

УДК 621.313.17

**Б. І. Мокін**, д. т. н., проф.;

**О. Б. Мокін**, к. т. н., доц.;

**О. А. Жуков**, асп.

## ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ВІТРОВИХ ДВИГУНІВ І ЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

*Здійснено огляд переважної більшості радянських, вітчизняних та частини закордонних публікацій в галузі вітроенергетики, на основі якого визначено пріоритетні сфери застосування вітрових двигунів з горизонтальною та вертикальною віссю обертання їх роторів та пріоритетні сфери застосування синхронних і асинхронних машин в якості генераторів вітрових електричних станцій.*

### Постановка задачі

Знайомство з науковими публікаціями, поданими у списку літератури до даної статті, дозволяє охопити увесь комплекс питань, що виникають в галузі вітроенергетики, та оцінити досягнуті результати. Із цих публікацій випливає, що ключовими технічними задачами, які потребують розв'язання і передують побудові вітрової електричної станції (ВЕС), яка працює паралельно з електроенергетичною системою (ЕЕС) на спільну систему шин, тобто, системної ВЕС, є задача вибору вітрового двигуна та задача вибору електричного генератора, оскільки задача синтезу системи регулювання комплексу «вітровий двигун—електричний генератор» є похідною від перших двох.

Характерною особливістю більшості розглянутих публікацій є їхня націленість на те, щоб переконати читача, що саме той тип вітрового двигуна, який вибрано автором публікації, є найкращим із усіх відомих, та що саме той тип електричного генератора, який вибрано автором публікації, необхідно використовувати для побудови ВЕС завжди. Причому, якщо в одних публікаціях альтернативні рішення ігноруються за принципом «замовчування», то в інших вони відкидаються на підставі навішування без серйозної аргументації ярликів «не перспективне», або «не знайшло широкої підтримки».

Тож метою, яку поставили перед собою автори цієї статті, є не протиставлення, а пошук сфер застосування для кожного із основних варіантів розв'язання вищеперерахованих задач. Адже це відкриває шлях для подальшого (внутрішнього) дослідження кожного із них без необхідності доводити, що він є абсолютно кращим за інші.

### До питання вибору вітрового двигуна

Почнемо наш аналіз з розгляду питання вибору вітрового двигуна.

Як відомо, у вітрових двигунів є дві основні класифікаційні ознаки: по-перше, у горизонтальній чи у вертикальній площині лежить вісь обертання ротора його вітрового колеса, а по-друге, неруходро прикріплені лопаті вітрового колеса до основи чи у них є можливість повертатись на певний кут відносно площини обертання колеса.

Як з'ясувалось при ознайомленні з науковими роботами, приведеними у бібліографії до даної статті, усі впроваджені в експлуатацію варіанти побудови ВЕС із числа працюючих паралельно з ЕЕС на спільні шини, мають вітрові двигуни з горизонтальною віссю обертання ротора вітрового колеса. Більше того, автори цих робіт стверджують, що лише такий варіант вітрового двигуна і має перспективу для цього класу ВЕС, і відкидають будь-яку можливість використання вітрових двигунів з вертикальною віссю обертання ротора вітрового колеса для побудови системних ВЕС. Але з цим твердженням, яке, фактично, уже набуло статусу постулату, ніяк не можна погоджува-



рові двигуни системних ВЕС необхідно виконувати з можливістю зміни кута повороту лопаті. Адже лише зміною цього кута можна послабити силу  $F_{\text{л}}$  лобового тиску вітрового потоку на вітрово колесо і не допустити поломки лопатей. Однак не лише у цьому випадку регулювання кута повороту лопатей вітрового двигуна ВЕС є доцільним. Воно є доцільним і у місцевостях, де швидкість вітру  $v$  часто знижується до значень, менших 5 м/с, при яких ВЕС зупиняється. У цьому випадку необхідно здійснювати пуск вітрового двигуна ВЕС кожен раз, коли вітер повертається в робочий діапазон швидкостей. І час пуску ВЕС можна суттєво зменшити, якщо асинхронний генератор використати під час пуску як асинхронний двигун, який за рахунок спожитої із ЕЕС електроенергії, пришвидшує розкручування вітрово колеса радіусом  $R$  до синхронної кутової швидкості  $\omega$  обертання ротора, з якої асинхронна машина переходить у режим генерації електричної енергії.

Зазначимо, що на рис. 2, взятому нами з роботи [29], крім уже визначених, інші позначки означають:  $\omega_p R$  — окружна швидкість лопаті;  $W_{\text{в}}$  — швидкість результуючого вітрового потоку, що набігає на лопать;  $\alpha_{\text{л}}$  — кут атаки;  $F_m$  — тягова сила, що породжує обертовий момент;  $F_{\Sigma}$  — результуюча аеродинамічна сила;  $F_x$  — сила аеродинамічного профільного опору лопаті результуючому вітровому потоку;  $F_y$  — аеродинамічна підйомна сила, що діє на лопать.

Тож, як бачимо, навіть, якщо використовується асинхронна машина як генератор електричної енергії, то у багатьох випадках недоцільно кріпити лопаті вітрового двигуна до основи (комеля) ротора жорстко.

### До питання вибору електричного генератора

Усі діючі ВЕС в Україні побудовані з використанням асинхронних машин з короткозамкненим ротором в якості електричних генераторів. Така тенденція привела до того, що в науковому плані дослідження ВЕС ведуться виключно в напрямку використання асинхронних генераторів і доказів того, що ніякі інші типи генераторів конкурувати з ними не можуть.

І дійсно, з позицій підтримки стабільної частоти струму, який віддає в ЕЕС електричний генератор ВЕС, використання асинхронних машин як генераторів вітрових електростанцій є найпривабливішим. Приблизно так само привабливим, як передача електричної енергії над полями і пагорбами на далекі відстані повітряними лініями електропередачі (повітряними ЛЕП). Але, як відомо, для передачі електроенергії на відстань у містах, забудованих висотними будівлями, або по дну морів, повітряні ЛЕП стають непридатними, і виникає необхідність у використанні дорожчих кабельних ЛЕП. Тож і асинхронні генератори з короткозамкненими роторами при всій своїй геніальній простоті і привабливості в багатьох випадках можуть програвати синхронним генераторам в якості електричних генераторів ВЕС.

Нагадаємо, що для самозбудження асинхронному генератору з короткозамкненим ротором необхідно звідкись брати реактивну енергію — або відбираючи її з ЕЕС, до шин якої підключена системна ВЕС з асинхронним генератором, або з розміщеної поряд батареї силових конденсаторів.

У першому випадку паралельна робота системної ВЕС з ЕЕС буде призводити до додаткових втрат  $\Delta P$  електричної потужності в активному опорі  $R$  ЛЕП за рахунок додаткової складової  $\Delta P_a^p$ , обумовленої проходженням додаткового реактивного струму  $I_p$  по цьому опорі, оскільки за таких умов матимемо

$$\Delta P = I^2 R = \left( \sqrt{I_a^2 + I_p^2} \right)^2 R = (I_a^2 + I_p^2) R = I_a^2 R + I_p^2 R = \Delta P_a^a + \Delta P_a^p, \quad (1)$$

де  $\Delta P_a^a$  — втрати електричної потужності, обумовлені проходженням по активному опорі  $R$  ЛЕП активної складової  $I_a$  струму.

Враховуючи те, що струм намагнічування асинхронних машин з короткозамкнутим ротором може досягати значень навіть до 50 % повного струму в деяких їх типах, і те, що в одній системній ВЕС може бути об'єднано на паралельну роботу до кількох сотень одногенераторних вітроагрегатів, можна зробити висновок, що додаткові втрати  $\Delta P_a^p$  в разі самозбудження асинхронних генераторів ВЕС за рахунок споживання реактивної потужності з шин ЕЕС через ЛЕП можуть досягати економічно помітних значень.

А тому прихильники використання асинхронних машин з короткозамкненим ротором як електричних генераторів ВЕС пропонують встановлювати поряд з ними батареї силових конденсаторів, підключених до зажимів їх статорної обмотки. Це дозволяє отримати необхідну для самозбудження кожної асинхронної машини реактивну енергію безпосередньо від силових конденсаторів, підключених на паралельну роботу з нею. Але у цьому випадку потрібно пам'ятати про додаткові капітальні затрати на встановлення конденсаторних батарей, додаткові експлуатаційні затрати на їх обслуговування і додаткові заходи безпеки у зв'язку з властивістю силових конденсаторів вибухати при їх роботі в режимі частих скидів і накидів навантаження. Крім того, таку кількість силових конденсаторів, яка може знадобитись для живлення реактивною енергією не лише асинхронних генераторів ВЕС, але і споживачів, підключених до її шин, до 70 % яких становлять електроприводи на основі короткозамкнених асинхронних двигунів, може виявитись недоцільним встановлювати за економічними критеріями.

З вищевикладеного само собою випливає, що в районах зі стабільними вітрами і неглибокими їх поривами перевагу у використанні як електричних генераторів ВЕС отримують синхронні генератори, характерною особливістю яких є генерація не лише активної, а й реактивної енергії, потрібної для споживання безпосередньо з шин системної ВЕС. У цьому випадку за рахунок значної інерційності махових мас вітрового двигуна і можливостей регулювати кут  $\varphi_d$  повороту лопаті відносно площини обертання вітрового колеса можна забезпечити кутову швидкість  $\omega_p$  обертання ротора синхронної машини, рівну синхронній кутовій швидкості  $\omega$  без виходу оцінок якості електроенергії за допустимі межі. Авторам цієї статті відомо, що системні ВЕС з синхронними генераторами демонструють стійку і сталу роботу у Данії.

Але й у місцевостях, де дмуть стабільні, але поривчасті вітри, використання синхронних машин як електричних генераторів системних ВЕС теж може бути доцільним, однак у сукупності з перетворювачами змінного струму в постійний та інверторами, що забезпечуватимуть підтримання частоти 50 Гц на вихідних шинах ВЕС. Малогабаритні, але потужні напівпровідникові перетворювачі, які серійно випускаються промисловістю, є уже зараз достатньо надійними і економічно прийнятними за цінами, тож доповнення системної ВЕС ще й блоком перетворення і інвертування помітно не вплине на її вартість і надійність навіть сьогодні, не кажучи уже про близьке майбутнє, у якому навіть за лінійним прогнозом ціни на напівпровідникову техніку суттєво зменшаться, а її надійність зросте. Реактивну потужність, необхідну для стійкої роботи блоку перетворення і інвертування, буде генерувати у цьому випадку сам синхронний генератор ВЕС, який одночасно забезпечуватиме нею і асинхронне навантаження, приєднане до її шин. Перевага цього варіанту стане особливо помітною тоді, коли ціни на блок перетворення і інвертування зрівняються з цінами на батареї силових конденсаторів.

Нині активно розробляються і досліджуються різноманітні конструкції асинхронізованих синхронних генераторів (АСГ), теорія яких створена ще у 60—70 роках минулого століття. І у першу чергу АСГ, які фактично є асинхронними машинами з фазним ротором, в який подається струм від постійного до змінного, частоти, нижчої за 50 Гц, стануть корисними саме у використанні їх як електричних генераторів системних ВЕС, які вимагають частих зупинок і пусків. Допускаючи режими асинхронного пуску і генерації струму частоти 50 Гц зі зміною кутової швидкості обертання вітрового колеса, а також генерації реактивної потужності у зовнішню мережу, АСГ у майбутньому в багатьох вітрових умовах зможуть економічно конкурувати як з асинхронними генераторами з короткозамкненими роторами, доповненими батареями силових конденсаторів, так і з синхронними генераторами, працюючими у сукупності з блоками перетворення та інвертування.

### Висновки

1. Здійснено огляд радянських, вітчизняних та частини зарубіжних наукових публікацій в галузі вітроенергетики, які дають достатньо повне уявлення про стан справ у цій галузі та містять перелік тих задач, що потребують розв'язання.

2. Показано, що вітрові двигуни з вертикальною віссю ротора вітрового колеса можуть знайти таке ж широке застосування для побудови системних вітрових електростанцій, яке нині мають вітрові двигуни з горизонтальною віссю ротора вітрового колеса для розв'язання цього класу задач.

3. Визначено сфери застосування вітрових коліс з лопатями, жорстко прикріпленими до основи (комеля) ротора, та лопатями, які можна повертати на деякий кут стосовно площини обертання вітрового колеса.

4. Показано, у яких випадках синхронні машини як генератори вітрових електростанцій мають переваги перед широко вживаними нині для цих цілей у світовій практиці асинхронними машинами з короткозамкненим ротором.

5. Визначено пріоритетні сфери використання асинхронізованих синхронних машин в якості електричних генераторів вітрових електростанцій у майбутньому.

*Загальний висновок:* досліджувати необхідно усі типи і модифікації вітрових двигунів у сполученні з усіма типами і модифікаціями електричних генераторів змінного струму, оскільки для будь-якого із цих сполучень існує сфера застосування при створенні вітрових електростанцій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамовский Е. Р., Городько С. В., Свиридов Н. В. Аэродинамика ветродвигателей. — Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1987. — 220 с.
2. Агрегат ветроэлектрический АВЭ – 250. Отраслевой каталог 01.99.04-94. — М.: Информэлектро, 1994. — 2 с.
3. Адаптивная аэромеханическая система управления ветротурбиной / А. А. Люшня, В. Г. Лосьев, В. В. Шаповалов, С. А. Храмов // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 1999. — Вып.8. — С. 29—33.
4. Алексеевский Д. Г. Анализ сверхсинхронного режима электрогенерирующей системы на базе машины двойного питания // *Технічна електродинаміка*. — Тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». — 2001. — Ч.2. — С. 83—84.
5. Алексеевский Д. Г., Переверзев А. В. Системная ветроэнергетическая установка на базе сверхсинхронного вентильного каскада // *Труды Международной конф. «Экологически чистая энергия для Крыма»*. — Гурзуф: Крымская республиканская ассоциация «Экология и мир», Center for Save Energy, Крымская академия природоохранного и курортного строительства. — 2001. — С. 50—51.
6. Алексеевский Д. Г., Переверзев А. В. Системная ветроэнергетическая установка на базе сверхсинхронного вентильного каскада // *Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века*. — Симферополь: Экология и мир, — 2001. — С. 360—365.
7. Алексеевский Д. Г., Переверзев А. В., Семенов В. В. Анализ электромагнитных процессов в сверхсинхронном вентильном каскаде // *Техническая электродинамика*. — 1999. — Ч. 2 — С. 9—12.
8. Алексеевский Д. Г., Переверзев А. В., Семенов В. В. Динамические траектории регулирования ветроэлектрогенерирующей системы на базе сверхсинхронного вентильного каскада // *Технічна електродинаміка*, Тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». — 2002 — Ч.2. — С. 14—17.
9. Алексеевский Д. Г. Семенов В. В. Оптимизация рабочего скольжения асинхронных генераторов ветроэлектрических установок на базе сверхсинхронного вентильного каскада // *Техническая электродинамика*. — 2000. — Ч. 8. — С. 81—84.
10. Астахов О. Е., Титов Г. В., Гейко С. П. Опыт эксплуатации стеклопластиковых лопастей для ветроагрегатов // *Труды III международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке» (9—15 сентября 2002)*. — Судак. — 2002. — С. 115—117.
11. Бесконтактный синхронный генератор малой мощности для ветроэлектрической установки / А. И. Яковлев, В. Д. Луцкий, Р. Ч. Ммасси, В. Н. Пашков // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Харьков: ХАИ, 1999. — С. 56—61.
12. Бондаренко Н. Н. Об эффективности управления ветродвигателем путем изменения угла установки лопастей // *Электроэнергетика: Вестник Киевского политехнического института*. Выпуск 25. — Киев: Вища школа, 1988. — С. 34—37.
13. Бондаренко Н. Н. Оптимальная стохастическая система автоматического регулирования угловой скорости ветроколеса ветроэлектрической установки: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Киевский политехнический ин-т — Киев, 1988. — 15 с.
14. Бор К. Практическое руководство по сплайнам. — М.: Радио и связь, 1985. — 304 с.
15. Борисенко М. М., Соколова С. И., Корнюшин О. Г. Исследование климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. — Обнинск: ВНИИ ГМИ-МЦД, 1987. — 50 с.
16. Боян С. К. Емкостное самовозбуждение асинхронного генератора // *Известия академии наук СССР. Энергетика и транспорт*. — Москва. — 1977. — № 2. — С.39—45.
17. Бояр-Созонович С. П. Асинхронные генераторы. Свойства и перспективы // *Электротехника*. — 1990. — № 10. — С. 50—58.
18. Бояр-Созонович С. П. Специальные применения асинхронных генераторов // *Электротехника*. — 1992. — № 6/7. — С. 2—4.
19. Бриль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф. Оцінка показників безвідмовності вітроелектричних пристроїв великої потужності // *Винахідник і раціоналізатор*. — 1999. — № 1—2. — С. 26—28.
20. Бриль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф. Узагальнена модель забезпечення якості проектування і експлуатації вітроелектричних станцій // *Винахідник і раціоналізатор*. — 1999. — № 1—2. — С. 28—29.
21. Бриль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф. Задача компенсації реактивної енергії введених в експлуатацію вітрових електростанцій // *Вітроенергетика України*. — 2002. — № 2. — С. 12—15.
22. Бриль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф. Особливості функціонування промислових вітроелектричних станцій у складі регіональної електросистеми // *Труды III международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке»*, Крым, Судак, 9—15 сентября 2002 г. — Киев: ИТТФ НАНУ. — 2002. — С. 112—113.

23. Брыль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф., Пекур П. П. Енергетична сумісність вітроелектростанцій в складі централізованої електроенергетичної системи // Труды III международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке», Крым, Судак, 9—15 сентября 2002 г. — Киев: ИТФ НАНУ. — 2002. — С. 113—115.
24. Брыль А. А., Васько В. П., Пекур П. П. Система генерирования электрической энергии для ветроэлектрического агрегата мощностью 500 кВт // Энергетика и электрификация. — 1992. — № 1. — С. 48—50.
25. Брыль А. А., Васько В. П., Пекур П. П. Система генерирования электрической энергии на основе асинхронных машин с короткозамкнутым ротором для автономных ветроэлектрических установок // Сб. Регулируемые асинхронные двигатели. — К.: Ин-т электродинамики НАН Украины, 1992. — С. 39—44.
26. Будзяк В. Становление ветроэнергетики в Украине // Энергетика Украины. — 1992. — № 3. — С. 13—17.
27. Важнов А. И. Переходные процессы в машинах переменного тока. — Л.: Энергия, 1980. — 256 с.
28. Васько В. П. Аналіз процесів генерування активної та реактивної потужності вітроелектричною установкою з асинхронним генератором у складі промислових вітроелектростанцій // Технічна електродинаміка. — 2002. — № 5. — С. 64—67.
29. Васько В. П. Влияние уставок регулирования ветроэлектрических установок на эксплуатационные показатели // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Моделювання електронних, енергетичних та технологічних систем». — 1999. — Ч. 1. — С. 38—41.
30. Васько В. П. Керування нестационарними режимами роботи вітроустановок промислових вітроелектричних станцій: Дис... канд. тех. наук: 05.14.08./ Київ. — 2003. — 184 с.
31. Васько В. П. Математична модель ротора вітроустановки як об'єкта керування на основі кубічних сплайнів // Технічна електродинаміка. — 2002. — № 6. — С. 50—56.
32. Васько В. П. Оценка объемов выработки электроэнергии современными ветроустановками в ветровых условиях Крыма // В кн.: Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. — Симферополь: Экология и мир. — 2001. — С. 319—325.
33. Васько В. П. Оценка объемов выработки электроэнергии современными ветроустановками в ветровых условиях Крыма // Материалы международной конференции «Экологически чистая энергия для Крыма», 23—25 апреля 2001 г. — Гурзуф. — 2001. — С. 37—38.
34. Васько В. П. Управление параметрами электроэнергии автономных ветроэлектрических установок // Технічна електродинаміка. — 2002. — № 1. — С. 53—56.
35. Васько В. П. Управление параметрами электроэнергии автономных ветроэлектрических установок // Технічна електродинаміка. — 2002. — № 6. — С. 12—17.
36. Васько П. Ф. Аналіз результатів вимірювань швидкості вітру в південних регіонах України за 1992—2000 роки відповідно до задач вітроенергетики // Технічна електродинаміка. — 2002. — № 1. — С. 56—60.
37. Васько П. Ф. Математическая модель электромеханической системы ветроэлектрической установки для расчета механических переходных процессов // Техническая электродинамика. — 1997. — № 3. — С. 44—50.
38. Васько П. Ф. Нелинейный эффект автостабилизации мощности ветроколеса и способы его реализации при проектировании ветроустановки // Сб. науч. статей «Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии» — Харьков, 1997. — Ч. 1. — С. 100.
39. Васько П. Ф. Питомі характеристики енергетичного потенціалу вітру на території України // Энергетика и электрификация. — 1997. — № 4. — С. 53—55.
40. Васько П. Ф. Системи електромеханічного перетворення енергії вітру: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.14.08 / Інститут електродинаміки НАН України. — Київ, 1998. — 33 с.
41. Васько П. Ф., Брыль А. А., Пекур П. П. Определение технических показателей эффективности использования ветроэлектрических агрегатов в Украине // Энергетика и электрификация. — 1995. — № 2. — С. 48—51.
42. Васько П. Ф., Васько В. П. Динамика нагрузочных режимов работы ветроэлектрической установки, обусловленная порывами скорости ветра // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Том 1. «Вплив вітру на будинки і споруди». — Донецьк. — 2001. — № 4 (29). — С. 140—144.
43. Васьковский Ю. М. Моделювання динамічних режимів нетрадиційних електромеханічних перетворювачів енергії на основі коло-польових методів. Автореф. дис... д-ра техн. наук 05.09.01. — К., 2001. — 36 с.
44. Вашкевич К. П. Аэродинамические характеристики ветродвигателей ветроэлектрических установок // Изв. Академии наук России. Энергетика. — 1997. — № 3. — С. 4—17.
45. Вашкевич К. П. Устойчивость параллельной работы ветроэлектрической станции на сеть бесконечно большой мощности // Промышленная аэродинамика. «Ветродвигатели» / под ред. Г. Х. Сабина. — М.: Оборонгиз, 1957. — № 8. — С. 27—31.
46. Вітроенергетичні установки малої потужності для безперебійного живлення автономних енергоспоживачів // Пропозиція. — 2001. — № 10. — 106 с.
47. Ветроэнергетика / Под ред. Д. де Рензо. — М.: Энергоатомиздат, 1982. — 272 с.
48. Ветроэнергетическая перебазируемая установка «Гюрза» ГР3—10, Класс 0,2—10 кВт: Отраслевой каталог — 01.99.07-95. — М.: Информэлектро, 1995. — 2 с.
49. Ветроэнергетическая установка «Гюрза» ГР3—16 и ГР3—32, Класс 16—32 кВт: Отраслевой каталог — 01.99.08-95. — М.: Информэлектро, 1995. — 2 с.
50. Ветроэнергетические установки «Гюрза» ГР3—50, ГР3—100, ГР3—150, ГР3—200, ГР3—250, Класс 50—250 кВт: Отраслевой каталог — 01.99.09-95. — М.: Информэлектро, 1995. — 1 с.
51. Ветроэлектрические станции / В. Н. Андрианов, Д. Н. Быстрицкий, К. П. Вашкевич, В. Р. Секторов / Под ред. В. Н. Андрианова. — М.: Госэнергоиздат, 1960. — 250 с.
52. Волков М. И. Математичні моделі течій та розрахунків аеродинамічних характеристик ортогональних вітродвигунів: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Нац. техн. університет України «КПІ». — К., 1997. — 42 с.
53. Гентковски З. Трехфазный асинхронный генератор с транзисторным источником реактивной мощности // Техническая электродинамика. — Киев: Ин-т электродинамики НАН Украины, 1996. — №1. — С. 31—35.
54. Гера Б. В. Математичне моделювання відтворення функції швидкості вітру в приземному шарі атмосфери: 36. наук. пр. — К.: ІПМЕ, 2002. — Вип. 12—14 — С. 162—170.

55. ГКД 3.003 – 2000. Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Порядок поставлення на серійне виробництво / Бриль А. О., Васько В. П., Хілько В. А., Шульга В. Г. — Київ: Державний комітет промислової політики України, 2000. — 31 с.
56. ГКД 341.003.001.001-2000. Під'єднання об'єктів вітроенергетики до електричних мереж. Порядок та вимоги / Коробко Б. П., Симонов А. С. та інші. — Строк перевірки 2004 р. — Київ: Мінпаливноенерго України, 2001. — 22 с.
57. ГКД 341.003.001.002-2000. Правила проектування вітрових електричних станцій / Жовмір М. М., Симонов А. С. та інші. — Строк перевірки 2004 р. — Київ: Мінпаливноенерго України, 2001. — 52 с.
58. Голоднов Ю. М., Пиковский А. В. Генераторы для ветровых, малых гидравлических и приливных электростанций // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — 1992. — № 3. — С. 1—99.
59. Голубенко Н. С., Галимов Г. М., Лозовский А. П. Электро-механическое устройство поворота лопастей ветроколеса с горизонтальной осью вращения // Энергетическое строительство. — 1994. — № 1. — С. 37—38.
60. Голубенко М. С., Гембарський О. М., Решетняк М. М. Стан розвитку вітроенергетики в Україні // Энергетика и электрификация. — 2000. — № 12. — С. 36—37.
61. Голубенко Н. С., Цыганов В. А. Опыт разработки, создания и экспериментальной отработки ветроэлектрических агрегатов средней мощности в ГКБ «Южное» // Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии: сб. науч. статей: в 2 ч. — Харьков, 1997. — Ч. 1. — С. 23—24.
62. Денисенко Г. И., Васько П. Ф., Брыль А. А., Некур П. П. Энергетика автономных ветроустановок // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. — 1990. — № 3. — С. 130—135.
63. Денисенко Г. И., Васько П. Ф., Пекур П. П. Стохастическое моделирование параметров ветра для задач ветроэнергетики // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. — 1990. — № 2. — С. 109—115.
64. Денисенко Г. И., Федосенко Л. П., Козловский Г. А. Проектирование и расчет ветроэлектрических станций: Учеб. пособие. — Киев: КПИ, 1986. — 64 с.
65. Денисенко О. Г., Козловский Г. А., Федосенко Л. П. Преобразование и использование ветровой энергии. — Киев: Техника, 1992. — 176 с.
66. Дерзкий В. Г. Аналитический прогноз развития мировой ветроэнергетики // Энергетика и электрификация — 2000. — № 1. — С. 53—56.
67. Дмитриева Г. А., Макаровский С. Н., Хвошинская З. Г. Анализ работы неуправляемой ветроэлектрической установки в автономной энергосистеме // Электричество. — 1998. — № 6. — С. 12—18.
68. Дмитриева Г. А., Макаровский С. Н., Хвошинская З. Г. Результаты моделирования работы неуправляемой ветроэлектрической установки в энергосистеме большой мощности // Электричество. — 1998. — № 8. — С. 19—24.
69. Дорохов А. В., Финкельштейн В. Б. Смягчение электродинамических перегрузок при подключении к сети асинхронных генераторов ветроэлектроагрегатов // Электротехника і електромеханіка. — 2003. — № 2. — С. 24—27.
70. Дорохов А. В. Динамические характеристики асинхронных генераторов при подключении их к сети через демпфирующее сопротивление с последующим его шунтированием // Электротехніка і електромеханіка. — 2003. — № 4. — С. 26—31.
71. Дорохов А. В., Финкельштейн В. Б. Экспериментальное исследование эксплуатационных параметров и характеристик асинхронных генераторов ветроэнергетических агрегатов при экстремальных режимах работы // Праці Інституту електродинаміки НАН України. — 2002. — № 3 (3). — С. 107—112.
72. Дорохов А. В., Финкельштейн В. Б. Токи и моменты асинхронных генераторов ветроэлектроагрегатов в переходном режиме при подключении их к сети // Технічна електродинаміка. — 2003. — № 2. — С. 52—54.
73. Дорохов А. В., Финкельштейн В. Б. Демпфирование ударных токов и моментов при подключении к сети асинхронных генераторов ветроэлектроагрегатов // Электротехніка і електромеханіка. — 2002. — № 2. — С. 39—42.
74. Дорохов А. В., Финкельштейн В. Б. Влияние турбулентности ветра на величину мощности генерируемой ветроэлектроагрегатом // Праці Інституту електродинаміки НАН України. — 2003. — № 1 (4). — С. 89—98.
75. Дорохов О. В. Зниження динамічних перевантажень з метою підвищення надійності асинхронних генераторів вітроелектроагрегатів, які працюють паралельно з мережею: дис... канд. техн. наук: 05.09.01 / Національний технічний ун-т «Харківський політехнічний ін-т». — Х., 2005.
76. ДСТУ 3896-99. Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення. — Київ: Держстандарт України, 1999. — 21 с.
77. ДСТУ 4037-2001. Вітроенергетика. Установки електричні вітрові. Загальні технічні вимоги. — Київ: Держстандарт України, 2001. — 28 с.
78. Еремеев К. Д., Усик Ю. Ф., Холяк Р. И., Чмовж В. В. Экспериментальные исследования масштабной модели ортогонального крыльчатого ветродвигателя трехлопастной компоновочной схемы // Авиационно-космическая техника и технология. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 1999. — Вып. 8. — С. 34—38.
79. Жлобич В. Ф., Орос В. М., Костенко М. М. До методики інженерних розрахунків енергетичних характеристик вітродвигунів довільної форми // Вісн. аграр. науки Причорномор'я. — 1998. — Вип. 3. — С. 119—122.
80. Жовмір М. М., Шульга С. В. До питання про доцільність будівництва вітрових електростанцій в Україні // Енергетика и электрификация. — 2000. — № 4. — С. 36—40.
81. Жовтянский В. А. Удосконалення механізмів енергозбереження у розрізі ринкових перетворень в Україні // Праці Всесвітньої Енергетичної Ради (ВЕР 16—19 травня 2000). — Київ. — 2000. — С. 123—133.
82. Жумабеков К. С., Барбашинова Н. С., Буркитбаев Б. О. Анализ тенденций развития технических решений в ветроэнергетике // Вестн. с.-х. науки Казахстана. — 1990. — № 5. — С. 98—100.
83. Засеев С. Г., Котеленец Н. Ф., Шапиро Л. Я. Статические режимы ВЭУ с синхронным генератором при работе на общую сеть // Труды Всес. научн.-техн. совещ. вопр. проектир., исслед. и пр-ва мощн. турбогенераторов и крупных электр. машин (Тез. докл. Ленинград, 13—15 дек., 1988). — Л., 1988. — С. 18.
84. Зварич В. Н., Мыслович М. В., Сысак Р. М., Федоза А. А., Шульга В. Г. Информационно-измерительная система диагностики ветроэлектрических агрегатов с использованием первичных датчиков, основанных на поверхностных акустических волнах // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Моделювання електронних, енергетичних та технологічних систем». — 1999. — Ч. 1. — С. 42—47.

85. Зміни та доповнення до комплексної програми будівництва вітрових електростанцій // МКР з питань будівництва вітрових електростанцій. — 2000. — 109 с.
86. Зубарев Д. В. Параметрическая настройка системы управления ветроэнергетической установки по результатам моделирования: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.05./ Москва. — 2006. — 18 с.
87. Ковалко М. П., Денисюк С. П. Энергетична безпека — складова національної безпеки України. — Київ: УЕЗ, 1997. — 91 с.
88. Козак Л. Р. Динамика адаптивного ветроколеса и режимы работы ВЕГ–10/60 // Устойчивый Крым. Энергетическая стратегия XXI века. — Симферополь: Экология и мир. — 2001. — С. 382—389.
89. Козин В. С. Повышение аэродинамической эффективности работы ветроустановок: Дис... канд. техн. наук: 05.07.01 Днепропетровск, 2001.
90. Комплексная программа строительства ВЭС в Украине: Постановление кабинета министров Украины от 03.02.97 г. № 37
91. Конеченков А. Е., Матвеев Ю. Ветроэнергетика Украины. Факты и комментарии // Электропанорама. — 2002. — № 5. — С. 50—53.
92. Копейка О. В., Терещенко А. В. Нестационарные аэродинамические характеристики рабочих органов ветроэнергетических установок // Прикладна аеродинаміка: Зб. наук. пр. — Київ: КМУЦА, 1997. — С. 197—203.
93. Копчак Б. Л., Шуфлат А. Р. Дослідження і вибір раціонального режиму підмикання асинхронного генератора вітроенергетичної установки до мережі // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — Львов, 2000. — № 4. — С. 66—70.
94. Красношарпа М. М. Генераторы переменного тока стабильной и регулируемой частоты. — К.: Техніка, 1974. — 164 с.
95. Кравцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветрогенераторы. Учебник. — Х.: Нац. аэрокосм. ун-т. «Харьк. авиац. ин-т.», 2003. — 400 с.
96. Кудря С. О. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії в регіоні // Доповіді першої міжнародної науково-практичної конференції «Наука і вітроенергетика». — Львів, — 2001. — С. 91—95.
97. Кудря С. О., Тучинский В. Г. Основные задачи МНТЦ вітроенергетики НАНУ по науково-технічному супроводу комплексної програми будівництва ВЕС в Україні // Труды III международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». — Судак. — 2002. — С. 32—36.
98. Кукушкин В. И. Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні // Доповіді першої міжнародної науково-практичної конференції «Ветроэнергетика сегодня». — Львів. — 2001. — С. 96—98.
99. Кукушкин В. И. Создание ветроэнергетического направления в промышленности Украины и строительство ветровых электростанций как экологически чистой отрасли промышленности // Труды Третьей международной конференции «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». — Судак. — 2002. — С. 30—32.
100. Лабунец И. А., Голоднов Ю. М., Пиковский А. В. Генераторы для ветровых, малых гидравлических и приливных электростанций // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ. Собр. — Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — 1992—3. — С. 1—99.
101. Лесник А. И., Лищенко А. И., Мазуренко Л. И. Асинхронный вентильный генератор с многофункциональным транзисторным преобразователем. — К.: ИЭД, 1988. — 20 с.
102. Лисенко Ю. А. Порівняльний аналіз ефективності перетворення вітрової енергії у вітроенергетичних установках різних типів // Тр. Тавр. держ. агротехн. акад. — Мелітополь. — 1998. — Вип. 1. — Т. 8. — С. 84—88.
103. Лищенко А. И. Проблемы автономной электроэнергетики и возможные пути их решения. // Техническая электродинамика. — 1990. — № 5. — С.70—77.
104. Лищенко А. И., Лесник В. А., Фаренюк А. П. Автономный асинхронный генератор с емкостным возбуждением при работе на выпрямительную нагрузку. — К.: ИЭД, 1983. — 58 с.
105. Мазуренко Л. И. Асинхронні генератори з вентильним та вентильно-емкісним збудженням для автономних енергоустановок: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Інститут електродинаміки НАН України. — Київ, 2001.
106. Малышев Н. А., Лятчер В. М. Ветроэлектрические станции. — М., 1988. — 165 с.
107. Маслова Н. В. Асинхронный генератор как объект управления в ветроэлектрической установке // Авиационно-космическая техника и технология. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 1999. — Вып. 8. — С. 61—65.
108. Мимокоянц Л. Г., Шакарян Ю. Г. Асинхронизированные синхронные генераторы: состояние, проблемы, перспективы // Электричество. — 1994. — № 3. — С. 1—8.
109. Ммаси Р. Сравнительные характеристики генераторов для ветроэлектрических установок малой мощности: Сборник научных статей: в 5 ч. — Харьков: ХАИ, 1997. — Ч. 1.: Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии. — С. 132—136.
110. Мустафаев Р. И. Динамические режимы электромеханических преобразователей ветроэлектрических установок, работающих на электрическую сеть: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.09.01 / Московский энергетический ин-т. — М., 1990. — 39 с.
111. Мустафаев Р. И. Применение АГ в ветроэлектрических установках // Ветроэнергетические станции. — М.: — 1988. — С. 175—182.
112. Николаев А. В. Разработка и исследование безпазовых электромеханических компонентов ветроэнергетических и вентильно-машинных систем: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.09.01./ Чебоксары. — 2006. — 16 с.
113. О строительстве ветровых электростанций: Постановление кабинета министров Украины от 15.06.94 г. № 415
114. О разработке энергетической стратегии в Украине на период до 2030 года и на дальнейшую перспективу: Распоряжение кабинета министров Украины от 27.02.2001 г. № 42/2001.
115. Олейников А. М., Пильганчук А. В., Гембарский Е. Н. Опыт проектирования и испытания ВЭА мощностью 10 кВт для автономного электроснабжения // Сб. научн. тр. СИЯЭИП. — Севастополь. — 2001. — № 4. — С. 16—20.



116. Олейников А. М., Пильганчук А. В., Загоруйко Л. Л. Автономные ветроэлектродгенераторы малой мощности // Сб. научн. трудов СІЯЭІП. — 1999. — № 1. — С. 77—79.
117. Онищенко Г. Б., Локтева И. Л. Асинхронные вентиляльные каскады и двигатели двойного питания. — М.: Энергия, 1979. — 199 с.
118. Основные показатели качества изготовления и эксплуатации ветроэлектрических установок / Брыль А. А., Васыко В. П., Васыко П. Ф., Кирпатенко И. Н., Пекур П. П. // Авиационно-космическая техника и технология. Сб. науч. трудов. Вып. 8. — Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьковский авиационный ин-т». — 1999. — С. 19—23.
119. Перфилов О. Л., Шаварин В. Н. Некоторые вопросы развития ветроэнергетики // Энергетическое строительство — 1991. — № 3. — С. 29—33.
120. Плахтіна О. Г., Копчак Б. Л. Дослідження систем стабілізації напруги асинхронного генератора з самозбудженням та вибір їх раціонального варіанту // Вестник Харьковского гос. политехнического университета: тем. вып. «Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов». — 2000. — Вып. 84. — С. 161—164.
121. Постников И. М., Новиков А. В., Прокофьев Ю. А. и др. Теория и методы расчета асинхронных турбогенераторов / Под ред. чл.-кор. АН УССР И. М. Постникова, Ин-т электродинамики. — Киев: «Наук. думка», 1977. — 176 с.
122. Прогнозирование мощностных и моментных характеристик ветроколеса с вертикальной осью вращения и различными аэродинамическими профилями рабочих лопастей /А. И. Яковлев, М. А. Затучная, И. Г. Головчинер, А. А. Зайкин // Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразование энергии. — Харьков. — 1997. — С. 111—115.
123. Пиковский А. В. Аналитический обзор. Электрооборудование для ветроэнергетики. — М.: Аналитика, 1991. — 179 с.
124. Пиковский А. В., Титова М. В., Плотникова Г. В. Режимы работы асинхронизированного синхронного генератора в составе ВЭУ // Энергетическое строительство. — 1991. — № 3. — С. 48—50
125. Пинегин А. Л., Рагозин А. А. Режимы работы синхронного ветроэлектрического генератора в энергосистеме // Электричество. — 1994. — № 5. — С. 17—23.
126. Подгуренко В. С. Анализ развития ветроэнергетики в Украине // Энергетика и электрификация. — 2000. — № 2. — С. 40—51.
127. Подгуренко В. С., Бордюгов В. Н. Об ошибочных утверждениях, дискредитирующих ветроэнергетику // Энергетика и электрификация. — 2000. — № 12. — С. 49—53.
128. Плахтына Е. Г., Шакарян Ю. Г., Пиковский А. В., Плотникова Т. В., Рудый Т. В. Математическая модель для исследования динамических режимов ветроэнергетической установки. // Электричество. — 1991. — № 12. — С. 9—15.
129. Подгуренко В. С., Бордюгов Д. Н. Об ошибочных утверждениях дискредитирующих ветроэнергетику // Энергетика и электрификация. — 2000. — № 12. — С. 49—53.
130. Попович Н. П., Коваленко И. Е., Бондаренко Н. Н. Цифровое моделирование системы автоматического регулирования скорости ветроэнергетической установки // Электроэнергетика: Вестник Киевского политехнического института. Выпуск 23. — Киев: Вища школа, 1986. — С. 3—5.
131. Преобразование и использование ветровой энергии / О. Г. Денисенко, Г. А. Козловский, Л. П. Федосенко, А. И. Осадчий / Под ред. Г. А. Козловского. — К.: Техніка, 1992. — 176 с.
132. Радин В. И., Загорский А. Е., Белоновский В. А. Электромеханические устройства стабилизации частоты. — М.: Энергоатомиздат, 1981. — 169 с.
133. Радин В. И., Загорский А. Е., Шакарян Ю. Г. Управляемые электрические генераторы при переменной частоте. — М.: Энергия, 1978. — 150 с.
134. Радин В. И., Шакарян Ю. Г. Генераторные комплексы для ветроэнергетических установок // Изв. АН России. Энергетика. — 1993. — № 3. — С. 19—34.
135. Рогозин А. А., Пинегин А. Л. Параллельная работа с сетью асинхронизированных синхронных ветроэлектрических агрегатов // Электричество. — 1997. — № 2. — С. 8—14.
136. Рогозин А. А., Пинегин А. Л. Сопоставительный анализ условий работы асинхронных и синхронных ветроэлектрических генераторов в энергосистеме // Электричество. — 1996. — № 2. — С. 16—23.
137. Розвинути теорію і розробити методи інтенсифікації процесів перетворення енергії в системах енергопостачання на основі відновлюваних джерел: Звіт з НДР (заключний) / Інститут електродинаміки НАН України. — УкрІНТЕІ; №ДР 0198U008150; Інв. № 0203U000591. — Київ, 2002. — 89 с.
138. Рыков П. А. Аэродинамический расчет ветряка по вихревой теории // Тр. ЦАГИ, № 634, 1947. — С. 1—17.
139. Сабинин Г. Х. Теория и аэродинамический расчет ветряных двигателей // Тр. ЦАГИ, Выпуск 104, 1931. — С. 57—62.
140. Кудря С. А., Кирпатенко И. М., Яценко Л. В., Васыко В. П. Состояние развития ветроэнергетики и малой гидроэнергетики Украины // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Моделювання електронних, енергетичних та технологічних систем». — 1999. — Ч. 1. — С. 32—33.
141. Семенов В. В., Алексеевский Д. Г. Особенности применения сверхсинхронного вентиляльного каскада в ветроэнергетических установках без регулирования углом установки лопастей // Техническая электродинамика. — 1998. — Т. 2 — С. 57—60.
142. Семенов В. В., Алексеевский Д. Г. Применение асинхронного вентиляльного каскада для ветроэнергетических установок, работающих в составе энергосистемы // Труды Научно-практической конференции «Силовая электроника как эффективное средство ресурсоэнергосбережения, создания прогрессивных технологий» (СИЭЛ 97), — Запорожье, 1997. — С. 18—19.
143. Семенов В. В., Алексеевский Д. Г. Разработка вентиляльных ветроэлектродгенераторов на базе асинхронных вентиляльных каскадов // Труды Региональной научно-практической конференции «Энергоэкономия—97».
144. Семенов В. В., Алексеевский Д. Г. Оценка эффективности системных ветроэнергетических установок // Электрический журнал. — 1998. — № 2. — С. 27—31.
145. Смолінський С. Вітряки України // Ватерпас. — 1999. — № 18/19. — С. 56—61.
146. Сиротюк В. М., Воробкевич В. Ю., Сиротюк С. В. Деякі аспекти обґрунтування конструктивних параметрів вітроколосів // С.-г. машини: Зб. ст. — Луцьк. — 1999. — Вип. 5. — С. 246—253.
147. Твайдел Джон, Уэйр Антаки. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. / Под ред. В.А. Коробкова. — М.: Энергоатомиздат. 1990. — 390 с.

148. Тверитин А. В. Использование ветроэнергетических установок в сельском хозяйстве. — М.: ВНИИТЭИСХ, 1985. — 60 с.
149. Тыхевич О. О. Анализ режимов работы ветротурбины при согласовании параметров генератора автономной ВЭУ // *Электротехника і електромеханіка*. — 2002. — № 1. — С. 79—82.
150. Тыхевич О. О. Математическое моделирование ветротурбины при согласовании параметров генератора автономной ВЭУ // *Новини енергетики*. — 2002. — № 10. — С. 59—62.
151. Тыхевич О. О. Согласование параметров электрического генератора с характеристиками ветротурбины // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. — 2000. — Вып. 21. — С. 64—67.
152. Тыхевич О. О. Усовершенствование методики согласования параметров ветротурбины и асинхронизированного синхронного генератора ветроэнергетической установки: Дис... канд. техн. наук: 05.14.08. — Х., 2002. — 189 с.
153. Фатеев В. М. Ветро двигатели и ветроустановки. — М.: Сельхозиздат, 1957. — 536 с.
154. Фатеев Е. М. Ветро двигатели и ветротурбины. — М.: Сельхозгиз, 1957. — 544 с.
155. Фатеев Е. М. Методика определения параметров ветроэнергетических расчетов ветросиловых установок. — М.: Сельхозгиз, 1957. — 120 с.
156. Федосеенко Л. П., Денисенко О. Г., Маргалик С. В. Математическое моделирование и методы оценки ресурсов ветровой энергии в УССР. — К., 1989. — 32 с.
157. Филаретов В. Ф., Кацурич А. А. Разработка системы автоматической стабилизации параметров выходного напряжения автономной ветроэлектрической установки // *Электричество*. — 2001. — № 7. — С. 37—42.
158. Харитонов В. П. Ветроэнергетические ресурсы, состояние и перспективы использования энергии ветра // *Энергетическое строительство*. — 1991. — № 3. — С. 20—24.
159. Хілько В. А. Організація виробництва ліцензійного вітроенергетичного обладнання і будівництво вітрових електростанцій на його основі // *Енергетика і електрифікація*. — 2000. — № 12. — С. 34—35.
160. Хілько В. А. Основні принципи визначення економічної ефективності капітальних вкладень у спорудження вітрових електростанцій // *Енергетика і електрифікація*. — 2000. — № 12. — С. 32—33.
161. Шакарян Ю. Г. Асинхронизированные синхронные машины. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 192 с.
162. Шакарян Ю. Г., Пиковский А. В. Электрооборудование для мощных ветроэлектрических установок // *Энергетическое строительство*. — 1991. — № 3. — С. 46—48.
163. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 200 с.
164. Шефтер Я. И., Рождественский И. В. Ветро насосные и ветроэлектрические агрегаты. — К., 1967. — 260 с.
165. Шидловский А. К. Перспективы использования и проблемы разработки возобновляемых источников энергии на Украине // *Проблемы создания и использования возобновляемых источников энергии*. — Киев: Ин-т электродинамики АН Украины, 1991. — С.3—5.
166. Шидловский А. К., Лищенко А. И., Резцов В. Ф., Мазуренко Л. И. Проблемы преобразования энергии ветроэлектрических установок // *Техническая электродинамика*. — 1993. — № 3. — С. 41—45.
167. Шихайлов Н. А. Развитие ветроэнергетики в Украине // *Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии: Сб. научн. статей: В 2 ч.* — Харьков. — 1997. — Ч. 1. — С. 9—10.
168. Шульга В., Кудря С., Хілько В. Від вітряка до вітроенергетики // *Пропозиція*. — 1998. — № 11. — С. 50—51.
169. Энергия ветра: Оценка технического и экономического потенциала / Л. Ярас, Л. Хоффман, А. Ярас, Г. Обермайер: Пер. с англ. / Под ред. Я. И. Шефтера. — М.: Мир, 1982. — 256 с.
170. Яковлев А. И., Мосина И. И. Энергетические и регулировочные характеристики ветроколес типа Дарье с учетом коэффициента заполнения // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 1996. — С. 264—269.
171. Яковлев А. И., Затучная М. А., Тыхевич О. О. Энергетические характеристики ветротурбин различного типа // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. — 2000. — Вып. 21. — С. 88—91.
172. Яковлев А. И., Затучная М. А., Пашков В. Н. Влияние формы и метода построения лопасти ветродвигателя пропеллерного типа на его энергетические характеристики // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Харьков: ХАИ, 2000. — Вып. 15. — С. 132—135.
173. Яковлев А. И., Затучная М. А. Аэродинамический расчет ветротурбин пропеллерного типа. — Харьков: ХАИ, 2001. — 78 с.
174. Яковлев А. И., Затучная М. А. Расчет ветротурбин с вертикальной осью вращения. — Харьков: ХАИ, 2002. — 56 с.
175. Яковлев А. И. Энергетические и регулировочные характеристики ветротурбин различного типа // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т. — 2000. — Вып. 21. — С. 88—91.
176. Яковлев А. И., Затучная М. А. Энергетические характеристики ветротурбин с вертикальной осью вращения. // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 1998. — Вып. 7. — С. 98—102.
177. Яковлев А. И., Затучная М. А. Рабочие и регулировочные характеристики ветротурбин пропеллерного типа // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 1999. — Вып. 8. — С. 39—43.
178. Яковлев А. И., Ммаси Р. Элементы системы автоматического регулирования возбуждения низкооборотного индукторного генератора для ветроэлектрической станции // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 1998. — С. 38—41.
179. Яковлев А. И., Степанова Г. А., Бояркин А. А. Преобразование и стабилизация напряжения в системе электрогенерирования ветроэлектрической установки // *Авиационно-космическая техника и технология*. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 1999. — Вып. 8. — С.49—51.
180. Яковлев А. И., Паначевский Б. И., Степанова Г. А. Оптимизация емкости конденсаторов возбуждения // *Вестник НТУ «ХПИ»*. — Харьков, 2001. — № 17. — С. 159—160.
181. Яковлев А. И., Ммаси Р. Ч., Бояркин А. А. Автоматическое регулирование возбуждения низкооборотного индукторного генератора для ветроэлектрической установки // *Труды ХАИ «Авиационно-космическая техника и технология»*. — 1998. — № 3. — С. 237—241.

182. Яковлев А. И., Затучная М. А., Тыхевич О. О. Суммарные энергетические характеристики ветроэлектрических установок при вариации аэродинамических и электромеханических параметров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. — 2002. — Вип. 27. — С. 88—93.
183. Янукович В. Ф., Минаев А. А. Перспективы большой ветроэнергетики // *Энергетика и электрификация*. — 2000. — № 5. — С. 1—6.
184. Anderson P. M., Bose Anjan. Stability simulation of wind turbine systems // *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. — 1983. — Vol. PAS 102, № 12. — P. 3791—3795.
185. А. с. 261044 ЧССР, МКИ H02K 12/12. Rotor generatori vetrene elektrarny / Stracos L., Stanicek Z., Rakus I — № 6106 — 86; Заявлено 15.06.86; Опубл. 14.04.89, Бюл. № 9. — 6 с.
186. Asynchron — Generatorren fur Windkraftanlagen // *TAB: Tchn. Bau*. — 1986. — № 12. — S. 856.
187. Checco A., Whithead G. Microprocessor control of a wind turbine generator // 4 th EICI Annu. Conf. Proc.: Ind. Appl. Micropocess., Philadelphia, Pa, 1978. — New York (N. Y.). — 1978. — P. 143—149.
188. David A. Spera. Wind turbine technology: fundamental concepts of wind turbine engineering. — New-York: ASME Press, 1994. — 638 p.
189. European Wind Turbine Catalogue / Thermie Programme Action №WE15. European Commission (DGXVII). — Energy Centre Denmark, 1994. — 64 p.
190. Kentfield J. A. C. Modification, due to gusting, of the performance characteristics of wind-turbines // 21<sup>st</sup> Intersoc. Energy Convers. Eng. Conf. San Diego, Calif., Aug. 25—29, 1986. Vol. 2. — Washington D. C. — 1986. — P. 1247—1252.
191. Patel, Mukund R. Wind and solar power systems. — Boca Raton: CRC Press Corp, 1999. — 351 p.
192. Sorensen Bent. History of, and recent progress in, wind-energy utilization / *Annu. Rev. Energy Environ.* — 1995. — P. 387—424.
193. Schweickardt H., Suchanek V. Stromrichter - Synchrongeneratorsysteme fur Windkraftwerke // *Brown Boweri Mitt.* - 1982. — 69. № 3. — S. 57—64.
194. Velayudhan C., Bundell J. H., Leary B. G. An adaptive rotor resistance controller for WIND-DRIVEN SLIP-RING INDUCTION generator // *IEEC & E '83*, 1983. — P. 114—117.
195. Walker John, Jenkins Nicholas. Wind energy technology. — John Wiley&Sons, 1997. — 163 p.
196. Wind Energy: Information Brochure / German Wind Energy Institute. — Wilhelmshaven: DEWI, 1998. — 87 p.
197. Wind Turbine Generator Systems. Part 13: Measurement of mechanical loads / International Electrotechnical Commission IEC. Technical Specification IEC 61400—13, 1999. — 73 p.
198. Windkraftanlagen Markt. Typen—Technik—Preise. Sonderdruck / Special Report H45852, 2000. — 70 s.
199. Windkraftanlagen Markt: Typen—Technik—Preise. WINKRA—RECOM. — Hannover, 1995. — 24 s.
200. Wolker John, Jenkins Nikolas. Wind energy technology. — John Wiley&Sons, 1997. — 163 p.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Надійшла до редакції 11.12.07  
Рекомендована до друку 27.12.07

**Мокін Борис Іванович** — професор, **Мокін Олександр Борисович** — доцент, **Жуков Олексій Анатолійович** — аспірант.

Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет