

Міністерство палива та енергетики  
України  
Галузевий інформаційний документ

---

# Правила

## проектування вітрових електричних станцій

ГКД 341.003.001.002-2000



Київ  
2000

ГАЛУЗЕВИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ ДОКУМЕНТ

# **Правила**

## **проектування вітрових електричних станцій.**

**ГКД 341.003.001.002-2000**

Київ  
Міністерство палива та енергетики  
України  
2000

Передмова

- 1 РОЗРОБЛЕНО** Державним науково-дослідним і проектно-конструкторським інститутом нетрадиційної енергетики та електротехніки (ДНДІ НЕЕ)
- Державним проектно-вишукувальним і науково-дослідним інститутом "Укренергомережпроект",
- ВАТ "Укргідропроєкт"
- 2 ВИКОНАВЦІ** М.М. Жовмір, А.С. Симонов,  
В.М. Ковецький, С.В. Шульга,  
В.В. Новиков, Л.К. Бонєцький,  
І.П. Власов, В.О. Нейман,  
В.О. Шевченко, Р.Є. Кануннікова,  
В.Е. Хазін, Л.М. Штабський,  
В.І. Севастьянов, М.М. Чепурний
- 3 УЗГОДЖЕНО** Міністерством промислової політики України,
- Державним комітетом України по водному господарству,
- Підприємством "Уіндснерго ЛТД"
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО** Міністерством палива та енергетики України
- 6 ВВОДИТЬСЯ ВПЕРШЕ**
- 5 СТРОК ПЕРЕВІРКИ** 2004 рік

# Зміст

	С.
1 Галузь використання	1
2 Нормативні посилання	1
3 Визначення	4
4 Позначення і скорочення	4
5 Генеральний план	6
6 Архітектурно-будівельні рішення	9
7 Оцінка впливу на навколишнє середовище	10
8 Технологічна частина	11
8.1 Основне і допоміжне устаткування	11
8.2 Розташування ВЕУ на площадці	15
8.3 Система керування, контролю і діагностики	16
8.4 Показники надійності ВЕС	19
8.5 Експлуатаційні показники ВЕС	20
8.6 Особливості проєктування дослідно-промислових ВЕС	24
9 Електротехнічна частина	24
9.1 Головні схеми електричних з'єднань	24
9.2 Схеми концентрування потужності ВЕУ для видачі в енергосистему	26
9.3 Схеми електричних з'єднань власних потреб	28
9.4 Керування, сигналізація, автоматика	29
9.5 Облік електроенергії	29
9.6 Центральна підстанція, зв'язок з енергосистемою	30
9.7 Підстанція вітроелектричних модулів	32
9.8 Електричні розрахунки	32
9.9 Розподільні пристрої та підстанції, допоміжні споруди	33
9.10 Засоби диспетчерського, технологічного зв'язку і телемеханіки	33
9.11 Захист від блискавки	34
10 Пожежна безпека і протипожежний захист	35
11 Організація експлуатації, технічного обслуговування і ремонту	36
12 Принципові рішення щодо організації будівництва	38
13 Загальностанційні засоби	39
14 Інженерно-технічні засоби охорони об'єкта	40
Додаток А. Вплив спутних струменів	42
Додаток Б. Радіальна схема мережі 0,4 кВ	45
Додаток В. Модульно-радіальна схема мережі 10 кВ	46
Додаток Г. Модульно-магістральна схема мережі 10 кВ	47
Додаток Д. Схема принципова електрична ЦПС 35(110)/10 кВ ВЕС потужністю до 20 МВт	48
Додаток Е. Схема принципова електрична ЦПС 35(110)/10 кВ ВЕС потужністю від 20 до 45 МВт	49
Додаток Ж. Схема принципова електрична ЦПС 110/10 кВ ВЕС потужністю від 45 до 70 МВт	50
Додаток К. Література	51

---

ПРАВИЛА ПРОЕКТУВАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ  
СТАНЦІЙ

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СТАНЦИЙ

---

Чинний від 2000-08-01

1 Галузь використання

1.1 Дія цього нормативного документу (НД) "Правила проектування вітрових електричних станцій" (далі - Правила) поширюється на мережні ВЕС, що споруджуються заново або розширюються, а також на ВЕС, що реконструюються і модернізуються.

1.2 Цей НД встановлює основні положення щодо прийняття рішень при проектуванні вітрових електричних станцій (ВЕС).

1.3 Цей НД доповнює чинну нормативну базу вимогами, що враховують специфіку та особливості створення ВЕС. Всі інші вимоги до об'єктів ВЕС, не обговорені в цих Правилах, повинні відповідати чинним нормативним документам.

1.4 Положення НД є обов'язковими для проектних, експлуатуючих і ремонтних організацій, що беруть участь у створенні ВЕС, незалежно від форм власності.

1.5 Особливості проектування дослідно-промислових ВЕС викладені в окремому розділі цих Правил.

1.6 Технічні вимоги, що відносяться до елементів ВЕС 10 кВ, рівною мірою поширюються на елементи 6 кВ, якщо інше не обговорено в тексті Правил.

2 Нормативні посилання

У цьому НД є посилання на наступні нормативні документи:

- ГОСТ 13109 - 97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения;
- ДСТУ 2860 -94 Надійність техніки. Терміни та визначення;
- ДСТУ3896-99 Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки і вітро-електричні станції. Терміни і визначення;
- ДСТУ... Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Загальні технічні вимоги;
- СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий;
- СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия;

- СНиП 2.01.02-85\* Противопожарные нормы;
- СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений;
- СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги;
- СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий;
- СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения;
- СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- СНиП 2.08.02-89 Общественные здания и сооружения;
- СНиП 2.09.02-85\* Производственные здания;
- СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий;
- СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания;
- СНиП 2.09.07-87 Нормы проектирования мобильных зданий;
- СНиП II-12-77 Защита от шума;
- ДБН А.3.1-3-94 Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Основні положення;
- ДБН А.2. 2-1-95 Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування;
- ДБН 360-92\* Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень;
- ДБН А.3.1-5-96 Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва;
- ДБН В.2.5-13-98 Пожежна автоматика будівель і споруд;
- ДБН В.2.5-179-99 Определение размеров земельных участков для объектов электрических сетей;
- ГКД 34.03.105-99 Перечень помещений и зданий энергетических предприятий Минэнерго Украины с указанием категорий и классификации зон по взрывопожарной безопасности;
- ГКД 34.09.453-96 Розрахунок показників надійності для електростанцій, мереж і енергокомпаній. Методика;
- ГКД 34.51.101-96 Інструкція з вибору та експлуатації зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міністерства Енергетики України;
- ГКД 340.000.001-95 Определение экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. Методика. Общие методические положения;
- ГКД 341.004.001-94 Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ;
- ГКД 341.004.002-94 Норми технологічного проектування повітряних ліній електропередач 0,38-750 кВ. Проводи ліній електропередачі 35-750 кВ. Міністерство Енергетики України, Київ, 1994;
- ГКД.... Вітроенергетика. Площадки для вітрових електричних станцій. Вимоги щодо відбору (у стадії розробки);
- ГКД 341.003.001.001-2000 Під'єднання об'єктів вітроенергетики до електричних мереж. Порядок і вимоги;

- ГКД... Площадки для вітрових електростанцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру (у стадії розробки);
  - ГКД 341.003.004.001-2000 Техніко-економічне обґрунтування інвестицій у будівництво вітрових електростанцій;
  - ГКД... Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Порядок постановки на серійне виробництво (у стадії розробки);
  - ГКД 341.003.003.001-2000 Вітрові електричні станції. Вимоги до обсягів приймальних випробувань, комплектації документацією і технічними засобами;
  - ГКД..... Організаційні структури вітрових електростанцій. Рекомендації (у стадії розробки);
  - ГКД..... Нормативи чисельності працівників вітрових електростанцій (у стадії розробки);
  - Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки №3077-84;
  - РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Госстрой СССР;
  - СН 441-72\* Указание по проектированию ограждений площадок и участков предприятий, зданий и сооружений;
  - Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 6-ое, переработанное и дополненное, Минэнерго СССР, Москва, Энергоиздат, 1987;
  - ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. Держнаглядохоронпраці України. Київ, 1998;
  - Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено Управлінням Державної пожежної охорони МВС України, зареєстровано в Мініюсті України 14.07.1995 р., № 219/755;
  - ОНТП 24-86 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности;
  - Правила технической эксплуатации ВЭС. Дополнение к правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей (в стадии утверждения).
- При проєктуванні ВЕС, поряд з даним НД та згаданими нормативними документами, необхідно керуватися законодавством України та іншими нормативними документами, у тому числі:
- земельним, водним і лісовим законодавством;
  - законодавством про охорону навколишнього природного середовища, атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу, про надра, природно-заповідний фонд і т.д.;
  - законодавством про працю;
  - законодавством про пожежну безпеку;
  - санітарними нормами проєктування промислових підприємств;
  - державними будівельними нормами;
  - відомчими будівельними нормами.

### 3 Визначення

У цьому НД застосовуються наступні терміни і визначення:

3.1 Площадка будівництва – ділянка, на якій розміщуються всі основні допоміжні будівлі і споруди ВЕС. Площадка містить у собі територію, на якій розміщуються вітроелектричні установки (ВЕУ), відкриті або закриті електричні розподільні пристрої, лінії електропередач, управління і зв'язку, автомобільні дороги, будівлі допоміжного призначення.

3.2 Дослідно-промислова ВЕС – вітрова електрична станція, що включає, як правило, три - шість ВЕУ, об'єднаних у єдиний енергетичний комплекс, що функціонує самостійно як енергогенеруючий об'єкт, призначений для промислового освоєння і перевірки техніко-економічних характеристик основного устаткування.

3.3 Вітроелектричний модуль (ВЕМ) – група ВЕУ, що працюють на спільний канал видачі електроенергії.

3.4 Спутний струмінь – збурений вітровий потік за ВЕУ або іншими спорудами, що є перешкодою, внаслідок взаємодії з якими змінюються характеристики вітрового потоку.

3.5 Затінення ВЕУ – ефект зменшення потужності і, як наслідок, виробітку електроенергії окремою ВЕУ або групою ВЕУ в складі ВЕС, що розташовуються в зоні спутних струменів.

3.6 Робоча потужність ВЕС – максимальна величина потужності, яку ВЕС спроможна видавати в енергосистему з урахуванням зупинення ВЕУ для проведення планових і аварійних ремонтів.

3.7 Коефіцієнт ремонтних технологій – відношення робочої потужності ВЕС до її встановленої потужності.

3.8 Енергорайон – район електричних мереж та інших енергетичних об'єктів, що входять до складу даної енергосистеми, у мережі якого видається генерована потужність.

Інші терміни і визначення, що стосуються ВЕУ і ВЕС, прийняті відповідно до ДСТУ3896.

### 4 Позначення і скорочення

#### 4.1 Позначення

$W_p$	–	річне потенційне виробництво електроенергії окремо розташованою ВЕУ, кВт·год
$P_i$	–	потужність ВЕУ при швидкості вітру $V_i$ , кВт
$T_i$	–	тривалість швидкості вітру $V_i$ протягом року, год.
$n$	–	кількість градацій швидкості вітру
$V_i$	–	швидкість вітру поточна, м/с
$W_r$	–	річне виробництво електроенергії групою ВЕУ, кВт·год
4		



$m$	—	кількість ВЕУ в групі
$K_z$	—	коефіцієнт затінення
$K_{гУ}$	—	коефіцієнт готовності групи ВЕУ
$W_{ВЕС}$	—	річне виробництво електричної енергії на ВЕС, кВт·год
$K_{г}$	—	коефіцієнт готовності станційного устаткування
$k$	—	кількість груп ВЕУ
$W_T$	—	проектний річний відпуск електроенергії від ВЕС, кВт·год
$W_{тв}$	—	технологічні втрати електроенергії на ВЕС, кВт·год
$W_{со}$	—	споживання електроенергії на власні потреби основного устаткування ВЕС, кВт·год
$W_{сд}$	—	споживання електроенергії на власні потреби допоміжного устаткування ВЕС, кВт·год
$K_H$	—	коефіцієнт використання номінальної потужності ВЕС та ВЕУ, відповідно
$K_{HBEU}$	—	номінальна потужність двохобмоточного трансформатора, кВА
$S_{ном}$	—	робоча потужність ВЕС, кВт
$P_p$	—	коефіцієнт потужності
$\cos\phi$	—	загальна кількість ВЕУ, установлених на ВЕС
$N$	—	номінальна потужність ВЕУ, кВт
$P_{HBEU}$	—	коефіцієнт ремонтно-технологій
$K_{рт}$	—	сумарна номінальна потужність ВЕУ, що з'єднуються в модуль, кВт
$P_{HBEU}$	—	

#### 4.2 Скорочення

НД	—	нормативний документ
ВЕМ	—	вітроелектричний модуль
КЛ	—	кабельна лінія
ЦПК	—	центральний пункт керування
ЦПС	—	центральна підстанція електрична
ПЛ	—	повітряна лінія електропередачі
СВК	—	службово-виробничий корпус
ОВНС	—	оцінка впливів на навколишнє середовище
АСКТП	—	автоматизована система керування технологічним процесом
АБЖ	—	агрегат безперебійного живлення
РПН	—	регулювання напруги під навантаженням
АСКП	—	автоматизована система керування підприємством
СДАЗ	—	система діагностики і аварійної зупинки ВЕУ
АЧР	—	автоматичне частотне розвантаження
ПС	—	підстанція електрична
ПСП	—	повітряний струмопровід
ОПН	—	обмежувач перенапруг
АВР	—	автоматичне включення резерву

ПУЭ	–	Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 6-ое, переработанное и дополненное, Минэнерго СССР, Москва, Энергоиздат, 1987
КТП	–	комплектна трансформаторна підстанція
РП	–	розподільний пристрій
КРП	–	комплектний розподільний пристрій
ВРП	–	відкритий розподільний пристрій
БТО	–	бригада технічного обслуговування

Інші скорочення прийняті відповідно до ДСТУ 3896.

## 5 Генеральний план

5.1 Проектування ВЕС здійснюється на площадках, вибраних при розробці техніко-економічного обґрунтування інвестицій у будівництво ВЕС згідно з ГКД 341.003.004.001 і які відповідають вимогам ГКД... (Вітроенергетика. Площадки для вітрових електричних станцій. Вимоги щодо відбору).

5.2 При komponуванні генерального плану ВЕС не рекомендується розміщати ВЕУ поблизу елементів ландшафту, що відносяться до другого і третього класу шорсткості. Класифікація і характеристика елементів ландшафту наведена у ГКД... (Вітроенергетика. Площадки для вітрових електричних станцій. Вимоги щодо відбору).

5.3 Генеральний план ВЕС включає комплекс основних, допоміжних і підсобних будівель і споруд, транспортних і технологічних комунікацій.

5.3.1 Основні споруди ВЕС призначені забезпечувати перетворення кінетичної енергії вітру в електричну енергію, передачу її від генераторів до місця приєднання до енергосистеми. До основних споруд ВЕС відносяться:

- вітроелектричні установки (ВЕУ);
- метеопост або декілька метеопостів;
- центральний пункт керування із системами керування, контролю і діагностики;
- розподільні електричні пристрої і підстанції;
- кабельні і повітряні лінії електропередач.

5.3.2 Допоміжні споруди ВЕС забезпечують нормальне і безперебійне функціонування основних споруд. До них, як правило, відносяться:

- службово-виробничий корпус;
- пункти із засобами для зв'язку в межах території ВЕС;
- пункти із засобами і лініями для зв'язку ВЕС з диспетчерським пунктом енергосистеми.

5.3.3 До будівель і споруд підсобного призначення відносяться:

- складські приміщення;
- приміщення для збереження інвентарю;
- приміщення для відпочинку персоналу;

- приміщення охорони;
- гаражі транспортних і вантажопідйомних засобів;
- ремонтні майстерні.

5.3.4 Склад допоміжних і підсобних споруд може уточнюватися для кожної конкретної ВЕС.

5.4 При розміщенні площадки ВЕС на єдиній території рекомендується об'єднувати ВЕУ в модулі по декілька штук, кількість яких визначається як їхньою одиничною потужністю, так і пропускнуою спроможністю вибраних трансформаторних підстанцій.

5.5 При компонованні генерального плану ВЕС необхідно забезпечити єдині канали зручних виходів ліній для видачі електричної потужності в енергосистему у заданих напрямках.

5.6 У випадку розміщення ВЕС на декількох розташованих окремо площадках (грядах пагорбів, ділянках, непридатних для сільськогосподарського використання, і т.д.) об'єднання ВЕУ в модулі може здійснюватися за територіальним принципом. При цьому можуть створюватися декілька каналів видачі потужності в енергосистему.

5.7 Компоновання генерального плану ВЕС повинне забезпечувати:

- одержання найбільшого виробництва електроенергії при вибраних типах ВЕУ;
- мінімальні капітальні вкладення у спорудження ВЕС;
- мінімально необхідні площі відведення земель у постійне і тимчасове користування;
- сприятливі умови для організації поточного і поетапного будівництва ВЕС.

5.8 При розробці компоновки генеральних планів ВЕС необхідно враховувати вимоги СНиП II. 89 і додаткові вимоги, зумовлені специфікою ВЕС:

- ВЕУ мають відносно невелику одиничну потужність і розміщуються на значних територіях для зниження ефекту взаємного вітрового затінення;
- влаштування технологічних автомобільних під'їздів до кожної ВЕУ, необхідних за умовами їх експлуатації;
- будівництво кабельних ліній електропередач (КЛ) від кожної ВЕУ до розподільних пристроїв, а також повітряних або кабельних ліній – для зв'язку з енергосистемою;
- обсяг будівельно-монтажних робіт незначний і відносно мала тривалість їх виконання;
- можливість введення ВЕС в експлуатацію малими пусковими комплексами.

5.9 При компонованні генеральних планів ВЕС необхідно також забезпечувати:

- розташування основних будівель і споруд ВЕС з урахуванням природного рельєфу і переважаючих напрямків вітру;

- розміщення центрального пункту керування і контролю (ЦПК) і центральної підстанції (ЦПС), по можливості, у центрі розміщення електрогенеруючих потужностей ВЕУ;

- максимальне блокування будівель і споруд у поєднанні з їх малоповерховістю;

- необхідну кількість і місця розташування метеопостів;

- при розташуванні ВЕС у розвинутих енергосистемах, поблизу промислових підприємств і міст, доцільно розглядати можливість кооперації у використанні мережного устаткування і мережних споруд, ремонтних майстерень і складських приміщень з енергообслуговуючими або промисловими підприємствами;

- достатнє віддалення ВЕУ і підстанцій від житлових будинків населених пунктів та інших об'єктів відповідно до вимог глав по санітарії СНиП II-12, СНиП II-89, СНиП 2.04.05;

- вертикальне планування зі збереженням природних ландшафтів і відводом дощових вод і вод снігу, що тане;

- умови, що забезпечують безпечне обслуговування об'єктів ВЕС за рахунок нормативної ширини і якості внутрішніх автодоріг і розворотних площадок на них; пішохідних доріжок і захисних бар'єрів у зонах постійного перебування обслуговуючого персоналу, а також встановлення попереджувачих знаків у небезпечних зонах (зонах можливого розльоту лопатей при аваріях, місцях встановлення обладнання, що знаходиться під напругою, і т.д.);

- розміщення під'їзних і внутрішніх автодоріг, повітряних ліній електропередач, кабелів електричних, зв'язку і керування в одній смузі відводу землі і трасування їх, по можливості, без порушення діючих меж сільськогосподарських угідь.

5.10 У постійне користування під площадку ВЕС відводяться, як правило, землі, на яких розміщуються ВЕУ, метеопости, трансформаторні підстанції, опори повітряних ліній електропередач (ПЛ), внутрішні автодороги, комплекс допоміжних і підсобних будівель і споруд ВЕС. Відведення землі в постійне користування здійснюється відповідно до ДБН В.2.5-179, при цьому для ВЕУ приймається норматив як для опор ПЛ 110-750 кВ.

5.11 У тимчасове користування для ВЕС виділяються смуги землі, призначені для розміщення підземних кабельних електромереж, мереж зв'язку і керування, а також територія, необхідна для розміщення монтажних площадок на період виконання будівельно-монтажних робіт. Відведення земель у тимчасове користування здійснюється послідовними ділянками в міру виконання будівельно-монтажних робіт.

5.12 Після завершення будівельно-монтажних робіт тимчасово відведені території підлягають рекультивації і повертаються колишнім землекористувачам.

5.13 При проектуванні плану організації рельєфу ВЕС варто передбачати найменший обсяг земляних робіт і мінімальне переміщення ґрунту в межах ділянки, що освоюється.

Відведення стоку поверхневих вод здійснюється системою водовідвідних споруд (кювети, лотки, нагірні канали, труби та ін.) у понижені місця рельєфу.

Ухили поверхні площадки приймаються відповідно до СНИП II-89.

5.14 При проектуванні розділу щодо благоустрою та озеленення території ВЕС слід керуватися СНИП II-89 і ДБН 360 з урахуванням необхідності забезпечення мінімальних збурень вітрового потоку шляхом використання для озеленення газонів, низькорослих чагарників, а в обґрунтованих випадках шляхом видалення існуючих дерев або зниження їхньої висоти.

5.15 На площадці ВЕС може огорожуватись тільки територія, на якій розташовуються допоміжні і підсобні будівлі і споруди. Проектування огорожень здійснюють відповідно до СН 441, при цьому зона розміщення ВЕУ та окремі ВЕУ, як правило, не огорожуються, а територія між ними може використовуватися у сільськогосподарських цілях. При виборі типу огорож, по можливості, рекомендується використовувати сітчасті.

5.16 Для виконання усіх видів будівельно-монтажних робіт, переміщення обладнання та установок, а також технічного обслуговування і ремонтів, як правило, перевагу слід надавати автотранспортним засобам (автотягачі, трейлери, підйомачі та ін.).

5.17 Підйомно-транспортні засоби рекомендується розміщувати у виробничій частині допоміжних споруд ВЕС.

5.18 На площадці ВЕС повинні бути передбачені місця для розміщення ємкостей для збору і зберігання відходів матеріалів від ремонтних і профілактичних робіт, відходів життєдіяльності персоналу ВЕС, а в проекті визначений спосіб їхньої утилізації (вивіз або захоронення і т.п.).

## 6 Архітектурно-будівельні рішення

6.1 Конструктивні рішення будівель і споруд ВЕС, включаючи фундаменти ВЕУ, повинні відповідати ступеню відповідальності для другого класу відповідно до СНИП 2.01.07 з урахуванням вимог розробника ВЕУ.

6.2 Ступінь відповідальності ВЕУ (включаючи опору, гондолу, ротор) встановлюється розробником ВЕУ.

6.3 Влаштування фундаментів устаткування, будівель і споруд ВЕС необхідно виконувати з урахуванням фізико-механічних, деформаційних показників і показників міцності ґрунтів, отриманих у результаті інженерно-геологічних вишукувань.

6.4 Розрахункові навантаження та їх сполучення для проектування фундаментів ВЕУ задаються розробником установки.

6.5 Вибір типу фундаментів повинний відповідати вимогам СНИП 2.02.01 і здійснюватися на підставі техніко-економічного порівняння варіантів. Вибрані фундаменти повинні витримувати вібрації від динамічних навантажень ВЕУ і не допускати передавання вібрації на конструкції будівель і споруд, що знаходяться поблизу.

6.6 Для об'єктів ВЕС рекомендується застосовувати конструкції згідно з галузевими і регіональними каталогами, при цьому слід використовувати місцеві будівельні і оздоблювальні матеріали.

6.7 Об'ємно-планувальні рішення службово-виробничого корпусу (СВК) повинні задовольняти вимогам технології і промислової естетики, забезпечувати нормальні санітарно-побутові умови для адміністративного, оперативного, ремонтного персоналу, а також для перебуваючих у відрядженні. Рекомендується передбачати резервні площі у СВК для можливого розширення ВЕС.

6.8 ЦПК слід розміщати в приміщеннях з максимальною площею застелення для природного освітлення та огляду площадки ВЕС.

6.9 При проектуванні систем опалення, вентиляції і кондиціонування слід передбачати заходи щодо зниження споживання електричної енергії. У зазначених системах рекомендується передбачати теплоаккумулятори, що забезпечують споживання переважно власної енергії від ВЕС і мінімізацію її споживання з енергосистеми.

## 7 Оцінка впливу на навколишнє середовище

7.1 Проектна оцінка впливу будівництва та експлуатації ВЕС на навколишнє середовище (розділ ОВНС) повинна розроблятися відповідно до вимог ДБН А.2.2-1. Обсяг і зміст матеріалів ОВНС визначаються у кожному конкретному випадку при підготовці і представленні в органи місцевої влади "Заяви про наміри" (за участі місцевих органів виконавчої влади в галузі охорони навколишнього середовища).

7.2 Використання території поза ВЕС для вирощування сільсько-господарських культур, сінокошу, випасу худоби та інших видів сільськогосподарської діяльності не обмежується. Обмеження на використання цієї території для ведення лісового господарства і садівництва можуть установлюватися виходячи із вітрового затінення ВЕУ на ВЕС, що спричиняють такі насадження.

7.3 При розробці розділу ОВНС необхідно враховувати дані місцевих органів виконавчої влади у сфері охорони навколишнього середовища про екологічну цінність території, у тому числі про наявність рідкісних або таких, що зникають, видів рослин і тварин, про шляхи міграції птахів і т.д.

7.4 При проектуванні ВЕС, що має у своєму складі більше трьох ВЕУ, необхідно силами спеціалізованої організації орнітологічного профілю здійснити посезонні спостереження за міграцією птахів.

7.5 За рекомендацією спеціалізованої організації рекомендується передбачати заходи, що запобігають шкоді орнітофауні за рахунок покриття лопатей флуоресцентними фарбами, встановлення звукових сигналів, що відлякують птахів, підсвічування опор і лопатей ВЕУ у нічні години, під час туманів та при інших умовах недостатньої видимості.

7.6 При проектуванні ВЕС необхідно провести розрахунок рівня шуму і частотного спектра, що будуть спостерігатися в найближчому населеному пункті або будинку. Доцільним є моделювання шумового впливу при різноманітних варіантах розташування ВЕУ на площадці ВЕС для населених пунктів, розташованих на відстані менше 1 км від ВЕС.

7.2 Прогнозований рівень шуму в населеному пункті не повинен перевищувати допустимого рівня, встановленого "Санитарними нормами допустимого шуму в помешаннях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки №3077".

7.8 У курортній або густонаселеній місцевості слід прагнути до того, щоб ВЕУ не порушували мальовничість пейзажу.

7.9 Споруди та устаткування ВЕС є перешкодами для польотів повітряних суден. Денне маркірування і світлоогородження об'єктів ВЕС слід проектувати відповідно до вимог [8] за погодженням з органами державного нагляду за використанням повітряного простору України.

7.10 При погодженні проекту крупної ВЕС доцільно використовувати фотомонтаж або макет території з моделлю ВЕС для ознайомлення громадськості та зацікавлених організацій.

## 8 Технологічна частина

### 8.1 Основне і допоміжне устаткування

#### 8.1.1 Вітроелектрична установка

8.1.1.1 Вибір типу ВЕУ з наявної номенклатури визначається конструктивними і технічними характеристиками.

8.1.1.2 До конструктивних характеристик відносяться:

- горизонтальна або вертикальна вісь обертання ротора;
- система регулювання потужності (зміна кута між лопаттю і набігаючим потоком шляхом повороту лопаті або зміни профілю лопаті по довжині);
- система орієнтації ВЕУ за напрямком вітру (флюгер, віндрази і т.д.);
- конструкція і висота опори;
- кількість і принцип дії систем гальмування ротора в аварійних ситуаціях;
- система передачі потужності від генератора ВЕУ до розподільної шафи;

- матеріал для виготовлення лопатей ВЕУ;
- система захисту від блискавки та ін.

8.1.1.3 До технічних характеристик відносяться:

- номінальна потужність і тип генератора (синхронний, асинхронний);
- характеристика потужності;
- діаметр ротора та питома площа обмаху ротора на одиницю встановленої потужності;
- початкова швидкість вітру, при якій ВЕУ вмикається в енергосистему;
- діапазон від запускарської швидкості вітру до номінальної та вимикарської швидкості вітру для ВЕУ;
- гранично допустима швидкість вітру для ВЕУ;
- показники надійності ВЕУ;
- термін служби ВЕУ.

8.1.1.4 Критеріями вибору типу ВЕУ для конкретної площадки є:

- максимальний виробіток електроенергії при характеристиці вітрового потоку на даній площадці;
- більше значення коефіцієнта використання номінальної потужності ВЕУ;
- мінімальна собівартість відпущеної електроенергії.

8.1.1.5 При замовленні ВЕУ для комплектації ВЕС слід враховувати наступне:

8.1.1.5.1 Вибір ВЕУ для промислових ВЕС слід здійснювати з устаткування, що серійно виготовляється в Україні. Відповідно до завдання на проектування можуть розглядатися ВЕУ зарубіжного виробництва або ВЕУ, серійне виробництво яких планується освоювати в Україні.

8.1.1.5.2 Конструктивне виконання ВЕУ повинно відповідати вимогам ДСТУ .... (Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Загальні технічні вимоги).

8.1.1.5.3 З вибраних ВЕУ до подальшого розгляду слід приймати тільки ті, виконання та експлуатаційні характеристики яких відповідають кліматичним умовам площадки ВЕС, що розглядається, а саме:

- граничні та екстремальні температури і вологість повітря;
- екстремальні погодні умови (смерчі, урагани, засолення і забруднення атмосферного повітря, піщані бурі, ожеледиця).

8.1.1.5.4 Перевага віддається ВЕУ, що мають максимальний коефіцієнт використання енергії вітру в діапазоні швидкостей вітру, характерних для даної місцевості. При цьому необхідно враховувати розподіл енергії вітру по швидкостях.

8.1.1.5.5 Для ВЕУ, вибраних за критеріями 8.1.1.5.1– 8.1.1.5.4, слід визначити розрахунковий річний виробіток електричної енергії одиначної окремо розташованої ВЕУ при характеристиках вітру на площадці, що розглядається. Розрахунок слід виконувати за методикою, викладеною у ГКД .... "Площадки для вітрових електричних станцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру". На стадії вибору площадки для ВЕС допускається виконувати розрахунок за методикою, викладеною у [1].

8.1.1.5.6 Остаточний вибір ВЕУ, що приймається для комплектації ВЕС, проводиться на стадії розробки техніко-економічного обґрунтування інвестицій у будівництво ВЕС на підставі зіставлення техніко-економічних показників ВЕС, що виконується у відповідності з ГКД 341.003.004.001. При економічній рівноцінності варіантів перевагу слід віддавати ВЕУ більшої одиначної потужності.

8.1.1.6 Технічні характеристики ВЕУ приймаються на підставі даних, наведених у зареєстрованих органами Держстандарту України Технічних умовах на ВЕУ, відповідно до яких буде здійснюватись комплектне постачання установок. При внесенні постачальником або виробником змін у характеристики ВЕУ відповідні зміни повинні бути внесені в Технічні умови в установленому порядку. Технічні характеристики імпортного устаткування приймаються на підставі даних каталогів і уточнюються по документах на постачання (Контракт).



8.1.1.7 Комплект конструкторських документів ВЕУ повинен містити інформацію в обсязі, необхідному для проектування ВЕС, монтажу та експлуатації ВЕУ.

8.1.1.8 Схема перевезення негабаритних вузлів по транспортній мережі загального користування розробляється постачальником з урахуванням місцевих умов (розвитку транспортної мережі, можливості використання вантажопідйомних механізмів, наявних у розпорядженні регіональних підприємств вітроенергетики і сторонніх організацій, а також габаритних і вагових характеристик найважчого підйому). Розроблена схема погоджується із Замовником.

8.1.1.9 Транспортування складових частин ВЕУ виконується постачальником. Транспортування загальнопромислового устаткування здійснюється Замовником.

8.1.1.10 Для підвищення продуктивності праці, якості робіт і надійності роботи устаткування проектом повинно передбачатися:

- застосування устаткування, легкодоступного для оглядів без демонтажу, легкозйомного і взаємозамінного;
- застосування блоків, вузлів устаткування, як правило, заводського виготовлення, що дозволяє здійснювати його перевірку і налаштування в лабораторних умовах;
- застосування устаткування і конструкцій, що не пропускають вологу, перешкоджають проникненню усередину тварин, птахів, комах;
- застосування приладів, устаткування, що не потребують безпосереднього нагляду за ними протягом усього періоду між технічними обслуговуваннями.

8.1.1.11 Відповідність основного і допоміжного устаткування, програмного забезпечення вимогам чинних нормативних документів повинно бути підтверджено сертифікатом відповідного сертифікаційного центру Держстандарту України або сертифікаційного центру іноземної держави, з яким є договір про визнання результатів сертифікації. Необхідність сертифікації устаткування встановлюється згідно з [2].

## 8.1.2 Метеопост

### 8.1.2.1 Призначення метеопоста:

- вимірювання поточних значень швидкості і напрямку вітру, температури повітря і атмосферного тиску;
- формування і передача до ЦПК даних, що забезпечують функціонування автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСКТП) ВЕС;
- реєстрація швидкості і напрямку вітру, температури повітря і атмосферного тиску для оцінки енергетичних характеристик вітру (при необхідності).

8.1.2.2 Метеопост включає метеорологічну вежу та комплект приладів для вимірювання швидкості і напрямку вітру, температури і тиску навколишнього повітря.

8.1.2.3 Місця встановлення метеопостів та їх кількість на площадці ВЕС визначаються характером рельєфу і конфігурацією поля ВЕУ. При розподілі площадки ВЕС на окремі ділянки рекомендується встановлювати метеопости на кожній ділянці.

При виборі площадки для встановлення метеопоста слід керуватися вимогами, викладеними в ГКД ... «Площадки для вітрових електростанцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру».

8.1.2.4 Місце встановлення метеопоста АСКТП варто вибирати таким, щоб забезпечити мінімальне його затінення при характерній для площадки (ділянки) ВЕС розі вітрів у діапазоні робочих швидкостей вітру. Метеопост рекомендується розміщати на відстані не менше трьох діаметрів ротора від групи ВЕУ з навітряного боку переважного напрямку вітру.

8.1.2.5 Для збору достовірних даних про характеристики вітру, що необхідні і для аналізу роботи ВЕС, рекомендується встановлення допоміжного метеопоста, розташованого на протилежному боці площадки (ділянки) ВЕС і призначеного для збору даних про характеристики вітру при вітровому затіненні основного метеопоста. При цьому допускається розташовувати допоміжний метеопост в одну лінію з ВЕУ, за межами ряду, на віддалі не менше трьох діаметрів ротора від крайньої ВЕУ.

Допоміжні метеопости дублюють інформацію про швидкість вітру для забезпечення безпечної і надійної експлуатації всіх ВЕУ на ВЕС, особливо при багаторядному розміщенні ВЕУ (більше трьох рядів) і в місцевостях зі складним рельєфом, у тому числі в гірських районах.

8.1.2.6 Як правило, вимірювання температури повітря й атмосферного тиску здійснюється на одному метеопосту, найбільш характерному для площадки ВЕС.

8.1.2.7 У випадку використання даних метеостанції системи Гідрометслужби, прийнятої в проекті як опорна до початку будівництва ВЕС, допускається не встановлювати прилади для вимірювання і реєстрації температури повітря і атмосферного тиску на метеопосту ВЕС після оцінки можливостей реєстрації і класу точності вимірів цих параметрів на метеостанції системи Гідрометслужби або іншого відомства, умов одержання даних.

8.1.2.8 У проекті необхідно передбачати забезпечення метеопостів приладами:

- для вимірювання швидкості вітру від 0 до 50 м/с із похибкою 0,5 м/с;
- для визначення напрямку вітру в діапазоні 0-360° (із дискретністю не більше 10°);
- для вимірювання температури повітря від мінус 40 °С до плюс 40 °С з похибкою 0,5 °С;
- для вимірювання атмосферного тиску в діапазоні 650-1080 ГПа з похибкою не більше 1 %.

8.1.2.9 Всі вимірювальні прилади рекомендується розташовувати на метеовежі на висоті, рівній висоті осі ротора для ВЕУ з горизонтальною віссю (ВУГО) або центру ротора для ВЕУ з вертикальною віссю (ВУВО).

Допускається встановлювати прилади для вимірювання температури повітря і атмосферного тиску на висоті не менше 1,5 м від поверхні землі.

8.1.2.10 Прилади для вимірювання швидкості вітру, що використовуються в складі АСКТП, повинні мати системи, що забезпечують їх працездатність в умовах обледеніння або іншею.

## 8.2 Розташування ВЕУ на площадці

8.2.1 Оптимальне розташування ВЕУ на площадці ВЕС повинно враховувати:

- найбільш характерний для вибраної площадки ВЕС розподіл непостійного в часі і нерівномірного по швидкості вітрового потоку в просторі на порівняно великій площі, тобто його стохастичний характер;

- вплив шорсткості поверхні окремих ділянок площадки ВЕС (підстилаючої поверхні), на яких є природні (яри, заболочені ділянки та ін.), так і штучні (лісосмуги, висотні споруди та ін.) перешкоди, що впливають на характер вітру;

- вплив ВЕУ на характер вітру на площадці ВЕС;

- необхідність забезпечення максимального виробітку електроенергії при мінімальних капітальних вкладеннях, витратах на будівельно-монтажні роботи та експлуатаційних витрат за весь термін експлуатації.

8.2.2 Для оцінки характеристик вітру слід використовувати вихідні дані, одержані яких регламентується в ГКД.... (Площадки для вітрових електричних станцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру).

8.2.3 При проектуванні необхідно використовувати наступну інформацію:

- опис географічного положення площадки ВЕС, характеристики вітрів і місцевих факторів, що впливають на формування вітрів (рельєф, рослинність, будівлі на площадці і за її межами);

- дані про повторюваність швидкостей вітру по напрямках, отримані на основі короткострокових (протягом одного року) метеорологічних вимірів на площадці ВЕС;

- дані багаторічних спостережень повторюваності швидкостей вітру на метеостанції, вибраній як опорна.

8.2.4 Топографічна зйомка площадки ВЕС повинна бути виконана в масштабі не менше 1:1000 із відображенням особливостей ландшафту з перетином рельєфу не більше 1,0 м. Топографічна зйомка прилеглої території (не менше 2 км у кожний бік) при відсутності архівних матеріалів може бути виконана в масштабі 1:10000 із відображенням особливостей ландшафту з перетином рельєфу не більше 5,0 м.

8.2.5 Сумарний вплив шорсткості земної поверхні і перешкод визначає профіль швидкості вітру, що набігає на ВЕУ.

8.2.6 У сумарному впливі слід враховувати також ту обставину, що ВЕУ, встановлені на площадці ВЕС, є не тільки електрогенеруючими потужностями, але і перешкодами, що збурюють і гальмують потік повітря і впливають на ефективність використання його енергії іншими ВЕУ.

8.2.7 Після одержання характеристик вітру в окремих точках площадки необхідно одержати повну картину щодо параметрів вітру на площадці ВЕС. Для цього слід виконати моделювання потоку повітря з урахуванням топографії та особливостей місцевості і змін вітрових течій, викликаних характером розміщення ВЕУ на площадці ВЕС (ефекти спутних струменів).

Моделювання може здійснюватися шляхом:

- моделювання вітрового потоку в аеродинамічній трубі;

- математичного моделювання з використанням комп'ютерних програм.

8.2.8 Моделювання ефектів спутного струменю в аеродинамічній трубі здійснюється з використанням масштабних моделей рельєфу і ВЕУ. Цей метод використовується для проведення досліджень впливу взаємного затінення ВЕУ при різноманітних схемах їх розміщення на площадці ВЕС.

8.2.9 Математичне моделювання дозволяє не тільки встановити ефекти спутних струменів, але й чисельно врахувати вплив рельєфу і шорсткості підстилаючих поверхонь. Математичне моделювання є більш дешевою процедурою, ніж створення й випробування моделі площадки в аеродинамічній трубі.

Математичні моделі, як правило, повинні бути використані при розробці схеми розміщення груп ВЕУ на місцевості зі складним рельєфом.

8.2.10 Виходячи з рози вітрів у діапазоні робочих швидкостей вітру (від швидкості вітру вмикання ВЕУ до швидкості вітру вимикання ВЕУ) з урахуванням впливу спутних струменів (див. додаток А) при визначенні місць розміщення ВЕУ на площадці ВЕС рекомендується:

- при явно вираженому переважному напрямку вітру розташовувати ВЕУ рядами перпендикулярно переважному напрямку вітру, відстані між ВЕУ в рядах приймати не менше трьох діаметрів ротора ВЕУ, відстані між рядами ВЕУ приймати не менше восьми діаметрів ротора ВЕУ;

- при рівномірному розподілі тривалості вітру по напрямках протягом року розміщення ВЕУ визначати з умови досягнення найбільшого виробітку електроенергії на ВЕС. При цьому можуть розглядатися:

- а) кругове розміщення ВЕУ;

- б) розміщення ВЕУ по кривій лінії;

- в) розміщення ВЕУ на рівномірній відстані (п'ять – шість діаметрів ротора) одна від одної в будь-якому напрямку.

Приклади розташування ВЕУ і можливі значення втрат виробітку електроенергії наведені в додатку А.

### 8.3 Система керування, контролю і діагностики

8.3.1 Система керування ВЕС та її елементами повинна створюватись як інтегрована система, призначена для контролю і оптимального об'єднаного керування процесом перетворення кінетичної енергії вітру в електричну, що здійснюється на ВЕУ, і передачі її в електричну мережу.

Система повинна забезпечувати оптимальне керування основним і допоміжним устаткуванням і керуванню запобігання наслідків, що можуть виникати в аварійних ситуаціях.

8.3.2 Система керування ВЕС повинна одночасно виконувати функції діагностики і захисту основного технологічного устаткування від ушкоджень, викликаних як внутрішніми, так і зовнішніми факторами (електричні і механічні аварії і несправності, гранично допустима швидкість вітру, ожеледиця, гроза, град, землетруси та ін.).

8.3.3 При кількості ВЕУ п'ять і більше, незалежно від їхньої сумарної потужності, ВЕС повинні оснащатися двоєрівневою системою керування, що виконує функції керування основним і допоміжним устаткуванням. При кількості ВЕУ менше п'яти необхідність створення другого рівня керування і спорудження ЦПК ВЕС визначається Замовником у технічному завданні на проектування.

8.3.4 Верхній рівень керування повинен бути запроектований для централізованого контролю і керування всіма ВЕУ, що входять до складу ВЕС, і центральною високовольтною підстанцією, загальностанційними допоміжними системами, а також для прийому й опрацювання інформації від пристроїв вимірювання параметрів вітру (метеопостів ВЕС).

8.3.5 Нижній рівень керування повинен проектуватися для контролю і керування окремою ВЕУ, включаючи функції представлення повної інформації з контролю і діагностики, а також функції місцевого керування і регулювання ВЕУ.

8.3.6 Між верхнім і нижнім рівнями керування повинні передбачатися засоби передачі технологічної інформації і сигналів керування. З цієї метою можуть використовуватися контрольні кабелі або кабелі зв'язку, високочастотні або оптоволоконні кабелі. При значному віддаленні ЦПК ВЕС від ВЕУ можуть також використовуватися радіоканали зв'язку.

8.3.7 Оперативне керування ВЕС із кількістю ВЕУ більше п'яти та їхньою сумарною потужністю більше 500 кВт повинно здійснюватися постійним оперативним персоналом із ЦПК. В інших випадках, при економічному обґрунтуванні, може прийматися варіант із чергуванням вдома. У цьому випадку у чергового персоналу вдома повинні встановлюватися засоби викличної сигналізації з кожної ВЕУ і зв'язок із диспетчером енергосистеми.

8.3.8 ЦПК ВЕС бажано розміщати в окремому будинку, територіально розташованому, по можливості, у центрі ВЕС. При спорудженні великої центральної підстанції ЦПК ВЕС може поєднуватися з пунктом керування підстанції. При виборі місця розташування ЦПК ВЕС необхідно забезпечувати зменшення протяжності кабельної мережі між ЦПК і ВЕУ, а також максимально можливий візуальний огляд ВЕУ.

8.3.9 Розміри ЦПК і розміщення устаткування системи керування, контролю і діагностики приймаються на основі ергономічних вимог для умов постійної присутності в цих приміщеннях чергового оперативного персоналу.

8.3.10 АСКТП ВЕС повинна оснащатися засобами мікропроцесорної техніки (комп'ютери, контролери), включаючи пристрої відображення і представлення технологічної інформації. Як правило, з цієї метою повинні використовуватися широкі дисплеї або мозаїчні головні щити сигналізації і керування.

8.3.11 Оснащення ЦПК ВЕС слід вибирати з умов апаратної і програмної сумісності із системами нижнього рівня кожної ВЕУ.

8.3.12 Пристрої керування на ЦПК ВЕС повинні забезпечувати вмикання в роботу і зупинку ВЕУ. Їх функціонування повинно забезпечуватися і при повному зникненні напруги на лініях видачі потужності ВЕС. Для забезпечення безперебійного електроживлення цих пристроїв повинні встановлюватися окремі агрегати безперебійного живлення (АБЖ) або використовуватися АБЖ підстанцій з резервним живленням від акумуляторної батареї.

8.3.13 Система керування ВЕС повинна забезпечувати можливість роботи всіх ВЕУ в автоматичному режимі в усьому діапазоні робочих швидкостей вітру з видачею максимально можливої активної електричної потужності в залежності від швидкості вітру. Обмеження видачі потужності ВЕС за умовами пропускної спроможності мережних елементів може рекомендуватися тільки при техніко-економічному обґрунтуванні такого технічного рішення.

8.3.14 На ЦПК ВЕС повинні виконуватися наступні інформаційні функції:

- збір і представлення на дисплеї або на головному щиті керування аналогової інформації про швидкість і напрямок вітру, про електричні параметри кожної ВЕУ і підстанції (напруга, струм, потужність, обсяг електроенергії). Ці параметри повинні вимірюватися у двох напрямках (як на видачу, так і на споживання);

- збір і представлення на дисплеї або на головному щиті керування основної дискретної технологічної інформації про положення кожної ВЕУ (вкл./викл.), про положення вимикачів головних схем високовольтних підстанцій (вкл./викл.), про положення загальностанційних допоміжних систем;

- збір і представлення на дисплеї узагальненої і розшифровуючої дискретної інформації про несправності та аварії на основному і допоміжному технологічному устаткуванні кожної ВЕУ, підстанції та загальностанційній системі;

- автоматична реєстрація подій, формування і роздруковування добової і змінної відомостей;

- збір, узагальнення та аналіз інформації про технічний стан устаткування, результати його діагностики, формування банку даних для статистики та необхідності виконання поточного обслуговування і ремонтів;

- формування і передача основної інформації на рівень диспетчера енергосистеми. Як правило, на вищий рівень повинні передаватися значення сумарної активної і реактивної потужності (з урахуванням напрямку), напруги і частоти на шинах вихідних підстанцій, положення комутаційних апаратів вихідних ліній в енергосистему, сигнали "Аварія" і "Несправність" на ВЕС;

- додаткові функції, необхідні на дослідно-промислових ВЕС, а також функції за вимогою Замовника.

8.3.15 На ЦПК ВЕС повинні виконуватися такі основні функції керування:

– дистанційне вмикання і вимикання усіх вимикачів високої і низької напруги центральної підстанції і керування перемикачами регулювання, напруги під навантаженням (РПН) трансформаторів;

– можливість завдання уставок по обмеженню активної потужності для кожної ВЕУ;

– дистанційна зміна уставки збудження генераторів для регулювання напруги і реактивної потужності на шинах ВЕС шляхом індивідуального або групового впливу на регулятори збудження (тільки для ВЕУ із синхронними генераторами, що передбачають можливість дистанційного регулювання збудження).

8.3.16 Засоби керування нижнього рівня повинні забезпечувати повне локальне керування ВЕУ, поставлятися, як правило, комплектно з кожною ВЕУ і відповідати ДСТУ... "Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Загальні технічні вимоги".

8.3.17 Переведення керування кожною ВЕУ і підстанцією з централізованого (від ЦПК ВЕС) на "місцеве" повинно здійснюватися із шафи керування нижнього рівня, а для підстанцій 35-110 кВ – із шаф (панелей), розташованих в місцях безпечного обслуговування. При цьому повинні передаватися повідомлення на ЦПК ВЕС про переведення на "місцеве" керування.

8.3.18 Крім функцій технологічного керування об'єктами ВЕС, на ЦПК можуть встановлюватися засоби автоматизованої системи керування підприємством – АСКП, що призначені для вирішення задач технічного обслуговування та обліку роботи ВЕУ і підстанцій:

– ведення системи нарядів на виконання робіт з технічного обслуговування устаткування;

– облік обсягів та часу виконання робіт з технічного обслуговування устаткування кожної ВЕУ;

– облік витрат запасних частин на ВЕС;

– облік витрат на технічне обслуговування і ремонт кожної ВЕУ;

– облік витрат електроенергії на власні потреби ВЕС.

Як правило, для зменшення завантаження комп'ютерних засобів ці функції повинні виконуватися окремими стандартними ЕОМ, підключеними до загальної мережі. При цьому необхідно передбачати захисні заходи для запобігання несанкціонованим впливам на елементи АСКТП з боку АСКП.

8.3.19 Система діагностики та аварійного зупинення ВЕУ (СДАЗ) повинна забезпечувати контроль параметрів ВЕУ, а також зупинення ВЕУ при виході хоча б одного з них за допустимі межі.

8.3.20 Номенклатура і гранично допустимі значення параметрів систем визначаються розробниками або виробниками основного устаткування.

#### 8.4 Показники надійності ВЕС

8.4.1 Значення показників надійності ВЕС та її структурних елементів приймаються виходячи із забезпечення виробітку електроенергії з мінімальною собівартістю.

8.4.2 Економічно доцільна надійність ВЕС та її систем повинна визначатись на основі даних виробників про надійність окремих елементів:



- частота відмов елементів;
- середня тривалість відновлення елемента, що відмовив;
- частота планових відключень для технічного обслуговування елементів;
- середня тривалість ремонту елемента,

з урахуванням втрати виробітку електроенергії через відмови устаткування.

8.4.3 Надійність систем та устаткування ВЕС повинна забезпечуватися роздільним резервуванням; робочим навантаженим резервуванням і складським резервуванням ключових елементів устаткування, ліній, систем (ДСТУ 2860).

8.4.4 Для забезпечення надійності ВЕС у проектах рекомендується передбачати:

- концентрацію потужності ВЕМ на одному магістральному струмопроводі 10 кВ не більше 8 МВт;
- встановлення двох трансформаторів зв'язку з енергосистемою для ВЕС потужністю більше 45 МВт;
- спорудження двох ліній зв'язку з енергосистемою для ВЕС потужністю понад 45 МВт;
- резервування кабелів системи керування елементами ВЕС.

8.4.5 Для елементів, що складають ВЕМ, слід передбачати резервування з відновленням. Як складський резерв необхідно передбачати зберігання швидко зношуваних частин і вузлів ВЕУ.

8.4.6 Основні метеопости ВЕС (див. 8.1.2.4 і 8.1.2.5) повинні оснащатися дублюючими датчиками швидкості вітру. Слід також передбачати їх складське резервування.

8.4.7 При створенні автоматизованих систем керування, виборі способів виконання та режимів експлуатації ліній та каналів передачі інформації слід приділяти особливу увагу розробці заходів щодо захисту апаратних засобів від небезпечного впливу електроустановок високої напруги, дії блискавки та її вторинних проявів з метою запобігання завадам та захисту від спотворення інформації.

8.5 Експлуатаційні показники ВЕС

8.5.1 Якість технічних рішень, закладених при проектуванні ВЕС, повинна бути визначена показниками технічного і економічного розрахунків.

8.5.2 Рекомендований перелік основних техніко-економічних показників для кожної стадії створення та експлуатації ВЕС наведений у [4].

8.5.3 Основними показниками оцінки ефективності роботи ВЕС є:

- річний виробіток електроенергії;
- коефіцієнт використання номінальної потужності для прийнятих типів ВЕУ (середній по ВЕС);
- собівартість відпущеної електроенергії.



8.5.3.1 Розрахунковий річний потенційний виробіток електричної енергії окремо розташованою ВЕУ у загальному випадку визначають по залежності

$$W_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_i T_i, \quad (8.1)$$

де  $W_{\Pi}$  – річний потенційний виробіток електроенергії, кВт·год;  
 $P_i$  – потужність ВЕУ при швидкості вітру на висоті осі ротора  $V_i$ , кВт;  
 $T_i$  – кількість градацій швидкостей вітру  $V_i$ ;  
 $T_i$  – тривалість швидкості вітру  $V_i$  протягом року, у відповідності з повторюваністю швидкостей вітру за багаторічний період (останні 15-20 років), год.

При відсутності даних для розрахунку по формулі (8.1) потенційний виробіток електричної енергії одиничною ВЕУ прогнозують на основі даних про характеристики вітрового потоку, отриманих на основі багаторічних (не менше п'ятнадцяти років) вимірів на метеостанціях Держкомгідромету країни (та інших відомств), а також даних короткострокових метеовимірювань на площадці ВЕС (не менше одного року) за методикою, наведеною в ГКД ... (Площадки для вітрових електростанцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру).

Прогноз потенційного виробітку електроенергії одиничною ВЕУ для площадки ВЕС, що проектується, отриманий в ході метеорологічних досліджень, може прийматися як розрахунковий потенційний виробіток на стадії проектування. У випадку накопичення додаткових даних про швидкість вітру за рік і більше після випуску звіту про метеорологічні дослідження необхідно виконати уточнення потенційного виробітку електроенергії відповідно до ГКД ... (Площадки для вітрових електростанцій. Метеорологічні дослідження характеристик вітру).

8.5.3.2 Потенційний виробіток електроенергії на ВЕС визначається як сума виробітку всіма ВЕУ, що розглядаються як окремо розташовані.

8.5.3.3 Проектний відпуск електроенергії від ВЕС визначається як потенційний виробіток, зменшений на величину втрат через ефекти затінення вітру, взаємний вплив ВЕУ, споживання на власні потреби і планові втрати, зумовлені прийнятими в проекті технічними рішеннями, організаційно-технічним рівнем експлуатації і надійністю систем і устаткування ВЕС.

8.5.3.3.1 Виробіток електричної енергії групою однотипних ВЕУ, що знаходяться на площадці з рівним рельєфом, слід визначати по залежності:

$$W_{\Gamma} = W_{\Pi} \cdot m \cdot (1 - K_3) \cdot K_{\Gamma}, \quad (8.2)$$

де  $W_{\Gamma}$  – виробіток електроенергії групою ВЕУ, кВт·год/р.;  
 $W_{\Pi}$  – річний потенційний виробіток електроенергії, кВт·год/р.;  
 $m$  – кількість ВЕУ в групі;  
 $K_3$  – коефіцієнт затінення, що враховує зниження виробітку електроенергії групою ВЕУ через вплив спутних струменів одних ВЕУ на інші в даній групі;  
 $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт готовності всіх ВЕУ даної групи.

8.5.3.3.2 При розміщенні ВЕУ відповідно до вимог 8.2.10 значення  $K_3$  слід приймати:

- при однорядному розміщенні ВЕУ в групі  $K_3 \leq 0,07$ ;
- при двохрядному розміщенні ВЕУ в групі  $K_3 \leq 0,11$ ;
- при трьохрядному розміщенні ВЕУ в групі  $K_3 \leq 0,13$ ;
- якщо в групі чотири і більше рядів ВЕУ, тоді  $K_3 \leq 0,14$ ;
- при рівномірному розміщенні ВЕУ в групі  $K_3 \leq 0,05$ .

Для визначення можливості досягнення нижчих значень  $K_3$  необхідна оптимізація розстановки ВЕУ із застосуванням методів моделювання (див. 8.2.8 і 8.2.9) з урахуванням фактичних або розрахованих даних про повторюваність швидкостей вітру на площадці ВЕС за багаторічний період. При цьому може бути визначене очікуване значення  $W_{\Pi} \cdot m \cdot (1-K_3)$  для групи ВЕУ.

8.5.3.3.3 Значення коефіцієнта готовності всіх ВЕУ даної групи  $K_{ГУ}$  приймається на підставі фактичних результатів дослідної експлуатації промислової або демонстраційної ВЕС, оснащеної такими ж ВЕУ. Значення  $K_{ГУ}$  слід визначати відповідно до рекомендацій [4]. При відсутності фактичних даних допускається значення  $K_{ГУ}$  приймати на основі даних постачальника або виробника, узгоджених із Замовником ВЕС. Для попередніх розрахунків на період освоєння потужності ВЕС допускається приймати  $K_{ГУ} = 0,80$ , а в подальший період експлуатації  $K_{ГУ} = 0,96$ .

8.5.3.3.4 Річний виробіток електричної енергії на ВЕС слід визначати по залежності

$$W_{\text{ВЕС}} = \sum_{i=1}^k W_{\Pi i} \cdot K_{Г}, \quad (8.3)$$

де  $W_{\text{ВЕС}}$  – виробіток електричної енергії на ВЕС, кВт·год/р.;

$W_{\Pi i}$  – виробіток електричної енергії групою ВЕУ, кВт·год/р.;

$k$  – кількість груп ВЕУ;

$K_{Г}$  – коефіцієнт готовності загальностанційного устаткування і систем, що забезпечують функціонування ВЕУ і видачу виробленої електроенергії по ПЛ до вузла обліку електричної енергії.

8.5.3.3.5 Значення  $K_{Г}$  розраховують виходячи з показників надійності елементів ВЕС. При проектуванні допускається приймати значення  $K_{Г} = 0,99$ .

8.5.3.3.6 При розрахунку значень  $K_{ГУ}$ ,  $K_{Г}$  простої устаткування через організаційні причини рекомендується не враховувати.

8.5.3.3.7 Технологічні втрати електричної енергії  $W_{\text{ТВ}}$  слід визначати як суму втрат електричної енергії в лінії видачі електроенергії від головних вимикачів ВЕУ до вузла обліку електроенергії ВЕС, а саме у кабелях, трансформаторах ВЕМ, ПЛ, трансформаторах ЦПС ВЕС.

Розрахунок технологічних втрат електроенергії рекомендується виконувати для перелічених елементів при величині потужності, що передається, рівній 20 % від номінальної потужності ВЕУ, що під'єднуються.

8.5.3.3.8 Споживання електричної енергії на власні потреби основного устаткування ВЕС  $W_{co}$  слід визначати підсумовуванням споживання електроенергії на власні потреби ВЕУ (у режимах генерування електроенергії і простою), живлення АСКТП, метеопостів. Розрахунок слід виконувати виходячи з номінальних значень, наведених у документації виробників, і очікуваної тривалості роботи устаткування у відповідних режимах.

8.5.3.3.9 Споживання електричної енергії на забезпечення роботи допоміжного устаткування та інших загальностанційних потреб  $W_{cd}$  слід визначати виходячи з чинних нормативів з урахуванням очікуваного навантаження (освітлення, опалення, привід допоміжного устаткування та інші потреби).

8.5.3.3.10 Проектний річний відпуск товарної електричної енергії від ВЕС визначається по залежності:

$$W_T = W_{BEC} - W_{TB} - W_{CO} - W_{CD}, \quad (8.4)$$

де  $W_T$  – проектний річний відпуск електричної енергії від ВЕС, кВт·год/р.;

$W_{BEC}$  – виробіток електричної енергії на ВЕС, кВт·год /р.;

$W_{TB}$  – технологічні втрати електричної енергії при трансформації і передачі, кВт·год/р.;

$W_{CO}$  – споживання електричної енергії на власні потреби основного устаткування ВЕС, кВт·год/р.;

$W_{CD}$  – споживання електричної енергії на забезпечення роботи допоміжного устаткування та інших загальностанційних потреб, кВт·год/р.

8.5.3.4 Фактичний річний відпуск електроенергії ВЕС визначається всією сукупністю факторів, урахованих і не урахованих проектом.

8.5.3.5 Середньорічний коефіцієнт використання встановленої потужності ВЕС  $K_n$  є підсумковим показником якості проектних рішень і ефективності роботи як устаткування в метеоумовах конкретної площадки розміщення ВЕС, а також діяльності експлуатаційного, ремонтного й адміністративного персоналу. Цей показник розраховують виходячи зі значення  $W_T$ .

В умовах України на стадії вибору ВЕУ для попередньої оцінки відповідності ВЕУ для даної площадки ВЕС рекомендується використовувати такі орієнтовні показники середньорічного коефіцієнта використання номінальної потужності  $K_{нвеу}$ , розрахованого виходячи з  $W_{п}$ :

0,15 - 0,20 – посередньо,

0,21 - 0,25 – добре,

0,26 - 0,3 і більше – відмінно.

Порядок розрахунку значень  $K_n$  та  $K_{нвес}$  здійснюється за методикою, викладеною в ГКД 34.09.453.

8.5.3.6 Розрахункова собівартість відпущеної електроенергії та інші економічні показники ВЕС повинні визначатися відповідно до вимог [1], ГКД.340.000.001 та ГКД 341.003.004.001. При цьому необхідно додатково враховувати такі витрати по забезпеченню функціонування ВЕС:

- платежі за інформаційне обслуговування і програмне забезпечення ЕОМ;
- платежі за використання інтелектуальної власності;
- витрати на забезпечення соціальної сфери і т.д.

8.5.4 При зборі відомостей про експлуатаційні показники слід використовувати рекомендації [5].

## 8.6 Особливості проектування дослідно-промислових ВЕС

8.6.1 У проектах дослідно-промислових ВЕС необхідно додатково передбачати:

- розширену номенклатуру засобів керування, контролю і вимірювань відповідно до програми виконуваних дослідницьких і/або доводочних робіт з випробування та/або відпрацювання встановлюваних типів ВЕУ;

- збільшений штат дослідницького, наукового і ремонтного персоналу;

- комплекти взаємозамінних нових або модернізованих вузлів і деталей ВЕУ;

- додаткові приміщення для розміщення збільшеного штату співробітників ВЕС;

- спеціалізовані майстерні, що забезпечують оперативну і якісну заміну вузлів і деталей, що досліджуються.

8.6.3 Компонування генплану дослідно-промислової ВЕС (на доповнення до вимог розділу 5) повинно передбачати можливість встановлення ВЕУ різних типів, конструкцій і одиничної потужності, а також мінімізації ефекту їхнього взаємного вітрового затінення.

8.6.4 У технологічній та електротехнічній частинах проекту дослідно-промислової ВЕС необхідно передбачати можливість встановлення і проведення випробувань ВЕУ більшої електричної потужності і геометричних параметрів з виконанням у повному обсязі вимог розділу 9. Вимоги розділу 8 можуть уточнюватися відповідно до вимог ГКД... (Вітроенергетика. Вітрові електричні установки. Порядок постановки на серійне виробництво) у частині, що стосується забезпечення умов випробувань і дослідної експлуатації експериментальних і дослідних зразків ВЕУ.

8.6.5 В інших частинах проекти дослідно-промислових ВЕС повинні в повному обсязі враховувати вимоги цих Правил.

8.6.6 Дослідно-промислова ВЕС у конкретних умовах може розглядатися як перший вітроенергетичний модуль у перспективному розширенні ВЕС до промислового рівня.

## 9 Електротехнічна частина

### 9.1 Головні схеми електричних з'єднань

9.1.1 Головні схеми електричних з'єднань ВЕС, що під'єднуються до електричних мереж електроенергетичних систем, розробляються з урахуванням таких вихідних умов:

– кількість і розташування ВЕУ, що входять до складу ВЕС, їх номінальні потужності, тип генератора (синхронний або асинхронний, напруга), рекомендоване значення номінального коефіцієнта потужності генераторів ВЕС, режими роботи при видачі (споживанні) реактивної потужності, вимоги до систем збудження, пристрої компенсації реактивної потужності;

– напруга, на якій електроенергія ВЕС видається в енергосистему, кількість напрямків ліній електропередачі, активна і реактивна потужність, що передається по кожній лінії, допустимі коливання напруги на шинах ВЕС;

– значення струмів короткого замикання від енергосистеми (трёхфазний і однофазний) на шинах вищої напруги ВЕС для максимального і мінімального режимів з урахуванням розвитку енергосистеми, значення відновлюваної напруги на контактах вимикачів;

– вимоги, обумовлені умовами статичної і динамічної стійкості енергосистеми та її протиаварійної автоматики (збільшення швидкості відключення коротких замикань, розподіл мережі для поліпшення балансу потужності, відключення генераторів в районі з надлишком потужності, автоматичне частотне розвантаження (АЧР) та ін.);

– необхідність встановлення на ПЛ розрядників для захисту від перенапруг, а також шунтуючих реакторів.

При розробці головних схем електричних з'єднань ВЕС слід враховувати рекомендації ГКД 341.003.001.001.

9.1.2 Головна схема електричних з'єднань ВЕС вибирається на підставі техніко-економічного зіставлення варіантів схем.

Варіанти схем для порівняння складаються відповідно до рекомендацій цього розділу.

При техніко-економічному зіставленні враховуються витрати на електроустаткування підстанції, кабельні і повітряні лінії електропередачі, щорічні витрати на амортизацію й обслуговування, вартість втрат електроенергії в елементах схем з урахуванням режимів роботи ВЕС, показники надійності (параметри потоку відмов і час відновлення устаткування, очікуваний недовиріток електроенергії і збиток від нього), гнучкість і ремонтпридатність схеми, зручність експлуатації та автоматизації, конструктивно-компонувальні рішення тощо.

У випадку недостатньої обґрунтованості або невеликої різниці економічних показників для вибору варіантів схем слід використовувати метод багатоцільової оптимізації.

9.1.3 Видача потужності ВЕУ може здійснюватись через розподільний пристрій генераторної напруги або через підвищуючі трансформатори відповідно до умов, наведених у 9.2. Можливість видачі всієї потужності ВЕС через один підвищуючий трансформатор на ЦПС або через одну лінію повинна бути перевірена за умовами надійності схеми видачі потужності і величини пропускної спроможності ПЛ, допустимого часу відключення ВЕС від енергосистеми і надійного забезпечення власних потреб.

При виборі головної схеми електричних з'єднань ВЕС враховуються терміни і черговість введення в експлуатацію ВЕУ і необхідність розширення розподільних пристроїв.

## 9.2 Схеми концентрування потужності ВЕУ для видачі в енергосистему

9.2.1 Концентрування потужності окремих ВЕУ електростанції для видачі в енергосистему повинно здійснюватися по внутрішній електричній мережі ВЕС.

9.2.2 Номінальні напруги цієї мережі і необхідність введення в ній проміжних ступенів трансформації визначаються:

- типом ВЕУ та її одиничною номінальною потужністю;
- встановленою потужністю ВЕС;
- допустимим зниженням напруги (5 % від номінальної в точці приєднання струмопроводів ВЕС до шин підстанцій, де здійснюється концентрування потужності).

9.2.3 Розрахунковим режимом для вибору параметрів внутрішньої мережі ВЕС є режим видачі встановленої потужності ВЕС.

9.2.4 Внутрішня електрична мережа може мати одну напругу 0,4 кВ, якщо кількість ВЕУ, встановлених на ВЕС, невелика, і при цьому є можливість передачі потужності безпосередньо на шини 0,4 кВ споживчих електричних підстанцій (ПС) 10/0,4 кВ, розташованих поблизу площадки ВЕС. Мережа 0,4 кВ виконується по радіальній схемі (приєднання кожної ВЕУ по окремому струмопроводу до шин 0,4 кВ споживчої підстанції через комутаційний апарат), отже, при невеликій кількості ВЕУ концентрування потужності ВЕС у радіальній схемі здійснюється на споживчій ПС.

Обов'язковою умовою використання внутрішньої мережі ВЕС 0,4 кВ по наведеній схемі є перевірка завантаження трансформатора 10/0,4 кВ споживчої ПС відповідно до 9.6.3. Радіальна схема мережі 0,4 кВ наведена в додатку Б.

9.2.5 Внутрішня електрична мережа ВЕС, крім випадку, обмовленого у 9.2.4, може мати, як правило, два рівні напруги - 0,4 і 10 кВ. В основу побудови двохступеневої мережі покладено модульний принцип - з'єднання окремих ВЕУ в групи (модулі), що мають один електричний канал видачі потужності. ВЕМ утворюється шляхом приєднання декількох ВЕУ по радіальній схемі до шин 0,4 кВ підвищуючої ПС модуля 10/0,4 кВ, що зв'язана зі струмопроводом (лінією) 10 кВ.

9.2.6 Доцільна величина сумарної номінальної потужності ВЕУ, з'єднаних в один ВЕМ, знаходиться в межах 0,5 - 3 МВт.

9.2.7 У випадку використання ВЕУ з генераторною напругою 10 кВ (ВЕУ 10 кВ) внутрішню електричну мережу слід виконувати одноступеневою на напрузі 10 кВ.

9.2.8 Внутрішні мережі 10 кВ малопотужних ВЕС, що складаються з одного - двох ВЕМ або такої ж кількості ВЕУ 10 кВ, можуть здійснювати концентрування потужності через шини 10 кВ споживчих ПС 10/0,4 кВ або 35(110)/10 кВ, якщо є можливість безпосереднього підключення струмопроводів 10 кВ ВЕС до цих ПС.

9.2.9 Мережа ВЕС 10 кВ виконується по модульно-радіальній схемі (приєднання кожного ВЕМ по окремому лінійному струмопроводу до шин 10 кВ споживчої ПС через комутаційний апарат). У випадку застосування ВЕУ 10 кВ мережу ВЕС 10 кВ слід виконувати по модульно-радіальній схемі, в якій кожний модуль замінюється окремою ВЕУ 10 кВ. Допускається виконання мережі ВЕС по

модульно-радіальній схемі на напрузі 35 кВ, якщо ВЕС складається з одного-двох ВЕМ із вищою напругою 35 кВ, і при цьому є можливість безпосереднього підключення струмопроводів ВЕС до шин 35 кВ споживчої ПС через вимикачі.

9.2.10 Обов'язковою умовою використання наведеної схеми є перевірка завантаження трансформатора 10/0,4 кВ або 35(110)/10 кВ відповідно до 9.6.3.

Модульно-радіальна схема мережі 10 кВ наведена в додатку В.

9.2.11 Концентрування потужності ВЕС, що складається з великої кількості ВЕМ або ВЕМ, віддалених від споживчих ПС 10/0,4 кВ, як правило, повинно здійснюватися на шинах 10 кВ центральної ПС (ЦПС) ВЕС, де встановлюються трансформатори для зв'язку ВЕС з енергосистемою.

В окремих випадках роль ЦПС ВЕС може виконувати існуюча ПС 35(110)/10 кВ (див.9.6.3).

9.2.12 Принцип побудови внутрішньої мережі ВЕС, що містить ЦПС, – модульно-магістральний. У модульно-магістральній схемі концентрування потужності здійснюється на шинах 10 кВ ЦПС, куди підключаються магістральні струмопроводи 10 кВ. До кожного магістрального струмопроводу під'єднані декілька ВЕМ або ВЕМ 10 кВ. Величину сумарної встановленої потужності ВЕМ (ВЕМ 10 кВ), під'єднаних до одного магістрального струмопроводу (магістралі) 10 кВ, рекомендується приймати не більше 8 МВт.

Модульно-магістральна схема наведена в додатку Г.

9.2.13 Електрична мережа 10 кВ, що зв'язує модуль ВЕМ з ЦПС ВЕС або з пунктом комутації 10 кВ енергосистеми, може виконуватися кабельним або повітряним струмопроводом (ПСП).

9.2.14 Перетин провідників струмопроводів 10 кВ вибирається з урахуванням допустимої втрати напруги (5 % від номінального значення).

9.2.15 На ділянках ПСП, де перетин проводів перевищує 70 мм<sup>2</sup> по алюмінію, необхідно застосовувати стандартні неізолювані проводи перетином 120 і 240 мм<sup>2</sup> по алюмінію з параметричного ряду, передбаченого ГКД 341.004.002.

9.2.16 Конструктивне виконання ПСП 10 кВ повинно виконуватися відповідно до чинних нормативних документів для ПЛ відповідної напруги, крім вимог, наведених у 9.2.18.

9.2.17 При визначенні розрахункових кліматичних умов для ПСП 10 кВ повинен бути врахований вплив мікрокліматичних особливостей на інтенсивність обледеніння, швидкість вітру і забруднення та/або засолення атмосфери в районі площадки ВЕС. Слід використовувати додаткові спеціальні керівні матеріали і матеріали метеоспостережень технологічних метеостанцій площадки ВЕС. Щодо забруднень атмосфери необхідно використовувати рекомендації [ 6 ] і ГКД 34.51.101.

9.2.18 На ПСП 10 кВ із перетином проводів більше 70 мм<sup>2</sup> по алюмінію повинні застосовуватися тільки підвісні лінійні ізолятори (скляні, порцелянові або з композитних матеріалів). Відстань між проводами на таких ПСП рекомендується приймати згідно з чинними нормативами для ПЛ 35 кВ.

9.2.19 На ділянках паралельного проходження через площадку ВЕС магістралей ПСП 10 кВ останні повинні бути виконані на багатоколових опорах (два і більше). Конструкції опор повинні перешкоджати несанкціонованому розбиранню елементів опор.



9.2.20 ПСП 10 кВ допускається виконувати без захисту тросами від прямих уражень блискавки, але вони повинні захищатися обмежувачами перенапруги (ОПН) на ділянках за межами площадки ВЕС.

9.2.21 Роз'єднувачі, передбачені схемою електричних з'єднань мережі 10 кВ ВЕС, а також обмежувачі перенапруги (ОПН) слід встановлювати на конструкціях опор ПСП. Опори з роз'єднувачами та ОПН не повинні допускати можливості доступу до апаратів сторонніх осіб.

### 9.3 Схеми електричних з'єднань власних потреб

9.3.1 Електроживлення власних потреб рекомендується здійснювати від енергосистеми по лініях видачі потужності ВЕС і від самої ВЕС при її роботі.

9.3.2 Система електропостачання власних потреб ВЕС встановленою потужністю більше 20 МВт повинна, по можливості, мати не менше двох незалежних джерел живлення:

- обмотка низької напруги підвищуючого трансформатора ВЕС;
- збірні шини 6-10 кВ або шини ПС місцевого енергорайону.

9.3.3 Для аварійного електропостачання власних потреб при тривалій втраті напруги зв'язку з енергосистемою і зупиненні ВЕС може застосовуватися також дизельна електростанція. Потужність дизельної електростанції визначається виходячи з умов підтримки устаткування і систем ВЕС у працездатному стані і можливості запуску ВЕС із непрацюючого стану.

9.3.4 Схема електричних з'єднань власних потреб змінного струму ВЕС, як правило, виконується з однією напругою 0,4-0,23 кВ (трёхфазна система із заземленою нейтраллю).

Для живлення окремих приймачів власних потреб за умовами безпеки може застосовуватися змінний струм напругою 42 В або 12 В.

Для великих ВЕС при наявності відповідних потреб може застосовуватися також напруга 6 (10) кВ.

9.3.5 Напруга на шинах власних потреб повинна забезпечуватися при будь-яких режимах роботи ВЕС, а також при її зупиненні з використанням автоматичного включення резерву (АВР) при аварійних відключеннях джерела електропостачання.

Вид і кількість незалежних джерел живлення, напруги мережі власних потреб, кількість і потужність трансформаторів, що живлять, схема електричних з'єднань власних потреб визначаються на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням забезпечення необхідної надійності електропостачання.

9.3.6 Для живлення постійним струмом споживачів власних потреб – кола оперативного струму, перетворюючих агрегатів безперебійного живлення, евакуаційного й аварійного освітлення, зв'язку – встановлюється акумуляторна батарея і зарядно-підзарядний пристрій.

Напруга акумуляторної батареї, як правило, приймається 220 В постійного струму.

9.3.7 Основне електроживлення засобів диспетчерсько-технологічного керування на ВЕС може здійснюватися від мережі змінного струму власних потреб, резервне – від акумуляторних батарей на напрузі 24 і 60 В. Ємність акумуляторних батарей повинна забезпечувати резервне живлення засобів диспетчерсько-технологічного керування протягом не менше двох годин.



9.3.8 Розрахунок і вибір акумуляторних батарей проводиться з урахуванням експлуатації її за методом постійного підзаряду. Зарядний пристрій повинен мати потужність і напругу, достатні для заряду акумуляторної батареї до ємності, рівної 90 % від номінальної, протягом не більше восьми годин, при попередньому 30-хвилинному розряді.

Ємність акумуляторної батареї, вибрана по тривалому навантаженню з урахуванням навантаження півгодинного аварійного розряду, повинна перевірятися за рівнем напруги на шинах постійного струму при збігу сумарного поштовхового навантаження і тривалого навантаження наприкінці півгодинного аварійного розряду.

9.3.8 З метою зниження ємності і габаритів акумуляторної батареї і скорочення мережі постійного струму допускається живлення соленоїдів вмикання вимикачів змінним спрямленим струмом.

#### 9.4 Керування, сигналізація, автоматика

9.4.1 Засоби керування, сигналізації, електричних захистів і автоматики підстанцій високої напруги входять у загальну систему керування ВЕС і проектується на основі ГКД 341. 004. 001.

9.4.2 З огляду на те, що ВЕУ, які приєднуються до підстанцій, є генеруючими джерелами електроенергії, при роботі електричних захистів підстанцій і ліній електропередач повинні передбачатися відключення також і комутаційних апаратів, встановлених у шафах керування кожної ВЕУ.

#### 9.5 Облік електроенергії

9.5.1 Для обліку виробленої електроенергії на кожній ВЕУ в шафах контрольно-вимірювальної апаратури повинні передбачатися лічильники активної енергії, а для синхронних генераторів – і реактивної енергії.

9.5.2 Допустимий клас точності лічильників, встановлюваних на ВЕУ, повинний бути не гірше 0,5.

9.5.3 При установці систем автоматизованого обліку електроенергії на ВЕУ встановлюються первинні давачі і перетворювачі, а центральні пристрої встановлюються на ЦПУ ВЕС.

9.5.4 Розрахункові лічильники активної і реактивної енергії встановлюються в точках приєднання ВЕС до енергосистеми. Облік електроенергії рекомендується виконувати за допомогою багатофункціональних лічильників як по виданій, так і по отриманій від енергосистеми активній і реактивній енергії з передачею інформації на диспетчерський пункт енергосистеми.

9.5.5 У випадках, якщо вихідна підстанція ВЕС є системою з приєднанням до неї інших споживачів або генеруючих джерел, то система обліку електроенергії повинна передбачатися відповідно до гл. 1.5 ПУЭ.

9.5.6 Засоби обліку електроенергії повинні відповідати метрологічним вимогам щодо точності вимірювань, а також мати високу надійність функціонування.

## 9.6 Центральна підстанція, зв'язок з енергосистемою

9.6.1 ЦПС ВЕС встановленою потужністю до 70 МВт призначена для концентрування потужності ВЕУ ВЕС і видачі сумарної потужності в енергосистему на напругах 35 або 110 кВ. ЦПС ВЕС, як правило, зв'язується з ПС енергосистеми по одній лінії 35(110) кВ. На ЦПС для зв'язку ВЕС з енергосистемою встановлюються трансформатори 35(110)/10 кВ.

В окремих випадках роль ЦПС може виконувати підстанція енергосистеми. Вибір схеми ЦПС ВЕС встановленою потужністю понад 70 МВт, включаючи визначення кількості трансформаторів, схеми і напруги видачі потужності, провадиться на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням режимів роботи електричних мереж.

9.6.2 ЦПС ВЕС повинна розміщатися, як правило, поблизу геометричного центру площадки ВЕС, що зменшує втрати напруги у внутрішній електричній мережі 10 кВ ВЕС і забезпечує зниження витрат на її спорудження. У випадку витягнутої конфігурації площадки ВЕС (уздовж узбережжя, хребта, каналу) з розміщенням ВЕУ в один або декілька рядів допускається спорудження двох і більше ЦПС, кожна з яких зв'язується з енергосистемою по одній лінії 35 або 110 кВ.

9.6.3 Допускається встановлення трансформаторів зв'язку ВЕС на діючих ПС енергосистеми, а також використання "вільної" потужності існуючих трансформаторів ПС енергосистеми. В останньому випадку підлягає обов'язковій перевірці завантаження існуючих трансформаторів. Перевірка завантаження існуючих трансформаторів споживчих підстанцій при підключенні ВЕС провадиться по режиму видачі робочої потужності ВЕС у години мінімального навантаження споживачів, під'єднаних до існуючої ПС.

9.6.4 На ЦПС, що здійснює зв'язок ВЕС з енергосистемою на напрузі 35 кВ, рекомендується встановлення одного трансформатора 35/10 кВ. Кількість трансформаторів зв'язку 110/10 кВ з енергосистемою залежить від сумарної номінальної потужності ВЕУ, під'єднаних до однієї ЦПС:

- при встановленій потужності до 45 МВт рекомендується встановлення одного трансформатора;

- при встановленій потужності більше 45 МВт рекомендується встановлення двох трансформаторів (або обґрунтувати розщеплення обмоток на стороні низької напруги).

Вибір схеми ЦПС, включаючи визначення кількості трансформаторів, схеми і напруги видачі потужності провадиться на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням режимів роботи електричних мереж.

9.6.5 Трансформатори зв'язку ЦПС 35(110)/10 кВ повинні мати пристрої РПН.

9.6.6 Потужність трансформаторів зв'язку ВЕС вибирається з урахуванням використання стандартної перевантажувальної спроможності трансформаторів (20 %) у зв'язку з низьким коефіцієнтом використання номінальної потужності ВЕС до 0,3. Номінальна потужність трансформаторів при одному трансформаторі зв'язку визначається за виразом:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_p}{1,2 \cdot \cos \varphi}, \quad (9.1)$$

де  $S_{ном}$  – номінальна потужність двохобмоточного трансформатора, кВА;

$P_p$  – робоча потужність ВЕС, визначена відповідно до 9.6.8, кВт;

$\cos\phi$  – на стороні 10 кВ трансформаторів у режимі видачі робочої потужності ВЕС. При відсутності уточнених даних приймається  $\cos\phi = 0,95$ .

При двох трансформаторах зв'язку номінальна потужність кожного трансформатора приймається рівною половині номінальної потужності, розрахованої за наведеним виразом (9.1).

9.6.7 Величина робочої потужності ВЕС визначається виходячи з величини її номінальної потужності множенням на коефіцієнт ремонтних технологій, який враховує можливе зменшення кількості працюючих ВЕУ при систематичному виведенні частини ВЕУ у плановий ремонт:

$$P_p = N P_{нвеу} K_{рт}, \quad (9.2)$$

де  $P_p$  – робоча потужність ВЕС, кВт;

$N$  – загальна кількість ВЕУ, встановлених на ВЕС;

$P_{нвеу}$  – номінальна потужність однієї ВЕУ, кВт;

$K_{рт}$  – коефіцієнт ремонтних технологій.

9.6.8 Кількість працюючих ВЕУ залежить від середньорічної тривалості планового ремонту установки, що обумовлена ресурсно-експлуатаційними характеристиками ВЕУ, а також від числа робочих бригад, що одночасно виконують планові ремонти.

9.6.9 Значення коефіцієнта ремонтних технологій  $K_{рт}$  залежить, в основному, від ресурсно-експлуатаційних характеристик ВЕУ різних типів та потужності, технології організації ремонтного процесу, тривалості і характеру появи безвітряних пауз та їх розподілу по денних і нічних годинах доби.

9.6.10 При проектуванні ВЕС слід приймати усереднені величини коефіцієнта ремонтних технологій, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Одинична потужність ВЕУ	Кількість встановлених ВЕУ			
	1 - 100	101 - 200	201 - 300	більше 300
до 200 кВт	0,98	0,95	0,90	0,80
понад 200 кВт	0,98	0,80	--	--

9.6.11 Принципові електричні схеми ЦПС ВЕС потужністю до 70 МВт слід виконувати відповідно до додатків Д – Ж. В залежності від реальних значень струмів короткого замикання на стороні низької напруги трансформаторів ЦПС допускається паралельне з'єднання розщеплених обмоток низької напруги трансформаторів із відповідним зменшенням кількості секцій розподільного пристрою низької напруги.

У випадку використання для внутрішньої мережі ВЕС напруги 6 кВ і використання трансформаторів 110/6 кВ потужністю 40 МВА повинна бути перевірена необхідність установки струмообмежуючих реакторів 6 кВ по конкретних параметрах ВЕС і енергосистеми.

9.6.12 При наявності на ВЕС кабельної мережі 10 кВ (струмопроводів і споживчих ліній) на ЦПС повинні бути виконані заходи щодо компенсації емісійних струмів відповідно до вимог ПУЭ.

## 9.7 Підстанція вітроелектричних модулів

9.7.1 Підстанція ВЕМ 10(35)/0,4 кВ призначена для концентрування потужності групи ВЕУ і передачі потужності групи ВЕУ або окремої ВЕУ у внутрішню електричну мережу 10 кВ ВЕС. Розміщується підстанція ВЕМ поблизу геометричного центру площадки, на якій встановлюються ВЕУ, що з'єднуються в модуль, або поблизу окремої ВЕУ.

9.7.2 Електрична схема РУ 10 кВ підстанції ВЕМ виконується за схемою лінія-трансформатор відповідно до ГКД 341.004.001 (додаток 1, схема ТП-1). Як ПС ВЕМ рекомендується використовувати комплектні трансформаторні підстанції (КТП).

9.7.3 На підстанції ВЕМ встановлюється один трансформатор 10(35)/0,4 кВ. Потужність трансформатора вибирається з урахуванням використання стандартної перевантажувальної спроможності трансформаторів (20 %) у зв'язку з низьким коефіцієнтом використання номінальної потужності ВЕУ.

Номінальна потужність трансформатора визначається за виразом:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_{\text{ВЕМ}}}{1,2 \cdot \cos \varphi}, \quad (9.3)$$

де  $S_{\text{ном}}$  – номінальна потужність двохобмоточного трансформатора, кВА;  
 $P_{\text{ВЕМ}}$  – сумарна номінальна потужність ВЕУ, що з'єднуються в модуль, кВт;  
 $\cos \varphi$  – на стороні низької напруги трансформатора в режимі видачі встановленої потужності всіх ВЕУ модуля.

Номінальна потужність двохобмоточного трансформатора ВЕМ із вищою напругою 35 кВ визначається також за виразом (9.3).

9.7.4 Електрична енергія, що надходить на підстанцію модуля від ВЕУ, повинна відповідати вимогам ГОСТ 13109 щодо вищих гармонік. У випадку використання на ВЕУ генераторів, що мають тиристорні перетворювачі в колі статора, фільтрацію вищих гармонік слід здійснювати технічними засобами в межах схеми ВЕУ.

## 9.8 Електричні розрахунки

9.8.1 Електричні розрахунки (розрахунки режимів поточкорозподілення і струмів короткого замикання), що потребують врахування повної потужності ВЕС (наприклад, на шинах ЦПС), виконуються по робочій потужності електростанції, обумовленій відповідно до 9.6. Електричні розрахунки окремих гілок і магістралей мережі ВЕС проводяться по номінальній потужності ВЕУ, приєднаних до магістралей.

9.8.2 Розрахунковий перспективний період, що приймається при виконанні розрахунків струмів короткого замикання, повинен бути не менше 10 років після терміну повного розвитку ВЕС.

9.8.3 Розрахунки струмів короткого замикання на елементах ВЕС виконуються без урахування впливу аперіодичної складової повного струму.

9.8.4 Якщо технічними умовами на приєднання ВЕС до енергосистеми не передбачені спеціальні вимоги щодо компенсації реактивної потужності, споживаної ВЕС, то така компенсація повинна провадитися на ВЕС за умовою забезпечення  $\cos\phi = 1$  на шинах ЦПС ВЕС у режимі 40 % використання робочої потужності станції. Величина робочої потужності визначається відповідно до 9.6.8. Вибір засобів компенсації реактивної потужності на ВЕС слід робити на основі техніко-економічних розрахунків.

## 9.9 Розподільні пристрої і підстанції, допоміжні споруди

### 9.9.1 Розподільні пристрої і підстанції

9.9.1.1 З'єднання ВЕУ в єдиний електротехнічний комплекс ВЕС здійснюється за допомогою КТП 10,5(35)/0,4-0,23 кВ, що розташовуються в безпосередній близькості від ВЕУ, і повітряних або кабельних ліній 10(35) кВ, що приєднуються до розподільних пристроїв (РП) 10(35) кВ ЦПС ВЕС або районної ПС.

При напрузі генераторів 6,3 (10,5) кВ ВЕУ приєднуються до РП 6(10) кВ ЦПС ВЕС або районної ПС за допомогою ліній електропередачі, при цьому виконуються передбачені ПУЕ спеціальні заходи для захисту електромашин, що обертаються.

9.9.1.2 Розподілення електроенергії на напрузі 0,4-0,23 кВ рекомендується виконувати із застосуванням комплектних трансформаторних підстанцій 6(10)/0,4-0,23 кВ (КТП власних потреб).

9.9.1.3 Розподільні пристрої 0,4-0,23 кВ двохтрансформаторних КТП власних потреб виконують секціонованими з АВР. Кількість і місце розташування комплектних розподільних пристроїв (КРП) ВЕС, підвищуючих трансформаторів, відкритих розподільних пристроїв (ВРП) і ПС визначаються з урахуванням кількості і потужності ВЕУ, їх розташування на території ВЕС, черговості і термінів здавання в експлуатацію, умов приєднання до енергосистеми і спорудження ліній електропередачі. Компонування РП і ПС, влаштування захисту від блискавки і заземлення здійснюються відповідно до вимог ГКД 341.004.001, ПУЕ та інших нормативних документів.

### 9.9.2 Допоміжні споруди

Масильне господарство, газове господарство проектується відповідно до чинних норм.

При необхідності ПС повинні забезпечуватися привізним газом (воднем, азотом, вуглекислим газом, елгезом), що поставляється в балонах.

Вимоги до масильного і газового господарства викладені у ГКД 341.004.001.

## 9.10 Засоби диспетчерського, технологічного зв'язку і телемеханіки

9.10.1 Схема організації зв'язку ВЕС повинна будуватися у відповідності зі схемою організації оперативного-диспетчерського керування та експлуатації.

9.10.2 Обсяг засобів зв'язку і телемеханіки залежить від потужності і значення ВЕС в енергосистемі і повинен забезпечувати:

- диспетчерський зв'язок;
- технологічний зв'язок;
- адміністративно-господарський зв'язок;
- канали зовнішнього зв'язку і передачі інформації до пунктів керування вищого рівня;
- канали зовнішнього зв'язку до загальнодержавної мережі Міністерства зв'язку.

9.10.3 Обсяг засобів зв'язку ВЕС з обслуговуючим персоналом включає:

- оперативний зв'язок диспетчера (чергового інженера) з оперативним персоналом (телефонний, радіопошуковий, мікросотовий);
- радіофікацію службових помешкань;
- охоронну сигналізацію;
- пожежну сигналізацію.

9.10.4 Обсяг засобів зв'язку і телемеханіки для дільниць ВЕС без постійного обслуговуючого персоналу включає:

- канали передачі інформації від ВЕУ;
- канали зв'язку для передачі інформації на пункт керування;
- канал зв'язку від загальнодержавної мережі зв'язку;
- охоронну сигналізацію;
- зв'язок на період налагоджувальних і ремонтних робіт.

9.10.5 Застосування на ВЕС установок промислового телебачення потребує відповідного техніко-економічного обґрунтування.

9.10.6 Обсяг засобів зв'язку та інформації, що передається від ВЕС, повинен визначатися відповідно до [7] і з урахуванням особливостей системи дистанційного телеуправління енергосистеми, у якій буде працювати проєктована ВЕС.

9.10.7 Апаратура засобів зв'язку і каналів передачі інформації повинна відповідати сучасним вимогам по швидкості, надійності і якості передачі, а також узгоджуватися з технічними умовами, що видаються енергосистемою.

## 9.11 Захист від блискавки

9.11.1 Враховуючи ступінь небезпеки, що викликають блискавки, ВЕУ і метеовежі відносяться до третьої категорії по захисту від блискавки.

9.11.2 Захист від прямих ударів блискавки повинен забезпечуватися конструкцією ВЕУ (метеовежі) і гарантувати проходження струму блискавки без руйнації устаткування та пошкодження електроніки систем керування і регулювання.

9.11.3 Струмівідвод повинен прокладатися по конструкції опорної вежі і приєднуватися до заземлювача з імпульсним опором розтіканню струму не більше 2 Ом. Допускається використовувати як струмівідвод вежу, якщо вона виготовлена з металу. Заземлювач ВЕУ є також елементом захисного заземлення.

9.11.4 Об'єднання контурів заземлення ВЕУ, метеовежі і КТП не допускається.

9.11.5 Захист будівель і споруд ВЕС від прямих ударів блискавки і вторинних її проявів повинен виконуватися відповідно до РД 34.21.122.

## 10 Пожежна безпека і протипожежний захист

10.1 Для зовнішнього і внутрішнього пожежогасіння будівель і споруд комплексу ВЕС, враховуючи особливості розміщення комплексів ВЕС на незабудованих територіях і на значному віддаленні від населених пунктів, необхідно передбачати окремий протипожежний водопровід з використанням прісної води.

10.2 Необхідність облаштування протипожежного водопроводу в будівлях і спорудах комплексу ВЕС визначається відповідно до вимог СНиП 2.04.01.

10.3 Споруди протипожежного водопроводу повинні проектуватися відповідно до вимог СНиП 2.04.02. При виборі джерела водопостачання необхідно віддавати перевагу підземним водам. В обґрунтованих випадках допускається здійснювати протипожежне водопостачання з смностей (резервуарів, водойм). Поповнення протипожежного запасу води в цих випадках здійснюється привізною водою.

10.4 Зовнішнє пожежогасіння ВЕУ не повинно передбачатися і розводять мережі протипожежного водопроводу не влаштовуються.

10.5 Категорії приміщень, будівель і споруд комплексу ВЕС визначаються розрахунком відповідно до вимог ОНТП 24 або ГКД 34.03.105. Категорійність будівель і споруд ПС по вибухопожежній і пожежній небезпеці і групи підстанцій по ступеню оснащення протипожежними засобами слід визначати згідно з ГКД 341.004.001.

10.6 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки і системи протипожежного захисту підстанцій розробляються відповідно до вимог ГКД 341.004.001.

10.7 Пожежна безпека будівель і споруд у будівельній частині забезпечується дотриманням вимог СНиП 2.01.02, СНиП 2.09.02, СНиП 2.09.03, СНиП 2.09.04 та Правил пожежної безпеки в Україні.

10.8 Пожежна безпека будівель і споруд по системах опалення і вентиляції забезпечується виконанням вимог СНиП 2.04.05.

З огляду на особливість розміщення об'єктів ВЕС для забезпечення опалення і вентиляції допускається використання електроенергії.

10.9 Необхідність оснащення будівель і споруд комплексу ВЕС (крім ВЕУ) системами автоматичного пожежогасіння і пожежної сигналізації визначається на підставі «Перечня однотипных по назначению объектов, подлежащих оборудованию автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации» (затверджений Наказом МВС України № 779 від 20.11.97), СНиП 2.09.07, СНиП 2.08.02 і Наказу Міністерства Енергетики України № 221 від 02.07.81.



10.10 За узгодженням із розробником і виробником ВЕУ приміщення гондоли обладнується системою автоматичного пожежогасіння технологічного устаткування за методом об'ємного пожежогасіння, локального пожежогасіння по об'єму або локального пожежогасіння по площі. Приміщення гондоли оснащують також ручними вогнегасниками.

Як вогнегасильна речовина використовуються вогнегасильні порошки (порошкове пожежогасіння), диоксид вуглецю або азот (газове пожежогасіння). Тип установки (порошкова або газова, модульна або загальнооб'єктна) та місце її розташування визначаються техніко-економічним розрахунком.

10.11 Проектування установок автоматичного пожежогасіння необхідно виконувати відповідно до вимог ДБН В.2. 5-13.

## 11 Організація експлуатації, технічного обслуговування і ремонту

11.1 В залежності від потужності ВЕС, типу і кількості ВЕУ, електричної схеми і прийнятої концепції організації технічного обслуговування розробляється організаційна структура ВЕС і штатний розклад відповідно до положень ГКД... "Організаційні структури вітрових електростанцій. Рекомендації" і ГКД... "Нормативи чисельності працівників вітрових електростанцій".

11.2 При будівництві ВЕС чергами структура і чисельність персоналу визначаються для стану при введенні в експлуатацію кожної черги з урахуванням необхідності підготовки персоналу.

11.3 На ВЕС повинне бути передбачене приміщення (місце), обладнане відповідними меблями та інвентарем для зберігання технічної документації в обсязі, що відповідає "Правилам технической эксплуатации ВЭС. Дополнение к правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей".

11.4 На ВЕС повинне бути забезпечене дотримання санітарних норм для штатного персоналу й осіб, відряджених для проведення спеціальних робіт.

11.5 Якщо експлуатація ВЕС організується на основі вахтового методу, то повинні бути передбачені всі умови праці і відпочинку вахтового персоналу.

11.6 Для нормальної і безпечної експлуатації повинно бути передбачене оснащення ВЕС приладами, пристосуваннями, інструментом, забезпечення персоналу спецодягом, спецвзуттям, індивідуальними засобами захисту і засобами пожежогасіння в необхідній кількості в кожному із таких місць:

- щит керування;
- ВЕУ;
- розподільні пристрої;
- майстерні;
- складські приміщення;
- допоміжні приміщення.

Для зберігання цих засобів повинні бути передбачені спеціальні місця (стенди, шафи тощо).

Кількість деяких захисних засобів (наприклад, каски, знаки і т.п.) повинна бути достатньою для забезпечення роботи відрядженого персоналу й осіб, що відвідують ВЕС.



11.7 Центральний щит керування, ремонтні приміщення, лабораторії, майстерні тощо повинні бути укомплектовані аптечками або сумками першої допомоги з постійними запасами медикаментних і медичних засобів.

11.8 Для вирішення задач керування ВЕС повинна використовуватися АСКП. Як правило, АСКП встановлюється на ВЕС потужністю 500 кВт і більше. До комплексу задач АСКП входять:

- керування виробничо-технічною діяльністю;
- техніко-економічні розрахунки;
- матеріально-технічне постачання;
- бухгалтерський облік;
- періодична звітність;
- питання ремонту, техобслуговування;
- підготовка персоналу та інші питання.

Для вирішення задач АСКП забороняється використовувати технічні засоби АСКП ВЕС.

11.9 Проектом ВЕС повинно бути передбачене технічне забезпечення підготовки спеціалістів, підвищення їхньої кваліфікації.

11.10 Для нормальної стабільної експлуатації і забезпечення безпечного проведення робіт на ВЕС і в енергосистемі повинен забезпечуватися надійний зв'язок між диспетчером ВЕС і диспетчером енергосистеми, диспетчером ВЕС і ВЕУ або іншими робочими місцями на ВЕС. Проектом ВЕС також повинен забезпечуватися зв'язок диспетчера ВЕС із територіальним відділенням пожежної охорони і швидкої медичної допомоги.

11.11 Проектом ВЕС повинна бути визначена й узгоджена з енергетичною системою точка періодичного контролю якості електричної енергії. Для цього повинна передбачатися спеціальна апаратура.

11.12 Система технологічного обліку електричної енергії на ВЕС повинна передбачати фіксацію виробітку електроенергії кожною ВЕУ, споживання електроенергії на власні потреби ВЕС.

11.13 Незалежно від прийнятої схеми технічного обслуговування, у проект ВЕС потужністю більше 3 МВт необхідно включати технологічний транспорт для роботи на площадці ВЕС. Кількість, вид автотранспортних засобів, їхня комплектація устаткуванням, інструментом, засобами зв'язку і захисту персоналу визначаються в проекті для кожного типу ВЕУ і конкретних умов площадки або площадок ВЕС. У проект, за погодженням із Замовником, включається придбання легкового автомобіля і транспортних засобів для перевезення персоналу і господарських вантажів.

11.14 Кількість ВЕУ, що включаються в зону обслуговування одного технологічного автомобіля, визначається Генпроектувальником на підставі вихідних даних розробника про технологію обслуговування ВЕУ.

11.15 Бригади технічного обслуговування (БТО) повинні оснащатися мобільними засобами діагностики для визначення поточних змін параметрів систем: стану механічної частини, автоматики і системи керування, відхилень геометричних характеристик розміщення обладнання, вібрацій, тиску тощо. Зазначені засоби діагностики повинні передбачатися виробником основного устаткування при комплектному постачанні ВЕС.

11.16 Для систем ВЕС, що використовують електротехнічне та інше устаткування загальнопромислового призначення, повинні застосовуватися відповідні діагностичні засоби.

11.17 Засоби діагностики рекомендується розміщати:

- реєстратори аналогових і дискретних сигналів – на місцях встановлення пристроїв керування і протиаварійної автоматики;
- мобільні засоби включаються в комплект автомобіля бригади для БТО;
- інформаційну базу – на ЦПК.

11.18 Як стаціонарні засоби для систем діагностики можуть використовуватися засоби керування технологічним процесом.

11.19 Мобільні засоби діагностики для БТО повинні включати ЕОМ із програмним і технічним забезпеченням для створення інформаційної бази стану систем і устаткування ВЕС, у тому числі напрацьованого ресурсу, і можуть використовувати для цього канали зв'язку з центральною обчислювальною машиною.

11.20 У відкритому складі паливно-мастильних матеріалів для обслуговування ВЕС необхідно передбачити:

- ємності для трансмісійного мастила (чистого і відпрацьованого) і гідравлічних рідин (запас на три місяці);
- ємності паливно-мастильних матеріалів для підйомно-транспортного устаткування та аварійних джерел електроживлення (запас на півтора місяці).

Ємності для зберігання трансформаторного масла не передбачаються, тому що воно постачається зі складу спеціалізованого підприємства, що забезпечує експлуатацію маслonaповненого устаткування ВЕС.

11.21 Організація ремонтів ВЕУ на ВЕС, як правило, повинна передбачати заміну вузлів і окремих деталей відповідно до ремонтної документації, розробленої розробником (виробником) ВЕУ. Ремонт деталей і вузлів ВЕУ слід передбачати силами їх підприємств-виробників. Для ремонтного обслуговування ВЕС великої потужності або декількох ВЕС при відповідному економічному обґрунтуванні може створюватися спеціалізоване регіональне ремонтне підприємство, що працює під технічним керівництвом організацій-розробників або виробників ВЕУ, окремих вузлів і деталей.

## 12 Принципові рішення по організації будівництва

12.1 Основні рішення по організації будівельного виробництва розробляються відповідно до вимог ДБН А.3.1-5.

12.2 При розробці цього розділу проекту необхідно враховувати наступні особливості:

12.2.1 Розробник, виробник або постачальник ВЕУ поставляє Замовнику комплектну ВЕУ укрупненими блоками максимальної готовності з інструкцією з монтажу вузлів, відповідно до якої проектна організація розробляє технологічну схему монтажу, а будівельна організація (або за її замовленням проектна організація) розробляє проект проведення робіт.

12.2.2 Об'ємно-планувальні і технологічні рішення цього розділу проекту повинні забезпечити:

– розміщення на постійній або тимчасовій площадці необхідних матеріалів, конструкцій, устаткування і механізмів, можливість їх маневрування, а також тимчасових будівель і споруд;

– протипожежні вимоги, охорону праці і заходи щодо охорони навколишнього середовища в ході будівництва.

12.2.3 Для монтажу устаткування і будівельних конструкцій слід застосовувати економічні, універсальні, мобільні крани на пневмоході відповідної вантажопідйомності.

12.2.4 У випадку розміщення ВЕС на важкодоступних ділянках (вершинах гір, болотних ділянках, морських обмілинах і т.д.) будівництво автомобільних доріг або використання вертольотів для монтажу (і ремонту установок при експлуатації) повинно бути обгрунтовано економічним розрахунком.

12.2.5 Будівництво ВЕС (при наявності на площадці більше трьох ВЕУ) з метою досягнення спеціалізації та уніфікації робіт, оптимального використання механізмів без простоїв, слід здійснювати по етапах або потоках, що включають підготовку трас доріг, ліній електропередачі, організацію монтажної площадки, облаштування фундаментів, монтаж опор, гондол, лопатей, прокладання кабелів і монтаж електростаткування підстанцій.

12.2.6 Монтаж устаткування ВЕС повинен виконуватися спеціалізованими підрозділами, що мають ліцензії на виконання даної роботи, із наданням послуг щодо шефмонтажу розробниками і виробниками ВЕУ.

12.2.7 Будівельно-монтажні роботи у неосвоєних місцях слід проводити вахтовим методом, з організацією доставки людей на робоче місце й назад і забезпеченням умов їх тимчасового розміщення в пересувних вагончиках.

12.3 Приймання ВЕС в експлуатацію виконується відповідно до вимог ДБН А.3.1-3 з урахуванням ГКД 341.003.003.001.

### 13 Загальностанційні засоби

13.1 Для проведення профілактичних і ремонтних робіт на ВЕС необхідно передбачити систему ґрунтово-щебеневих доріг шириною не менше 3 м. Ці дороги повинні примикати до доріг загального користування і відповідати IV - V категорії в будь-який сезон року. Необхідно максимально використовувати для потреб ВЕС існуючі автодороги загального користування.

13.2 Категорія якості покриття автодоріг повинна відповідати вантажопідйомності автомобільних засобів відповідно до СНиП 2.05.02.

13.3 На території ВЕС і у виробничих приміщеннях повинні передбачатися ремонтні площадки, розмір і кількість яких залежать від устаткування, що експлуатується, і прийнятої концепції організації технічного обслуговування і ремонту.

13.4 Для проведення робіт, пов'язаних із ремонтно-відновлювальними роботами на устаткуванні, повинні передбачатися приміщення, обладнані верстатами, а також зі зварювальним устаткуванням.

13.5 На ВЕС повинні бути передбачені приміщення (місце) для зберігання мастильних, паливно-мастильних матеріалів і балонів із газами.

13.6 Для перевірки пристроїв релейного захисту і автоматики, засобів вимірювання рекомендується передбачати лабораторію, оснащену випробувальними стендами, приладами для перевірки, регулювання і ремонту встановлених пристроїв. Живлення електролабораторії здійснюється трьохфазним струмом.

13.7 Для проведення профілактичних робіт на електричному устаткуванні ВЕС (вимірювання опору ізоляції, випробування і т.д.) повинні застосовуватися пересувні лабораторії. Проектом повинні передбачатися місця підключення пересувних лабораторій для обслуговування ними всього устаткування.

#### 14 Інженерно-технічні засоби охорони об'єкту

14.1 При проектуванні інженерно-технічних охоронних засобів рекомендується керуватися СН 441.

14.2 У комплекс охоронних заходів ВЕС рекомендується включати:

- охоронне огороження по периметру ЦПК, СВК, стоянки автотранспорту, відкритих і закритих складів;
- освітлення огороженої території;
- охоронну блокувальну сигналізацію будівель і споруд;
- охоронні і заборонні зони площадки ВЕС.

14.3 Зовнішнє огороження ЦПК і СВК ВЕС повинно бути висотою не менше 2 м.

14.4 Огороження ПС і ЦПС ВЕС повинно відповідати ПУЕ.

14.5 Території ЦПК, СВК із стоянками автомобільного і підйомно-транспортного устаткування і складами відкритого і закритого зберігання повинні мати зовнішнє освітлення не менше 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині.

14.6 Електроживлення мережі освітлення повинно здійснюватися самостійними лініями і включатися з ЦПК.

14.7 Охоронна блокувальна сигналізація передбачається:

- на вході в приміщення або у блок розміщення засобів керування і автоматики кожної ВЕУ і метеопоста;
- на входних дверях і зашклюдених прорізах ЦПК, ремонтних майстерень, насосних станцій, котельної і закритих складів.

14.8 Сигнал блокувальної сигналізації передається на ЦПК.

14.9 Захисні металеві ґрати встановлюються у віконних прорізах першого поверху ЦПК, майстернях і закритих складах, а також на дверних прорізах приміщень комп'ютерного залу і зв'язку, матеріальних складів.

14.10 На площадці ВЕС заборонна зона встановлюється в межах території постійного і тимчасового відводу землі з обов'язковим попередженням про можливість ведення робіт за дозволом дирекції ВЕС.

14.11 Для ВЕУ, метеопостів і електротехнічних пристроїв повинні бути передбачені заходи щодо запобігання несанкціонованого доступу до них.

**Додаток А**  
**(інформаційний)**

**Вплив спутних струменів**

У спутному струмені за ВЕУ потужність вітрового потоку зменшується за напрямком вітру. На відстані двох-трьох діаметрів ротора в підвітряному напрямку зменшення потужності потоку становить 35-45 %, а потім потужність вітрового потоку цілком не відновлюється і на відстані восьми діаметрів залишається нижче на 10 % у порівнянні з незбуреним потоком. Середня ширина спутного струменю становить 2,6 - 2,8 діаметрів на відстані 8-10 діаметрів ротора. Середня ширина серцевини струменю становить 1,5-1,7 діаметрів.

З цього випливає, що при багаторядному розташуванні ВЕУ в складі ВЕС зменшення виробітку електроенергії в групі буде більшим при розташуванні ВЕУ в ряду через два діаметри, ніж через три діаметри, що є результатом накладення спутних струменів. Втрати в групі при більш тісному розташуванні будуть більшими. Фактичне зменшення потужності для ВЕУ, що працює в спутному струмені від навітряної ВЕУ, визначається в основному характеристикою потужності підвітряної ВЕУ, а також зменшенням швидкості спутного струменю.

Вплив спутних струменів підтверджено експлуатаційними випробуваннями малих (від 2 до 4 рядів) і великих (7 рядів) груп ВЕУ. Відстані між рядами ВЕУ становили від 8 до 11 діаметрів ротора у підвітряному напрямку, а між ВЕУ в ряду – від 2 до 3 діаметрів ротора.

В малих групах ВЕУ зниження виробітку електроенергії становило від 8 до 20 % (для швидкості вітру 10 м/с) у другому ряду, а в третьому ряду – на 50 % більше, ніж у другому. Вивчення великих груп ВЕУ проводилося для відстаней 9 діаметрів між рядами і 2 діаметра ротора в ряду. Вимірювання у великій групі показали зменшення потужності на 20 % між першим і сьомим рядами ВЕУ.

На ступінь впливу спутного струменю в групах ВЕУ додатково діють рельєф місцевості, характер підстилюючої поверхні, швидкість незбуреного вітрового потоку та його турбулентність. Врахування впливу сукупності всіх чинників потребує проведення модельних досліджень. У випадку складного рельєфу (гірська місцевість) перевагу слід віддавати натурним вимірюванням на місці встановлення кожної ВЕУ.

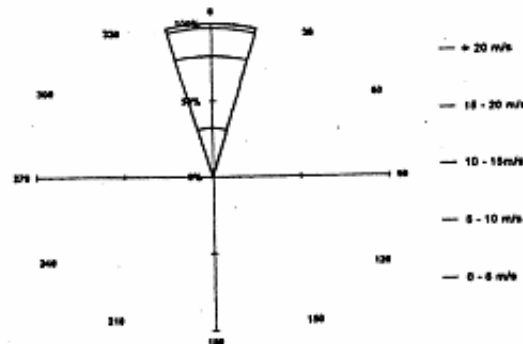
Якісна ілюстрація впливу спутних струменів у залежності від рози вітрів і схеми взаємного розташування ВЕУ в складі ВЕС наведена в таблиці А1.

Таблиця А1

Якісна оцінка впливу спутних струменів в залежності від рози вітрів  
та схеми розміщення ВЕУ у складі ВЕС:

а) для направленої рози вітрів (північ)

Характерна "роза вітрів"



№ ВЕУ	Значення втрат виробітку електроенергії, %			
	При відстані між рядами ВЕУ			
	S=5D	S=7D	S=8D	S=10D
11	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21	25,31%	14,98%	12,35%	8,92%
31	25,73%	15,21%	12,16%	9,15%
41	25,96%	15,40%	12,75%	9,29%
51	24,61%	14,92%	12,26%	9,05%

№ ВЕУ	Значення втрат виробітку електроенергії, %			
	При відстані між ВЕУ			
	S=2D	S=3D	S=5D	S=7D
1	10,68%	2,12%	0,22%	0,03%
2	20,25%	9,49%	3,00%	0,87%
3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Схема розміщення ВЕУ

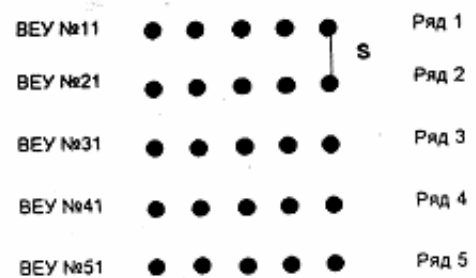
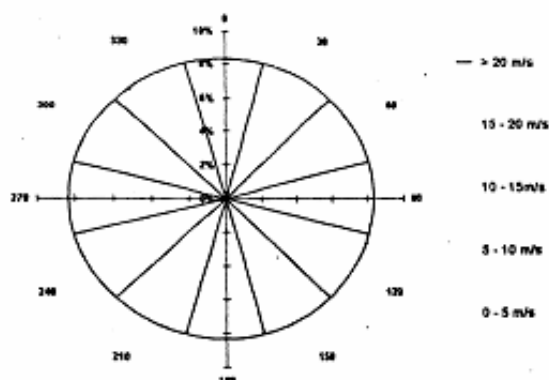


Схема розміщення ВЕУ



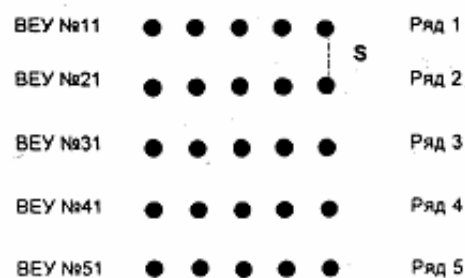
б) для кругової рози вітрів  
Характерна "роза вітрів"



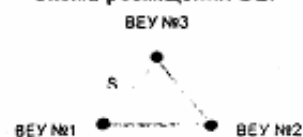
№ ВЕУ	Значення втрат виробітку електроенергії, %			
	При відстані між рядами ВЕУ			
	S=5D	S=7D	S=8D	S=10D
11	2,18%	1,28%	1,05%	0,77%
21	4,51%	2,61%	2,12%	1,54%
31	4,53%	2,61%	2,09%	1,55%
41	4,51%	2,61%	2,14%	1,53%
51	2,18%	1,28%	1,05%	0,76%

№ ВЕУ	Значення втрат виробітку електроенергії, %			
	При відстані між ВЕУ			
	S=2D	S=3D	S=5D	S=7D
1	13,23%	8,36%	4,20%	2,43%
2	13,65%	8,69%	4,43%	2,54%
3	13,06%	8,34%	4,19%	2,46%

## Схема розміщення ВЕУ



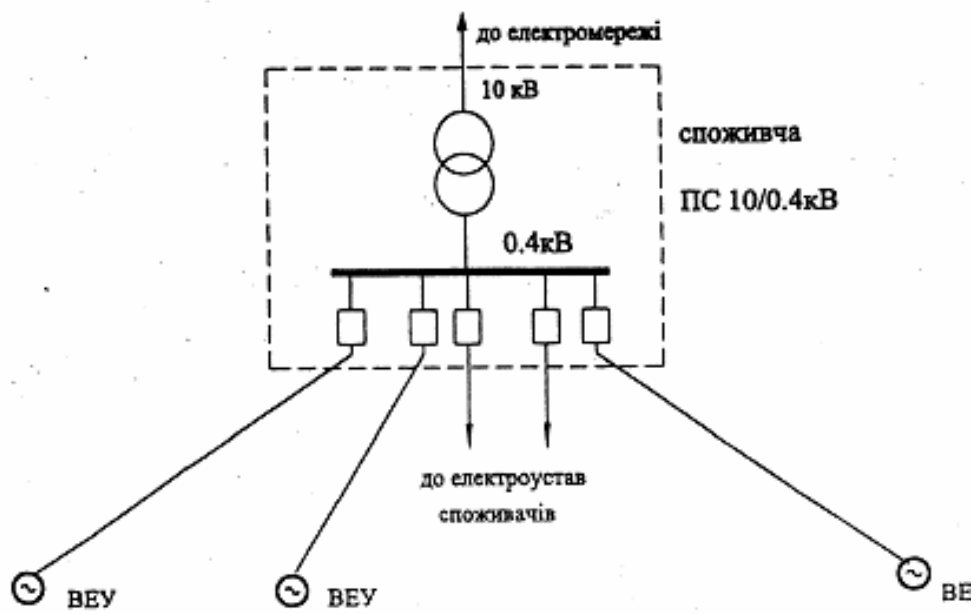
## Схема розміщення ВЕУ





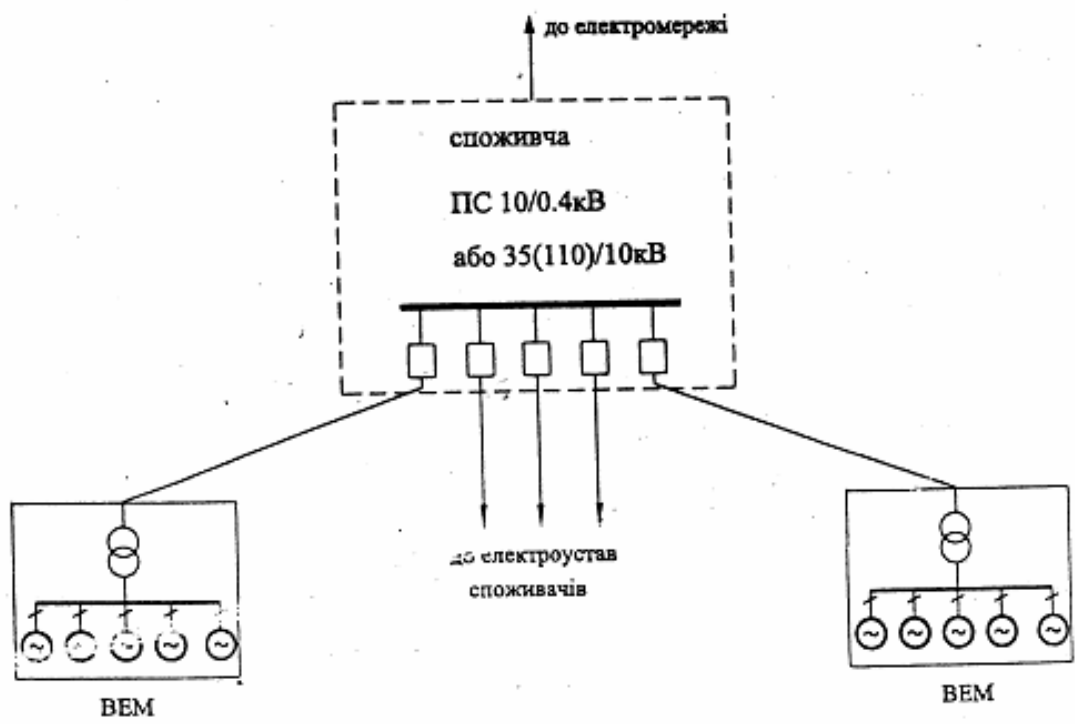
Додаток Б  
Рекомендований

Радіальна схема мережі 0,4 кВ ВЕС



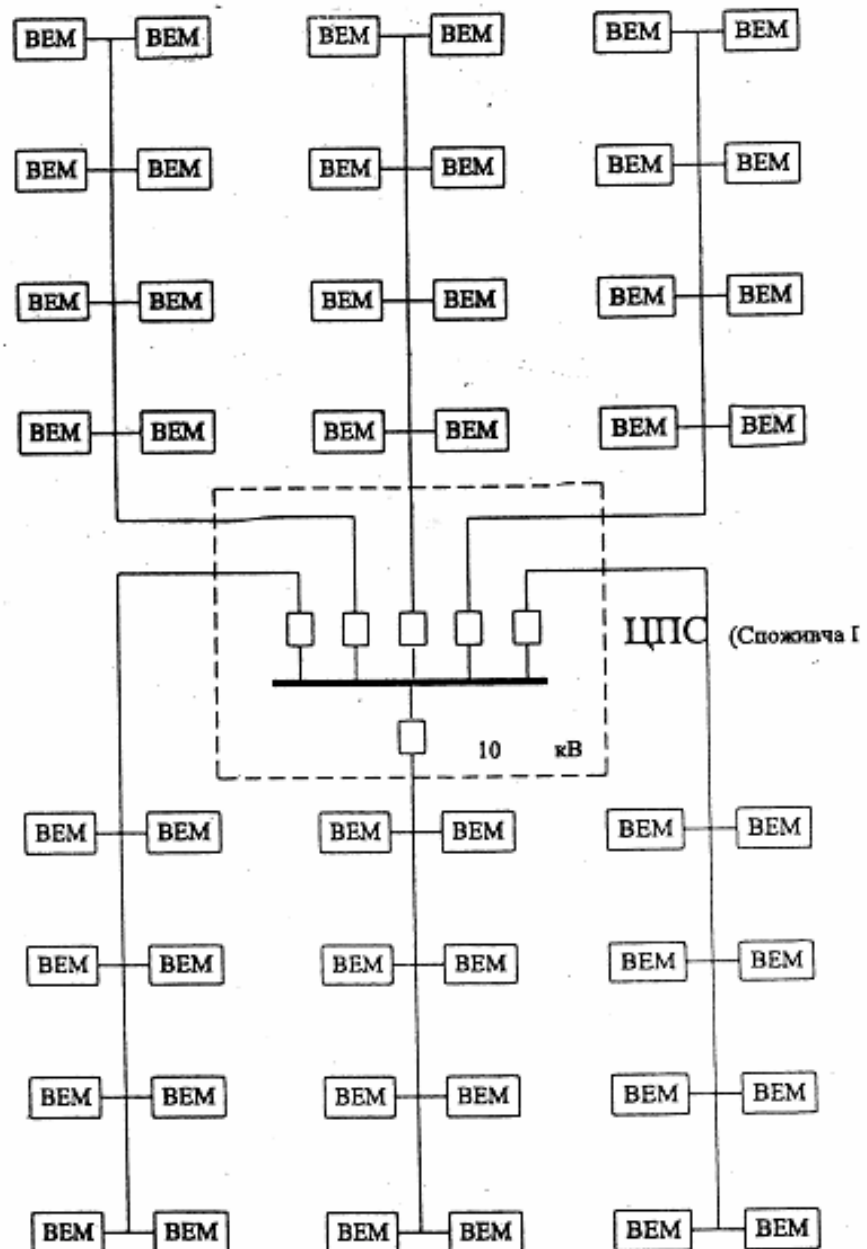
Додаток В  
Рекомендований

Модульно-радіальна схема мережі 10 кВ



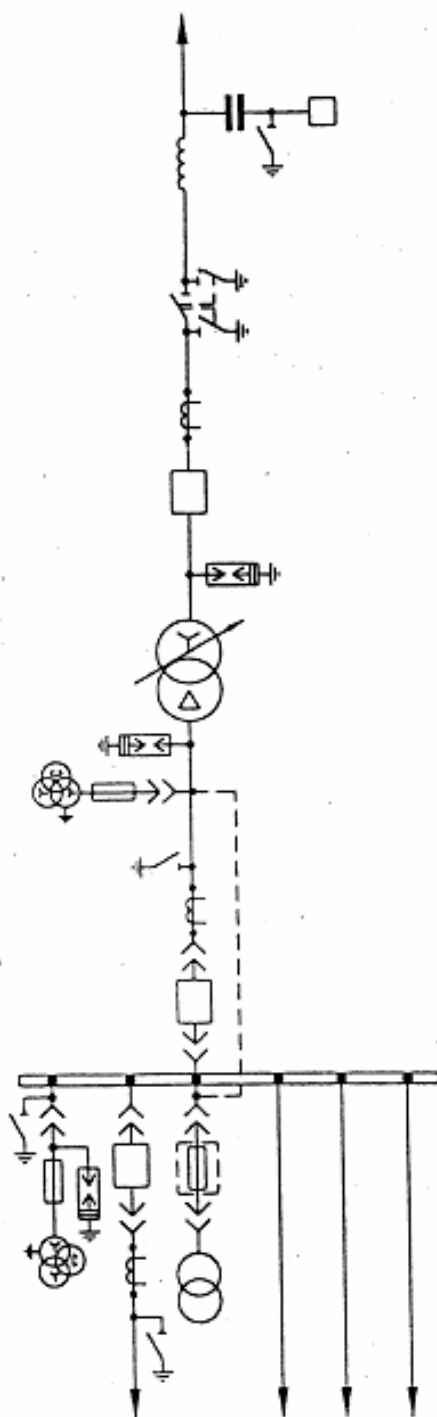
Додаток Г  
(Рекомендований)

Модульно-магістральна схема мережі 10 кВ



Додаток Д  
(Обов'язковий)

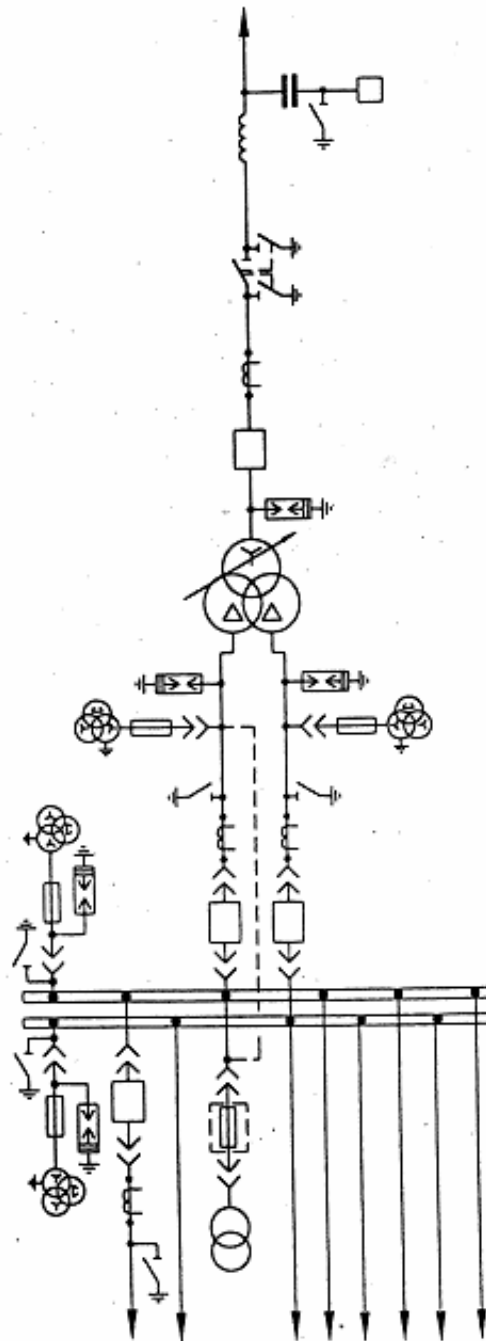
Схема принципова електрична ЦПС 35 (110)/10 кВ ВЕС потужністю до 20 МВт



У разі використання змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднується після виводів трансформатора перед вимикачем (див. пунктир).

Додаток Е  
(Обов'язковий)

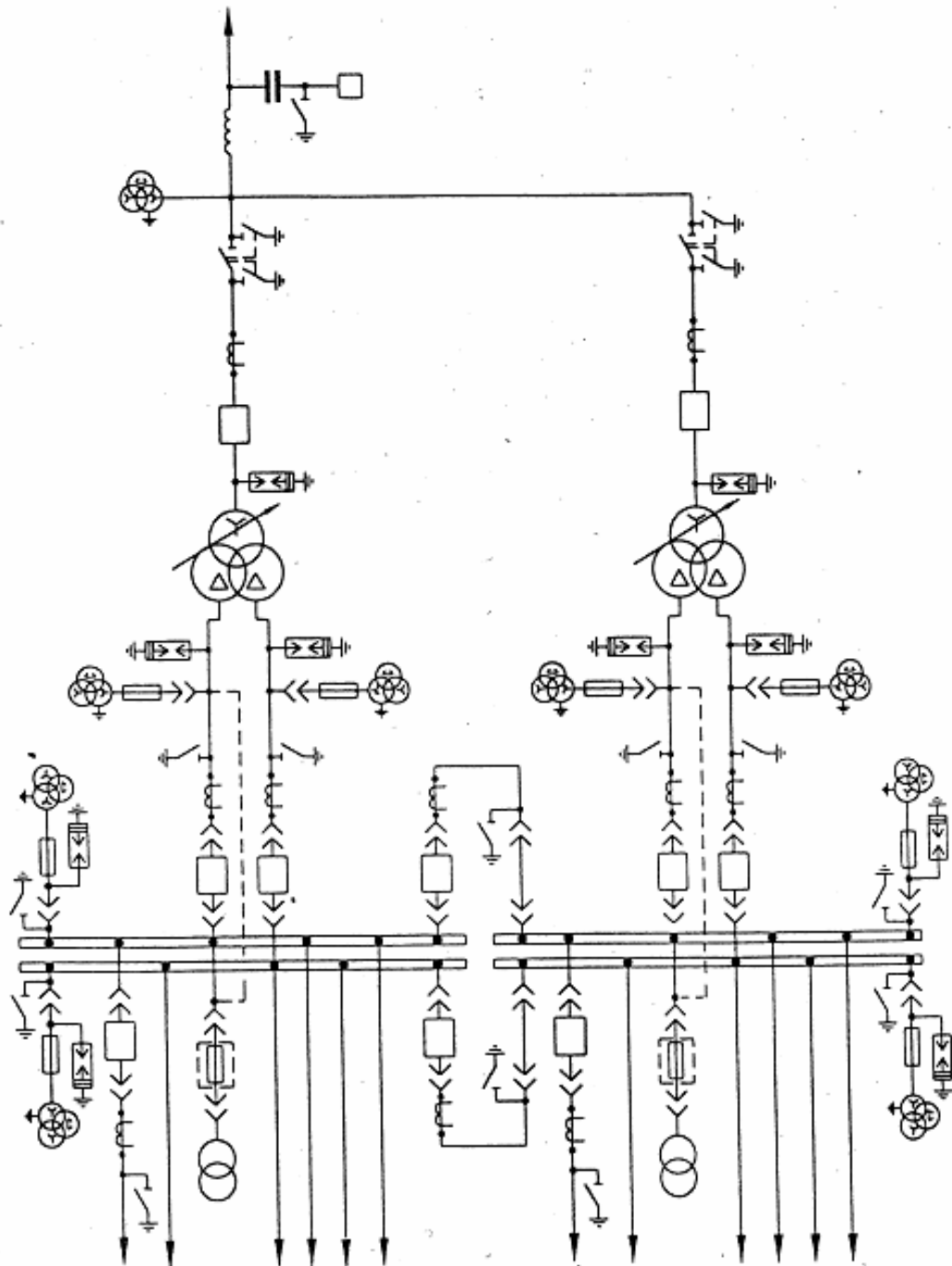
Схема принципова електрична ЦПС 35 (110)/10 кВ ВЕС потужністю від 20 до 45 МВт



У разі використання змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднується після виводів трансформатора перед вимикачем (див. пунітир).

Додаток Ж  
(Обов'язковий)

Схема принципова електрична ЦПС 110/10 кВ ВЕС потужністю від 45 до 70 МВт



50

У разі використання змінного та випрямленого оперативного струму трансформатор власних потреб приєднується після виводів трансформатора перед вимикачем (див. пунктир).

Додаток К  
(інформаційний)

Література

1. Тимчасова методика визначення собівартості і тарифів на електроенергію вітрових електростанцій. Затверджено Постановою Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України від 6 березня 1998 р. № 276. Київ, 1998.
2. Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні. Введений наказом Держстандарту України № 499 від 27.10.96 р.
3. Прикладная программа анализа атласа ветров (WASP). Национальная лаборатория Рисе, Роскильде, Дания - 1993 (рус.).
4. Ветровые электростанции. Оценка влияния качества функционирования на себестоимость продукции. ГосНИИ НЭЭ, 1999 г.
5. Методика анализа и оценки эффективности работы ВЭС, ГосНИИ НЭЭ, 1998.
6. Руководящие указания по проектированию и эксплуатации линий электропередач и распределительных устройств переменного тока 3-500 кВ, расположенных в районах с загрязненной атмосферой. -Техуправление Минэнерго СССР, 1967.
7. Руководящие указания по выбору объемов информации, проектированию систем сбора и передачи информации в энергосистемах. М., 1991.
8. Наставление по аэродромной службе в гражданской авиации СССР. НАСГА-86.

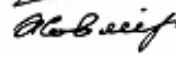
Ключові слова: вітроенергетика, вітрова електрична станція, проектування, правила.

Директор ДНДІ НЕЕ



В.Г. Шульга

Керівник розробки



М.М. Жовмір

Відповідальний виконавець



А.С. Симонов

Інженер по стандартизації



Н.П. Глущенко

Співвиконавці:

Директор інститута  
"Укренергомережпроект"



В.А. Чевичелов

Керівник розробки



В.А. Нейман

Відповідальний виконавець



Р.Є. Кануннікова

Технічний директор  
ВАТ "Укргідропроєкт"



В.К. Рябошапко

Керівник розробки (ГІП)



О.В. Зембінський

Відповідальний виконавець



В.С. Дементьев