

**КАРАСЕВ А. В.**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАТИМЫМ  
ТРЕХФАЗНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ В СРЕДЕ PSIM**

**Аннотация.** Рассматриваются некоторые особенности моделирования системы управления обратимого трехфазного выпрямителя на транзисторных модулях в среде PSIM. Получены две модели для исследования переходных и установившихся режимов. Представлены результаты моделирования.

**Ключевые слова:** выпрямитель, транзисторный модуль, модель, система управления, энергетические характеристики.

**KARASEV A. V.**

**STUDY OF REVERSIBLE THREE-PHASE RECTIFIER CONTROL SYSTEM IN PSIM**

**Abstract.** Some features of simulation of the reversible three-phase rectifier control system on transistor modules in the PSIM are considered. Two models have been obtained for the study of transient and steady modes. The simulation results are provided.

**Keywords:** rectifier, transistor module, model, control system, power characteristics.

Освоение промышленностью мощных IGBT модулей и использование цифровых систем управления на основе сигнальных процессоров и программируемой логики открывают новые возможности в схемотехнических решениях трехфазных выпрямителей с характеристиками, приближающимися к идеальным. Такие выпрямители необходимы в современных преобразователях частоты, предназначенных для управления электроприводами переменного тока различного назначения. Важными требованиями к преобразователям являются высокие энергетические характеристики и возможность рекуперативного торможения с возвратом энергии в сеть переменного тока.

Кафедра электроники и электротехники уже несколько лет разрабатывает цифровые системы управления для различных преобразователей частоты. Удобным инструментом для проектирования и отладки алгоритмов управления, подбора параметров реактивных элементов силовых схем является система моделирования PSIM [1]. Данная система имеет модели всех необходимых элементов силовых схем и систем управления в своих библиотеках [2].

На рисунке 1 приведена модель трехфазного выпрямителя на IGBT модулях со стабилизацией выходного напряжения и контролем коэффициента мощности.

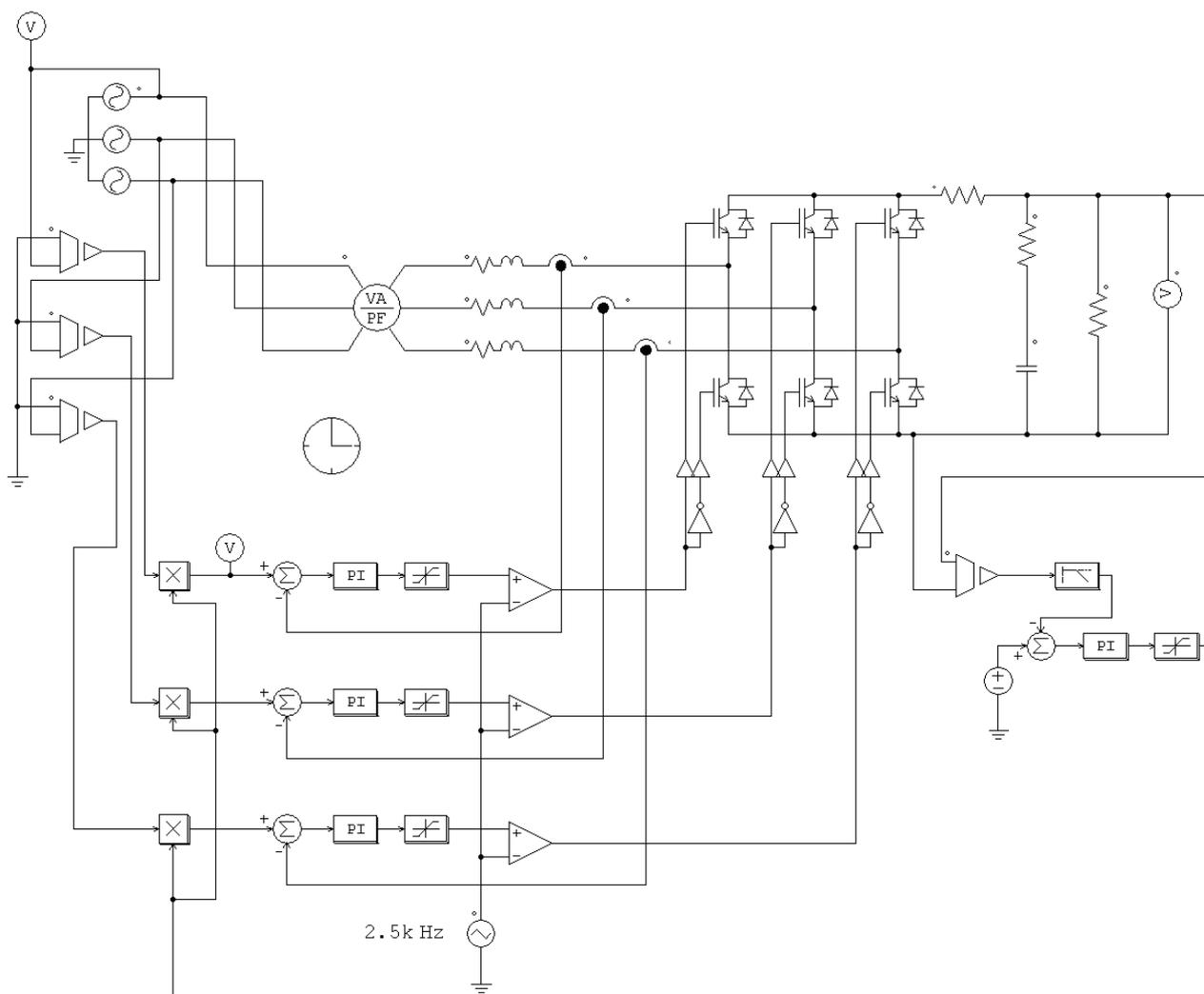


Рис. 1. Модель системы управления в режиме выпрямления.

Система управления приведенным выпрямителем может быть построена несколькими разными способами [3; 4]. В данной модели реализован способ релейного формирования формы входного тока выпрямителя по задающим фазным сетевым напряжениям, что позволяет получить высокий коэффициент мощности. Величина входного тока задается обратной связью по выходному напряжению. Для получения наилучших характеристик значение выходного напряжения должно быть больше амплитуды линейного напряжения питающей сети. В данном случае при напряжении питающей сети 380 В используется стабилизация выходного напряжения на уровне 700 В.

Частота модуляции должна быть согласована со значением индуктивности входных дросселей и значением мощности выпрямителя. Так для мощности 50 кВА использована частота модуляции 2,5 кГц и значение индуктивности 1 мГн, что позволило получить практически синусоидальный входной ток с нулевым сдвигом относительно сетевого напряжения и небольшой уровень пульсаций выходного напряжения, рисунок 2.

Требуемое значение пульсаций выходного напряжения может быть подобрано изменением емкости выходного конденсатора (рис. 3).

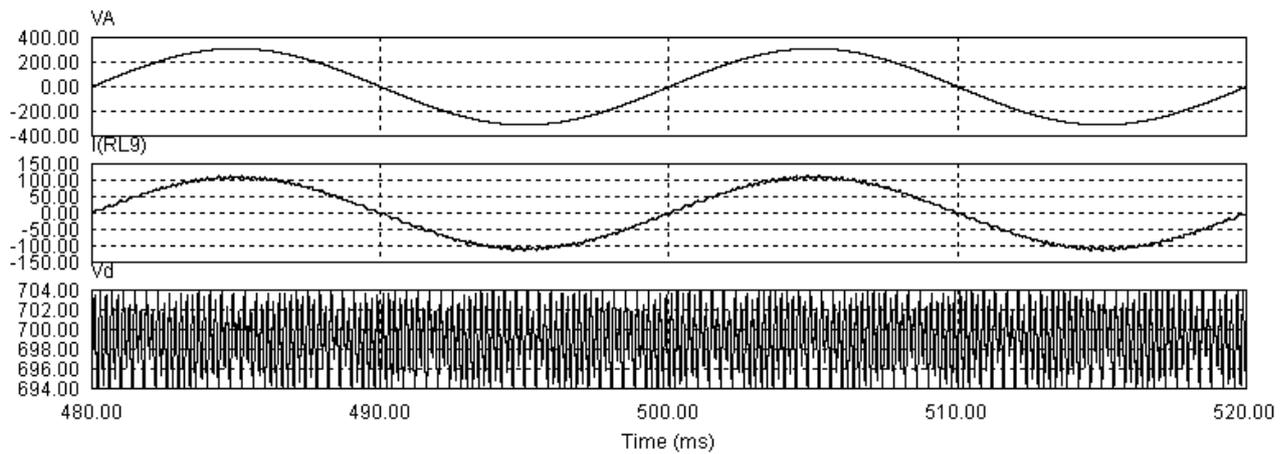


Рис. 2. Напряжение сети UA, входной ток I и выходное напряжение выпрямителя Ud в установившемся режиме.

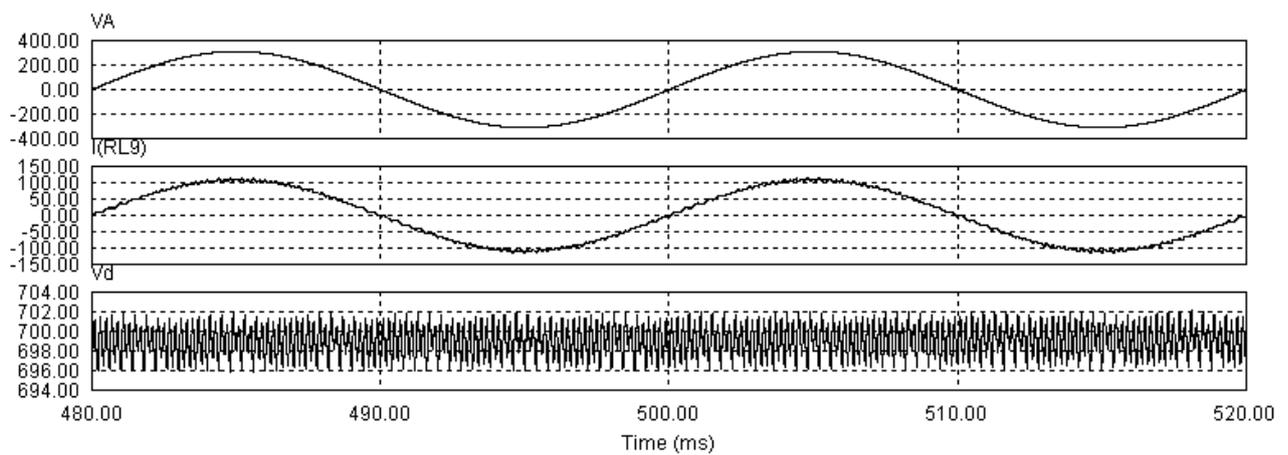


Рис. 3. Входной ток I и выходное напряжение выпрямителя Ud в установившемся режиме при увеличении емкости выходного фильтра в 2 раза.

Результаты моделирования пуска и интегральные характеристики выпрямителя показаны на рисунках 4 и 5.

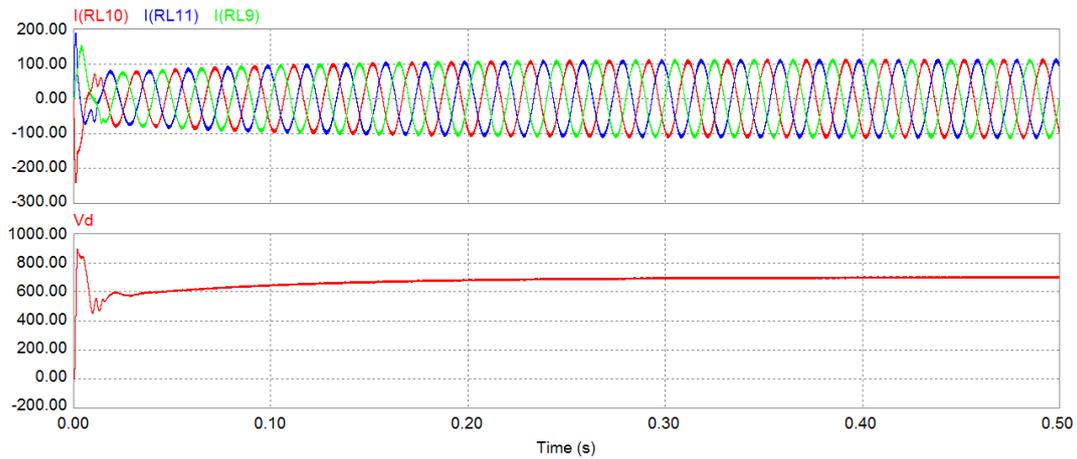


Рис. 4. Входные токи  $I$  и выходное напряжение  $U_d$  выпрямителя в режиме пуска.

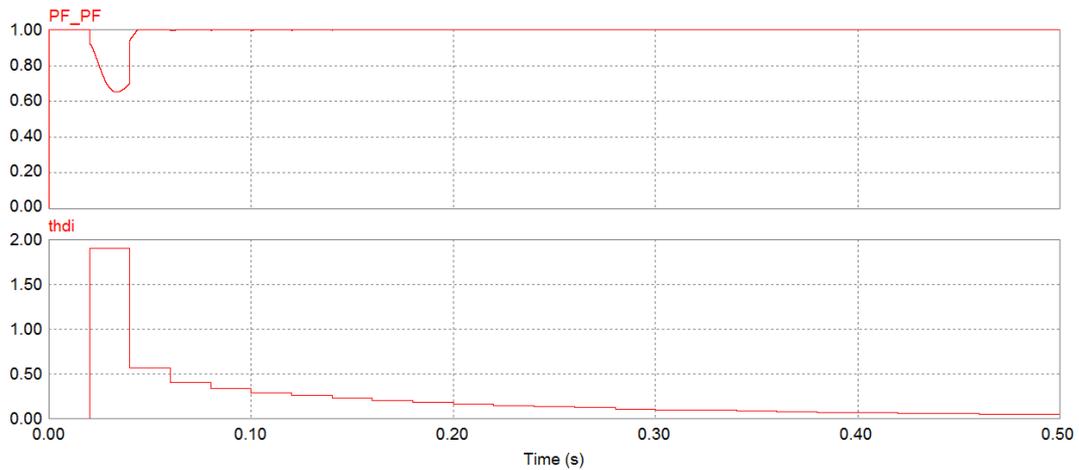


Рис. 5. Коэффициент мощности PF и коэффициент несинусоидальности thdi входного тока выпрямителя.

В режиме рекуперации энергии нагрузки в питающую сеть, модель системы управления приведена на рисунке 6. Здесь преобразователь является источником тока, форма которого близка к синусоиде, а величина задается обратной связью по напряжению в цепи постоянного тока. Результаты моделирования режима рекуперации приведены на рисунке 7.

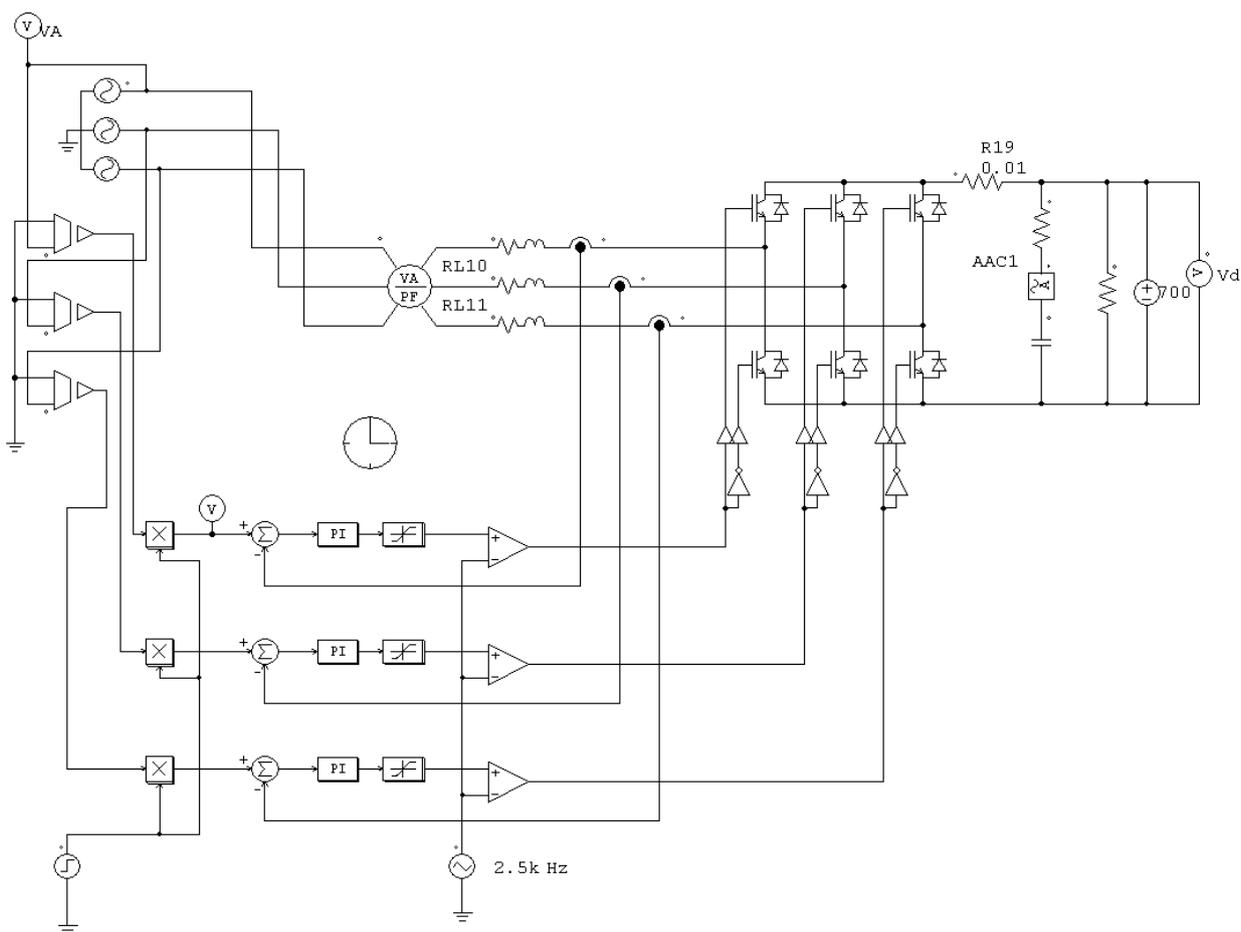


Рис. 6. Модель системы управления в режиме рекуперации.

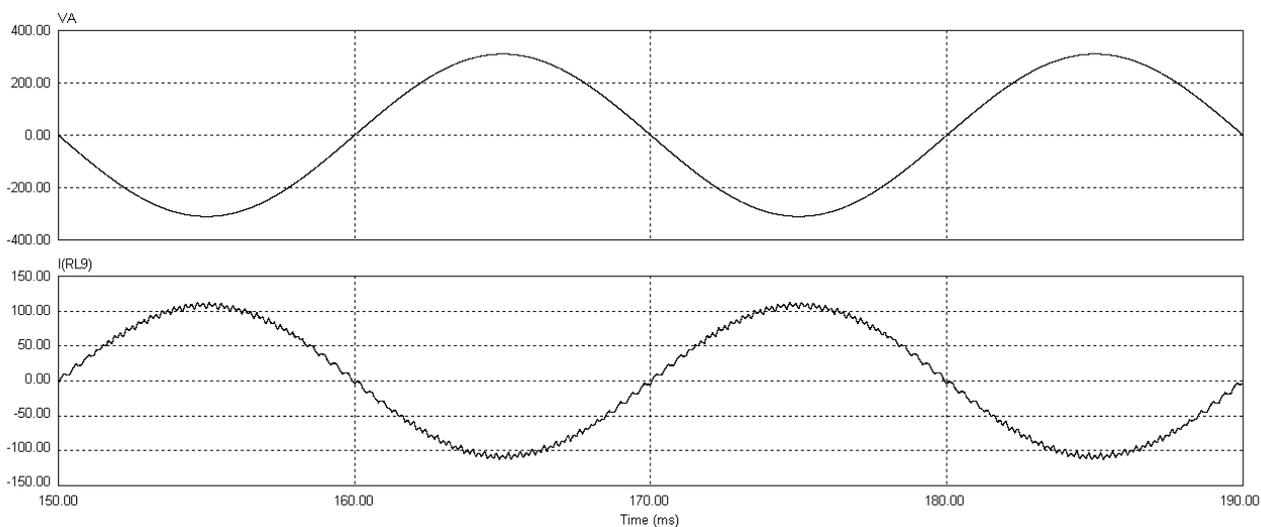


Рис. 7. Сетевое напряжение UA и ток I в режиме рекуперации.

Таким образом, разработанные модели системы управления обратимым выпрямителем позволяют исследовать все необходимые характеристики в переходном и установившемся режимах, определить оптимальные значения варьируемых параметров, настроить алгоритм управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Система моделирования PSIM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://powersimtech.com>.
2. Карасев А. В., Тетюшкин В. С. Некоторые особенности моделирования устройств силовой электроники в системе PSIM // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В. С., 2017. – С. 573–577.
3. Карасев А. В., Евдокимов А. С. Моделирование источника электропитания с высоким коэффициентом мощности // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В. С., 2017. – С. 577–580.
4. Карасев А. В., Тетюшкин В. С. Модель обратимого трехфазного выпрямителя // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саранск: Издатель Афанасьев В. С., 2017. – С. 569–573.