

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ТОКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Григораш Олег Владимирович
профессор, доктор технических наук,
Ивановский Олег Яковлевич

магистр,
Головин Даниил Владимирович
студент

*Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина г. Краснодар*

THE VOLTAGE AND FREQUENCY OF THE CURRENT WIND POWER PLANT

Grigorash Oleg
professor, doctor of technical Sciences,
Ivanovsky Oleg

master,
Golovin Daniel
student

*Kuban state agrarian University
name I. T. Trubilin Krasnodar*

Аннотация

Предлагается использовать в составе ветроэнергетических установок в качестве стабилизатора напряжения и частоты тока бесконтактного асинхронного генератора непосредственный преобразователь частоты с регулируемым углом сдвига фаз на входе, что позволит упростить конструкцию механического редуктора скорости, за счет исключения из его состава автоматической системы стабилизации частоты вращения вала ветроколеса и уменьшить массу конденсаторов возбуждения генератора. Разработана функциональная схема стабилизатора и раскрыты особенности её работы по стабилизации напряжения и частоты тока.

Abstract

It is proposed to use a direct frequency Converter with an adjustable angle of phase shift at the input in the composition of the wind power plants as a part of the voltage stabilizer and the current frequency of the contactless asynchronous generator, which will simplify the design of the mechanical speed reducer, due to the exclusion from its composition of the automatic system of stabilization of the speed of the wind wheel shaft and reduce the mass of the generator excitation condensers. Developed a functional diagram of the stabilizer and the features of its work by stabilizing the voltage and hour-to-toths current.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, непосредственный преобразователь частоты, асинхронный генератор.

Keywords: wind power plant, direct frequency converter, asynchronous generator.

Применение непосредственных преобразователей частоты (НПЧ) для стабилизации напряжения и частоты тока генератора ВЭУ позволит упростить конструкцию механического редуктора скорости, за счет исключения из его состава автоматической системы стабилизации частоты вращения вала ветроколеса. Это повысит КПД механической части ВЭУ на 8–12 %. При применении в качестве стабилизатора НПЧ функцией редуктора ВЭУ будет только повышение частоты вращения ветроколеса, которая находится в пределах от 20 до 70 об/мин, до 1500–2000 об/мин.

Важным достоинством НПЧ является то, что они осуществляют независимую стабилизацию двух параметров электроэнергии: напряжения и частоты тока. Независимо от того какая частота тока генерируемого напряжения на входе НПЧ на его выходе она всегда будет иметь постоянное значение, поскольку модуляция выходного сигнала осу-

ществляется по эталонному сигналу задающего генератора автоматической системы управления НПЧ [1, с.1493-1494].

Кроме того, если использовать в составе ВЭУ бесконтактный асинхронный генератор (АГ) емкостного возбуждения, то также можно улучшить характеристики возобновляемого источника [2, с.557].

Однако из принципа работы АГ известно, что его возбуждение осуществляется благодаря, подключенным к статорным обмоткам конденсаторных батарей, являющихся источником реактивной мощности. Масса конденсаторных батарей, которые кроме возбуждения электрической машины и осуществляют функцию компенсации реактивной мощности, последняя функция необходима для стабилизации напряжения, иногда превышают массу самого генератора в несколько раз.

При использовании в составе ВЭУ системы АГ-НПЧ можно значительно улучшить массогабаритные показатели конденсаторных батарей. НПЧ обладает свойством изменения угла сдвига фаз на входе преобразователя независимо от характера нагрузки. Таким свойством обладают НПЧ с регулируемым углом сдвига фаз на входе (НПЧР). Поскольку НПЧР для АГ является нагрузкой, то его автоматическая система стабилизации будет поддерживать постоянное значение напряжения на выходе преобразователя независимо от величины и характера нагрузки.

Для обеспечения высокого качества выходного напряжения системы АГ-НПЧР необходимо чтобы ко входу преобразователя прикладывалось напряжение с частотой тока 3-5 раз превышающее частоту тока, необходимую для потребителей электроэнергии. К примеру, если для потребителей частота тока должна быть 50 Гц, то АГ должен генерировать напряжение с частотой тока 150-250 Гц. Чем выше частота тока источника электроэнергии, тем меньше габариты выходного фильтра НПЧР и тем меньше потери электроэнергии и выше КПД фильтра. Повышенная частота тока АГ может быть получена двумя способами одновременно: за счет увеличения числа пар полюсов электрической машины и повышения передаточного числа редуктора скорости ВЭУ. Выбор способа повышения частоты тока АГ будет определяться результатами технико-экономических расчетов и расчетов энергетических характеристик.

На входе НПЧР поддерживается высокое значение коэффициента мощности нагрузки за счет того, что преобразователь формирует выходное напряжение из фрагментов входного напряжения повышенной частоты. При этом, на выходе НПЧР может формироваться два типа кривых напряжения: положительного типа $u_{ПТ}$, которое формируется тогда когда в момент включения силовых элек-

тронных приборов (тиристоров, транзисторов) преобразователя, при формировании выходного напряжения, входное высокочастотное напряжение генератора больше чем желаемая величина выходного низкой частоты напряжения (рисунок 1, д, жс); отрицательного типа $u_{ОТ}$, которое формируется когда в момент включения полупроводниковых приборов высокочастотное напряжение генератора, меньше чем желаемая величина выходного напряжения преобразователя (рисунок 1, д, жс).

Для того чтобы на входе НПЧР ток отставал от напряжения, т. е. преобразователь для АГ был активно-емкостной нагрузкой, необходимо чтобы выходное напряжение формировалось с кривых напряжений положительного типа $u_{ПТ}$ при положительной полярности тока нагрузки i_n и с кривых напряжений отрицательного типа $u_{ОТ}$ при отрицательной полярности тока нагрузки i_n (рисунок 1, д, е, жс).

Таким образом, стабилизация напряжения на выходе системы АГ-НПЧР осуществляется за счет изменения типа кривой, формирующей выходное напряжение относительно тока нагрузки.

Структурная схема ВЭУ, выполненная на базе системы АГ-НПЧР приведена на рисунке 2.

Блок конденсаторов возбуждения БКВ, предназначен для возбуждения АГ и работе его на холостом ходу, при подключенном НПЧР. Кроме того, он выполняет функцию входного фильтра НПЧР, подавляя перенапряжений, возникающих во время коммутации силовых электронных приборов.

Важным вопросом при совместной работе АГ и НПЧР является пуск генератора. Поскольку, подключенные к статорным обмоткам конденсаторы блока БКВ могут быть разряжены и, кроме того, если долгое время асинхронная машина не работала, то её магнитная система будет размагничена, в результате при любой частоте вращения ротора генератор не возбудится.

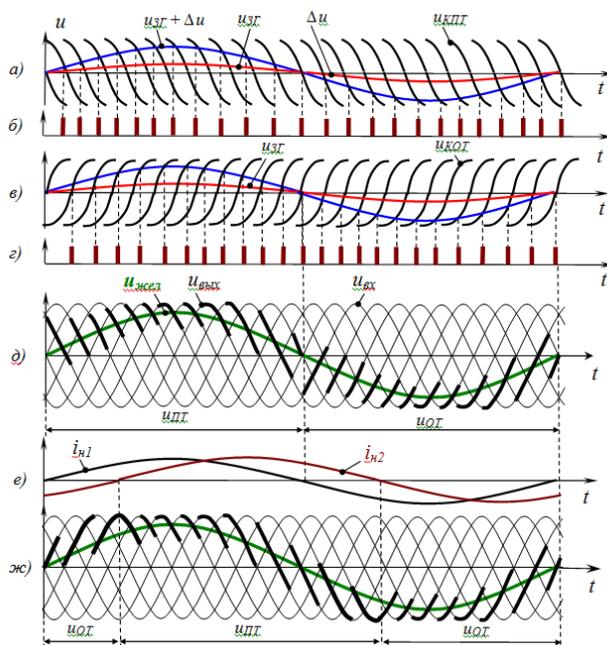


Рисунок 1 – Диаграммы напряжений и тока, поясняющие принцип работы непосредственного преобразователя частоты с регулируемым углом сдвига фаз

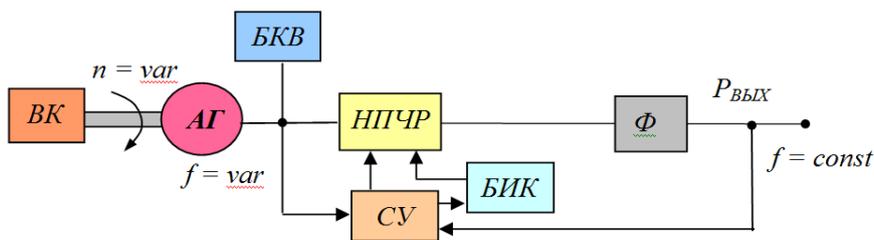


Рисунок 2 – Структурная схема ВЭУ на базе АГ и ИПЧР: ВК – ветроколесо; БКВ – блок конденсаторов возбуждения; СУ – система управления; БИК – блок искусственной коммутации; Ф – выходной фильтр

Для того чтобы АГ возбудился достаточно подать один импульс тока (миллиамперы) в обмотку статора генератора, что позволит создать остаточную намагниченность (ЭДС). При увеличении частоты вращения ротора АГ в обмотке статора будет увеличиваться ток, протекающий по замкнутому контуру, создающий блоком БКВ. Это приводит к постепенному увеличению напряжения на выводах АГ.

Когда напряжение на выводах генератора *a*, *b* и *c* (рисунок 3) превысит установленный уровень, система управления СУ (рисунок 2) подает управляющие импульсы на силовые полупроводниковые ключи ИПЧ и блок искусственной коммутации БИК (рисунок 3). Когда на выходе преобразователя установится номинальное напряжение, подключается нагрузка с общим сопротивлением *Z*, которая может быть соединена по схеме «звезда» или «треугольник» (на рисунке 3 силовые ключи, подключающие выводы преобразователя к нагрузке не показаны). Такая последовательность включения в работу необходима для того, чтобы на входе преобразователя ток начал отставать от напряжения, т. е. ИПЧР для АГ должен быть активно-емкостной нагрузкой.

Блок искусственной коммутации БИК в состав которого входит блок реактивных элементов БРЭ и силовых полупроводниковых ключей (рисунок 3), обеспечивает искусственную коммутацию силовых электронных приборов (тириستоров) ИПЧ.

Обязательным функциональным элементов ИПЧР является низкочастотный выходной фильтр Ф (рисунок 3), предназначенный для обеспечения требуемого качества выходного напряжения преобразователя. Как правило, это пассивные Г-образные LC-фильтры.

Разработанная функциональная схема стабилизатора параметров электроэнергии системы АГ-ИПЧР, применяемой в составе ВЭУ, приведена на рисунке 4, где обозначены, кроме функциональных элементов, рассмотренных выше: БТТ – блок трансформаторов тока, предназначенный для определения полярности тока нагрузки; ТН трансформатор напряжения; ЗГ – задающий генератор; БКС – блок косинусной синхронизации; БУ1-БУ3 – блоки управления, формирующие управляющий сигнал для силовых электронных приборов ИПЧ.

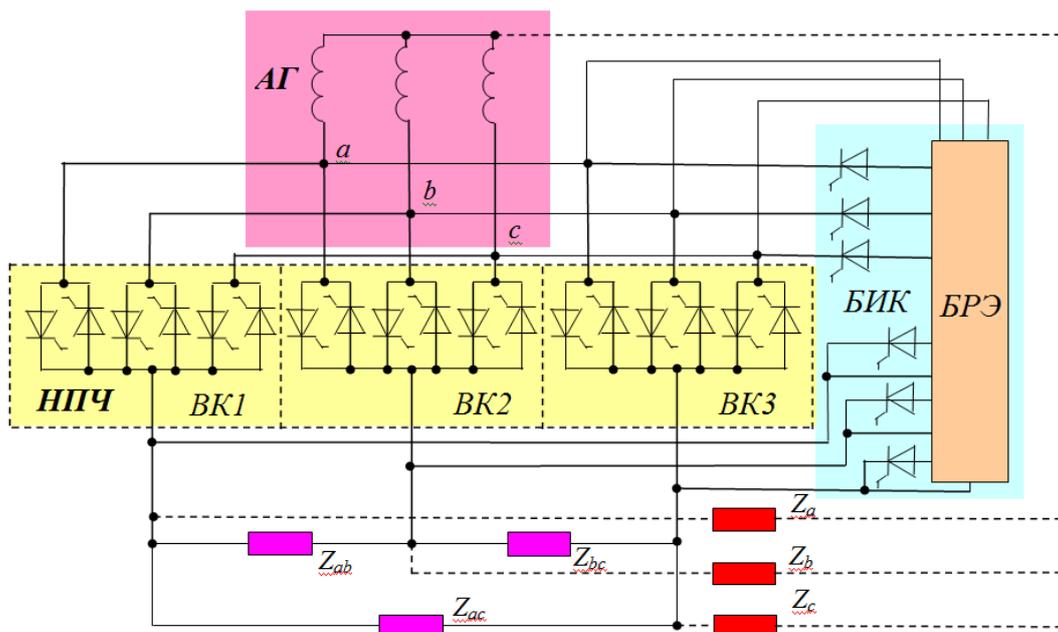


Рисунок 3 – Принципиальная силовая электрическая схема ИПЧР: ВК1 – ВК3 – вентильные комплекты полупроводниковых приборов; БИК – блок искусственной коммутации; БРЭ – блок реактивных элементов

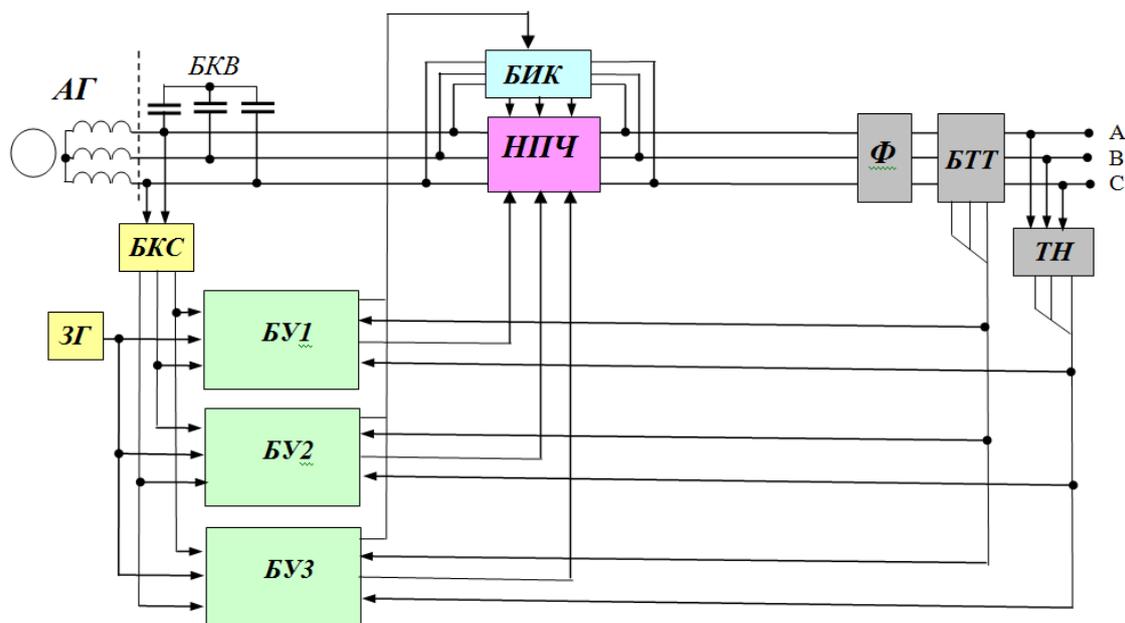


Рисунок 4 – Функциональная схема стабилизатора параметров электроэнергии АГ ветроэнергетической установки на НПЧР

Принцип работы системы стабилизации напряжения и частоты тока НПЧР рассмотрим на примере блока управления БУ1, формирующего из участков высокочастотного напряжения низкочастотное напряжение фазы А (рисунок 4).

Задающий генератор ЗГ формирует ведущий сигнал. С выхода задающего генератора сигнал синусоидальной формы $u_{ЗГ}$ поступает на один из входов блока управления БУ1, где происходит сложение сигнала рассогласования Δu , поступающего на второй вход блока управления БУ1 от трансформатора напряжения ТН (рисунок 1, а, б)

Блок косинусной синхронизации БКС формирует опорные сигналы двух типов: положительного $u_{КПТ}$ (рисунок 1, а) и отрицательного $u_{КПО}$ (рисунок 1, б), которые поступают на третий и четвертый входы блока управления БУ1.

При равенстве ведущего и опорного сигналов на выходе блок управления БУ1 формируются управляющие импульсы $u_{У1}$ и $u_{У2}$ (рисунок 1, б, з), которые через усилитель импульсов блока управления БУ1, поступают на управляющие электроды силовых электронных приборов НПЧ и блока искусственной коммутации БИК через первый и второй соответственно выходы.

В блок управления БУ1 от блока трансформаторов тока БТТ поступает также сигнал о полярности тока нагрузки фазы А.

Перемещая участки формирования кривых положительного или отрицательного типа относительно тока нагрузки, происходит изменение величины угла сдвига фаз на входе НПЧР и соответственно стабилизация напряжения на его выходе (рисунок 1, д, ж).

При переменной частоте вращения ротора асинхронного генератора АГ на выходе НПЧР будет стабильной частота тока соответствовать частоте изменения сигнала задающего генератора (рисунок 4).

Таким образом, предложенная система АГ-НПЧР позволит улучшить эксплуатационно-технические характеристики ВЭУ.

Список литературы:

1. Григораш О.В., Богатырев Н.И., Хицкова А.О. Стабилизаторы напряжения асинхронных генераторов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - Краснодар: КубГАУ, 2015. - №110. – С.1492-1510.
2. Квитко А.В. Бесконтактные генераторы автономных систем / Сб. статей по материалам 72 НПК преподавателей по итогам НИР 2016. – 2017. – С.557–558.