замінене поверхневою біомасою, котра буде підтримувати викиди в атмосферу в рівновазі з життям на поверхні земної кулі. Очевидно, що в майбутньому сонячна енергетика матиме значну складову. Але її важливою проблемою є акумулятори – їх виробництво та утилізація досить дорогі і забруднюють довкілля. Рішення потрібно шукати в нових підходах до енергоощадності. Енергія за рахунок вітрових станцій може значно збільшити свою присутність в енергетичному секторі, оскільки вітрову енергію можна попередньо накопичувати в енергії стисненого повітря. Нові підходи до виробництва, зберігання та передачі енергії потребують переосмислення та подальшого розвитку.

2. Ваді сучасних електростанцій

Якщо електростанція виробляє 100% електроенергії, а лише 10% йде на споживання (вночі з 23:00 до 7:00 годин), то куди йде решта енергії? Звичайно, має йти в землю. Якщо споживання становить 50-80% від виробленої електроенергії, куди йде решта енергії? В землю.

Якщо споживач перебуває в 500 км від виробника, які будуть втрати енергії? На кожні 100 км енергоносіїв влітку витрати становлять 10% енергії (до 15% взимку) за рахунок нагрівання мереж (проводів). І це ще не все. Додаткові втрати: коронація – до 17% (іонізація повітря поблизу проводів і, як наслідок, виникнення струмів розряду між ними), холостий трансформатор – до 7%. Загальні втрати становлять від 41% влітку до 55% взимку [1]. В ЄС втрати при передачі електроенергії низькі (лише кілька процентів) [2], оскільки вони використовують підземні кабелі замість наземних веж з проводами

(але такі кабелі самі по собі досить дорогі), а також при передачі електроенергії на великі відстані використовують низький струм при високій напрузі. Якщо ефективність котла, скажімо, теплової електростанції (це може бути вугільна, газова або атомна електростанція) становить 37%, то яка ефективність такого устаткування для споживача енергії? Це корелює з оцінкою американських фахівців, які зазначають, що електростанції самі втрачають 65% генерованої ними енергії [3]. Крім того, вугільні та газові електростанції генерують додаткові викиди CO₂, що призводить до парникових ефектів.

Є ще один негативний вплив роботи атомних електростанцій та теплових електростанцій на підсоння. Для охолодження реакторів та котлів устатковань та генерування перегрітої пари (до 600 °C) використовують величезну кількість води, яку скидають у великі водойми, збільшуючи ступінь нагріву атмосфери та негативно впливаючи на все живе в водоймах.

Більше того, цикл: вугілля, генерування електроенергії, виготовлення машин для видобутку вугілля та його доставку на теплові електростанції, показує, що це все не дуже ефективно для людства. Проблема вітрових та сонячних електростанцій полягає в тому, що вони не можуть працювати без додаткової підтримки «старої генерації електроенергії» (коли вітер та / або сонце відсутні). Вітрова та сонячна енергія насправді не окупаються (їм потрібні надзвичайно високі тарифи). Більше того, сучасні вітрові електростанції негативно впливають на все, що живе в радіусі 6 км через інфразвук. А вібрації вітряка можуть загрожувати житлам та іншим спорудам.

3. Нові підходи до генерації енергії

3.1. Газифікатори

2009 року Агенція EUREKA (асоціація науково-дослідних установ з державним фінансуванням) в Європейському Союзі випустила політичний документ [4] для Європейської Комісії. Зокрема, в ньому зазначено: «Необхідно розробити передові процеси газифікації для виробництва електроенергії та водню та/або син-газу із застосуванням турбінних устатковань комбінованого циклу, що працюють на біомасі. Газифікація повинна бути продемонстрована для невеликих децентралізованих застосувань». Наша перша модель 50-кілограмового газифікатора виграла великий ґрант агентства EUREKA у 2009 році. Ми розробили власні та потенційно руйнівні технології нового покоління на основі оригінальних науково-дослідних робіт нашої команди (Ю. Забулонов, В. Красноголовець та інші) . Наші нагороди: «Найперспективніша компанія» на виставці PwC Accelerator в Люксембурзі (21.03.2013) та Всесвітня премія за зелений дизайн на

міжнародному дизайнерському форумі в Янчжоу, Китай (28.05.2013).
На рис. 1 показані третя та четверта версії наших газифікаторів.



ФІГ. 1. Наші газифікатори 2016 року (а, що переробляє 30 кг відходів за годину) та 2018 року (б, що переробляє 80 кг відходів за годину).

Ми розробили технологію виробництва малих газифікаторів кілька років тому. Газифікатори можуть працювати з твердими побутовими відходами, органічними речовинами, муловими відходами, біомасою, відходами тварин тощо. Іншими словами, наші газифікатори не тільки утилізують відходи, вони крім того виробляють тепло і здатні виробляти електроенергію. Такі газифікатори невеликого розміру можна навіть зупиняти вночі і включати зранку, що скасує непотрібну

генерацію нічної енергії. Газифікатори можуть бути розташовані у міських кварталах, і плече подачі тепла та електроенергії буде мінімальним, а отже і втрати енергії будуть дуже малі. Це також кластер: декілька газифікаторів можна встановити в одному місці і за потреби можна використовувати більше одиниць (наприклад, у зимовий час).

Європа щорічно утворює ~100 млн. тонн побутових відходів, що містять вуглець. Цієї енергетичної сировини достатньо для покриття щорічного попиту в електроенергії Польщі та України, а також ще й буде вироблятися додаткове величезне когенераційне тепло.

Вологість сировини (до 70% вологості) та двоступеневий процес горіння дозволяють отримувати синтетичний газ на першій стадії (суміш CO та H₂, в якій майже половина – це водень), а на другій стадії йде згорання синтез-газу. Метод окиснювального термолізу та плазменний контролер встановлені в газифікаторі дозволять генерувати майже безкоштовно додаткову енергетичну сировину – водень, який при згоранні підтримує високу температуру в реакційній камері, від 1200 до 1700 ° C, що додатково очищає викиди.

Ефективність малогабаритних газифікаторів становить 90%, що в 2,5-3 рази перевищує ефективність великих котлів на вугільних, газових та атомних електростанціях (див., наприклад, посилання [1, 3]). Газифікатори малого розміру не потребують води при виробленні тепла і лише відносно невелика кількість води потрібна для охолодження під час вироблення електроенергії (у випадку, коли використовують парову турбіну), і немає потреби в сторонньому охолодженні при використанні машин таких, як дизель-генератори. Типовий промисловий малий газифікатор може виглядати так, як показано в Фіг. 2.



Фіг. 2. Конструкція промислового газифікатора (площа основи газифікатора, яка перероблятиме 1 т на годину, становить 10 кв. м, висота – 2 м).

У сільській місцевості важливо мати програму встановлення малорозмірних газифікаторів, які перероблятимуть біомасу наявну на поверхні землі в синтез-газ. Доцільно відрегулювати серійний випуск газифікаторів (потужність переробки 50, 100, 200, 400 і 1000 кг на годину). Глибина переробки по вуглецю – до 99%; тобто це буде безвідходна утилізація, оскільки шлаки об'ємом 1 або трохи більше відсотків можна використовувати як активну добавку в будівельній галузі (бетонні блоки, дороги). У випадку, коли сировиною є трава або дерева, залишковий рослинний шлак можна повернути назад у поля.

Малорозмірні газифікатори – найкращі санітари здатні повністю очистити довкілля від побутових відходів, пластику, отруйних органічних речовин виробляючи при цьому енергію.

Можна вирощувати високоенергетичну траву (міскантус, перемикач-траву і т.д.) та/або чагарникові дерева (верба, тополя, пауловнія), що дають в середньому 20 тонн сухої біомаси з одного гектара на рік [5]. Цікаво, що такі молоді насадження в 10 разів активніше поглинають CO₂ з атмосфери, ніж дорослі ліси. І, відповідно, виділяють до 10 разів більше кисню порівняно з тією ж площею дорослого лісу.

Переробляючи біомасу в енергію за допомогою газифікатора ми отримуватимемо з 1 га мінімум $2,22 \times 10^4$ кВт·год ($= 8 \times 10^4$ кДж·моль⁻¹) теплової енергії. З 1 мільйона га це буде 22 мільярда кВт·год теплової енергії, або приблизно 7,5 мільярда кВт·год електричної енергії в рік. Вартість енергії генерованої газифікатором є низькою. Наприклад, у

випадку сьогоденної України, виробництво електричної енергії становить 160 мільярдів кВт·год в рік (приблизно 25-40 % з цієї енергії припадає на ядерну енергетику). З цієї величини приблизно половина енергії йде в землю (нічна генерація) та розвіюється в дротах і кабелях. Отже, реальне споживання на рівні 80 мільярдів кВт·год. Тобто, Україна лише на самій біомасі, вирощуваній на 10-15 мільйонах га землі здатна повністю себе забезпечити електричною енергією (порівняйте з аналогічним аналізом, проведеним в роботі [6]). Всього в аграрному секторі України задіяно 45 мільйонів га землі, що становить 75% її території. Хоча для суто аграрного сектору країни достатньо 10-15 мільйонів га, а решта може бути засаджена лісом і енергетичною рослинністю.

Малорозмірні газифікатори зможуть замінити державні об'єднані електромережі на місцеві стійкі мережі автономної енергії, що дозволить державам ощадити приблизно втричі матеріальні ресурси (вугілля, природний газ, деревина, солома, торф тощо), генеруючи достатньо енергії необхідної місцевим споживачам. Оскільки сировина в нашому випадку є практично біомасою і лише 10-15% – це тверді побутові відходи (можливо, пластикові відходи – лише 5%), викиди парникових газів будуть мінімальними; додаткове навантаження на природу буде спричинене лише викидами CO₂ із вторинної пластмаси. Це додаткове навантаження CO₂ також може бути використане з користю, якщо ми широко запровадимо теплиці в сільському господарстві. Адже зрештою, вихлопи з газифікаторів можна направити безпосередньо в місцеву теплицю, що сприятиме дуже активному росту рослин зі значним скороченням водних ресурсів для зрошення (з наших експериментів випливає, що вирощування трави із зерна для годування корів та курей в такий спосіб дозволяє збирати щорічний урожай щоденної свіжої трави з 1 га теплиці стільки ж, як і з 250 га відкритого ґрунту чорноземного поля).

У сільській місцевості є можливість отримати біогаз із сільськогосподарських відходів. Наприклад, 3000 куб. м щоденних сільськогосподарських відходів може виробити більше 4 млн. куб. м газу метану на рік. З цією метою анаеробно-аеробну технологію потрібно використовувати як найраціональніший, енергоощадний та природоохоронний метод очищення стічних вод з заводів, що переробляють сільськогосподарську продукцію. Новий комплексний підхід до екологічно чистого та енергоефективного очищення органічних відходів не тільки очищує стічні води та повторно використовує воду, але й виробляє метан, отже, тепло та електроенергію, а використання CO₂ дає дуже цінні дезінфіковані органічні добрива. Крім того, такий підхід дозволяє широко застосовувати парникове вирощування великої кількості зеленого корму для домашніх тварин та птиці, що значно заощадить площі для вирощування сільськогосподарських культур. При такому підході

сільськогосподарські відходи переробляються з низьким рівнем викидів парникових газів, і в більшості своїй біогенні елементи переробки повертаються назад у ґрунт, як органічні добрива для відтворення його родючості.

Ми віримо в успіх малих газифікаторів, оскільки в минулому така модель енергетики вже успішно була реалізована в Україні 1944-1964 роках. Після другої світової війни енергетичний сектор України базувався практично на гідроелектростанціях та газифікаторах, які працювали на вугіллі, торфі, деревині та соломі. До 1964 року в Україні працювали кілька тисяч газифікаторів потужністю 1 МВт і набагато більше з меншою потужністю. На той час економіка України була практично такою ж, як у Німеччини, Великобританії та Франції. Однак ця енергетична структура була зруйнована в перший рік епохи Брежнєва (1965): науково-дослідні інститути, які проектували газифікатори, були закриті, всі газифікатори були порізані на металобрухт, а взамін протягли трубопровід з природним газом з Сибіру.

3.2. Торві електричні мотори

Наразі відомо, що більше 50% електроенергії у світі споживають електричні мотори [7]. У всьому світі використовують модель електричного рушія запропоновану Ніколою Тесла 120 років тому. Тим не менш, так звані машини без щіток з постійним магнітом з осьовим потоком [8] починають поступово завойовувати ринок, оскільки їх все частіше використовують в побутовій електроніці, приладобудуванні та системі автоматизації, клінічній інженерії, промислових електромеханічних приводах, автомобільній промисловості, електричних та гібридних електричних транспортних засобах, морських суднах та іграшках, електричних літальних апаратах та в багатьох інших застосуваннях. Нові прикладання також з'явилися в системах розподіленої генерації (генератори вітрогенераторів, високошвидкісні мікротурбінні генератори), мініатюрних джерел живлення, маховиках накопичувальної енергії, пускачі літальних апаратів і роторних кораблів, пускачі ракетних плавників, морські вбудовані моторні гвинти (рушії, що приводяться в рух на ободах). Роль безщіткових машин з постійним магнітом для осьового потоку дедалі зростає, особливо в тих випадках, коли необхідна інтеграція рушіїв з іншими механічними деталями. До цієї категорії рушіїв також можна віднести торві (*тор* – тобто бубликові) електромотори (див., наприклад, [9-11]), хоча їхні технічні параметри все ще далекі від ідеальних.

Як ми розуміємо, торевий мотор повинен складатися з плоского дископодібного ротора та двох торевидних статорів, розташованих по обидва боки ротора. Мають бути використані найсучасніші магніти NdFeB і SmCo, які за своїми технічними характеристиками на порядок перевершують ті, які застосовують в наші дні в електричних рушіях. Замість вальниць буде використана магнітна підвіска. За допомогою двох статорів рушій може досягти 6000 обертів на хвилину. Якщо використовувати 20 подвійних статорів і один ротор, які всі насаджені на одну вісь, то такий торевий мотор зможе розвинути 120 000 об/хв. Такі тореві мотори характеризуються невеликими габаритами та зменшеною вагою (співвідношення потужності до ваги: 1 кВт до приблизно 1 кг); вони матимуть підвищену потужність завдяки потужним магнітам, магнітній підвісці та оригінальній конструкції.

Обговорюваний торевий мотор буде вдвічі ефективніший, тобто споживатиме вдвічі менше електроенергії для виконання тих же механічних робіт і може бути використаний як пристрій для накопичення енергії (скажімо, протягом ночі), тобто, як маховик. На основі цього торового мотора можуть бути сконструйовані: насоси, компресори, повітродувки, кавітаційні устаткування та генератори. Торевий насос одночасно є оборотною машиною: в одному напрямку він працюватиме як насос, а в протилежному – як генератор електроенергії.

3.3. Пристрої накопичення енергії

Для накопичення енергії у вигляді стисненого повітря або рідини можна використовувати спеціальні посудини (балони). Вони можуть бути виготовлені з композитного матеріалу на основі ниток базальтового волокна у вигляді нафтової цистерни до якої застосовують технології намотування. Такі балони ніколи не вибухають, вони можуть лише сифонити. На першому етапі можна використовувати тиск 320 атмосфер, а в майбутньому до 1200 атмосфер. Такі посудини можуть служити пристроями для накопичення енергії на вітрових, річкових і морських електростанціях (див. нижче), а також і в наземному транспорті: автобусах і вантажних автомобілях. Для цього автобуси та вантажівки з причепом можна буде обладнувати такими балонами низького та високого тиску, а також моторними колесами. Стиснене повітря приводить у рух колесо мотора; автомобіль їде і стиснене повітря потрапляє в балон низького тиску. Коли автомобіль гальмує, повітря з балону низького тиску надходить до балону високого тиску. Автобуси можуть проїхати 250-300 км на стисненому повітрі; вантажівки зможуть долати вдвічі довші відстані.

Використовуючи торові рушії як генератори, що обертаються у вакуумі, ми можемо окреслити інерційні вакуумні приводи (які також відомі, як так звані системи накопичення енергії маховика або НЕМ) різної потужності. При встановленні на об'єктах з виробництва енергії весь надлишок денної та нічної енергії може бути переданий до НЕМ; маховик обертається і протягом пікових годин він видаватиме додаткову електроенергію.

Торовий рушій дає можливість проектувати новий тип повітряного транспорту – літаючі платформи. Мініатюрна копія такої літаючої платформи – це повітряний октокоптер без летуна. Торкові мотори можуть накопичувати енергію у вигляді крутного моменту. Тому системи FES (ЕКМ) зі швидкістю 120-240 тис. обертів на хвилину, встановлені в кількості 500 - 2000 одиниць на спеціальній платформі, тобто великій аеродинамічній на зразок величезної літальної тарілки, зможе перевозити кілька тисяч тонн вантажу по повітрю на відстань 10 000 км і більше. Для того, щоб «зарядити» таку платформу енергією, досить підключити її до електричної мережі (це можна зробити за рахунок дешевшого нічного тарифу), і коли буде досягнута необхідна кількість обертів, платформа готова рушати. Потрібно мати на увазі, що для таких літальних систем летовища потребують ділянок з розвантаженням-завантаженням товарів та місця з електричною зарядкою. Досить, скажімо, в Токіо завантажити платформу 2000 автомобілями і через кілька годин приземлитися на вантажному летовищі будь-якого міста та почати розвантажувати автівки, завантажувати інші товари і заряджати рушії платформи. Не дорого, швидко, екологічно. Головне, що можна розпочати реалізацію цього проекту в найближчі 3-5 років.

3.4. Морські хвильові електростанції

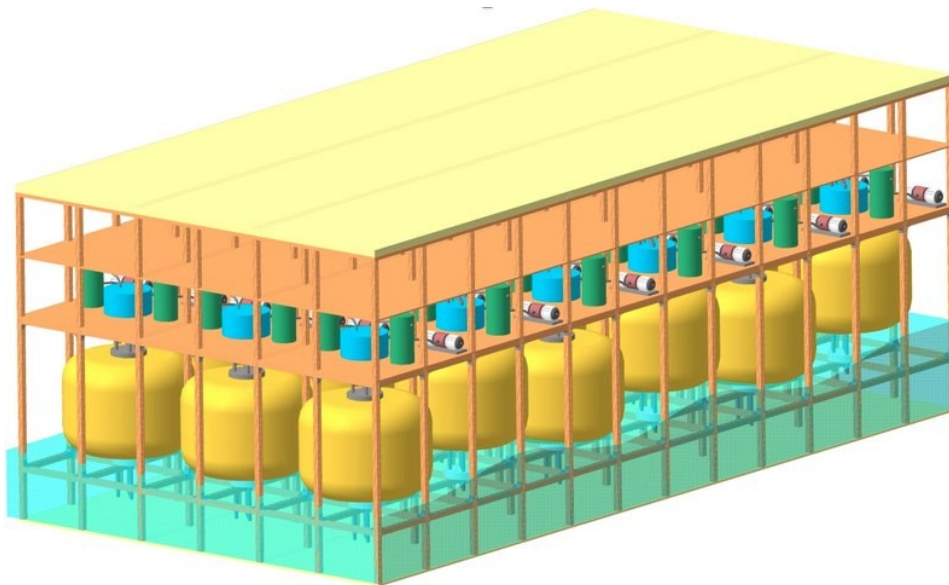
Morsy El-Gohary [12] оглядає найефективніші типи морських електростанцій, хоча він вважає такі станції діючими на чистому паливі, і в першу чергу це водень як паливо для морського рушія внутрішнього згоряння, газові турбіни та паливні комірочки. Зокрема, огляди [13-15] обговорюють станції морських та припливних хвиль як можливу перспективу отримання енергії з моря; проте ці дослідження не дають уявлення про справді потужну промислову енергетичну станцію.

На наш погляд, електростанція, що працює на морських хвилях, повинна бути острівцем, котрий складений з багатьох комірок, кожна з яких має однаковий розмір 6 м х 6 м, встановлених на глибині 12-30 м на невеликій відстані від берега в місці безперервних хвиль. Потужність такого агрегату можна оцінити в 30 кВт. Спочатку морські хвилі попередньо накопичують свою енергію в резервуарах високого

тиску зі стисненим повітрям. Електрична енергія може бути вироблена за допомогою струменя повітря, який буде обертати робоче колесо торового мотора, котрий в цьому випадку виконує роль генератора.

Електростанція може включати ряд комірок, наприклад, від 4 до 8000 комірок (Фіг. 3). Тоді електроенергія, вироблена таким устаткуванням, може коливатися відповідно від 120 кВт до 250 МВт і вище. Станція може виробляти електроенергію, а також виробляти технічну та питну воду. У години пік вона здатна виробляти додаткову електроенергію, що в 1,5 рази перевищує заявлену потужність за рахунок накопиченої енергії та додаткових генераторів, встановлених на комірках. Станція абсолютно екологічно чиста.

Над машинним приміщенням рівна поверхня може бути використана для встановлення готелів, пляжів, критих (відокремлених від моря) та відкритих (обгороджених) басейнів, причалу, великих акваріумів, сонячних панелей, вітроелектростанцій, навігаційного та комунікаційного обладнання та станцій, теплиць для вирощування продуктів харчування, промислового риболовства та іншого морського життя, маяків, веж зв'язку, сейсмічних датчиків і датчиків цунамі, модулів для заправки суден як електроенергією, прісною водою, так і іншими ресурсами, майданчиків для посадки компактних літальних апаратів і причальних кораблів. Наші оцінки показують, що вартість електроенергії, виробленої такою морською хвилею, не перевищить 0,01 євро.

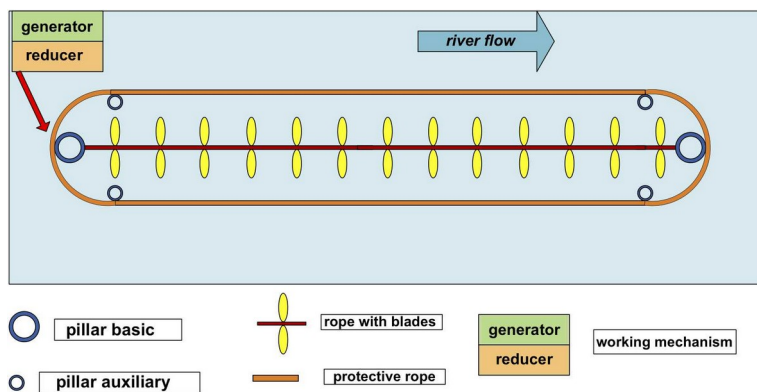


Фіг. 3. Морська хвильова електростанція.

3.4. Річкові енергетичні станції

Греблі не потрібні, річкова електростанція може бути встановлена в річці та каналі (Фіг. 4). Досить лише, щоб швидкість потоку

перевищувала $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а глибина в місці встановлення турбіни не менше 1,5–2 м. Спочатку встановлюють основні стовпи, до яких кріплять головний кабель з лопатями. Потім вкопують допоміжні стовпи з відбивними кабелями. На першому стовпі встановлена платформа kabіни з робочим механізмом. На березі встановлені посудини для накопичення енергії та торові рушії, що функціонують як генератори. Кілька річкових електростанцій можна монтувати паралельно або послідовно. Така річкова електроенергія також не потребуватиме дотацій. Потужність, вироблена однією турбіною, може бути класифікована від 30 до 120 кВт·год.



Фіг. 4. Річкова електростанція.

3.5. Вітрові енергетичні станції

Garvey [16] пише, що одним із можливих способів інтеграції накопичувача енергії з енергією вітру є використання вітрових турбін безпосередньо для перекачування води в гору. Тоді вода, яка падатиме назад з гори, обертатиме турбіни. Тим не менш, такий підхід є досить складним, і саме тому він вважає, що єдиним розумним варіантом інтеграції вітру з накопиченням енергії є стиснення газу. Це шлях, яким ми хочемо йти.

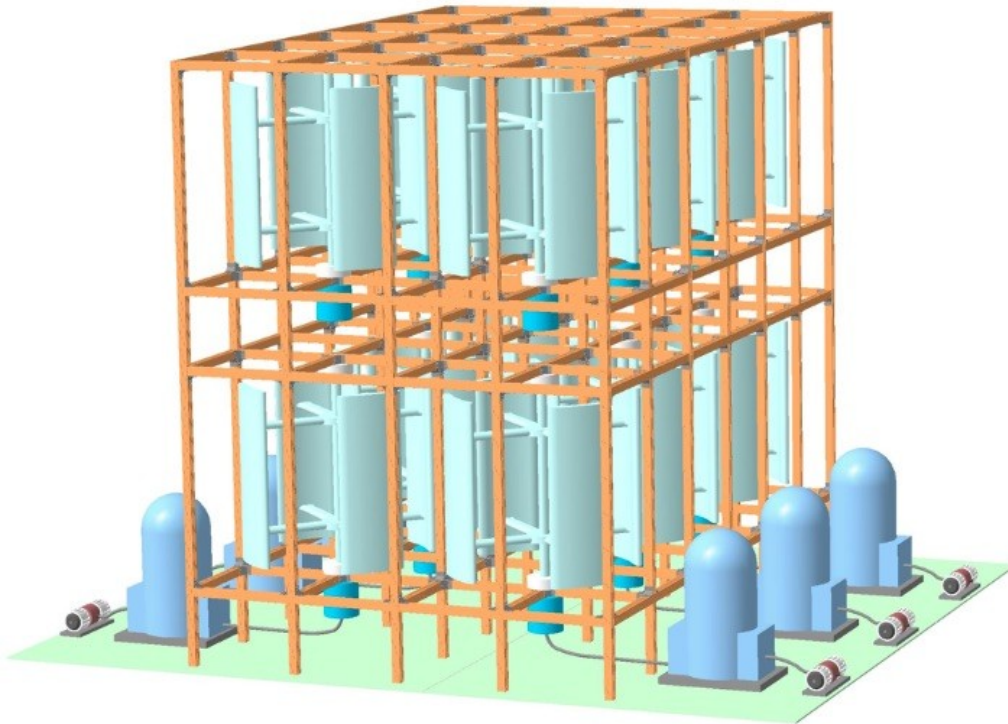
Вітрогенератор, встановлений на щоглі висотою 8-12 м, може працювати навіть при невеликому вітрі, включаючи слабкі турбулентні потоки від $0,5$ і вище $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$, але він не повертає генератор безпосередньо, як це відбувається у всіх сучасних вітряків. Лопаті встановлені на вертикальній осі, що запобігає поширенню інфразвуку в довкілля. Вітрогенератор обертатиме торовий компресор (або насос), який стискає повітря у посудину високого тиску. Отже, енергію вітру можна заздалегідь накопичити. Такі посудини можуть довго зберігати енергію. Тоді можна виробляти електроенергію за часом споживання, використовуючи струмінь повітря, який буде обертати робоче колесо генератора тору. Таким чином, енергія із зазначеними параметрами

буде передана загальній електричній мережі або безпосередньо споживачеві. Устаткування може працювати в режимі повернення і накопичення одночасно. Такі системи вітроенергетики можна встановлювати в кілька рядів по довжині, ширині та висоті. Завдяки стисненому повітрю вони можуть також виділяти додаткове тепло в невеликій кількості.

Ось тут ми прийшли до нового типу вітроелектростанцій: попереднє накопичення може значно заощадити витрати, оскільки в цьому випадку будуть відсутні прості вітроелектростанції і вироблена електроенергія не піде в землю, як то є наразі з нічною енергією.

Таким чином, основними аспектами енергії вітру в найближчому майбутньому є: 1) попереднє накопичення енергії вітру в стисненому повітрі, 2) наявність торових електричних генераторів, які ефективно перетворюють кінетичну енергію повітряного струменя в електрику. Такий підхід до виробництва енергії вітру не потребуватиме субсидій.

Газифікатори, сонячні батареї, енергія вітру, морські хвилі та енергія річки дозволяють створити місцеві потужні системи генерації електроенергії для населених пунктів без впровадження загальних мереж, а всі названі підходи до вироблення енергії легко автоматизувати.



Фіг. 5. Вітрова електростанція. Резервуари зі стисненим повітрям розташовані на землі навколо турбін. Торкові генератори підключені до резервуарів.

3.6. Кавітаційний обігрів

Доцільно обігрівати приміщення та будинки за допомогою електричних котлів, які будуть використовувати вищезазначені нові торкові електричні мотори, оскільки тільки такий мотор з великим запасом потужності здатний проштовхувати воду через кавітатор так, що вода нагріватиметься за короткий час. Функція котла з використанням торового мотора та кавітатора стане найоптимальнішим рішенням для обігріву приміщень, оскільки середня ціна, яку сплачує власник приміщення, може бути знижена до 1 євро за 20-25 квадратних метрів на місяць.

4. Останні тенденції у виробництві та економії енергії

4.1. Кондиціонер і холодильник

Ідеальний холодильник і кондиціонер характеризуються теоретичним коефіцієнтом продуктивності

$$COP = T_{cold} / (T_{hot} - T_{cold}), \quad (1)$$

хоча на практиці це співвідношення в 2-3 рази нижче. Аналогічна ситуація має місце для теплового насоса (також для кондиціонера, що працює в зворотному режимі), який в ідеальному випадку визначається власним коефіцієнтом продуктивності

$$COP_{\text{heating}} = T_{\text{hot}} / (T_{\text{cold}} - T_{\text{hot}}), \quad (2)$$

хоча на практиці цей коефіцієнт принаймні вдвічі менший.

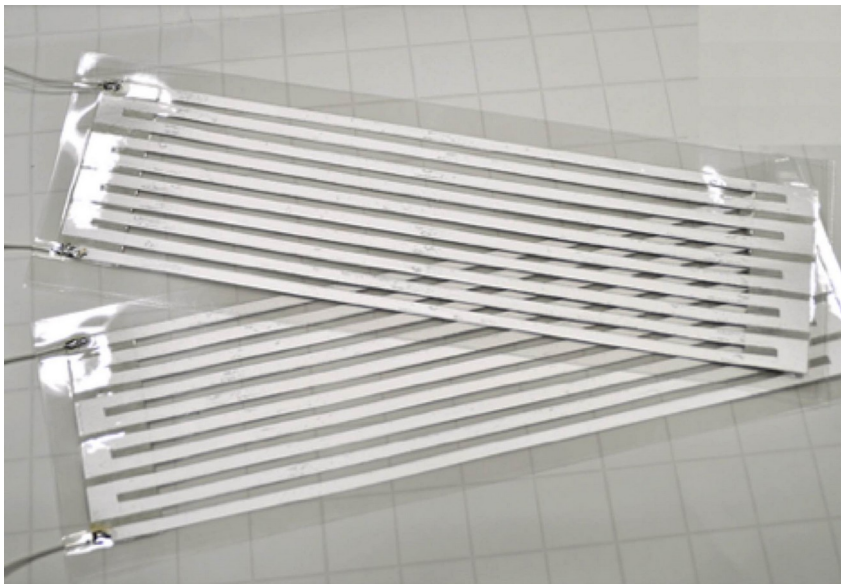
Кондиціонери та холодильники працюють на холодоагенті і компресорі. Усі такі холодоагенти, як *хлорфторвуглеводні* та подібні, спричиняють збіднення озонового шару Землі, а інша група, що містить *гідрофторвуглероди*, спричиняє парниковий ефект. Ці активні гази, що працюють під високим тиском в системі охолодження, просочуються у повітря через мікротріщини в трубках і, таким чином, поступово руйнують атмосферу. Система управління в сучасних кондиціонерах і холодильниках досить складна і повинна підтримувати необхідну величину ΔT між випарником і конденсатором холодоагенту, а також регулювати обертання рушія компресора. В компресорі, дроселі та теплообміннику є втрати. Все це зменшує теоретичні коефіцієнти продуктивності (1) та (2). Крім того, слабким місцем цієї технології є її громіздкість.

Обладнання, що використовують в системах охолодження, виражає ефективність системи охолодження в таких термінах, як *EER* (коефіцієнт енергоефективності), а також *SEER* (сезонне співвідношення енергоефективності), які спрямовані на наближення до ідеальних коефіцієнтів (1) та (2). Розробники зосереджені на зменшенні витоків і, отже, викидів холодоагентів в атмосферу, а також на скороченні споживання енергії кондиціонерами та холодильниками.

З іншого боку, існує підхід до охолодження/нагрівання на основі ефекту Пельтьє, при якому створюється тепловий потік на стику двох різних типів матеріалів. Охолоджувач Пельтьє, або термоелектричний охолоджувач (ТЕО), передає тепло з однієї сторони пристрою в іншу, витрачаючи електричну енергію, залежно від напрямку струму.

Охолоджувач Пельтьє не має випарувального холодоагента, циркулюючої рідини та рухомих частин; він має дуже тривалий термін служби, невразливість до протікань, має невеликий розмір і гнучку форму. Тим не менш, сучасні напівпровідникові твердотільні Пельтьє охолоджувачі мають серйозні вади: у них дуже обмежена здатність охолодження, низька ефективність використання енергії та висока вартість.

Однак названі вади твердотільних Пельтьє охолоджувачів відсутні в тонкоплівковій технології. На рис. 6 показаний справжній тонкоплівковий охолоджувач, що діє на ефекті Пельтьє (технологію розробив доктор Валерій Родіонов, хоча результати не опубліковані). Тонка плівка – це плівковий напівпровідник, в якому зберігаються класичні правила термоелектрики та фотоелектрики, характерні для монокристалів. Ємність охолодження можна збільшити, склавши плівку багато разів, що дає можливість досягти температури, отриманої в холодильниках і на виході кондиціонерів. Площа контакту з'єднаних плівок є найважливішим параметром, оскільки вона регулює струм. Ефективність такого термоелектричного пристрою залежить від додаткового включення в матричний матеріал певних домішок з глибокими рівнями і може досягати 50% [17]. Виробнича вартість тонкої плівки низька (за добу може вироблятися кілька км). Отже, розробка майже готова до промислового впровадження.



Фіг. 6. Справжній охолоджувач, що працює на тонкоплівковому ефекті Пельтьє.

4.2. Енергія піраміди

Для окремих фермерів чи будинків можна буде розвинути технологію автономної генерації електрики використовуючи прибудинкову вишку в формі піраміди. В піраміді проходять резонансні явища – збудження інертності поля земля [18]. Якщо в таке поле ввести певну електричну схему, то в ній посилюється рух електронів [19]. З наших дослідів випливає, що енергію руху електронів в полі піраміди можна збільшити в 8 разів. Значить ввівши в схему 1 кВт потужності, можна буде знімати на виході 5-7 кВт.

5. Прикінцеві зауваження

Вищезазначені напрямки розвитку технологій вказують на важливість локальних мереж (для села, району, міста), які в майбутньому повинні замінити існуючі загальні електромережі. Ми пропонуємо такі системи генерації енергії, які можна вмикати/вимикати в потрібний час. Такі дії неможливі на великих електростанціях. Переорієнтація на локальні мережі забезпечить значну економію як матеріальних, так і грошових ресурсів. Цей крок створює додаткову стабільність та стійкість в економіці країни.

Останні дослідження показують, що устаткування згорання газоподібного водню можуть широко з'явитися в майбутньому (див., наприклад, [20]). Такі устаткування можна встановлювати поблизу родовищ метану. У свердловині за певної технології, яка передбачає використання заліза як каталізатора, метан позбавляється вуглецю і на поверхню виходить чистий водень, котрий далі спалюють у водневих печах. Роботи з гідрогенної інженерії вже розпочалися. Адже викиди в атмосферу будуть лише H_2O .

Процес очищення стічних вод дозволяє виділяти водень, і такий водень можна використовувати як чисту енергетичну сировину.

Якщо всі проекти, перелічені в цій роботі, будуть запущені, ми зможемо поступово закрити всі атомні електростанції, а також великі теплові станції, які працюють на вугіллі та газі. Біомаса, побутові відходи, енергія вітру, річок і морів, а також сонце, наявне на поверхні землі, і доступний водень у морі та під землею будуть достатніми для виробництва електроенергії та тепла, необхідних країні.

Запропонована енергетична модель розвитку країни дозволить країні вирішити проблему безробіття. З'явиться ряд невеликих компаній, які працюватимуть у сфері енергетики. В принципі, кілька мільйонів людей змогли б знайти роботу за запропонованою енергетичною моделлю. Люди працюватимуть у сільському господарстві, вирощуючи енергетичні рослини, транспортуватимуть біомасу, спалюватимуть біомасу в газифікаторах, а також будуть залучені до сервісних робіт, пов'язаних з вітроелектростанціями та річковими турбінами.

Нарешті, зупинимось на новітньому напрямку енергетики, який фізика почала досліджувати в останні два десятиліття. Це явище так званого холодного ядерного синтезу, або низькоенергетичної ядерної реакції. Цей напрямок продовжують досліджувати як незалежні дослідники, так і шановані науково-технічні лабораторії. Але ситуація все ще незрозуміла.

Оглядова робота [21] зазначає, що в цей час академічна спільнота має досить негативне судження щодо можливості холодного синтезу. Тим не менш, автори описують власні зусилля, які могли б дати нові уявлення про високогідрідні метали та низькоенергетичні ядерні реакції, оскільки залишається низка недосліджених параметрів. В одній з останніх робіт дослідники [22] теоретично вивчають екзотермічні ядерні реакції, які заборонені через кулонівське відштовхування, і показують, що будь-яке збурення може змішувати стани з невеликою, але кінцевою амплітудою до початкового стану, що призводить до кінцевого перерізу (і швидкості) первинно забороненої ядерної реакції в межах $\epsilon \rightarrow 0$.

З іншого боку, дослідники, що вивчають холодний синтез, досі працюють у рамках звичайної квантової механіки, яка була розвинута на розмірі атома, тобто $\sim 10^{-10}$ м, хоча ядерні реакції відбуваються на відстані близько 10^{-15} м. Але що за наука стоїть за межами досягнень квантово-механічного формалізму? Ця проблема була детально вивчена в книзі одного з співавторів [23], в якій виявлено основну базу знань фізичної науки на шкалі Планка $\sim 10^{-35}$ м. Тільки дослідження в рамках парадигми, що розкривають первинні принципи побудови реального фізичного простору дозволять нам обрати правильний напрямок у розумінні способів знаходження контрольованих низько енергетичних ядерних реакцій.

Насправді, на нашому експериментальному та теоретичному дослідженні [24] ми виявили, що при певних своєрідних умовах протон може з'єднуватися з електроном з поглинанням інертної хмари найближчого важкого атома, в результаті чого формується досить стійкий субводень, розмір якого може бути лише порядку 1 фм. Так само генерується атом субгелію і передбачена можливість важких субатомів з ядерним розміром близько 1 фм. Такі крихітні субатоми є нейтральними, а значить, можуть легко подолати кулонівський бар'єр будь-якого звичайного атома наближаючись до його ядра, що може призвести до злиття двох ядер з можливим подальшим поділом на два інших ядра. Дійсно, ми виявили значні мутації в залізі Fe, за яких з'явилися нові елементи: Co, Ni, Ca, Hf і Cs [23, с. 314–327]. Такі реакції можуть відбуватися без викиду гамма-квантів та нейтронів, але з вивільненням зайвих інертонів. Чи можуть вивільнені інертони бути корисними перейшовши в кінетичну енергію атомів або додатковий електричний струм?

Виглядає на те, що Європейська організація ядерних досліджень (CERN), яка є потужним науково-дослідним центром, могла б бути зацікавлена вивчати нову ядерну фізику, котра проявляється навіть при помірних значеннях енергії.

Література

1. В. Коротун, Потери электроэнергии в электрических сетях. ASUTTP. Заметки электрика, форум электриков. Минск, Беларусь (2020).
<https://www.asutpp.ru/poteri-jelektrojenergii-v-jelektricheskikh-setjah.html>
2. Report on Power Losses, Council of European Energy Regulators. Fostering energy markets, empowering consumers. Ref: C17-EQS-80-03, 28 Oct. (2017). Brussels, Belgium Arrondissement judiciaire de Bruxelles
<https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/09ecee88-e877-3305-6767-e75404637087>
3. J. Wirfs-Broc, Lost In transmission: How much electricity disappears between a power plant and your plug? *Inside Energy*, November 6, 2015
<http://insideenergy.org/2015/11/06/lost-in-transmission-how-much-electricity-disappears-between-a-power-plant-and-your-plug/>
4. Research Priorities for Renewable Energy Technology by 2020 and beyond, (2009). www.eurekanetwork.org ; www.eurogia.com .
5. М. Гументик, В. Бондар, Економічна та енергетична ефективність вирощування біоенергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика* **1** (11) (2018).
6. H. Song, B. Guziana, G. Mirmoshtaghi, E. Thorin, J. Yan, Waste-to-energy scenarios analysis on energy supply and demand in Sweden, <https://www.researchgate.net/publication/258846087> (Accessed July 2012).
7. Electric motors. European Commission (2020).
https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/electric-motors_en
8. A. Binder, The "Torus-Flux" motor — a novel permanent magnet synchronous machine, *Electrical Engineering* **79**, 31–38 (1996).
9. F. Caricchi, B.J. Chalmers, F. Crescimbi, E. Spooner, Advances in the Design of TORUS Machines, 1998 International Conference on Power Electronic Drives and Energy Systems for Industrial Growth, Proceedings, *IEEE* **2**, 516–522 (1998). DOI: 10.1109/PEDES.1998.1330654
10. R. W. Caddell, Torus geometry motor system, US patent No. US2006/0163970A1 (2006).
11. J. F. Gieras, R.-J. Wang and M. J. Kamper, Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines, Springer Netherlands (2008), DOI: 10.1007/978-1-4020-8227-6
12. M. Morsy El-Gohary, Overview of past, present and future marine power plants, *Journal of Marine Science and Application* **12**, 219–227 (2013).

13. Clément, A.; McCullen, P.; Falcão, A.; Fiorentino, A.; Gardner, F.; Hammarlund, K.; Pontes, M.T. Wave energy in Europe: Current status and perspectives. *Renew. Sustainable Energy Reviews* **6**, 405–431 (2002).
14. Uihlein, A.; Magagna, D. Wave and tidal current energy – a review of the current state of research beyond technology. *Renew. Sustainable Energy Reviews* **58**, 1070–1081 (2016).
15. R. Cascajo, E. García, E. Quiles, A. Correcher and F. Morant, Integration of marine wave energy converters into seaports: A case study in the port of Valencia, *Energies* **12**, 787 (24 p.) (2019); doi:10.3390/en12050787.
16. S. Garvey, An energy-storing wind turbine would provide power 24/7, *IEEE Spectrum*, 05 Aug 2014.
<https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/renewables/an-energystoring-wind-turbine-would-provide-power-247>
17. E. K. Jordanishvili, *Thermoelectric power supplies*, Sovetskoe radio (1968), pp. 151-153; in Muscovite.
18. V. Krasnoholovets and V. Byckov, Real inertons against hypothetical gravitons. Experimental proof of the existence of inertons, *Indian Journal of Theoretical Physics* **48**, No. 1, 1-23 (2000); also arXiv: quant-ph/0007027.
19. P. Grandics, The Pyramid Electric Generator, <https://www.researchgate.net/publication/255709759> (Accessed August 2013).
20. Editor (2019-06-14). "Hydrogen could replace natural gas to heat homes and slash carbon emissions, new report claims | Envirotec". <https://envirotecmagazine.com/2019/06/14/hydrogen-could-replace-natural-gas-to-heat-homes-and-slash-carbon-emissions-new-report-claims/>
21. V. Krasnoholovets, *Structure of Space and the Submicroscopic Deterministic Concept of Physics*, Apple Academic Press, Oakville, Canada; Waretown, USA (2017).