

Моделирование работы ветроэнергетической установки на накопитель энергии, с обеспечением максимально высокой выходной мощности

Санкевич С.А.; Петренко Ю.Н.

ЭАПУ и ТК, ФИТР

Белорусский Национальный Технический Университет

Минск, Республика Беларусь

e-mail: sanches-korn@tut.by

Аннотация — В данной работе рассматривается ветроэнергетическая установка (ВЭУ), построенной по принципу: генератор – выпрямитель – накопитель – инвертор. Задача управления ВЭУ заключается в максимизации отбора мощности воздушного потока в заданном диапазоне ветров. Приведены результаты моделирования в среде MATLAB.

Ключевые слова: моделирование; накопители; модель; быстроходность

При конструировании установок, использующих энергию ветра, не существует однозначных ответов, тем более единственного решения. Среди всего многообразия конструкций ветроколес нет такой, которая удовлетворяла бы всему спектру задач. На рисунке 1 показана зависимость КИЭВ от количества лопастей i , быстроходности Z и качества профиля лопасти K .

Ветер по своей природе явление не постоянное. Из рисунка 1 видно что для поддержания максимально высокого КИЭВ возможно преимущественно за счет регулирования быстроходности ветроколеса. Существуют различные способы решения задачи максимизации КИЭВ, такие как: управление шагом винта; управление передаточным числом мультипликатора. Первый способ применим, в основном, для горизонтально-осевых ветроколес, но не подходят, на пример, для турбин типа «Дарье» или «Савониус» [3]. Таким образом, для поддержания КИЭВ на максимальном уровне идеального решения нет. Во многом на выбор способа максимизации КИЭВ, как и на выбор конструкции ветроколеса, влияют способ эксплуатации с сетью энергоснабжения.

Относительный КИЭВ

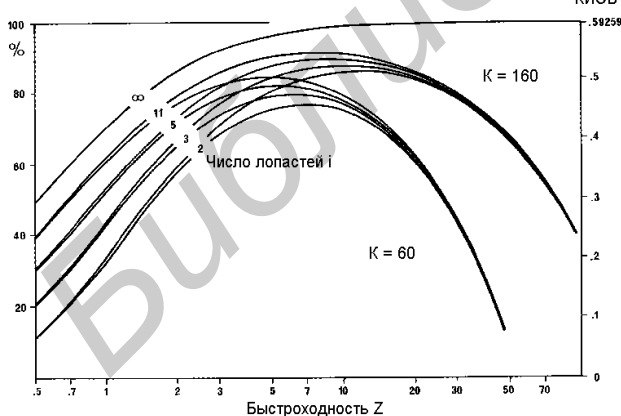


Рис. 1. Зависимость КИЭВ от количества лопастей, быстроходности и качества профиля лопасти ветроколеса

В этой работе, сосредоточим внимание на возможность обеспечения максимального значения КИЭВ при автономной работе ветроэнергетической установки (ВЭУ), что невозможно, по понятным причинам, без накопления энергии.

Применение, в качестве накопителей, батарей аккумуляторов и суперконденсаторов требуют

использования выпрямительных и инвертирующих устройств. С этой точки зрения целесообразно применение ВЭУ, построенной по схеме «генератор – выпрямитель – инвертор», работающей с переменной скоростью вращения ротора ветроколеса. Задача максимизации КИЭВ решается за счет регулирования мощности нагрузки на ВЭУ по определенному алгоритму.

На наш взгляд, для этих целей подходит ВЭУ, построенная по схеме генератор – выпрямитель – инвертор, работающих без регулирования скорости вращения ротора ветроколеса. Задача максимизации КИЭВ решается за счет регулирования мощности нагрузки на ВЭУ по определенному алгоритму.

Ниже приведены соотношения для построения математической модели ВЭУ.

Соотношение между механической мощностью турбины $P_{мех}$ и выходной электрической мощностью системы $P_{эл}$, где обозначено: $P_{нз}$ – нагрузка турбины; $M_{тр}$ – момент трения; ω – угловая скорость турбины; J – момент инерции турбины; η – КПД преобразователя электрической энергии имеет вид [1]:

$$P_{мех} = P_{нз} + M_{тр} \cdot \omega + \omega \cdot J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

$$P_{эл} = \frac{P_{мех}}{\eta},$$

Пренебрегая моментом трения $M_{тр}$, механическая часть турбины может быть представлена в виде [2]:

$$\begin{cases} M_m - M_{нз} = J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \\ P_{мех} - P_{нз} = \omega \cdot J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \\ P_{мех} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R_m^2 \cdot u^3 \cdot C_p(\theta, \lambda), \\ \lambda = R_m \cdot Z = R_m \cdot \frac{\omega}{u}. \end{cases} \quad (2)$$

где обозначено M_m – момент турбины; $M_{нз}$ – момент нагрузки; u – скорость ветра; C_p – коэффициент преобразования турбины; λ – коэффициент скорости турбины; Z – коэффициент быстроходности; R_m – радиус лопасти ветроколеса.

Система уравнений [2] представляет собой математическую модель ВЭУ. Полагается, что u и $P_{нз}$ известны; зависимость $C_p(\lambda)$ строится на основе полевых испытаний данного вида турбины или расчетных соотношений.

Разработанная имитационная модель, на основании системы уравнений [2] отражает характеристики преобразования энергии ВЭУ, представленная на рисунке 2, в ней не учитываются аэродинамические

характеристики. Она служит для исследования системы управления, обеспечивающей максимально высокую мощность ВЭУ в схеме включающей: генератор - выпрямитель – накопитель.

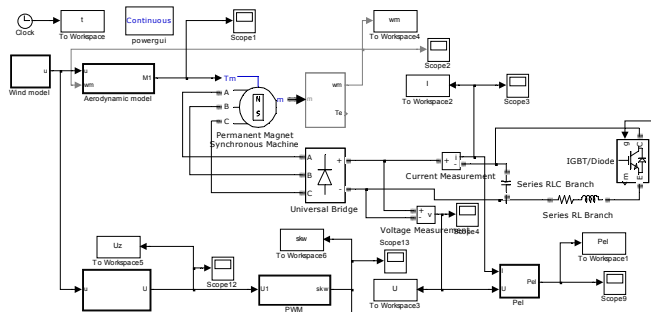


Рис. 2. Имитационная модель ВЭУ

В таблице 1 приведены данные для моделирования ВЭУ состоящей из трехлопастного ветряка с профилем лопасти «Эсперо», мультипликатора, синхронного генератора с постоянными магнитами, выпрямителя, инвертора и накопителей электрической энергии.

Табл. 1. Исходные данные для моделирования

| Параметры | Значения |
|--|----------|
| Скорость ветра, м/с | 3-7 |
| Плотность воздушного потока, кг/м ³ | 1,23 |
| Радиус ветроколеса, м | 5 |
| Количество лопастей | 3 |
| Номинальная мощность, кВт | 10 |
| Номинальная частота генератора, об/мин | 2400 |
| Передаточное число мультипликатора | 24,5 |
| Оптимальная быстроходность | 7,1 |
| Максимальный коэффициент использования | 0,476 |
| Максимальная быстроходность | 13,8 |

Результаты представлены на рисунках 3-5 в виде графических зависимостей.

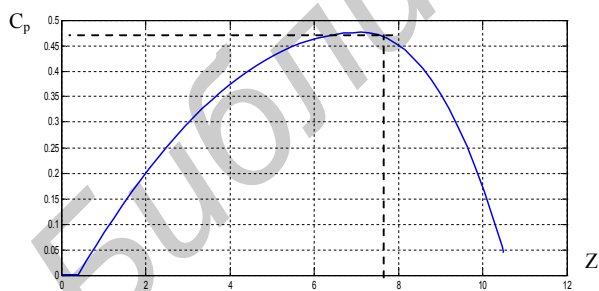


Рис. 3. Зависимость коэффициента мощности от быстроходности.

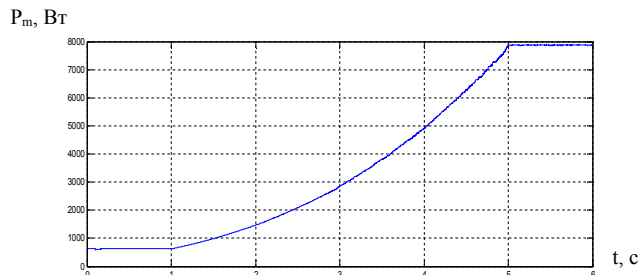


Рис. 4. Зависимости механической мощности P_m от времени t

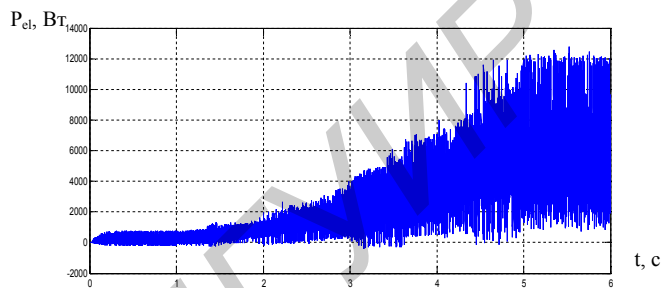


Рис. 4. Зависимости мощности нагрузки P_{cl} от времени t

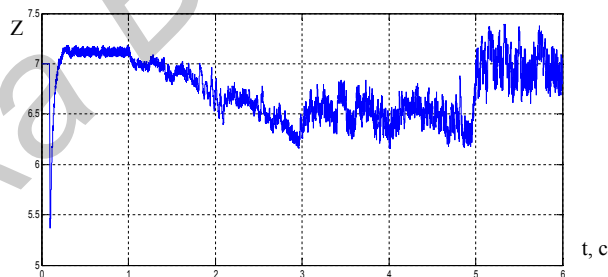


Рис.5. Зависимости быстроходности Z от времени t

[1] Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы – Харьков: ХАИ, 2003. – 400 с.
 [2] Кривцов В.С., Шефтер Я. И., Яковлев А.И. Ветроэнергетика – Харьков: ХАИ, 2004. – 519 с.
 [3] Резно де Д., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 272 с.
 [4] Интернет ресурс <http://www.ifb.uni-stuttgart.de/~doerner/designphil.html>