

Рис.5. Механические характеристики ВТ и ЭГ в координатах $M = f(s)$
1 – характеристики ветротурбины, 2 – характеристики генератора при изменении
мощности скольжения P_s в цепи обмотки ротора за счет регулирования
угла управления β инвертором

Таблица 2

Некоторые параметры ВЭУ типа Gameza 2-90

Скольжение	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1
Частота вращения вала АЭГ, об/ мин.	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Мощность АЭГ, МВт	0,25	0,4	0,52	0,85	1,0	1,35	1,58	1,75	1,9	2,0

Отличительной особенностью новых схем ВЭУ является встраивание ПП внутри ВТ, конструктивно последовательно с корпусом ЭГ.

При мощности ВЭУ свыше 2...3 МВт, в корпусе ВТ встраивается также повышающий трансформатор 0,69/10 кВ, 0,69/35 кВ (напряжение ЭГ – 0,69 кВ, напряжения внешней сети – 10 кВ, или 35 кВ), что упрощает внешнюю электрическую цепь ВЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.М. Мхитарян. Ресурси та перспективи розвитку відновлюваної енергетики України: матеріали XII міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття» (Миколаївка, АР Крим, 12-16 вер. 2011 р.) / Н.М. Мхитарян, С.О. Кудря, Л.В. Яценко. НАНУ, КПІ.- Київ, 2011.- С. 19-22.

2. Конеченков А.Е., Луценко И.Н. Ветроэнергетика мира. Достижения и прогнозы. // Сб. Крым. Стройиндустрия. Энергосбережение. – Симферополь: ЧП «Проекспо Крым», 2008.- С.4-5.

УДК 621.311.24

СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА И РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОУСТАНОВКИ И ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Цеюков А.В., студент группы НВИЭ-501, Иванова Е.В., ассистент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе приводятся результаты создания алгоритма и разработки специальной программы для автоматизации расчета основных параметров выработки электрической энергии отдельной ветроустановкой и ветроэлектростанцией в целом.

ВВЕДЕНИЕ

Расчет основных параметров ветроэлектроустановки (ВЭУ) и выработки электрической энергии ветроэлектростанции (ВЭС) при изменении установленной мощности ВЭС и ВЭУ, количества ВЭУ, высоты башни ВЭУ, скорости и направления ветра на площадке ВЭС достаточно трудоемок, занимает много времени, особенно при анализе, выборе и сравнении вариантов. Данная статья посвящена разработке специальной программы для автоматизации такого расчета.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При разработке программы автоматизированного расчета были выполнены все этапы, которые должна пройти задача, реализуемая на персональном компьютере, а именно:

1. Постановка задачи.
2. Построение алгоритма.
3. Программирование.
4. Отладка и тестирование программы.

Постановкой задачи предусматривалось выполнить следующие этапы расчета выработки электроэнергии отдельно стоящей ВЭУ и ВЭС в целом:

- пересчет скоростей ветра V_{0i} с флюгерной высоты метеостанции H_0 на скорости ветра V_{hi} при высоте башни каждого типа ВЭУ – H_n ;
- расчет часовой повторяемости f_i скоростей ветра V_{hi} по данным метеостанции о повторяемости по дням d_i скорости ветра V_{0i} в течение года;
- посуточный расчет выработки электроэнергии каждого типа ВЭУ из числа установленных на площадке ВЭС по заданной характеристике мощности ВЭУ – $P_n = f(V_{hi})$ с учетом изменения скорости ветра за дни повторяемости;
- расчет выработки электроэнергии за год для каждого типа отдельно стоящей ВЭУ;
- расчет выработки электроэнергии за год для ВЭС в целом при заданном числе N_{jn} каждого типа ВЭУ по установленной мощности ВЭС $P_{ВЭС}$, и номинальной мощности ВЭУ P_n и известной характеристике α взаимного затенения ВЭУ на площадке.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ

Для разработки алгоритма программы приняты следующие исходные данные, информация по которым вводится в начале расчета:

1. Коэффициент Хеллмана k в табличной форме в зависимости от типа подстилающей поверхности на площадке ВЭС; высота башни H_n каждого типа ВЭУ; скорость ветра V_{0i} на флюгерной высоте метеостанции H_0 в течение года; повторяемость по дням d_i скорости ветра V_{0i} в течение года; характеристика мощности каждой из установленных на ВЭС ВЭУ в табличной форме для функциональной зависимости – $P_n = f(V_{hi})$, установленная мощность ВЭС $P_{ВЭС}$.

2. Расчет производится по следующим соотношениям:

Пересчет скорости ветра V_{0i} с флюгерной высоты H_0 на скорость ветра V_h при высоте башни ВЭУ – H_n

$$V_{hi} = V_{0i} \left(\frac{H_n}{H_0} \right)^k \quad (1)$$

Пересчет повторяемости скорости ветра d_i в днях на повторяемость скорости ветра f_i в часах

$$f_i = 24d_i \quad (2)$$

Заданная характеристика мощности ВЭУ – $P_n = f(V_{hi})$ с учетом изменения скорости ветра была представлена в виде типовой характеристики регулирования выходной электрической мощности – рис. 1.

На участке 1 (рис.1) ВЭУ работает с постоянным углом поворота лопастей по отношению к направлению скорости ветра, на участке 2 (рис.1) угол поворота лопастей регулируется с целью поддержания постоянной номинальной мощности P_n при росте

скорости ветра. Поворот всех трех лопастей производится синхронно с помощью весьма сложного механизма.

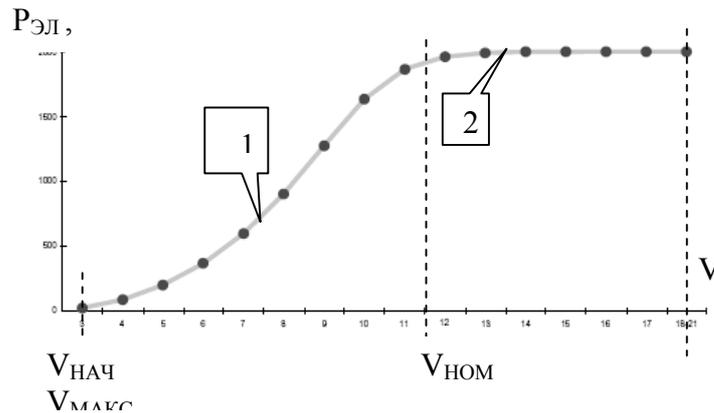


Рис.1. Типовая характеристика регулирования мощности ВЭУ при изменении скорости ветра. $V_{НАЧ}$ - скорость ветра при включении ВЭУ, $V_{НОМ}$ - скорость ветра при выходе на номинальную мощность, $V_{МАКС}$ - максимальная рабочая скорость ветра для ВЭУ

Математическое описание характеристики на рис.1 представлено в программе в виде соотношений (3), (4), (5):

$$P_n(V_{hi}) = 0 \text{ при } V < V_{НАЧ}, \quad (3)$$

$P_n(V_h)$ вычисляется по соотношению (4) при $V_{НАЧ} < V < V_{НОМ}$ (участок 1 на рис.1);

$$P(V_{hi}) = \frac{a}{1 + be^{-cvi}}, \quad (4)$$

где коэффициенты a, b, c определяются согласно [1], [2];

$$P_n(V_{hi}) = V^z, \quad (5)$$

где z принимает значения $z = 1$ (участок 2 на рис.1), либо $z = (0,9 \dots 1,1)$, если имеется некоторый подъем или наклон характеристики на участке 2 в зависимости от вида характеристики $P_n(V_{hi})$ заданной ВЭУ.

Расчет выработки электроэнергии W_{in} для каждого типа ВЭУ при каждом значении скорости ветра V_{hi} и повторяемости скорости ветра f_i в часах по соотношению (6):

$$W_{in} = P_n(V_{hi}) f_i \quad (6)$$

Определение суммарной выработки электроэнергии $W_{ВЭУ}$ за год по соотношению (7):

$$W_{ВЭУ} = \sum_1^j W_{in} n \quad (7)$$

где n - количество значений повторяемости скорости ветра за год.

Для расчета выработки электроэнергии ВЭС $W_{ВЭС}$ определяется количество N заданного типа ВЭУ по заданной установленной мощности ВЭС $P_{ВЭС}$ и номинальной мощности $P_{НОМ}$ ВЭУ на основании соотношения (8)

$$N = \frac{P_{ВЭС}}{P_{НОМ}} \quad (8)$$

Затем расчет производится по соотношению (9)

$$W_{ВЭС} = W_{ВЭУ} N \quad (9)$$

Соотношение (9) не учитывает взаимного затенения ВЭУ при различном расположении на площадке ВЭС и применяется при расстоянии между ВЭУ не менее восьми диаметров ветротурбины.

При известном коэффициенте взаимного затенения α_j для каждой ВЭУ расчет $W_{ВЭС}$ выполняется по соотношению (10)

$$W_{ВЭС} = \sum_{j=1}^{j=N} W_{ВЭУj} \cdot \alpha_j \quad (10)$$

Полученные значения $W_{ВЭС}$ по (9) и (10) используются далее для оценки коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) для ВЭС.

Среднегодовое значение КИУМ рассчитывают исходя из фактически полученного значения $W_{ВЭС}$ и расчетного значения $W_{ВЭС\text{ рас.}}$, полученного из предположения, что все ВЭУ в составе ВЭС реализуют номинальную мощность $P_{НОМ}$ в течение всего года независимо от скорости ветра. Принимается всего рабочих дней 365, число часов в сутки 24 часа. Для учета расхода энергии $W_{СН}$ на собственные нужды (СН) $\Delta W_{СН}$ ВЭС, величину $\Delta W_{СН}$ принимают в процентах от $W_{ВЭС}$ в пределах от 1% до 5% , в зависимости от общей установленной мощности ВЭС.

Расчет КИУМ выполняется по соотношению (11)

$$КИУМ = \frac{W_{ВЭС} - \Delta W_{СН}}{365.24.P_{НОМ}.N} \quad (11)$$

Величина КИУМ служит универсальным показателем эффективности генерации ВЭС за год, поскольку учитывает параметры ветра на площадке ВЭС, взаимное затенение ВЭУ, мощность применяемых ВЭУ, начальную скорость включения ВЭУ.

Разработанная программа не позволяет выполнить очередные вычисления до тех пор, пока не будут исправлены вводные и предыдущие некорректные данные. Если введенные данные являются числовыми, программа выполняет вычисления и выводит форматированное значение параметра с заранее определенным количеством знаков после запятой.

Программа написана на языке Java. Выбор языка обоснован тем, что он является Free –soursers, то есть не требует лицензии, и кросспланформенным, то есть его исполняемые файлы можно запускать на различных платформах без предварительной перекомпиляции.

ВЫВОДЫ

Представленная программа автоматизации расчета основных параметров ВЭУ и выработки электрической энергии ВЭУ и ВЭС при изменении установленной мощности ВЭС, номинальной мощности и количества ВЭУ, высоты башни ВЭУ, скорости и направления ветра на площадке ВЭС значительно ускоряет проведение расчетов при сравнении и выборе вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

5. З.У. Рамазанова. Метод аппроксимации характеристики мощности ветровой электрической установки с комбинированной системой управления мощностью // Відновлювана енергетика. 2005.- № 3-4– С.24-28.

6. Э.А.Бекиров, Д.Б.Бонев. Сравнительный анализ и разработка комбинированной системы автономного электроснабжения на базе ветрогенератора и фотоэлементов для Херсона и Евпатории // Відновлювана енергетика. 2010.- № 3– С.19-25.

УДК 621.314.5

УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОМ СИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Эбубекиров Э.А., студент группы ЭТ-401, Бекиров Э.А., д.т.н., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

В работе рассматривается устройство управления генератором синусоидального напряжения с использованием микроконтроллера.

Автономные источники электропитания на базе солнечных фотоэлектрических преобразователей являются в настоящее время наиболее перспективными в плане электроснабжения, как индивидуальных потребителей, так и при генерировании электрической энергии в питающую электрическую систему.