

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТНЕЙ ДОЙКИ ОТ МИКРОГЭС

А.В. Бастрон, Н.В. Коровайкин, Л.П. Костюченко

В статье приведены результаты моделирования режимов работы автономной системы электроснабжения летней дойки в программе MATLAB – Simulink при компенсации реактивной мощности двигательной нагрузки.

Ключевые слова: электроснабжение, гидроэнергетика, микроГЭС, летняя дойка, моделирование, MATLAB, Simulink.

Возможности использования микрогидроэлектростанций для электроснабжения летней дойки нами были подробно рассмотрены в [1]. Там же показано, что наиболее эффективными для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей являются бесплотинные свободнопоточные установки, использующие генераторы с возбуждением от постоянных магнитов [2].

Однако при применении генераторов малой мощности с постоянными магнитами возникает проблема стабилизации напряжения в автономной системе и, как следствие, выбор потребителей, подключаемых к генератору, не требовательных к качеству выходного напряжения в режиме динамического изменения нагрузки.

Технологический процесс летней дойки содержит двигательную нагрузку, состоящую из вакуумного насоса и насосов для подачи воды и перекачки молока. Использование асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором предъявляет жесткие требования к уровню напряжения в автономной системе, так как даже небольшое уменьшение напряжения сопровождается резким снижением вращающего момента на валу электродвигателя. Это обстоятельство не позволяет широко применять генераторы малой мощности с постоянными магнитами в многомашинной автономной системе, использующей асинхронные двигатели, поскольку у таких генераторов отсутствует обмотка возбуждения и, как следствие, возможность регулирования напряжения на выходе генератора, возникает проблема стабилизации напряжения в автономной системе, особенно в период запуска электродвигателей.

Для решения данной проблемы предлагается использовать индивидуальную компенсацию реактивной мощности электродви-

гателя вакуумного насоса и насоса подачи воды, которые являются наиболее мощными потребителями, входящими в состав автономной системы. Компенсация осуществляется за счет подключения параллельно электродвигателям батареи конденсаторов.

Для исследования работы автономной системы создана виртуальная модель системы электроснабжения летней дойки на 100 голов от микроГЭС. Модель разработана в программе MATLAB приложении Simulink [3]. Она состоит из ортогональной гидротурбины, синхронного генератора на постоянных магнитах, балластной нагрузки, системы управления балластной нагрузкой, активной и асинхронной нагрузки (рисунок 1).

В имитационной модели автономной системы порты А, В, и С являются выводами статорной обмотки генератора. Порт P_m предназначен для передачи вращающего момента гидротурбины, порт Е – для моделирования системы возбуждения. На выходном порту m формируется векторный сигнал, включающий ток и напряжение статора генератора, его электромагнитный момент и скорость вращения ротора генератора, находящегося на одном валу с гидротурбиной. Для удобства извлечения переменных предусмотрен блок Machines Measurement Demux, который применен в данной модели.

На рисунке 2 приведен график выработки электрической энергии микроГЭС (верхняя прямая линия), который является суммарным графиком работы потребителей в соответствии с технологическим процессом и ступенчатой балластной нагрузкой. Балластной нагрузкой в данном случае являются установки нагрева воды для технологических нужд, с помощью этой нагрузки осуществляется ступенчатое регулирование частоты вращения турбины микроГЭС.

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТНЕЙ ДОЙКИ ОТ МИКРОГЭС

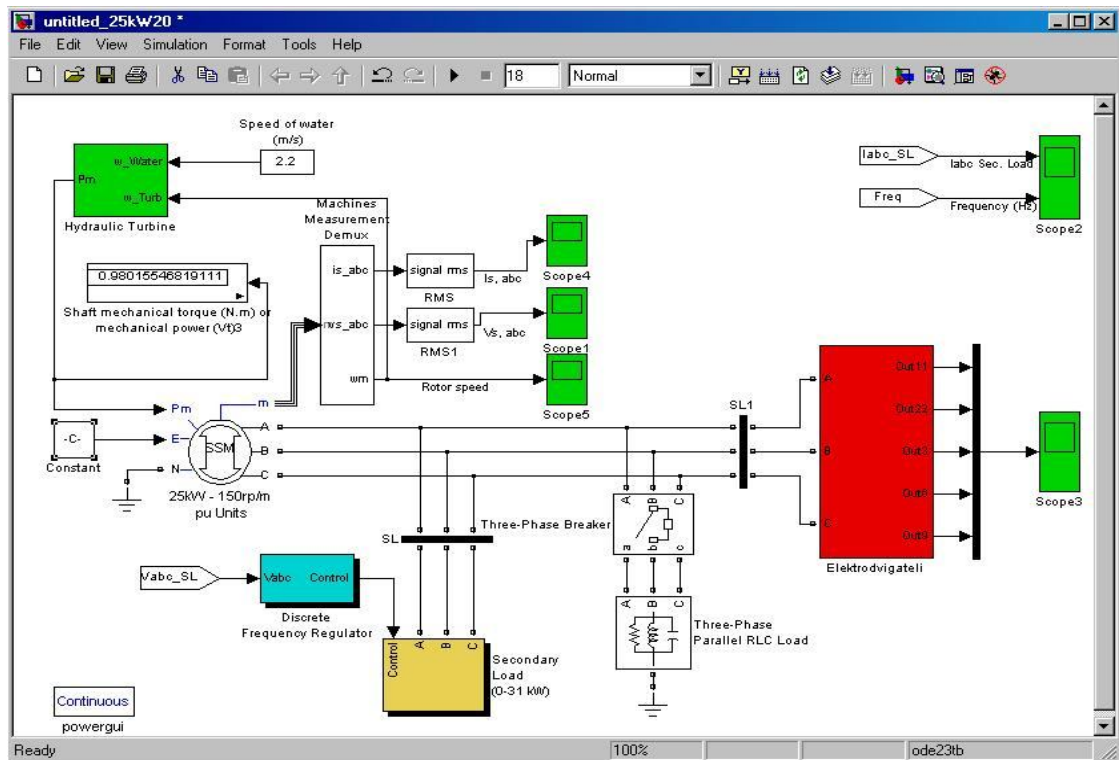


Рисунок 1 – Модель автономной системы электроснабжения летней дойки в программе MATLAB – Simulink

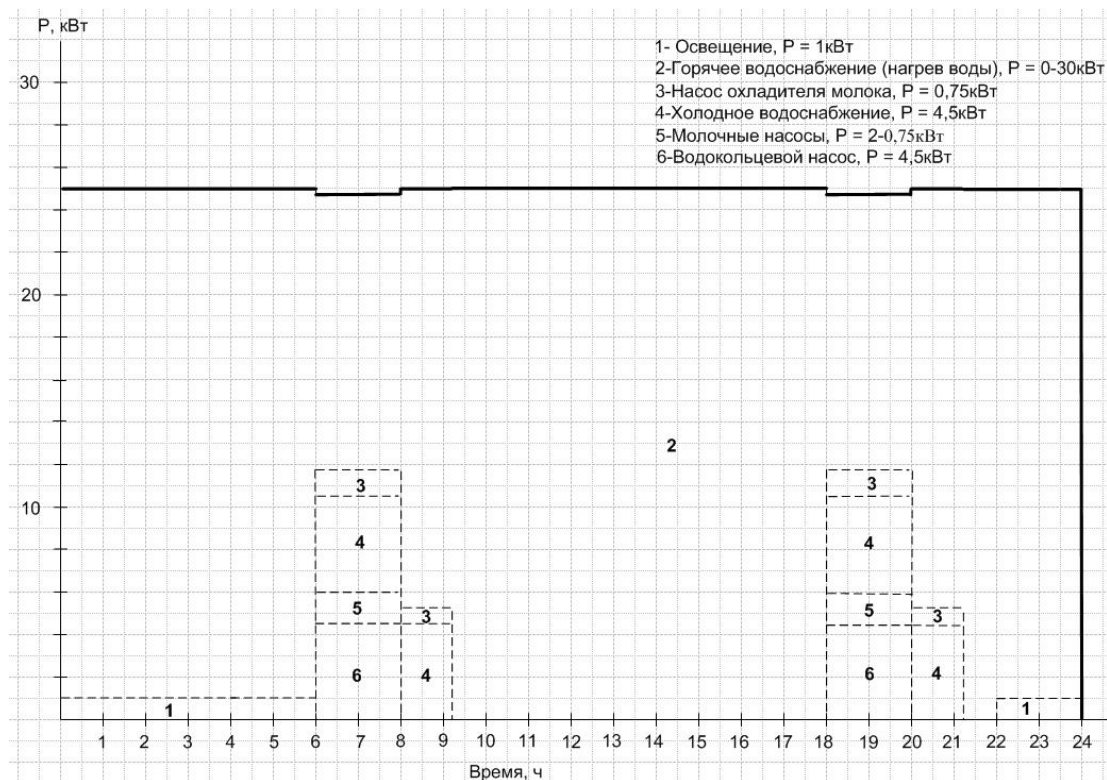


Рисунок 2 – График нагрузок микроГЭС

Таблица 1 – Оборудование, используемое в технологическом процессе летней дойки

Тип рабочей машины	Тип электродвигателя	n, об/мин	P _{2ном} , кВт	КПД, %	Cosφ	M _{пуск}
Молочный насос №1, №2, насос охладителя	4A71B4Y3	1431	0,75	72	0,73	2
Насос водоснабжения	4A100L4Y3	1458	4,0	84	0,84	2
Вакуумный насос	4A100L4Y3	1458	4,0	84	0,84	2

Параметры электродвигателей, используемых в технологическом процессе, приведены в таблице 1. На рисунке 3 приведена модель двигательной нагрузки летней дойки в программе MATLAB – Simulink, которая на рисунке 1 показана в виде подсистемы «Elektrodvigateli».

Синхронный генератор и асинхронная нагрузка моделировались по полным уравнениям Парка-Горева [4] (в программе MATLAB уравнения Парка). Модель генератора включает в себя модель электрической части в виде системы дифференциальных уравнений второго порядка и уравнения движения ротора и турбины, находящихся на одном валу. Асинхронные двигатели моделировались системой дифференциальных уравнений четвертого порядка (с учетом переходных процессов в демпферных контурах). Для решения дифференциальных уравнений применен стандартный метод Рунге-Кутты, заложенный в программу MATLAB (ode45).

Разработанная в программе MATLAB имитационная модель автономной системы электроснабжения летней дойки на 100 голов, с использованием микроГЭС мощностью 25 кВт, позволяет исследовать работу этой автономной системы. На разработанной модели проведена серия экспериментов по подключению асинхронной нагрузки к автономному генератору микроГЭС при различной мощности генераторов, двигательной нагрузки и компенсирующих устройств. Проведен анализ полученных графиков изменения частоты вращения автономного генератора, его электромагнитного момента, токов, скорости вращения и электромагнитных моментов двигателей.

Для примера на рисунках 4 и 5 показано изменение частоты генератора и частоты вращения асинхронной нагрузки в процессе поочередного пуска двигателей

Эксперименты, проведенные на виртуальной модели, показали:

– микроГЭС мощностью 25 кВт позволяет обеспечить работу необходимых технологических процессов летней дойки на 100 голов при поочередном включении всей асинхронной нагрузки суммарной мощностью 10,25 кВт, при использовании индивидуальной компенсации реактивной мощности электродвигателя вакуумного насоса и насоса водоснабжения. При этом в установившемся режиме Cosφ электродвигателей вакуумного насоса и насоса водоснабжения увеличивается с 0,84 до 0,97;

– при одновременном или поочередном включении асинхронной нагрузки суммарной мощностью 10,25 кВт без компенсации реактивной мощности напряжение на зажимах генератора снижается до уровня $0,4U_n$, что не позволяет запустить асинхронную нагрузку от рассматриваемого типа микроГЭС мощностью 25 кВт. Запуск всей указанной нагрузки возможен только при мощности микроГЭС не менее 35 кВт.

Таким образом, применение компенсации реактивной мощности двигательной нагрузки позволяет снизить активную мощность микроГЭС на 29 % и обеспечить уверенный поочередный запуск всей асинхронной нагрузки технологического процесса летней дойки на 100 голов от автономного генератора на постоянных магнитах.

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТНОЙ ДОЙКИ ОТ МИКРОГЭС

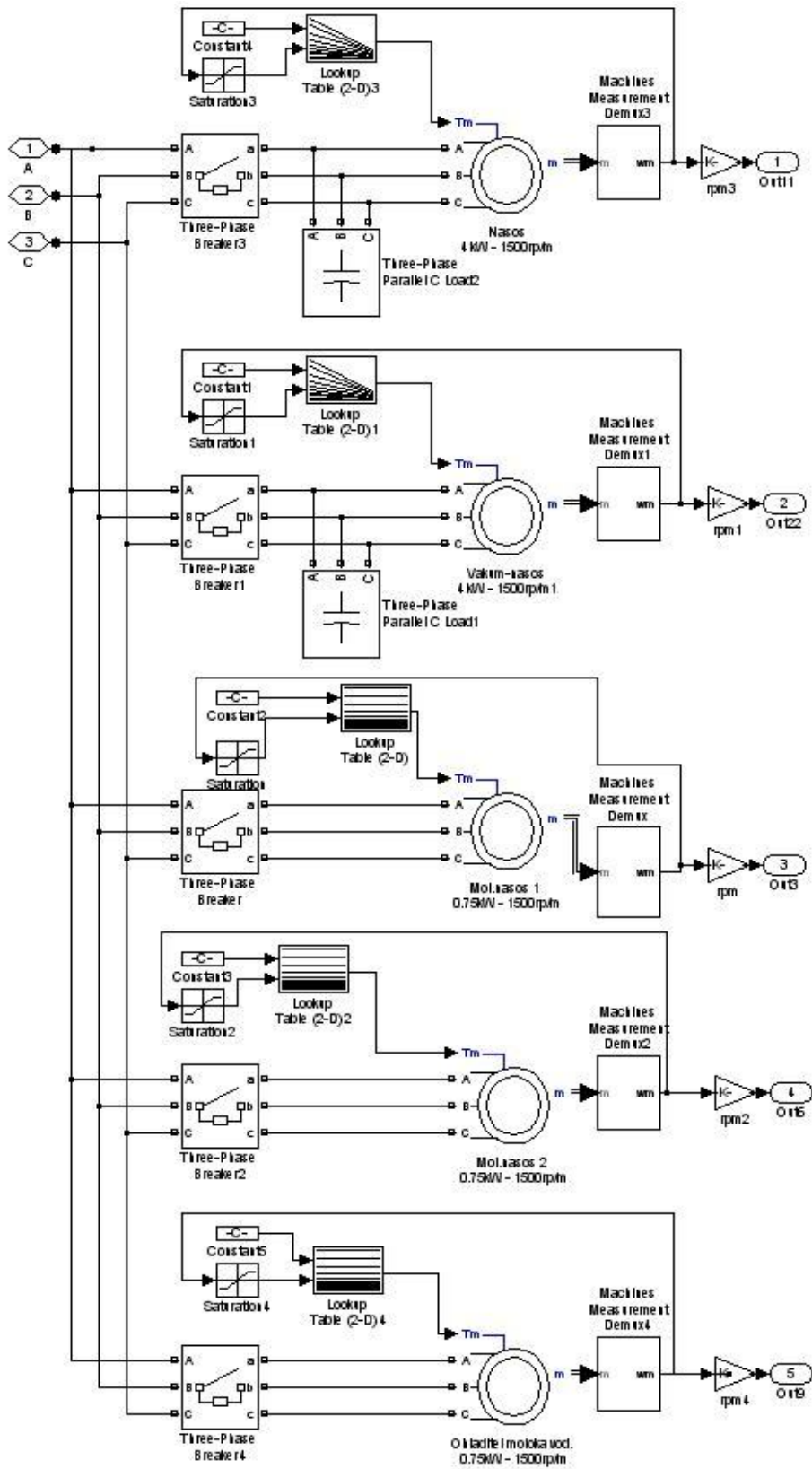


Рисунок 3 – Модель двигательной нагрузки летней дойки в программе MATLAB – Simulink

БАСТРОН А.В., КОРОВАЙКИН Н. В., КОСТЮЧЕНКО Л.П.

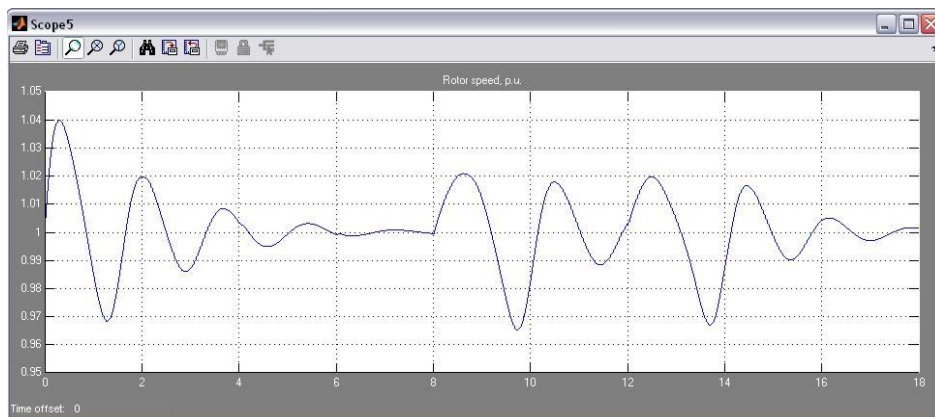


Рисунок 4 – Изменение частоты вращения генератора микроГЭС (о.е.)

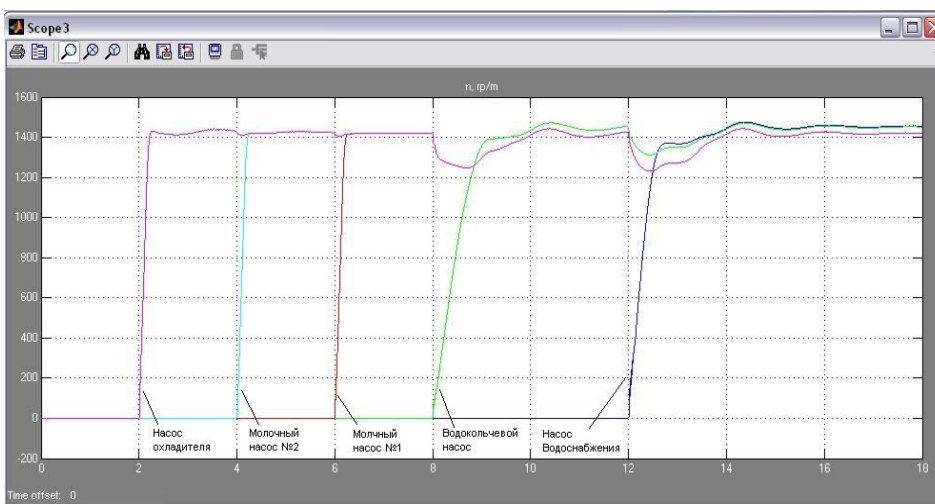


Рисунок 5 – Изменение частоты вращения электродвигателей при их поочередном включении, об/мин

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бастрон, А.В. Моделирование режимов работы автономной микроГЭС для электроснабжения летней дойки [Текст] / А.В. Бастрон, Н.В. Коровайкин, Л.П. Костюченко // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: КрасГАУ, 2010. – Вып. 4. – С. 166-171.
2. Встовский, А.Л. Современные технологии проектирования низкоскоростного синхронного генератора для свободнопоточной микроГЭС [Текст] / А.Л. Встовский, М.П. Головин, К.С. Федий // Инновационное развитие регионов Сибири: сб. ст. научно-практической конференции. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – С. 27-33.
3. Лурье, М.С. Электротехника. Имитационное моделирование в лабораторном практикуме, курсовом и дипломном проектировании [Текст] // М.С. Лурье, О.М. Лурье. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – Ч. 2. – 146 с.
4. Ярлыкова, Л.П. Моделирование пуска дви-

гателей сельскохозяйственных установок от передвижной электростанции [Текст] // Оптимизация режимов электропотребления: Тез. докл. краев. науч.-техн. конф., Красноярск, 4 - 5 октября 1988 г. – Красноярск, 1988. – 116 с.

Бастрон А.В., зав. каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», к.т.н., доц., ФГОУ ВПО Красноярский государственный аграрный университет, тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru;

Коровайкин Н.В., аспирант, каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГОУ ВПО Красноярский государственный аграрный университет, тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru;

Костюченко Л.П., доц., каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГОУ ВПО Красноярский государственный аграрный университет, тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru.