

ПАРАЛЕЛЬНА РОБОТА ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ

Марченко А.А., к.т.н., доцент, Коломієць М.В., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Нетрадиційні відновлювальні джерела енергії все більше входять в наше життя. Україна – одна з держав, яка володіє достатніми ресурсами вітрової енергії. Тому перспектива розвитку вітроенергетики в нашій країні цілком імовірна. Україна здатна ефективно використовувати саме енергію вітру в окремих зонах, тому що середньорічна швидкість вітру становить більше 4-5 м/с. Саме такої швидкості вистачає для будівництва вітряних електростанцій [1].

В наші часи існує багато різних типи вітрогенераторів, але найбільш поширеними є два: з горизонтальною віссю обертання та вертикальною. Їх різниця полягає лише в положенні осі обертання елемента, яка уловлює саме енергію вітра. Вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання повертається автоматично, в залежності від напрямку вітру. Вісь обертання вітряного колеса розташована паралельно до землі. Лопаті генератора обертаються проти вітру, кут їх обертання може змінюватися, з метою сприйняття малої швидкості вітру. Кількість лопатів може коливатися (одно-, дво-, трьох-, багатолопатевої) [2].

Усі діючі ВЕС в Україні побудовані з використанням асинхронних машин з короткозамкненим ротором в якості електричних генераторів. Тому науковці більше досліджують саме ВЕС з використанням асинхронних генераторів і доводять, що ніякі інші типи генераторів конкурувати з ними не можуть. Для самозбудження асинхронному генератору необхідно звідкись брати реактивну енергію – або відбираючи її з ЕЕС, до шин якої підключена системна ВЕС з асинхронним генератором, або з розміщеної поряд батареї силових конденсаторів [3].

Але якщо розглядати райони зі стабільною силою, неглибоким поривом вітру то перевагу у використанні електричних генераторів ВЕС отримують синхронні генератори. Ця перевага постає в тому, що відбувається генерація не лише активної, а й реактивної енергії, потрібної для споживання безпосередньо з шин системної ВЕС [3, 4].

Мета роботи. Дослідження паралельної роботи вітрової станції.

Матеріали і результати досліджень. Моделі мереж і парків легко створюються за допомогою інтуїтивно зрозумілого набору інструментів для малювання, а використання шаблонів моделей і великої бібліотеки моделей дозволяє ефективно створювати повні моделі підприємства [5]. Для того, щоб виконати моделювання роботи ВЕС було розглянуто саме цю програму [6].

Модель вітрової станції складається з чотирьох шин напругами 150 кВ, 10кВ та 0,96 кВ. Присутні два понижувальні трансформатори Trf_Grid та Tr_WT, кабель під назвою Cable_WT. Зображено генератор під назвою GWT, який складається з 8 паралельних машин типу IG_WT. Модель ВЕС зображено на рис. 1.

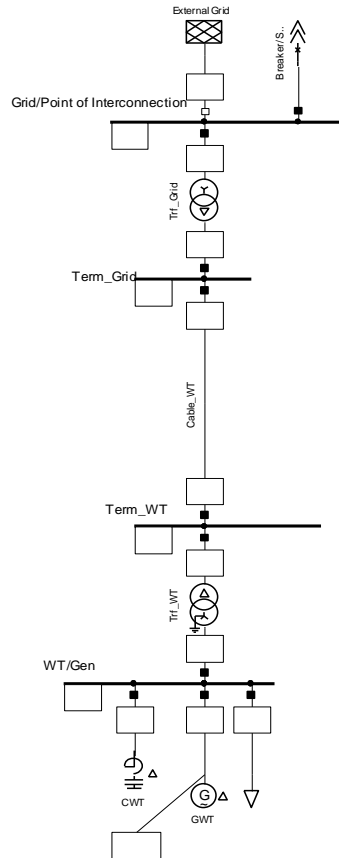


Рисунок 1 – Модель ВЕС с асинхронным генератором

Параметры генератора изображено на рис. 2, 3.

Общие | Заземление/Нейтраль

Имя:

Тип:

Терминал: Gen

Зона:

Область:

Выведен

Число параллельных машин:

Генератор/Двигатель

Генератор Ветрогенератор

Двигатель

Модель станции:

Тип машины

Стандартная асинхронная машина

Асинхронная машина двойного питания

с переменным сопротивлением ротора

Рисунок 2 – Параметры генератора

Имя	IG_WT	
Ном. напряжение	0,96	kV
Режим ввода		
<input type="radio"/> Характеристика момент/ток-скольжение <input checked="" type="radio"/> Эл. параметр		
Ном. мощность		
<input checked="" type="radio"/> Ном. полная мощность 2400, kVA <input type="radio"/> Ном. мех. мощность 2057,132 kW		
Ном. коэф. мощности	0,87558	
Эффективность в номинальнс	97,89375	%
Ном. частота	50,	Hz
Ном. скорость	1485,371	rpm
число пар полюсов	2	
Соединение	D	

Рисунок 3 – Параметры генератора типу IG_WT

Параметры трансформаторів Trf_Grid та Trf_WT зображено на рис. 4, 5.

Имя	Tr_Grid	
Схема соед.	3-фазный трансформатор	
Номин. Мощность	25,	MVA
Ном. частота	50,	Hz
Ном. напр.		
Сторона ВН	66,	kV
Сторона НН	10,5	kV
Векторная группа		
Сторона ВН	YN	
Сторона НН	D	
Сопротивление прямой посл.		
Напряжение КЗ uk	5,	%
Потреи в меди	62,5	kW
Фазовый сдвиг 5, *30deg		
Обозначение YNd5		
Полн. сопр. нул. посл.		
Напряжение КЗ uk0	5,	%
Напр. КЗ (Re(uk0)) uk0r	0,25	%

Рисунок 4 – Параметры типу трансформатора Tr_Grid

Имя	Tr_WT	
Схема соедин.	3-фазный трансформатор	
Номин. Мощность	20.	MVA
Ном. частота	50.	Hz
Ном. напр.		
Сторона ВН	10,5	kV
Сторона НН	0,96	kV
Сопротивление прямой посл.		
Напряжение КЗ uk	5.	%
Потери в меди	100.	kW
Векторная группа		
Сторона ВН	D	
Сторона НН	YN	
Фазовый сдвиг	5.	*30deg
Обозначение	Dyn5	
Полн. сопр. нул. посл.		
Напряжение КЗ uk0	5.	%
Напр. КЗ (Re(uk0)) uk0r	0,5	%

Рисунок 5 – Параметры типу трансформатора Tr_WT

Параметры кабелю Cable_WT изображено на рис. 6.

Имя	Кабель	
Ном. напряжение	10.	kV
Ном. ток	0,319	kA (в земле)
Ном. ток (в воздухе)	0,386	kA
Ном. частота	50.	Hz
Кабель / ЛЭП	Кабель	
Тип системы	перем.ток	Фазы 3
Кол-во Нейтр.	0	
Удельные параметры прямой и обратной посл.		
АС-Акт. сопр. R'(20°C)	0,253	Ohm/km
Реакт. сопр. X'	0,2004336	Ohm/km
Удельные параметры нулевой посл.		
АС-Акт. сопр. R0'	1,069	Ohm/km
Реакт.сопр. X0'	0,548	Ohm/km

Рисунок 6 – Параметры кабелю Cable_WT

Дана ВЕС з асинхронним двигуном (ВЕС «Voronkivska») приєднана до частини енергомережі південного регіону України через автотрансформатор АТДТНГ- 100000/150 на рис. 7.

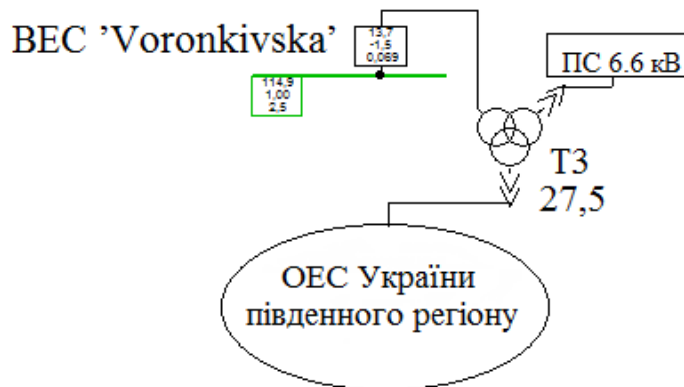


Рисунок 7 – ВЕС, яка приєднана до частини енергомережі південного регіону України

Дослідження 3-х фазного короткого замикання

В програмі виконуємо розрахунок 3-фазного кз на шині Term_WT, від якої здійснюється живлення трансформатора Tr_WT 10/0,96кВ, шини Gen на 0,96кВ, та генератора IG_WT. Місце розташування шини Term_WT рис. 1. Проведемо моделювання 4 секунд роботи системи при виникненні аварії та її ліквідації. Результат дослідження зображено на рис. 8.

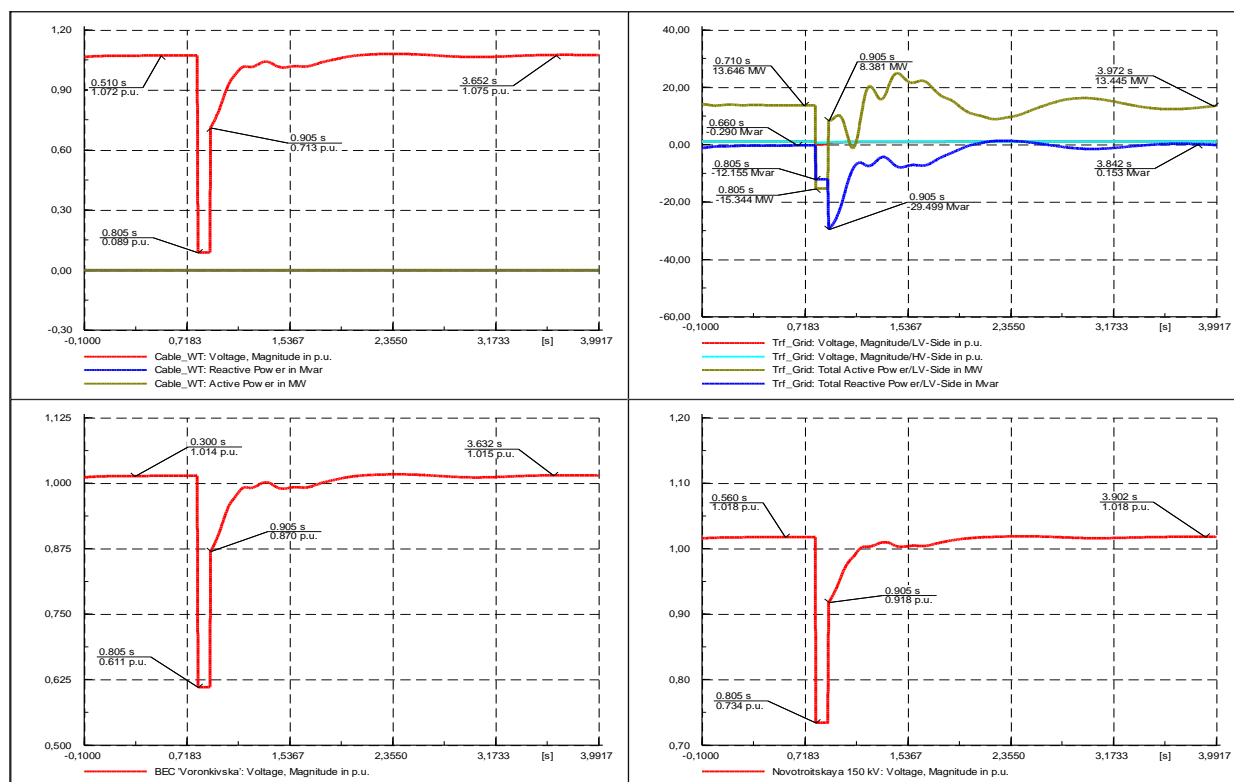


Рисунок 8 – Графіки напруг та потужностей на елементах мережі при 3-х фазному кз на шині Term_WT

З рис. 8, видно, що коротке замикання відбулося на 0.8 секунді, а ліквідувалася аварія на 0.9 секунді.

Напряга до кз мала такі значення: Cable_WT —1,072 в.о, Term_WT — 0.99 в.о., ВЕС 'Voronkivska'—1,014 в.о., Novotroitskaya 150 — 1,017в.о.

При кз напруги на шинах одразу впали, на деяких шинах залишилася залишкова напруга (Cable_WT —0,089 в.о, Term_WT — 0 в.о., ВЕС 'Voronkivska'—0,611 в.о., Novotroitskaya 150 — 0,734 в.о.). Після ліквідації кз всі значення напруг виходять на ustalений рівень, перехідний процес завершується на проміжку 3-4 с.

Дослідження режиму зміни потужності генерації.

Дослідимо зміну потужності генерації на підстанції «ВЕС Вороньківська». Зменшимо потужність генерації на 2 МВт. На рис. 9 спостерігаємо таку зміну перетоків потужності вітрової станції.

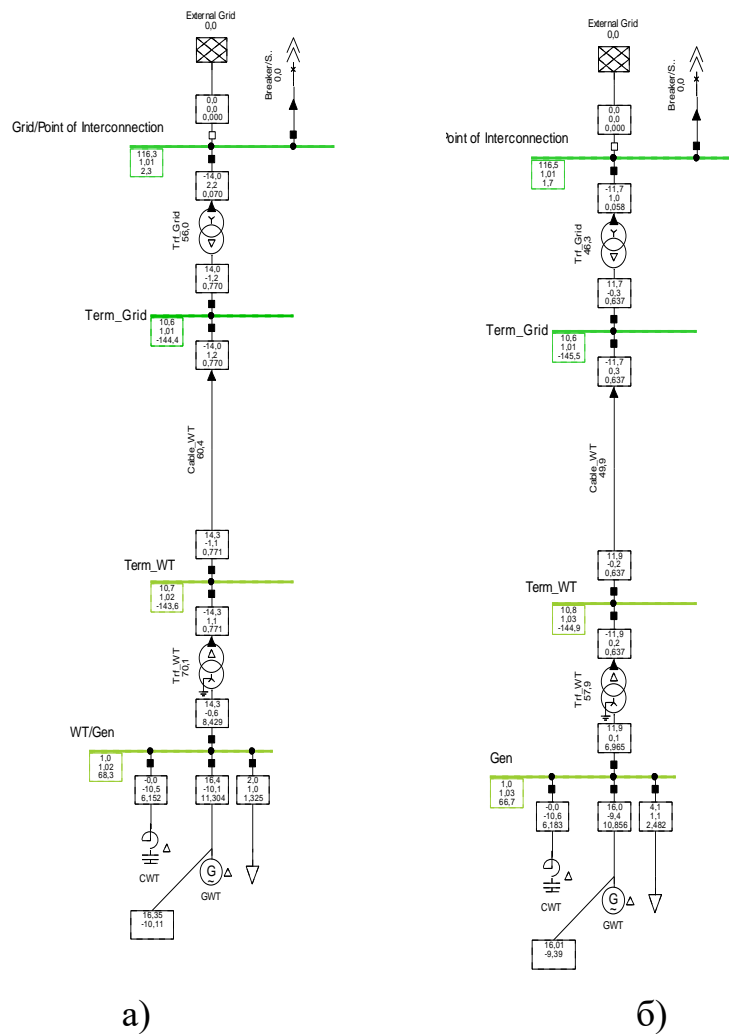


Рисунок 9 – Розрахунок вітрової станції: а) При місцевому споживанні 2,1МВт; б) При місцевому споживанні 4,1МВт.

Порівнявши дві схеми, можна побачити зміну параметрів станції. Місцеве навантаження зросло на 2 МВт та 0,1 Мвар. За рахунок цього зменшилося завантаженість кабелю Cable_WT на 10,4% та трансформаторів Trf_WT на 12,2%, Trf_Grid на 10%. Напруга на шинах суттєво не змінилася. При

зменшенні генерації на підстанції «ВЕС Вороньківська» на інших підстанціях матимемо такі рівні напруг у відносних одиницях (рис. 10).

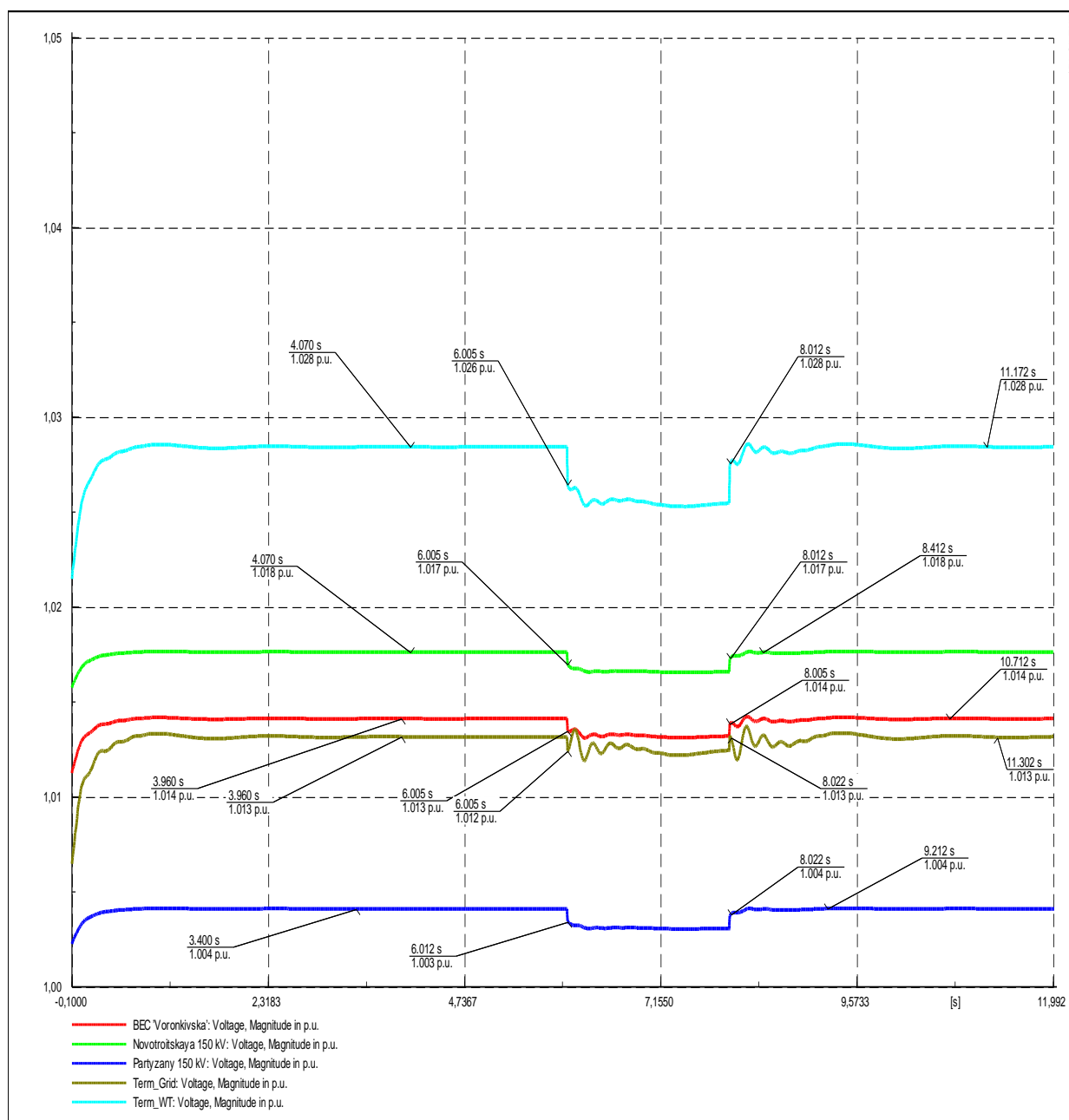


Рисунок 10 – Графік перехідного процесу при зменшенні генерації на ВЕС з асинхронним генератором

З даного графіку бачимо зменшення напруги на шинах на 6 секунд, коли було збільшення місцеве навантаження. Перехідний процес помітний, відбувається коливання напруги. Цей перехідний процес відображає дію регуляторів, які встановлені на вітровій станції.

Висновки. На основі розробленої моделі проведено дослідження паралельної роботи ВЕС з ЕС південного регіону при ряду збурень.

Коротке замикання на вітровій станції з асинхронним генератором викликає перехідні процеси з частотами 8Гц та 1,5Гц, з незначною амплітудою 5МВт. Після ліквідації короткого замикання система не втрачає стійкості.

Зміна потужність генерації вітрової станції з асинхронним генератором на 15% викликає у сусідніх вузлах падіння напруги, значення якої не перевищує допустимих меж.

Процес комутації викликає перехідний процес з частотою 8.7 Гц, який згасає через 1,2 с не впливаючи на стійкість системи.

Перелік посилань

1. Yuriy Pantsyr, Ihor Garasymchuk, Vasy Duganets, Mariia Melnyk, and Oksana Yurchenko., «Current state and prospects of wind energy development in Ukraine» [Електронний ресурс]// State Agrarian and Engineering University in Podilia, 32300 Kamianets-Podilskyi, Ukraine Sumy National Agrarian University, 40021 Sumy, Ukraine

2. Е.А. Черталова., М.Н.Третьякова., Магистерская диссертация «Разработка ветровой электростанции для промышленного предприятия г. Тольятти» [Електронний ресурс]// Тольяттинский государственный университет», Институт энергетики и электротехники.,2019

3. Б. І. Мокін, д. т. н., проф.;О. Б. Мокін, к. т. н., доц.;О. А. Жуков, асп., «До питання вибору вітрових двигунів і електричних генераторів вітрових електричних станцій» [Електронний ресурс]// Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2007. № 6 .

4. Яндульський О. С., Марченко А. А., Гулий В. С. Дослідження режимів роботи енергосистеми зі значною часткою вітрових електричних станцій //Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – №. 2. – С. 122-127.

5. Визначення необхідних умов і алгоритмів врахування ВЕС та СЕС при налаштування протиаварійних автоматичних пристроїв, призначених для запобігання порушенню стійкості (АЗПС) у перетинах ОЕС України, на режим роботи яких вони мають вплив., Методичні рекомендації [Електронний ресурс]—Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/09/AZPS.pdf>

6. DIgSILENT PowerFactory for Wind Power Applications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html>