

где  $e_m$  – энергосодержание 1 кг молока, МДж/кг;  
 $Y$  – средняя суточная молочная продуктивность животных, кг;  
 $N$  – общее количество дойных коров, находящихся в данном помещении, гол.

Молочная продуктивность животных при прочих оптимальных условиях зависит от освещенности  $\varepsilon$  и продолжительности светового дня  $T_{cs}$ , т.е.

$$Y = f_1(\varepsilon, T_{cs}). \quad (4)$$

Затраты энергии на освещение

$$E_{OCB} = e_{за} W(\varepsilon, T_{cs}). \quad (5)$$

Подставив (3), (4) и (5) в (2) получим окончательное выражение целевой функции

$$\frac{e_{за} W(\varepsilon, T_{cs})}{e_m \cdot N \cdot f_1(\varepsilon, T_{cs})} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Заменяв энергосодержание ( $e$ ) на стоимость ( $C$ ), выражение (6) можно представить в рублевом эквиваленте

$$\frac{C_{за} W(\varepsilon, T_{cs})}{C_m \cdot N \cdot f_1(\varepsilon, T_{cs})} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Для автоматизированного поиска оптимальных значений внутренней освещенности коровника и энергозатрат на освещение, необходимо разработать специальный алгоритм расчета и компьютерную программу. Применение данной модели позволит увеличить молочную продуктивность стада при незначительном увеличении затрат на освещение.

УДК 621.311.24

*Канд. техн. наук С.А. Моренко,  
студент К.С. Моренко*

## **ВЫБОР ТИПА ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АГРЕГАТА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Проблемы истощения ископаемого топлива в настоящее время приобрели особую актуальность. В мире значительно возрос интерес к возобновляемым источникам энергии, хотя использование таких источников связано с некоторыми техническими трудностями, которые порождают высокую стоимость такой энергии [2].

Одним из возобновляемых источников энергии является ветер. Человечество издавна использует энергию ветра для совершения механической работы, главным образом, в сельском мукомольном производстве. Число ветряных мельниц достигало 200 000; в некоторых больших сёлах имелось до 80 мельниц [1]. Устройства для преобразования ветровой энергии в механическую достаточно разнообразны и в силу своих конструктивных особенностей имеют как преимущества, так и недостатки.

Существует несколько типов устройств для преобразования энергии по схеме устройства и положению в потоке: ветровое колесо располагается в вертикальной плоскости, при этом плоскость вращения перпендикулярна направлению ветра; с вертикальной осью вращения, которые делятся на карусельные и роторные; работающие по принципу водяного мельничного колеса (барабанные).

Для ветровых колёс, располагающихся в вертикальной плоскости (рис. 1 а), при хорошем аэродинамическом профиле, обеспечивается высокий коэффициент использования энергии ветра, достигающий 46% [1].

Ветроколёса лопастного типа эффективно работают только в пределах узкого диапазона скоростей ветра. Согласно [5], изменяя геометрию лопастей можно ещё более повысить КПД лопастных ветроустановок.

Ветродвиатели карусельного (рис. 1 б) и барабанного (рис. 1 в) типов отличаются весьма простой схемой работы ветроколеса. К недостаткам следует отнести сложность регулирования частоты вращения колеса и низкий коэффициент использования энергии ветра, не превышающий 10%. Коэффициент использования энергии ветра роторами Савониуса достигает 18%.

Крыльчатые ветродвиатели свободны в значительной мере от перечисленных недостатков. Хорошие аэродинамические качества, конструктивная возможность изготовления на большую мощность, малый удельный вес на единицу мощности – вот основные преимущества крыльчатых ветроколёс.

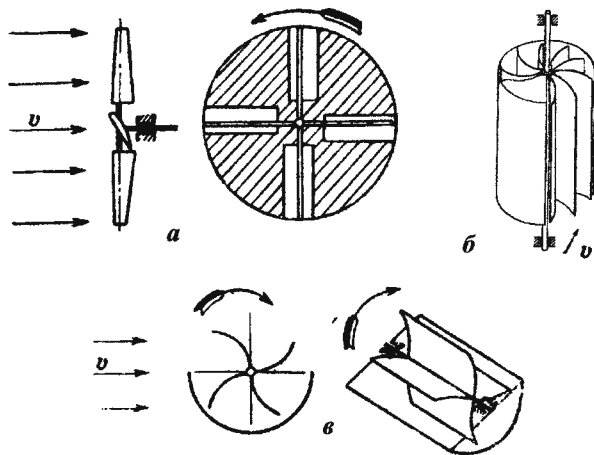


Рис. 1. Ветровые колёса:

- а – лопастное ветроколесо; б – ветроколесо карусельного типа;  
в – ветроколесо барабанного типа

Непостоянство энергии ветра в значительной мере осложняет технику использования этой энергии. Если скорость ветра изменяется в течение минуты в 2...3 раза, то энергия при этом изменяется в 8...27 раз. Вместе с тем

генераторы ветроустановок требуют определённой частоты вращения, которая должна оставаться постоянной во время работы.

Регулирование заключается в изменении положения ветроколеса или его лопастей в потоке с тем, чтобы получить необходимую мощность и обороты. Различают следующие способы регулирования: с центробежным регулятором; изменением положения лопастей или ветроколеса под действием силы ветра.

Регулирование выводом ветроколеса из-под ветра (рис. 2) – наиболее простой способ, обусловленный тем, что при косом набегании ветра на ветроколесо через него протекает меньшее количество воздуха. При повороте колеса у быстроходных ветродвигателей возникает большой гироскопический момент, опасный для их прочности. Поэтому их применяют у тихоходных многолопастных ветродвигателей.

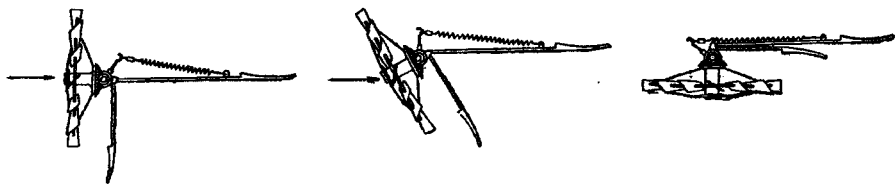


Рис. 2. Регулирование частоты вращения выводом ветроколеса из под ветра

Регулирование уменьшением поверхности лопастей сопряжено с большими техническими трудностями. При быстром изменении скорости ветра ветряк может быть сломан прежде, чем будет уменьшена поверхность лопастей. У современных ветродвигателей это регулирование не применяется.

С изменением наклона лопасти к ветру меняется подъемная сила и её составляющая, действующая в направлении вращения ветроколеса. Эта закономерность положена в основу регулирования поворотом лопасти или её части около оси маха.

Данное регулирование осуществляется следующими способами.

*Непосредственным действием ветра на крыло*, которое удерживается посредством груза в равновесии и допускает возможность регулирования оборотов.

*Действием центробежных сил, развиваемых центробежным регулятором.* В момент увеличения оборотов колеса грузы действием центробежных сил перемещаются вдоль оси махов и приводят в движение тяги, соединённые с лопастями и поворачивающие их в направлении уменьшения угла атаки. Во время регулирования поддерживается равновесие между регулирующей пружиной и центробежной силой грузов.

*Поворотом лопасти с помощью сервопривода.* Данный метод применяется на мощных ветроагрегатах. Угол атаки лопасти изменяется благодаря работе электродвигателя сервопривода, управляемого электронным блоком.

Известен ряд схем, предназначенных для преобразования механической энергии ветроустановки в электрическую энергию переменного напряжения постоянной частоты [3].

*Использование синхронного генератора* – наиболее простой способ получения электрической энергии. Недостатками являются: возможность перехода в режим двигателя при снижении скорости ветра; большая вероятность выпадения из синхронизма при резких порывах ветра.

*Использование асинхронной машины в качестве генератора* подразумевает вращение её с частотой, превышающей синхронную частоту. Имеются следующие недостатки: меньшая выработка энергии по сравнению с синхронной машиной; меньший коэффициент мощности; более высокая стоимость по сравнению с синхронной машиной. Последний недостаток компенсируется менее жёсткими условиями поддержания частоты вращения.

Преобразование энергии по схеме «переменное напряжение – постоянное напряжение – переменное напряжение».

Переменное напряжение переменной частоты от синхронного генератора преобразуется сначала в постоянное напряжение, а затем в переменное напряжение требуемой постоянной частоты для подачи электроэнергии в энергосистему. Преобразование по схеме «переменное напряжение – постоянное напряжение – переменное напряжение» может быть успешно осуществлено на базе современных полупроводниковых приборов. Однако недостатком таких систем является высокая стоимость, особенно для устройств небольшой мощности.

В литературе [4] описан коллекторный генератор переменного тока для применения в ветроустановках (рис. 3). Преимущество данной системы заключается в том, что частота напряжения на выходе коллекторного генератора переменного тока равна частоте напряжения возбуждения независимо от частоты вращения ротора. Конструктивно машина достаточно проста, стоимость генератора соизмерима со стоимостью генератора постоянного тока. Кроме того, отсутствуют дополнительные устройства и машина может работать с намного большим значением  $\cos \phi$ , чем асинхронный генератор.

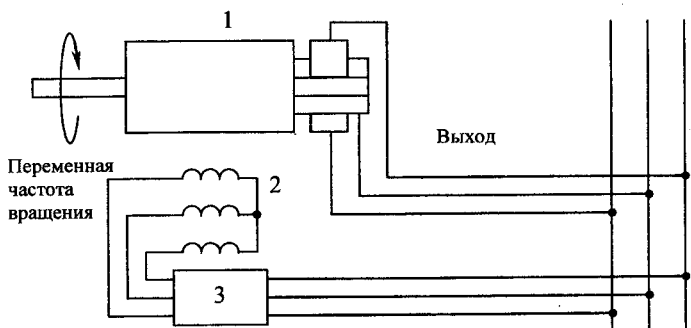


Рис. 3. Принципиальная схема коллекторного генератора переменного тока: 1 – ротор генератора; 2 – обмотки возбуждения; 3 – блок управления

В литературе [4] так же рассмотрен асинхронный генератор с питаемым ротором (рис. 4). В связи с низкой частотой вращения диаметр таких машин должен быть достаточно большим. Главным преимуществом является постоянство частоты выходного напряжения при изменении частоты вращения ротора в некоторых пределах.

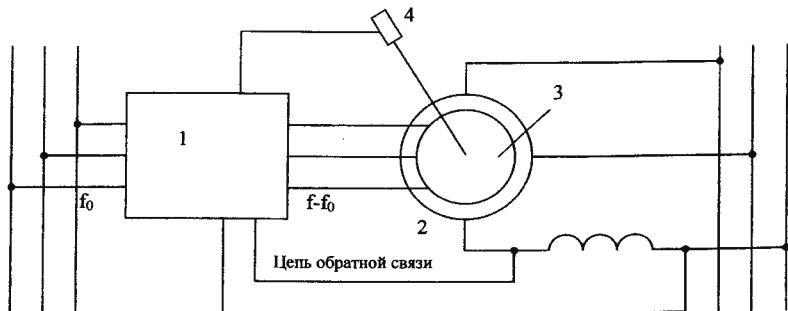


Рис. 4. Упрощённая принципиальная схема асинхронного генератора с питаемым ротором:

1 – генератор тока частоты скольжения; 2 и 3 – соответственно статор и ротор асинхронного генератора; 4 – датчики частоты вращения

Такой генератор имеет большую устойчивость, чем синхронная машина. Конструктивно такой генератор подобен асинхронному с фазным ротором.

Питание роторных обмоток осуществляется через контактные кольца от дополнительного генератора напряжения с частотой скольжения. За счёт изменения фазы питающего напряжения  $\cos \varphi$  может быть улучшен.

Для автономного электроснабжения небольших фермерских хозяйств наиболее целесообразно как с финансовой точки зрения, так и технической использовать лопастное ветроколесо с регулируемым углом атаки лопастей для поддержания частоты вращения в нужных пределах совместно с синхронным генератором переменного тока. Благодаря такой конструкции энергию, вырабатываемую ветроэлектростанцией, можно непосредственно использовать для питания электроустановок.

### Литература

1. Фатеев, Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки / Е.М. Фатеев. – Москва: ОГНЗ-Сельхозгиз, 1948. – 544 с.
2. Воронин, С.М. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение / С.М. Воронин, С.В. Оськин, А.Н. Головкин. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 267 с.
3. Ветроэнергетика / Под ред. Д. Рензо. – Москва: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.
4. Golding, E.W. Generation of electricity by windpower E and F / E.W. Golding. – London: N. Sporn, 1955.
5. Интеллектуальные ветродвигатели с изменяемой формой лопастей <http://infuture.ru/>