

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

*Матвеев Ю.В.*

**Ключевые слова:** генератор, насос, производительность, напор, ветродвигатель.

**Аннотация.** В целях использования энергии ветра для водоснабжения населения и отдельных частных хозяйств перспективным является эксплуатация ветронасосных установок. В настоящее время в этих установках находят применение механические или электрические насосы. В статье рассматривается вопрос использования электрического привода насоса. Это позволяет иметь дополнительный источник электроэнергии в сезон отсутствия необходимости в применении ветронасосной установки для снабжения водой.

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF AUTONOMOUS WIND-ELECTRIC PUMPING UNITS

*Matveev Yu. V.*

**Keywords:** generator, pump, capacity, head, wind turbine.

**Abstract.** In order to use wind energy for the water supply of the population and individual private farms, the operation of wind pump installations is promising. Currently, mechanical or electric pumps are used in these installations. The article deals with the use of an electric pump drive. This allows you to have an additional source of electricity in the season when there is no need to use a wind pump for water supply.

Специфической особенностью насосной ветроэлектрической установки (НВУ) является непостоянство во времени развиваемой мощности. Расчетную мощность и номинальные значение частоты, а также напряжения установки развивают в большинстве случаев лишь при скорости ветра 8...10 м/с и выше. Поскольку НВУ начинают вырабатывать энергию уже при скоростях ветра 4...5 м/с, то значительную часть времени они работают с дефицитом первичной мощности, который приводит к колебаниям напряжения и частоты тока генератора в значительных пределах. Поэтому важно, чтобы вырабатываемая энергия наиболее эффективно использовалась при всех режимах его работы. При таких условиях наиболее выгодно использовать ветроагрегаты сельскохозяйственного назначения для электропитания потребителей, которые допускают работу при колебаниях частоты и напряжения в широких пределах. К их числу относятся и насосы.

НВУ состоят из ветродвигателя и электрического насоса. Кроме того, установка в своем составе имеет устройства для регулирования напряжения, защиты генератора от перегрева и токов короткого замыкания. В НВУ насос приводится в действие от электродвигателя переменного тока, при изменяющихся скоростях ветра. В такой ситуации электродвигатель привода насоса, питаемый от генератора ветроэлектрической станции, работающего с переменными частотой и напряжением, будет находиться в условиях, отличных от нормальных. Для обеспечения работы электродвигателя необходимо проводить регулирование напряжения на его зажимах или иметь

специальный электродвигатель, который рассчитан на работу с переменной частотой. НВУ наиболее просты и работают надежно в случае использования асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и центробежных насосов. Таким образом, НВУ с электрической трансмиссией должен состоять из генератора трехфазного переменного тока, короткозамкнутого асинхронного двигателя и центробежного или другого ротационного насоса. Для эффективной работы ветроустановки требуется выбрать тип насоса. Наиболее распространенными в применении являются центробежные насосы. На рисунке 1 изображены характеристики системы  $H_c = f(Q_c)$  и насоса, отражающие процесс регулирования расхода  $Q$ , при котором изменение режима работы насоса производится путем регулирования частоты вращения вала насоса [1].

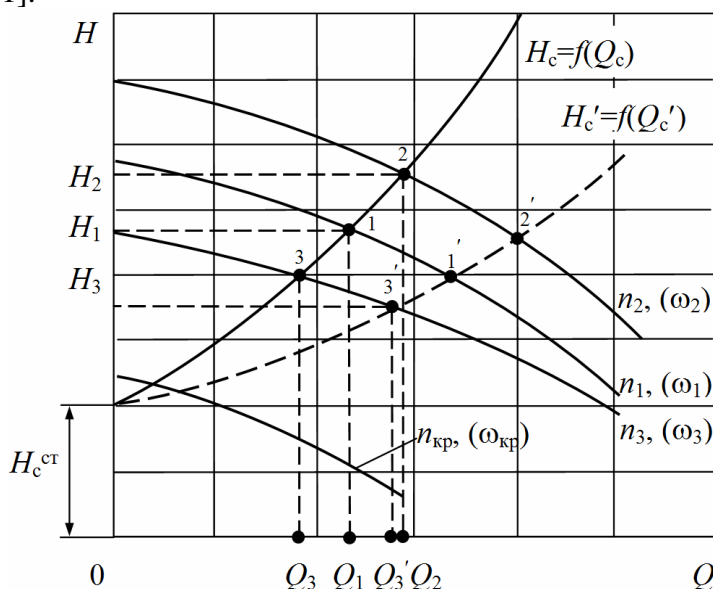


Рис. 1. Регулирование расхода насоса путем изменением частоты вращения его вала

В этом случае режим работы насоса будет определяться рабочей точкой 1 с параметрами  $Q_1$  и  $H_1$ . При увеличении частоты вращения до значения  $n_2$  характеристика насоса переместится выше, рабочая точка перейдет из точки 1 в точку 2. При этом подача и напор насоса возрастут соответственно до значений  $Q_2$  и  $H_2$ . При уменьшении частоты вращения насоса будет иметь место обратная картина. Режим работы насоса в этом случае будет определяться точкой 3. Если насос работает также на статической напор  $H_{c^{ст}}$ , то очевидно существует критическая скорость  $n_{кр} (\omega_{кр})$ , ниже которой работа насоса невозможна [2]. Регулирование производительности насоса путем изменения частоты вращения его вала является более экономичным, так как при данном способе отсутствуют непроизводительные потери в системе насос-трубопровод. В этом случае КПД остается близким к

номинальному, хотя частота вращения может изменяться самопроизвольно при изменении силы ветра. На рисунке 2 изображены рабочие характеристики ветродвигателя  $N_{д}=f(\omega)$  и насоса  $N_{н}=f(\omega)$  (кривые A, B и C) для различных скоростей ветра. Эти зависимости изображены для ветродвигателя с ветроколесом, имеющего диаметр 14 м и быстроходность 2,0.

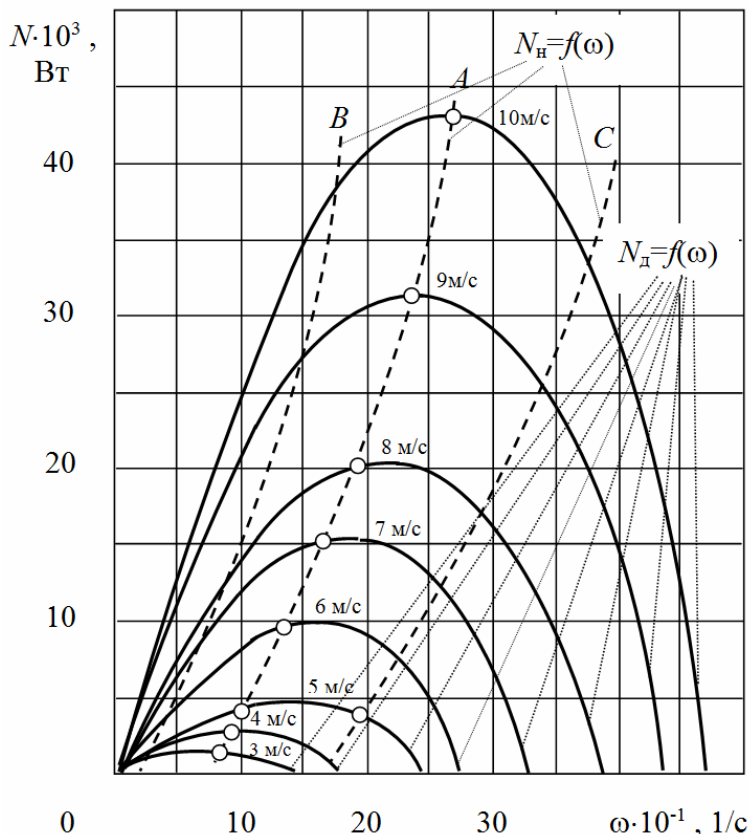


Рис. 2. Рабочие характеристики ветродвигателя  $N_{д}=f(\omega)$  и насоса  $N_{н}=f(\omega)$

Ввиду большой разности в частотах вращения лопаток насоса и ветроколеса ветродвигателя возникла необходимость в установке редуктора [3]. Редуктор повышает частоту вращения, создаваемую ветродвигателем. При этом одновременно изменяется момент вращения в обратной пропорции. В результате мощность, поступающая от вала ветроколеса и мощность, поступающая далее с редуктора к насосу, остаются неизменными.

Совмещение рабочих характеристик ветродвигателя и насоса позволяет правильно выбрать режим работы установки, а также подобрать характеристики насоса к ветродвигателю. Эти характеристики удобнее рассматривать в осях скоростей, приведенных к оборотам ветродвигателя, выразив обороты в радианах в секунду, исходя из соотношения:  $1 \text{ об/мин} = 1,05 \cdot 10^{-1} \text{ 1/с}$ . Из характеристик видно, что если критическая скорость числа оборотов  $\omega_{кр} = 25 \cdot 10^{-1} \text{ 1/с}$ , то ветроустановка может работать только

при скорости ветра не ниже 6 м/с (кривая С). Из рисунка также видно, что оптимальное сочетание характеристик ветродвигателя и насосной установки имеет место для случая характеристики А ветроустановки.

**Выводы.** Для повышения энергоэффективности работы автономной ветроэлектрической насосной установки необходимо обеспечить устойчивость ее работы в широком диапазоне скоростей ветра. Кроме того, для плавного регулирования производительностью насоса, следует дополнительно применить частотно-регулируемый преобразователь частоты.

### Список литературы

1. Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайделл, М. Уэйр. – М.: ЭАИ, 1990. – 239 с.
2. Шефтер Я.И. Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты / Я.И. Шефтер, И.В. Рождественский. – М.: Колос, 1967. – 376 с.
3. Де Рензо Д. Ветроэнергетика: пер. с англ.; под. ред. Я.И. Шефтера. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.

### References

1. Twydell D. Renewable energy sources / D. Twydell, M. Ware. – M.: EAI, 1990. – 239 p.
2. Shefter Ya.I. Wind pumps and wind power units / Ya.I. Shefter, I.V. Rozhdestvensky. – M.: Kolos, 1967. – 376 p.
3. De Renzo D. Wind Power Industry: trans. by eng.; ed. Ya.I. Schefter. – M.: Energoatomizdat, 1982. – 272 p.

<p><b>Матвеев Юрий Валентинович</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Судовое электрооборудование”, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия, yuriy-radio@mail.ru</p>	<p><b>Matveev Yuri Valentinovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of department “Ship electrical equipment”, Sevastopol state university, Sevastopol, Russia, yuriy-radio@mail.ru</p>
---	--

*Received 04.02.2021*