

УДК 53.06

**Міллер Роман-Франк**, студент факультету електроенергетики і автоматики, Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна. Вул. Борщагівська, 148, м. Київ, Україна, 03056. Тел. +38 062 748 28 91. E-mail: lord-franck@yandex.ru.

### СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІТРОДВИГУНА

*Сучасні вітроустановки не здатні функціонувати максимально ефективно при будь-якому вітрі. В результаті значна частина вітрової енергії не може перетворюватися в необхідну роботу. Дану проблему запропоновано вирішувати шляхом застосування для вітродвигуна корисного навантаження з перемінною величиною. Реалізувати це на практиці можливо, наприклад, за допомогою розробленого автором спеціального пристрою.*

**Ключові слова:** вітроенергетика, вітроустановка, корисне навантаження на вітродвигун, пристрій для зміни величини корисного навантаження.

**Миллер Роман-Франк**, студент факультета электроэнергетики и автоматики, Национальный технический университет «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина. Ул. Борщаговская, 148, г. Киев, Украина, 03056. Тел. +38 062 748 28 91. E-mail: lord-franck@yandex.ru.

### СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ

*Современные ветроустановки не способны функционировать максимально эффективно при любом ветре. В результате значительная часть ветровой энергии не может превращаться в полезную работу. Данную проблему предложено решать путем применения для ветродвигателя полезной нагрузки с переменной величиной. Реализовать это на практике можно, например, при помощи разработанного автором специального устройства.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроустановка, полезная нагрузка на ветродвигатель, устройство для изменения величины полезной нагрузки.

**Roman Frank Miller**, Student of the Department of Electric Power Industry and Automation Engineering National technical university of Ukraine «Kyiv Polytechnic institute», Kyiv, Ukraine, Str. Borshchagivska, 148, s. Kyiv, Ukraine, 03056. Tel. +38062 748 28 91. E-mail: lord-franck@yandex.ru.

### A METHOD TO INCREASE PERFORMANCE OF THE WIND MOTOR

*Modern wind turbines are not able to consistently show maximum performance in any wind. As a result a significant part of wind energy can not be turned into useful work. It is suggested that this problem can be solved by using wind motor varied useful load. This can be implemented in practice, for example, by using the special device developed by the author.*

**Key words:** wind energy, wind turbine, motor varied useful load, useful load variator.

В природе скорость ветра, как известно, колеблется в широком диапазоне принимаемых ею значений. Этот факт не позволяет современным ветроэнергетическим установкам эффективно превращать энергию ветра в полезную работу. В частности, из-за присутствия такого колебания и в силу существования ограниченных технических возможностей у ветроустановок, некоторая часть кинетической энергии воздушного потока, поступающая на лопасти ветродвигателя, не может быть преобразована с практической выгодой [1, 2].

Заметим, в данном случае речь идет не о тех потерях энергии ветра, которые являются обязательными и необходимыми для осуществления ее превращения в механическую энергию ветродвигателя. Здесь имеются в виду потери, которые снижают эффективность ветродвигателя, ухудшают его технико-экономические характеристики и максимально возможные рабочие показатели. Причины их возникновения можно объяснить следующим образом.

Вначале отметим то, что ветродвигатель ветроэнергетической установки непосредственно связан с устройством, который выполняет полезную работу, и они вместе участвуют в механическом процессе в качестве ведущего и ведомого устройства соответственно. Это дает право рассматривать их как звенья одного и того же механизма. Для того, чтобы привести его в движение, потребуется усилие, направленное на преодоление

сил сопротивления этому движению. Причин возникновения таких сил есть множество. Главная из них является та, что вызвана наличием силы тяжести, с которой этот механизм действует на свои опорные части. В результате этого там образуется трение. Вполне очевидно, чем тяжелее будет его конструкция, тем большими окажутся это давление и трение в узлах, а значит, и тем большее усилие необходимо будет к нему приложить, чтобы заставить механизм начать работать. Соответственно, для более легкого механизма, в котором трение обычно слабее, понадобится для такого процесса меньшее усилие. Отсюда можно сделать очевидный вывод о том, что существует прямая зависимость режима вращения ветродвигателя от весовых показателей его самого и присоединенного к нему устройства, выполняющего полезную работу.

Также заметим, что на практике скорость вращения ротора ветродвигателя искусственно ограничивается «сверху» с целью предотвращения аварийных ситуаций. Для этого предусмотрено принудительное его торможение. Понятно, для легкого механизма с меньшим трением в его узлах наступление критического значения угловой скорости, превышение которого связано с опасностью, произойдет при меньшей скорости ветра, чем для механизма с большим весом. То есть, «верхний потолок» возможного еще вращения ротора ветродвигателя с разным весом рассматриваемого механизма будет различным.

Таким образом, из сказанного следует, что от образующегося в механизме трения, которое, согласно существующим законам, есть производная весовых категорий, зависит, при каком ветре данный механизм начнет или прекратит работать и когда сможет наиболее эффективно использовать энергию ветра. Значит, здесь можно утверждать, что при практикующемся сегодня фиксированном значении веса полезной нагрузки, ветродвигатель при разных скоростях ветра использует различную долю от поступающей к нему энергии воздушного потока. А так как скорость ветра никогда не бывает стабильной и колеблется даже в течение небольшого промежутка времени, то по этой причине ветродвигатель постоянно недопроизводит определенную часть механической энергии.

Проблему энергетических потерь, возникающих в ходе превращения ветродвигателем энергии ветра в необходимую работу, предложено решать путем применения у него полезной нагрузки с переменным значением [1, 2]. Это позволяет обеспечивать оптимальную величину полезной нагрузки для ветродвигателя при любом ветре, а значит, добиваться получения всегда наиболее лучшего результата. Смысл данного способа заключается в том, что эта нагрузка должна автоматически меняться путем присоединения или отсоединения к ветродвигателю ее очередных порций по мере изменения скорости ветра, соблюдая при этом условие: более сильному ветру соответствует нагрузка большей величины.

Для пояснения сути способа рассмотрим абстрактный случай, когда скорость ветра постоянна и равна  $v_1$ . Если здесь полезную нагрузку к ветродвигателю не присоединять вовсе, то его ротор сможет достичь максимальную для этого ветра угловую скорость  $w_{1\max}$ . Присоединение к нему небольшой нагрузки приведет к уменьшению его угловой скорости, а дальнейшее постепенное увеличение этой нагрузки и достижение ею какой-то максимальной величины  $f_{1\max}$  вызовет полную остановку вращения ротора. Следовательно, значение полезной нагрузки  $f_{1i}$  здесь меняется от 0 до  $f_{1\max}$ , а, при этом, значение угловой скорости  $w_{1i}$  – наоборот, от своего максимально возможного при данном ветре значения  $w_{1\max}$  до нуля.

Поскольку формула полезной мощности ветродвигателя

$$N_{1i} = F_{1i} \cdot w_{1i} \cdot R,$$

где  $R$  – длина лопасти ротора, а  $F_{1i}$  – сила, с которой ветровой поток действует на лопасти ветродвигателя, уравновешиваемая силами, препятствующими процессу вращения ротора, то максимальное значение мощности  $N_{1\max}$  получится при средних возможных значениях  $F_{1i}$  и  $w_{1i}$ , т.е. при  $0,5F_{1\max}$  и  $0,5w_{1\max}$ :

$$N_{1\max} = 0,25F_{1\max} \cdot w_{1\max} \cdot R.$$

Аналогично будем иметь и для скоростей ветра  $v_2$  и  $v_3$ :

$$\begin{aligned} N_{2 \max} &= 0,25F_{2 \max} \cdot w_{2 \max} \cdot R, \\ N_{3 \max} &= 0,25F_{3 \max} \cdot w_{3 \max} \cdot R, \end{aligned}$$

а также для любого другого ветра:

$$N_{j \max} = 0,25F_{j \max} \cdot w_{j \max} \cdot R.$$

Величины  $f_{ij}$  и  $w_{j \max}$  можно определить опытным путем на тестовой установке, если общую полезную нагрузку разделить на множество частей и поочередно присоединять их к работающему ветродвигателю до полной его остановки, после того как он достиг максимальной угловой скорости  $w_{j \max}$  при известном постоянном значении скорости ветра  $v_j$ .

Совершенно очевидно, что при  $v_1 < v_2 < v_3$  справедливы неравенства:

$$\begin{aligned} 0,5f_{1 \max} < 0,5f_{2 \max} < 0,5f_{3 \max}, \\ 0,5w_{1 \max} < 0,5w_{2 \max} < 0,5w_{3 \max} \text{ и т. д.,} \end{aligned}$$

которые выражают механический процесс, когда более сильному ветру соответствует большее значение полезной нагрузки и более быстрое вращение ветродвигателя.

Данный способ предусматривает следующую очередность в работе ветродвигателя. Предположим, что по мере возрастания скорости вращения ротора ветродвигателя обеспечивается определенным образом последовательное подсоединение к нему небольших порций нагрузки. Это будет происходить до тех пор, пока данное вращение не перестанет убыстряться. В момент стабилизации скорости вращения ротора, которая наступит при  $w_j = 0,5w_{j \max}$ , полезная нагрузка также составит половину от своего максимально возможного значения и, следовательно, будет равна своей оптимальной величине для присутствующей здесь скорости ветра, поскольку любое дальнейшее увеличение нагрузки приведет к уменьшению угловой скорости ротора, а значит и к уменьшению мощности ветродвигателя.

Практическая реализация данного способа может быть осуществлена при помощи разработанного механизма [3]. Он устанавливается между соседними устройствами выполнения полезной работы, которые играют роль отдельных звеньев нагрузки и располагаются в ряд один за другим вдоль оси вала ветродвигателя. Заметим, что у автора существуют и другие, еще не опубликованные, варианты данного механизма.

Конечно, чтобы качественно осуществить на практике данный способ, необходимо разделить полезную нагрузку на очень маленькие составляющие, что технически сделать сложно. Поэтому, мы можем говорить здесь только о приблизительном его выполнении. Так, является возможным для каждого выбранного нами конкретного значения скорости ветра  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_i$  находить опытным путем соответственно  $w_{1 \max}, w_{2 \max}, w_{3 \max}, \dots, w_{i \max}$  и  $f_{1 \max}, f_{2 \max}, f_{3 \max}, \dots, f_{i \max}$ . Тогда при помощи данного устройства и в результате его точной наладки можно обеспечить оптимальные величины нагрузки на ветродвигатель для тех значений скорости ветра, при которых производился опыт.

Поскольку уменьшение скорости ветра вызовет и уменьшение кинетической энергии ветродвигателя, то в этом случае будет происходить автоматическое отсоединение последнего работающего звена или нескольких следующих за ним звеньев полезной нагрузки от ветродвигателя для обеспечения уже нового значения оптимальной величины нагрузки, которая будет соответствовать измененному значению скорости ветра.

Описанный выше способ, на наш взгляд, наиболее выгодно применить в малой ветроэнергетике. Ведь те участки местности, где ее в настоящее время стремятся использовать, обладают, как правило, небольшими ветроэнергетическими ресурсами и поэтому здесь важно уметь максимально эффективно и без потерь перерабатывать любую получаемую ветродвигателем от воздушного потока энергию.

В заключение отметим, что если добиваться неизменности величины угловой скорости вращения ротора ветродвигателя в ходе присоединения или отсоединения к нему

частей полезной нагрузки, что технически осуществить вполне возможно, то в результате получим работающий с постоянной частотой вращения механизм вне зависимости от того, как будет меняться скорость ветра. И хотя оптимальная нагрузка для ветродвигателя при любом ветре здесь уже обеспечиваться не будет, однако польза от этого также может иметь место, поскольку подключенный к такому ветродвигателю электрогенератор будет вырабатывать ток со стабильными параметрами.

#### Список использованной литературы

1. Миллер Р.-Ф. К вопросу о возможной активизации применения на практике малой ветроэнергетики. Сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Киев, Украина, 8 апреля 2014 г.). – Центр Научно-Практических Студий, 2014, – 92 с.

2. Миллер Р.-Ф. О создании условий для успешного развития малой ветроэнергетики. Сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Киев, Украина, 28 мая 2014 г.). – Центр Научно-Практических Студий, 2014, – 199 с.

3. Миллер Р.-Ф. Патент Украины на полезную модель № 60269.

#### References

1. Miller R.-F. To a question of possible activation of application in practice of small wind power. Collection of materials of the International scientific and practical conference (s.Kyiv, Ukraine, on April 8, 2014). Center of Scientific and Practical Studios, 2014, – 92 p.

2. Miller R.-F. About creation of conditions for successful development of small wind power. . Collection of materials of the International scientific and practical conference (s.Kyiv, Ukraine, on Mai, 28, 2014). Center of Scientific and Practical Studios, 2014, – 199 P.

3. Miller R.-F. Patent of Ukraine for useful model № 60269.

Поступила в редакцию 18.08 2014 г.