Ветряная электростанция на базе асинхронного электродвигателя

В.В. Чирка, Черкасская обл.

Технические характеристики ветрогенераторной установки

Мощность ветродвигателя при скорости ветра 5 м/с	4000 Вт
Скорость вращения вала ветродвигателя при ветре 5 м/с	500 об/мин
Мощность генератора	2000 Вт
Напряжение на выходе генератора	220 (380) В
Частота выходного напряжения	46...60 Гц

Проблемы дешевой энергии будоражат умы многих. Меня они тоже не обошли стороной. Но, как выяснилось, лиха беда начало. Вопросы при проектировании и постройке станции возникли практически сразу.

Вот только некоторые из них: "Какой генератор использовать?", "Как добиться стабильности выходного напряжения при сильных изменениях ветра, скорость которого колеблется от 2 до 25, а то и 30 м/с?", "Что делать, когда ветер пропадет полностью?", Каким образом розгрузить ветродвигатель при сильных бурях и ураганах?", "Как быть в случаях, когда ветер есть, а энергия не используется или, наоборот, когда энергия нужна, а ветра нет?", "Как сохранить и эффективнее использовать излишки энергии?" и, наконец, "Какая конструкция самого "ветряка" лучше?".

В роли генераторов использовались и автомобильные генераторы, и синхронные двигатели. Но в обоих вариантах один и тот же недостаток: нужны слишком большие обороты ротора ветродвигателя, а это, в свою очередь, приводит к увеличению передаточного числа редуктора, а значит, и увеличению габаритов ветряного крыла. Сюда также добовляются большая нестабильность частоты и сложность надежной стобилизации выходного напряжения, а в случае использования синхронного двигателя еще и большие габариты и масса.

В ходе долгих поисков было отдано предпочтение генератору на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Достоинства данного генератора поистине впечатляют: небольшие габариты и масса при достаточно большой мощности; нет необходимости в напряжении возбуждения; если использовать тихооборотный двигатель, то и мощность ротора можно уменьшить; выходная частота практически не зависит от скорости вращения ротора генератора. Однако есть и существенный недостаток: данный генератор нельзя перегружать.

Схема включения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором показана на **рис.1**. При вращении ротора двигателя остаточное магнитное поле действует на одну из обмоток статора. При этом возникает небольшой электрический ток, который заряжает один из конденсаторов С1-С3. Благодаря тому, что фаза напряжения на

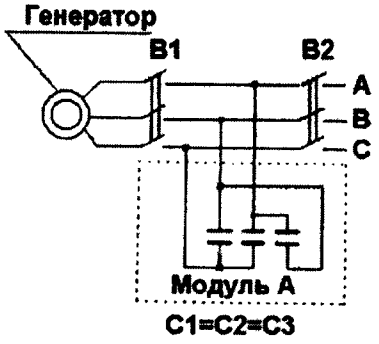


рис.1

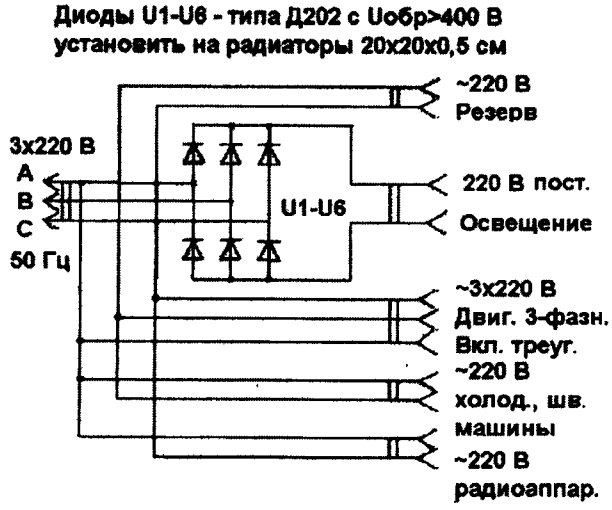


рис.2

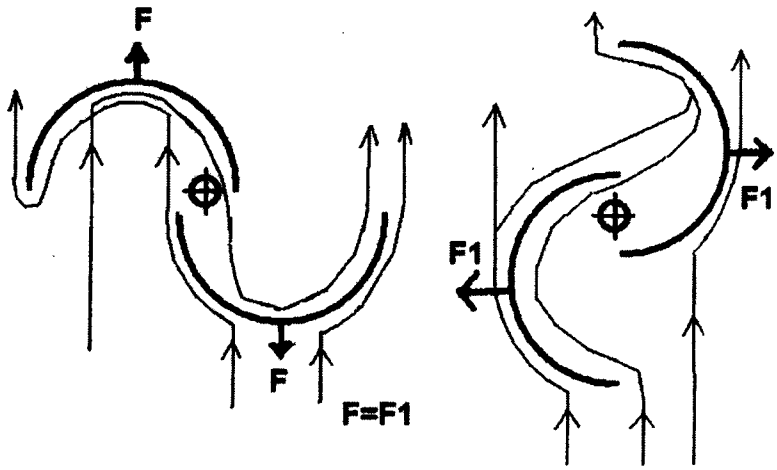


рис.3

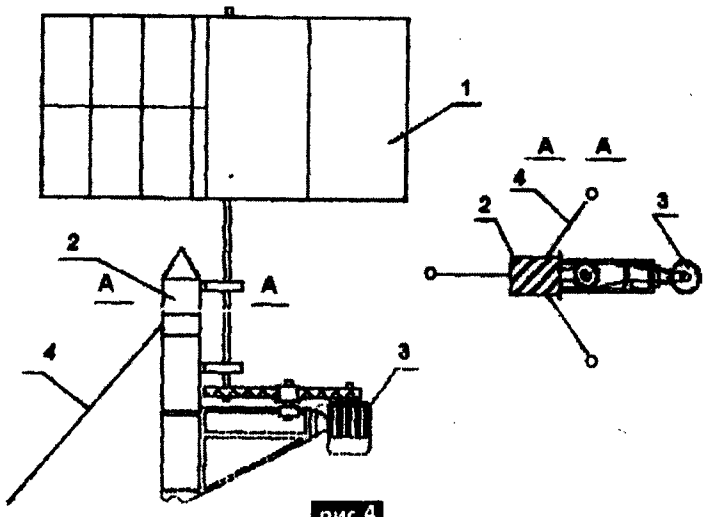


рис.4

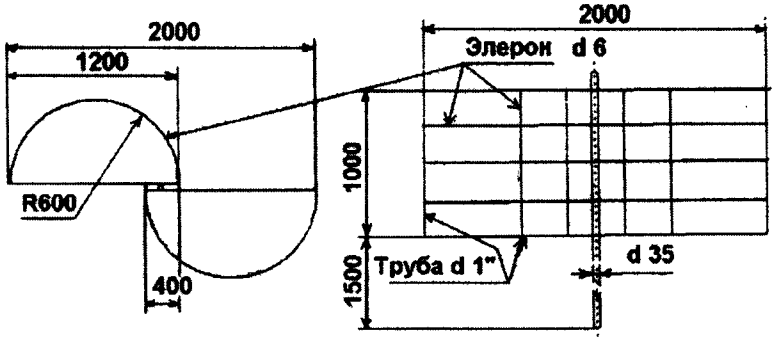


рис.5

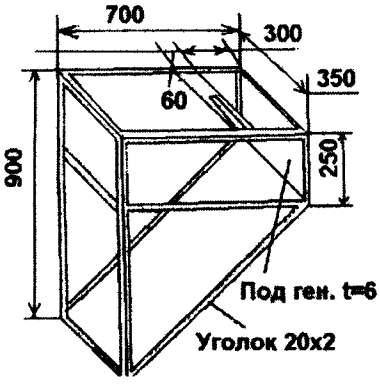


рис.6

конденсаторе отстает на 90°, на роторе возникает магнитное поле уже большей величины, которое действует на следующую обмотку. Соответственно, следующий конденсатор зарядится на большее напряжение. Этот процесс продолжается до тех пор, пока ротор генераторо не войдет в насыщение (1...1,5 с). После этого можно включать автомат В2 и использовать вырабатываемую генератором энергию. Причем для нормальной работы двигателя в режиме генератора мощность нагрузки должна составлять не более 80% примененного в качестве генератора двигателя. Остальные 20% используются для поддержания напряжения на конденсаторах, т.е. поддержания генератора в рабочем состоянии. При превышении данного условия напряжение на конденсаторах исчезнет, а значит, исчезнет и магнитное поле на якоре, что приведет к исчезновению напряжения на клеммах автомата В2. Причем это происходит практически мгновенно.

В этом есть свой недостаток и свое достоинство. Недостатком является то, что повторная подача напряжения возможна только тогда, когда будет устранена причина перегрузки и отключен автомат В2. Генератор снова войдет в рабочий режим (через 1...1,5 с). После этага можно включать В2 и использовать энергию. К достоинству относится тот фактор, что генератор практически невозможна сжечь, так как напряжение на его клеммах исчезает мгновенно, в течение 0,1...0,5 с. Выходное напряжение имеет синусоидальную форму и полностью пригодно для дальнейшего использования. Выходная частота генератора 46...60 Гц, что в большинстве случаев достаточно для домошнего использования. Из-за нестабильности напряжения на выхаде генератора пришлось изготовить стабилизатор, каторый уже был описан на страницах журнала (Э 2/2004).

Несколько слов о добавочных конденсаторах. В таблице указана емкость конденсаторов на один киловатт установленной мощности мотора, а для работы с нагрузкой - добавочная емкость на каждый киловатт нагрузки.

К примеру, есть двигатель мощностью 3 кВт. К нему предполагается подключать реактивную нагрузку (электродвигатель, сварочный аппарат...) суммарной мощностью примерно 2 кВт. При этам мы хотим, чтобы между фазами было 380 В. Значит, емкость конденсатора С1 составит (3·5)+(2·6) микрофарад. Так как С1=С2=С3, то нам понадобятся три конденсатора емкостью 30 мкФ. Если конденсотора необходимой емкости нет, то можно соединить параллельно конденсаторы меньшей емкости. Конденсаторы должны быть бумажные или металлобумажные на напряжение не ниже 450 В, а лучше - на 630 В. По своему опыту могу сказать, что лучше всего включать генератор на напряжение между фазами 220 В, а между нулем и фазой 127 В. Это вызвано тем, что для нормальной работы генераторо перекос фаз не должен превышать 45°. Электропроводку в таком случае можно сделать по схеме, показанной на **рис.2**. При такой схеме удается максимально разгрузить генератор. Кроме тога, питание осветительных ламп накаливания и некоторые нагревательные прибары лучше питать постоянным током. Для генератора необходимо использовать тихооборотный двиготель с короткозамкнутым ротором. Лучше всего применить двигатель но 360...720 об/мин, но подойдет и двигатель но 910 об/мин. Это вызвано необходимостью врощать ротор с большей примерно в два раза скоростью, чем указана в паспорте на двигатель, и уменьшением числа передачи редуктора.

Сама ветрогенераторная устоновка может быть выполнено по любой удобной для вас схеме. Я же предлагаю следующую конструкцию. Ветродвигатель представляет собой комбинацию раторов Даре и Савониуса, которая немнога упрощена и доработано. Принцип работы показон на **рис.3** и в объяснении не нуждается. Ветродвигатель (**рис.4**) состоит из ветряного крыла 1, опары 2 и собственно генераторо 3. Опора жестко забетонирована и укреплена тремя натяжными тросами 4. Опору можно изготовить из дерева, бетона, металла. Можно применить опору, которую используют для передачи электричества, или свою. В качестве растяжек лучше испальзовоть стальной трос диометром 6...9 мм или стальную провалоку диаметром 10...12 мм. Костыли, за которые крепятся растяжки, также нужно хороша забетонировать. Каркас крыльев ветродвигателя можно изготовить из труб диаметром 1 дюйм, его чертеж показан на **рис.5**. Элероны можно изготовить из стального прутка диаметром 6 мм. В качестве ведущего вала использовано толстастенная труба диаме-

тром 2...2,5 дюйма, в нижний конец которой впрессован вал длиной 300...400 мм. В нижнем конце вала сделана канавко под шкив. Подшипники взяты сферические с конусными зажимами марки 2000810 с соответствующими корпусами.

После сборки крыло необходимо сбалансировать. К опоре собранное крыло крепится любым удобным способом, но, главное, чтобы крепление было достаточно жестким и надежным. Экспериментально было установлено, что лучшим материалом для обтягивания крыла служит полиэтиленовая пленка толщиной 80...120 мкм. Она достоточно прочная, легкая и дешевая, позволяет отказаться от тормозного механизма, который, кстати, в данном устройстве неприемлем, так как при сильном ветре крыло будет уничтожено. Обтягивать полиэтиленовой пленкой нужно в несколько слоев, спаивая по швам паяльником через кусок полипропиленовой пленки. Рекомендую сначала потренироваться в пайке. Спаянный шов должен быть ровным и прочным. Крыло, конечно, можно обтянуть и другими материалами, например парусиновой тканью, фанерой или даже металлом, но при этом нужно подумать об устройстве, которое позволит разгрузить его при сильном ветре. Обтяжка металлом или фанерой не рекомендуется из-за увеличения массы крыла. Сам каркас можно сделать из дюралюминия, что уменьшит его массу, но донный материол более дорогай. Также было испытано крыло из сосновых реек сечением 50х50 мм, одноко результат был не очень, так как при первом сильном ветре его разнесло в клочья.

Для приводо вала генератора применен редуктор. Можно использовать редуктор любой системы, кроме червячной. Как уже было сказано, вал генератора нужно вращать примерно с удвоенной скоростью, о воп ветродвигателя вращается со скоростью 500 об/мин при скорости ветра 5 м/с. Отсюда и аграничение на испальзуемые двигатели в качестве генератора. Наилучшим вариантом может быть двигатель на 360 об/мин, на можно применить и двигатель на 720 об/мин. При использовании двигателя на 910 об/мин нужно увеличить высоту крыла на 500 мм. Увеличивать крыло по ширине не рекомендуется, так как при этом уменьшится частота вращения, уменьшать тоже не следует, так как при увеличении скарасти вращения сильно уменьшится мощность, причем закон уменьшения нелинейный.

При подборе редуктора нужно руковадствоваться следующим правилам: за номинальные обороты крыло ветродвигателя нужно брать величину 500 об/мин, что соответствует скорости ветра 5 м/с, частота вращения вало двигателя увеличивается на 2,3, далее путем несложных вычислений получаем коэффициент передачи. Вариант крепления генератора к опоре с применением ременного редуктоpо показан на **рис.6**. Сам кронштейн легко прикрепить к опоре с помощью шести шпилек. С зубчатым редуктором крепление намного проще. Не рекомендую делать вал ветродвигателя слишком длинным, так как его может попросту перекрутить. Монтаж ветродвигателя нужно проводить в безветренную погоду с использованием страховочных поясов и монтажных когтей. Всю конструкцию необходимо заземлить. Сопротивление заземления должно быть не более 2 Ом. У поднажия нужно установить шкаф, в котором необходимо разместить конденсаторы C1-C3, автоматы B1-B2, диады V1-V6, стабилизатор напряжения, автомат управления, четыре аккумуляторо и мощный преобразователь напряжения для обеспечения электроэнергией во времена штипей. Автомат упровления обеспечивает переключение цепей питания в зависимости от нагрузки и скорости ветро. Мощный преобразователь напряжения обеспечивает заряд аккумуляторов во время работы генератора в холостую, о также питание сети от аккумуляторов при отсутствии ветра или сильно заниженном напряжении но генераторе. Когда нет ветра и аккумуляторы разряжены, автомат управления обеспечивает подачу энергии из штатной сети. К сожалению, овтомот управления и мощный преобразователь напряжения не входят в рамки данной статьи.

Кобель, которым производится соединение генератора и силового шкафо, должен быть трехфазным с сечением жилы не более 4 мм^2. Кабеля, которыми производится соединение шкофа с потребителями могут быть такими же. Шино зоземления должно быть сечением не менее 12 мм^2.

Внимание! *Все роботы по монтажу электроустановок нужно производить при отключенном автомате B1 и разряженных конденсоторах C1-C3.*

Многие проблемы все-таки решить не удалось. К примеру, каким оброзом сохранять неиспользуемую энергию, чтобы можно было воспользоваться ею во времена штилей? Обыкновенные свинцовые и щелочные аккумуляторы покозоли не лучшие результаты. Надеюсь, что читателей тоже зоинтересует эта проблемо, и выход все-таки будет найден.

Данный генератор можно подключить к двигателю внутреннего сгорания и использовать его в качестве балластного. Однако топливо для таких двигателей все-таки нужно покупать, а это не очень-то выгодно.

Емкости конденсаторов, включаемых в фозы, в микрофорадах на 1 кВт мощности приведены в **таблице**.

Напряжение между фазами	127 В	220 В	380 В
Основная емкасть:			
при холастом ходе	40...50	12...15	4...5
при октивной нагрузке	10...20	3...6	1...2
при реактивной нагрузке	50...60	15...18	5...6

От редакции. В статье В.В. Чирки "Мощный стабилизатор напряжения для ветрогенератора" Электрик №2 за 2004 год, с. 20 не был приведен перечень элементов. Приводим его.

R14	100 кОм
F1-F2	0,5 А
V1-V4	Д226Б
R1, R3	200 кОм
R2, R4	15 кОм
R5	1,2 кОм
R7, R9	10 кОм
R6, R8	20 кОм
R10, R11	2,2 кОм
R12, R13	510 Ом
V7, V9	КТ312, КТ315, КТ3102 с любым буквенным ндексом
V10, V11	КТ817, КТ815 с любым буквенным индексом
C1	1 мкФ
C2, C3	0,1 мкФ
C4	2200 мкФ
C5, C7	0,1 мкФ
C6	8000 мкФ х 50 В
V12-V15	Д226Б
V6	КД503А
V5, V8	Д814А
V16	Д226Б
DD1	К155ЛН1
HL1-HL3	КН24-90, КХЛ4
HL4	ИН1, ИН2
DA1	КР145ЕН5

Реле подбирать по минимальному току срабатывания.

Трансформатор должен иметь 418 витков с отводом от 280 витка, считая снизу. На его изготовление нужно примерно 210 метров провода.