**Пекур Павло Петрович. Імовірнісні характеристики навантажувальних режимів роботи вітроелектричних установок з асинхронними генераторами : Дис... канд. наук: 05.14.08 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Пекур П.П. Імовірнісні характеристики навантажувальних режимів роботи вітроелектричних установок з асинхронними генераторами.** – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.08 – перетворювання відновлюваних видів енергії. – Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, 2009.  Дисертація присвячена розробленню стохастичних математичних моделей динамічних навантажень ВЕУ з асинхронними генераторами для визначення імовірнісних характеристик параметрів навантажувального режиму роботи. Удосконалено стохастичну модель турбулентності повітряного потоку в приземному шарі атмосфери. Отримано аналітичний вираз та кількісні оцінки електромеханічної сталої часу ВЕУ. Обґрунтовано використання квазістатичного методу для визначення та дослідження імовірнісних характеристик ВЕУ. Розроблено стохастичні математичні моделі потужності та сили лобового тиску на ротор ВЕУ, визначені імовірнісні характеристики. Основні результати роботи знайшли застосування у конструкторських організаціях та машинобудівних підприємствах при розробці і створенні ВЕУ потужністю 15, 37, 100, 220 і 500 кВт. | |
| |  | | --- | | В дисертаційній роботі вирішено важливу науково-прикладну задачу створення теоретичних основ визначення імовірнісних характеристик параметрів навантажувального режиму роботи ВЕУ в турбулентному повітряному потоці. Отримані імовірнісні математичні моделі, кількісні показники електромеханічної сталої часу та режимні обмеження дозволяють проектувати ВЕУ з врахуванням фактичних випадкових зусиль та навантажень систем ВЕУ, що підвищує надійність, ефективність та ресурс їх роботи.  В роботі одержані наступні наукові та практичні результати:  1. Запропоновано описувати мінливість швидкості вітру в приземному шарі атмосфери безумовним розподілом осереднених на 10-и хвилинному інтервалі значень швидкості вітру та умовним законом розподілу її пульсацій. Такий підхід дозволив більш адекватно описувати динаміку реального повітряного потоку. Умовний розподіл пульсацій швидкості вітру апроксимується функціональним ортогональним рядом, побудованим на основі поліномів Чебишева-Ерміта. Коефіцієнти ряду визначаються через статистичні числові характеристики розподілу експериментальних даних. Перевагою розкладання є збереження статистичних моментів початкової функції розподілу. Встановлено, що нехтування відхиленням розподілу швидкості вітру від нормального при апроксимації щільності імовірності пульсацій швидкості вітру приводить до появи похибки в 12…80%.  2. Удосконалено стохастичну модель турбулентності повітряного потоку в приземному шарі атмосфери на 10-и хвилинному інтервалі осереднення, в якій, на відміну від існуючих моделей, враховуються відхилення функції розподілу швидкості вітру від нормального закону, що дозволило оцінити вплив шорсткості земної поверхні, характеру сталості атмосфери, висоти вимірювання на імовірнісні характеристики навантажувальних режимів роботи ВЕУ і зменшити похибку у їх визначенні. Реалізація стохастичної моделі базується на перетворенні псевдовипадкових чисел, рівномірно розподілених на інтервалі (0, 1), у дискретну послідовність випадкових значень швидкості вітру. Стохастична модель швидкості вітру разом з математичною моделлю динаміки руху електромеханічної системи ВЕУ складають основу для визначення імовірнісних характеристик параметрів навантажувального режиму її роботи методом статистичних випробувань.  3. Отримано кількісні оцінки електромеханічної сталої часу ВЕУ з асинхронними генераторами у навантажувальному режимі роботи паралельно з електричною системою. Числове значення сталої часу залежить від жорсткості механічних характеристик ротора ВЕУ, генератора та сил опору. У діапазоні робочих швидкостей вітру жорсткість механічної характеристики генератора на порядок перевищує жорсткість механічної характеристики ротора ВЕУ і обумовлює практичну сталість електромеханічної сталої часу при зміні кута повороту лопатей як за флюгерного, так і антифлюгерного режимів керування.  14  Для ВЕУ потужністю 4-500 кВт електромеханічна стала часу складає 0,5 – 0,08 с і зменшується з ростом потужності.  4. Обґрунтовано можливість використання квазістатичного методу для дослідження та визначення імовірнісних характеристик параметрів навантажувального режиму роботи ВЕУ з асинхронними генераторами. Це обумовлено тим, що інтервал кореляції швидкості вітру на 1-2 порядки перевищує електромеханічну сталу часу ВЕУ. Таке співвідношення свідчить про практично безінерційне відпрацювання електромеханічною системою змін швидкості вітру, а визначення імовірнісних характеристик зводиться до нелінійних безінерційних перетворень.  5. Розроблено стохастичну математичну модель сили лобового тиску на ротор ВЕУ. Математична модель являє собою систему нелінійних параметричних рівнянь, що визначає зв`язок між щільностями імовірностей і розподілами швидкості вітру та сили лобового тиску з врахуванням нелінійності аеромеханічної характеристики. Стохастичні характеристики випадкового процесу зміни сили лобового тиску дозволили визначити імовірність перевищення її миттєвим значенням заданого рівня та тривалість цього перевищення, що надає можливість з`ясувати закономірності накопичення утомних пошкоджень та виконати розрахунки на циклічну довговічність лопатей, башти та фундаменту ВЕУ.  6. Розроблено стохастичну математичну модель потужності ВЕУ, яка являє собою систему нелінійних параметричних рівнянь, що встановлюють зв`язок між щільністю імовірності і розподілом швидкості вітру та щільністю імовірності і розподілом потужності ВЕУ. Модель враховує неоднозначність та немонотонність функціональної залежності потужності ВЕУ від швидкості вітру. Імовірнісні характеристики потужності дозволили встановити співвідношення тривалості періодів роботи з повним і частковим навантаженням, величину та тривалість перевантаження генератора, тривалість роботи в режимі двигуна та величину споживаної при цьому енергії. Для ВЕУ-220 за номінальної швидкості вітру (vн=11 м/с) на оптимальних кутах повороту лопатей (л= 0…1о) імовірність перевантаження генератора при передавальному числі мультиплікатора kм = 31,5 складає 50…55%. Зміна передавального числа мультиплікатора з 31,5 на 50,0 приводить до аеродинамічної стабілізації потужності. Нехтування відхиленням розподілу швидкості вітру від нормального при визначенні тривалості роботи генератора в режимі двигуна приводить до похибки в 35%.  7. Встановлено, що імовірнісні оцінки участі ВЕУ у покритті максимуму навантаження електричної системи в грудні-січні місяцях практично однакові для періодів тривалістю 62, 45 та 30 діб. Середня потужність ВЕУ у зазначені періоди складає 27…30% від номінального значення, а імовірність простоїв – 26…31%.  8. Результати дисертаційної роботи знайшли застосування у конструкторських організаціях та машинобудівних підприємствах при розробці і створенні вітчизняних ВЕУ потужністю 15, 37, 100, 220 і 500 кВт. Результати  15  роботи рекомендуються для подальшого використання на підприємствах і організаціях, що займаються проектуванням, будівництвом і експлуатацією вітроелектричних установок (КБ «Південне», м.Дніпропетровськ; «Укренергомережпроект», м.Харків; «Кримдіпроводгосп», м.Сімферополь; підприємствах Мінпромполітики України та промислових ВЕС). | |