

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

УДК 631.371:658.26

С.К. Шерязов, М.В. Шелубаев

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ВЕТРОПАРКА В СИСТЕМЕ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей предлагается использовать ветроэнергетические установки (ВЭУ) средней и малой мощности. Выработка электроэнергии в энергосистему требует создания ветропарка, который характеризуется количеством и мощностью ветроэнергетических установок. При этом ВЭУ могут иметь разные диаметры ветроколеса и рабочие характеристики в зависимости от скорости ветра. Для эффективного электроснабжения рассмотрены основные принципы разработки ветропарка.

Ключевые слова: электроснабжение, ветропарк, ветроэнергетические установки.

S.K. Sheryazov, M.V. Shelubayev

WIND-PARK DEVELOPMENT PRINCIPLES IN THE RURAL POWER SUPPLY SYSTEM

The average and low power wind-power installations for agricultural consumers power supply are offered to use. The electric power production in the power supply system demands the wind-park construction which is characterized by wind-power installations quantity and capacity. At the same timewind-power installations can have different wind-wheel diameters and performance characteristics depending on the wind speed. The basic principles of wind-park development for effective power supply are considered in the article.

Key words: power supply, wind-park, wind-power installations.

В современных условиях экономическое развитие общества тесно связано с состоянием энергетики. При этом развитие энергетики обуславливает не только экономический рост, но и оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому требуется принципиально новый подход в формировании энергетической политики, который позволит противостоять экономическим кризисам и решать экологические проблемы.

Новая энергетическая модель должна предусматривать более широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), поскольку традиционно используемые топливно-энергетические ресурсы ограничены по запасам и их использование связано с ростом затрат. В связи с этим неизбежна кардинальная перестройка структуры энергетики с переходом к использованию экологически чистых и возобновляемых источников.

Россия обладает значительным потенциалом возобновляемой энергии. Планируется к 2020 году довести долю возобновляемых источников в энергобалансе до 4,5%. В ближайшее время масштабное развитие ВИЭ возможно в области электроэнергетики и перспективным направлением является ветроэнергетика.

В мире существует огромный парк ветроэнергетических установок (ВЭУ) с суммарной установленной мощностью около 200 ГВт. В России существует значительный нереализованный задел в области ветроэнергетики.

Ветроэнергетические установки могут работать в системе автономного и централизованного электроснабжения. Выбор системы электроснабжения на базе ВЭУ требует соответствующего обоснования с учетом конкретных условий. Вырабатываемая электрическая энергия от ВЭУ зависит от режима поступления ветровой энергии и технических характеристик ветроустановок. При этом выбор ВЭУ с оптимальными параметрами является важной задачей при проектировании системы электроснабжения.

Для системы автономного электроснабжения разработана методика выбора ВЭУ [1]. Предложен метод выбора оптимальной площади ветроколеса, обеспечивающий минимальные затраты на потребляемую энергию от системы автономного энергоснабжения с использованием ВЭУ.

В системе централизованного электроснабжения также требуется обосновать эффективность использования ВЭУ. Для этого необходимо исследовать возможности ВЭУ и определить условия их выбора в зависимости от ряда факторов с учетом конкретных местных условий.

Для выработки электроэнергии в энергосистему требуется создать ветропарк, который характеризуется количеством и мощностью ВЭУ. При этом ВЭУ могут иметь разные диаметры ветроколеса и рабочие характеристики в зависимости от скорости ветра.

Для исследования возможности использования ВЭУ необходимо определить ветроэнергетический потенциал района и желательно составить ветроэнергетический кадастр. Важными показателями при определении ветроэнергетического потенциала являются повторяемость скорости ветра для каждого месяца и ее функция распределения. По этим данным можно определить скорость ветра, обеспечивающую среднесуточную мощность ветрового потока, и ожидаемую выработку электроэнергии от ВЭУ.

Вырабатываемая энергия с удельной ометаемой площади ветроколеса ВЭУ может быть определена как [1]

$$W_{y_{\text{д} ВЭУ}} = \delta T \left[\int_{v_0}^{v_p} v^3 f(v) dv + v_p^3 \int_{v_p}^{v_m} f(v) dv \right], \quad (1)$$

где δ – постоянная, зависящая от конструктивной особенности ВЭУ; T – время работы за расчетный период; v_0 , v_p , v_m – соответственно минимальная, рабочая и максимальная скорость ветра для ВЭУ; $f(v)$ – функция распределения скорости ветра.

Выработка качественной электроэнергии ожидается при рабочей скорости ветра ВЭУ. Выбор данной характеристики является важным, поскольку при прочих равных условиях рабочая скорость ветра ВЭУ влияет на количество вырабатываемой энергии. Следовательно, необходимо определить v_p для ВЭУ в зависимости от местных условий.

Результаты исследования в условиях Челябинской области показывают на наличие скорости ветра, при которой ожидается максимальная потенциальная энергия ветра [1]. Тогда можно предположить, что существует и рабочая скорость ветра для ВЭУ, при которой можно ожидать максимальную выработку качественной электроэнергии.

Годовая сумма потенциальной ветровой энергии района определяется с учетом повторяемости скорости ветра или функции ее распределения. В качестве функции распределения скорости ветра широко используется двухпараметрическое уравнение Вейбулла. Тогда интегральная обеспеченность заданной скорости ветра определяется как

$$p(v) = \exp \left[- \left(\frac{v}{a} \right)^b \right]. \quad (2)$$

При известных параметрах уравнения Вейбулла a и b можно определить рабочую скорость ветра для ВЭУ, когда ожидается максимальная выработка качественной электроэнергии [2]

$$\frac{dW_{y_{\text{д}}}}{dv} = \frac{\delta \cdot T \cdot v_p^3 \exp \left[- \left(\frac{v_p}{a} \right)^b \right]}{dv} = 0. \quad (3)$$

Тогда

$$v_p = a \left(\frac{3}{b} \right)^{1/b}, \text{ м/с.} \quad (4)$$

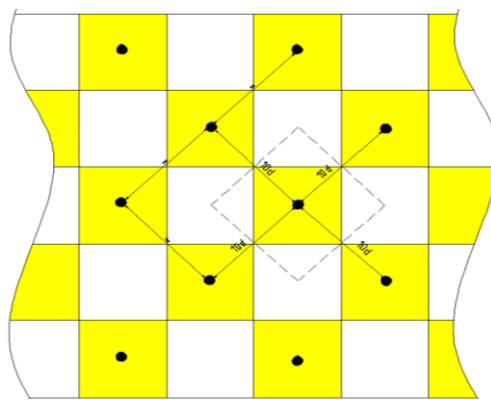
Данная скорость ветра обеспечивает максимальную выработку качественной электроэнергии с удельной ометаемой площади ветроколеса. Для выбора ВЭУ необходимо определить площадь ветроколеса или его диаметр.

Диаметр ветроколеса, при заданной рабочей скорости ветра ВЭУ, влияет на установленную мощность генератора и соответственно на выработку электроэнергии и на затраты. Для ветропарка из нескольких ВЭУ суммарная вырабатываемая мощность ограничивается расчетной нагрузкой $P_{\text{расч.}}$. Тогда при заданном x количестве ВЭУ вырабатываемая мощность должна соответствовать условию

$$P_1 x_1 + P_2 x_2 + \dots + P_i x_i \leq P_{\text{расч.}} \quad (5)$$

В условиях, когда ВЭУ работает в системе централизованного электроснабжения, можно предположить, что вся вырабатываемая качественная электроэнергия передается по электрической сети и используется потребителями. При этом суммарная вырабатываемая электроэнергия, при прочих равных условиях, зависит от количества ВЭУ в ветропарке. Тогда для максимального использования потенциальной энергии ветрового потока необходимо определить количество ВЭУ с заданным диаметром ветроколеса и v_p .

Количество ВЭУ с заданным параметром зависит от площади территории, где предполагается их размещение. Каждая ВЭУ занимает определенную площадь территории, с учетом того, что расстояние между ВЭУ должно быть не менее 10 диаметров ветроколеса ($10 \cdot d$) [3]. Тогда площадь, занимаемая одной ВЭУ, будет составлять $100 d^2$ (рис.).



Размещение ветроустановок на заданной территории

На территории с площадью S можно поместить определенное количество ВЭУ с заданным диаметром ветроколеса. Тогда количество ВЭУ с соответствующим диаметром ограничивается исходя из условия

$$100d^2_1 x_1 + 100d^2_2 x_2 + \dots + 100d^2_i x_i \leq S, \quad (6)$$

где d_i, x_i – диаметр и количество i -й ВЭУ; S – имеющаяся площадь для размещения ВЭУ.

Суммарная вырабатываемая электроэнергия от ветропарка, при заданных параметрах и количестве ВЭУ, зависит от потенциала ветрового потока на заданной территории. Тогда при создании ветропарка ожидаемая выработка качественной электроэнергии от ВЭУ должна соответствовать ветроэнергетическим ресурсам района. Для электроснабжения от ВЭУ необходимо соблюдение условий

$$0,785d^2_1 W_{\text{уд.вэу1}} + 0,785d^2_2 W_{\text{уд.вэу2}} + \dots + 0,785d^2_i W_{\text{уд.вэу}} \leq 0,01S W_{\text{уд.}}, \quad (7)$$

где $W_{\text{уд.}}$ – удельная потенциальная энергия ветра, ожидаемая на заданной территории; $\pi/4 = 0,785$.

Совместное решение вышеприведенных функций с ограничениями (5)–(7), с целью минимизации затрат на электроснабжение, позволит выбрать оптимальное количество ветроустановок с заданным диаметром ветроколеса и рабочей скоростью ветра для ВЭУ.

Таким образом, для эффективного электроснабжения потребителей можно использовать ветроэнергетические установки, которые могут работать совместно, образуя ветропарк. Тогда в конкретных климатических условиях необходимо определить оптимальные параметры ветропарка, выбрать оптимальное количество ВЭУ с заданным диаметром ветроколеса и рабочей скоростью ветра для ВЭУ.

Литература

1. Шерьязов С.К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2008. – 300 с.
2. Шерьязов С.К., Шелубаев М.В. Выбор ветроэнергетической установки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 2. – С. 7–8.
3. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких [и др.]. – СПб.: Наука, 2002. – 314 с.

