

**РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ
АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН
ЭЛЕКТРОВЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

А.А. Тишкин, А.А. Курганов*

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

*ОАО «Электровыпрямитель», НИЦ ПТ, г. Саранск, Россия

В работе рассматривается вариант построения преобразователя частоты для питания асинхронного электродвигателя вспомогательных машин электровозов переменного тока. Приведены диаграммы работы основных компонентов схемы полученных при моделировании.

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный электродвигатель, вспомогательные машины, 4 QS преобразователь, инвертор.

**DEVELOPMENT FREQUENCY CONVERTERS FOR ASYNCHRONOUS
ELECTRIC MOTORS POWER AUXILIARY MACHINES AC ELECTRIC
LOCOMOTIVES**

AA Tishkin, AA Kurganov *

FSBEI of HE "National Research Ogarev Mordovia State University",
Saransk, Russia

*JSC Electrovipryamitel, SEC «PT», Saransk, Russia

The paper considers the of constructing a variant of the frequency converter for supplying of auxiliary asynchronous electric machines electric locomotive AC power. Presents diagrams of the main components of the circuit obtained by the simulation.

Keywords: frequency converter, asynchronous electric motor, auxiliary machines, 4 QS converter, inverters.

В настоящее время на электровозах переменного тока для питания вспомогательных машин (ВМ) применяются три основные технические решения [1,2]:

1) с питанием асинхронных электродвигателей от электромеханического фазорасщепителя;

2) с питанием асинхронных электродвигателей по конденсаторной схеме в сочетании с тиристорным преобразователем частоты и числа фаз для формирования ступеней пониженной производительности мотор - вентиляторов;

3) с питанием асинхронных электродвигателей от трёхфазного АИН.

Опыт эксплуатации серийных локомотивов 2ЭС5К и 3ЭС5К построенных с применением первых двух решений выявил проблему качества электроэнергии ВМ, ведущую к выходам из строя вспомогательных асинхронных электродвигателей НВА-55.

Значительного увеличения ресурса работы асинхронных электродвигателей НВА-55 удается добиться путем применения статических преобразователей частоты в системе ВМ. С 2015 года на базе ОАО «Электровыпрямитель» ведется разработка унифицированного преобразователя частоты БПВМ-55-У2 для питания асинхронного трехфазного электродвигателя ВМ пассажирских и грузовых электровозов переменного тока серий ЭП1 и 2ЭС5К (ЗЭС5К).

БПВМ-55-У2 должен удовлетворять жестким требованиям эксплуатации на РЖД [3]. Основные технические параметры представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1

Наименование параметра	Значение параметра
Входные параметры БПВМ	
Номинальное напряжение, В	400
Диапазон изменения напряжения, В	от 270 до 497
Номинальная частота питающего напряжения, Гц	50
Выходные параметры БПВМ	
Номинальное линейное напряжение (действующее значение первой гармоники), В	3x380
Точность поддержания напряжения, %	±10
Разность напряжения между фазами, % не более	1
Номинальная частота напряжения, Гц	50
Диапазон изменения частоты напряжения, Гц	от 5 до 50
Точность поддержания частоты, Гц	±1
Номинальная выходная мощность, кВА	55
Крутизна фронта и спада выходного напряжения, не более, В/мкс	500
Время пуска, с, не более	10

В составе БПВМ-55-У2 предусмотрены защиты:

- от перенапряжений в питающей сети;
- от недопустимого снижения и превышения выходного напряжения;
- от обрыва фаз;
- от несимметрии выходных токов;
- от перегрузок по выходному току: $1,15I_{ном}$ – отключение через время не более 10 с; $1,5I_{ном}$ – мгновенное отключение за время не более 200 мс;
- от внешних и внутренних коротких замыканий;
- от превышения температуры частей БПВМ выше допустимых значений для данного вида оборудования и класса нагревостойкости изоляции.

Главной отличительной особенностью преобразователя БПВМ-55-У2 является естественное охлаждение и возможность его применения на всех сериях отечественных электровозов переменного тока;

При анализе технических решений построения преобразователя БПВМ-55-У2 были применены современные методы проектирования и разработки. На рисунке 1 представлена модель преобразователя частоты БПВМ-55-У2 [5].

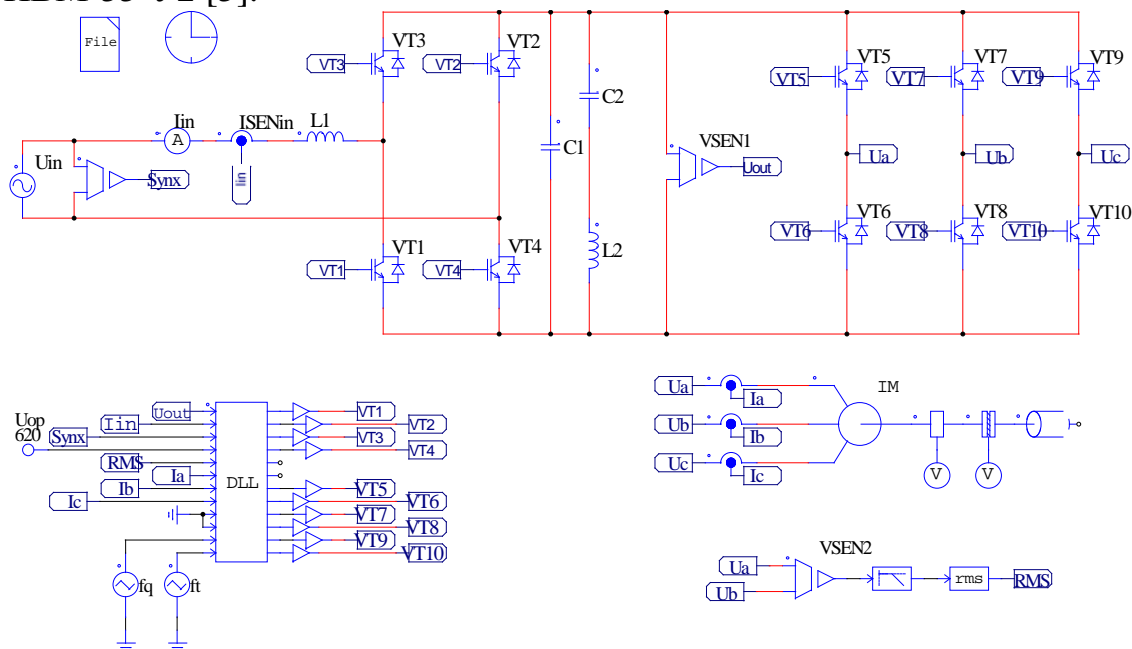


Рисунок 1 – Модель преобразователя частоты БПВМ-55-У2

Преобразователь частоты БПВМ-55-У2 состоит из звена стабилизации напряжения построенного на базе 4QS преобразователя, фильтра и звена инвертора напряжения.

4QS преобразователь, построенный на IGBT модулях VT1-VT4, выполняет следующие функции (рисунок 2):

- преобразование однофазного напряжения контактной сети, изменяющегося в широких пределах от 270 до 497 В, в стабилизированное постоянное напряжение 700 В;
- поддержание синусоидальной формы входного тока с заданным коэффициентом мощности;

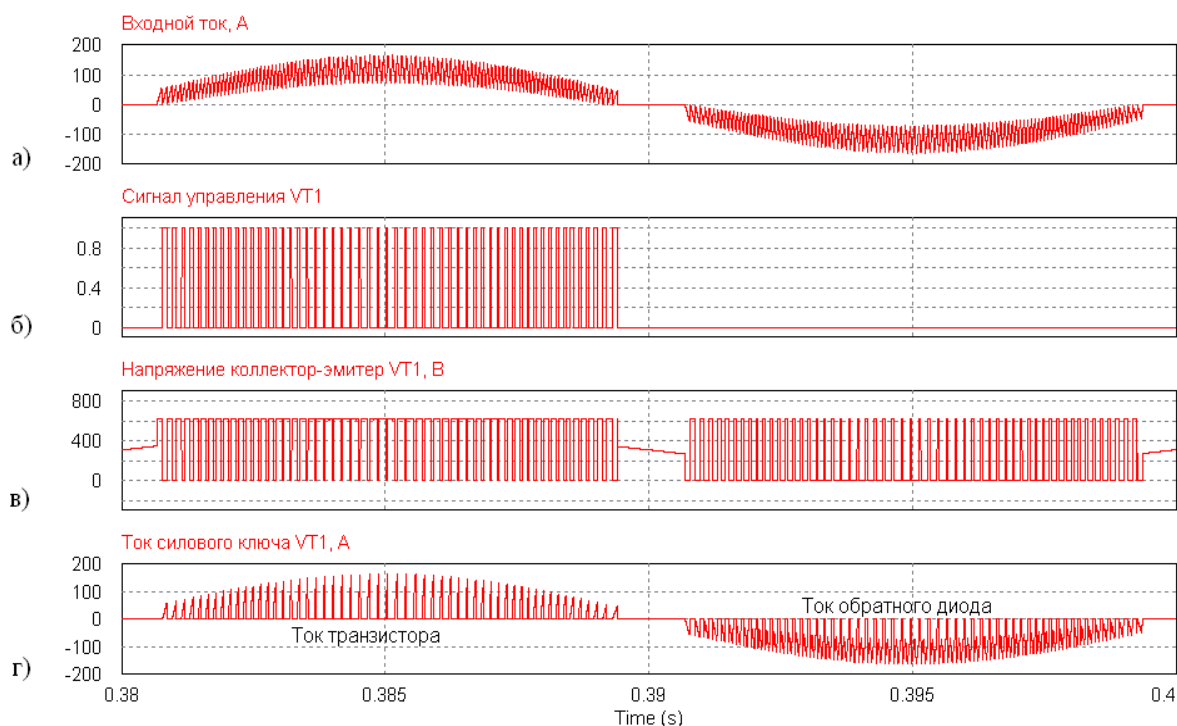


Рисунок 2 – Диаграммы работы системы управления 4QS преобразователем:

а) входной ток преобразователя, б) сигнал управления транзистора VT1, в) напряжение на транзисторе VT2, г) ток через силовой ключ VT3.

Благодаря применению нового энергосберегающего алгоритма управления 4QS преобразователем совместно с IGBT модулями trench технологии IV поколения производства ОАО «Электровыпрямитель» [4] удалось значительно снизить тепловые потери и реализовать преобразователь БПВМ-55-У2 на естественном охлаждении.

Звено постоянного напряжения содержит резонансный LC-фильтр рассчитанный на основные высшие гармонические составляющие выпрямленного напряжения однофазного моста.

Звено трехфазного мостового инвертора напряжения на IGBT модулях VT5-VT10 формирует на выходе синусоидальное переменное напряжения в соответствии с сигналами подаваемыми системой управления, согласно закону регулирования $U/f = \text{const}$ (рисунок 3). Выходной каскад инвертора содержит фильтр du/dt снижающий скорость нарастания выходного напряжения до 500 В/мкс, что позволяет снизить вероятность преждевременного старения и поверхностного пробоя изоляции вспомогательных электродвигателей.

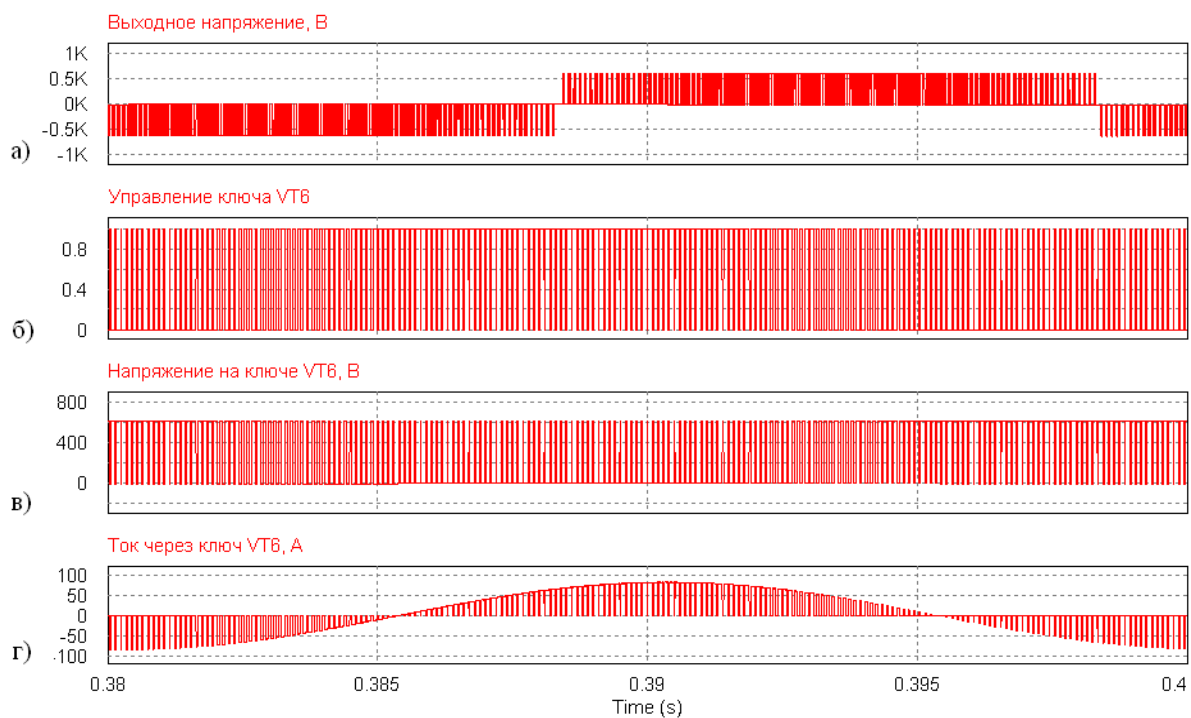


Рисунок 3 – Диаграммы работы инвертора:

- а) выходное линейное напряжение, б) сигнал управления транзистора, в) напряжение на ключе, г) ток через ключ.

В настоящее время на площадке ОАО «Электровыпрямитель» изготовлен опытный образец БПВМ-55-У2 (рисунок 4), который успешно проходит предварительные испытания.



Рисунок 4 –БПВМ-55-У2

Следует отметить, что конструкция БПВМ-55-У2 выполнена в соответствии современными стандартами в блочно-модульном исполнении. В свою очередь силовые шины были разработаны с помощью

современных программных комплексов по технологии многослойных плоских шин с низким импедансом.

Результаты, полученные в ходе моделирования и проведенных испытаний, подтвердили работоспособность заложенных технических решений и алгоритма управления преобразователем.

Список литературы

1. Шестоперов Г.Н. Анализ Энергетических характеристик в системах питания вспомогательных машин электровозов переменного тока серии «Ермак» / Г.Н. Шестоперов, О.Г. Арискин, А.А. Тишкин, И.В. Синявский // Электровозостроение: сб. научн. тр. / Всерос. н.-и., проектноконструк. ин-т электровозостроения (ОАО «ВЭЛНИИ»). – Новочеркасск, 2011. – Т.61. – С.38-49.

2. Тишкин А.А. Энергосбережение в системах питания вспомогательных машин электровозов переменного тока серии «Ермак» за счет внедрения ШПВМ-250-У2 / А.А. Тишкин, А.А. Курганов, А.А. Калюжный, И.В. Синявский // Электровозостроение: сб. научн. тр. / Всерос. н.-и., проектноконструк. ин-т электровозостроения (ОАО «ВЭЛНИИ»). – Новочеркасск, 2012. – Т.63. – С.63-74.

3. Технические условия ТУ16-2011 ИЕАЛ.656454.001 ТУ Шкаф питания вспомогательных машин ШПВМ-250-У2.

4. Официальный сайт компании ОАО «Электровыпрямитель» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elvpr.ru/poluprovodnikprib/IGBT_CFRD/1200V/index.php.

5. Официальный сайт компании «POWERSIM» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://powersimtech.com/products/psim/>.