

232-1

**18-20 ноября 2021 года**

УДК 621.316

Г.А. ТЕРНОВСКИХ, студент гр. МЭП-20 (ЛГТУ)

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С АКТИВНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ

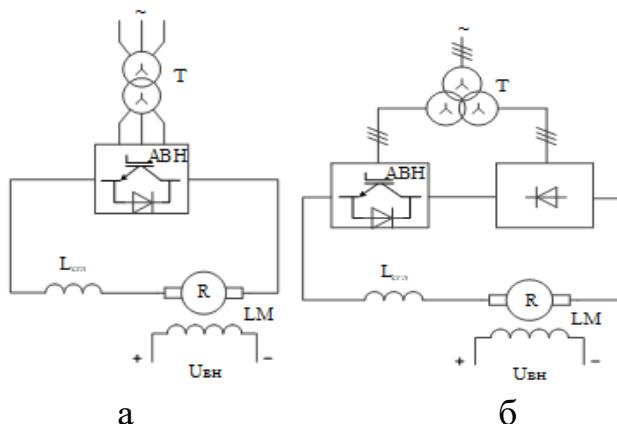
Цель работы: исследовать электромагнитную совместимость с питанием от сети систем электроприводов постоянного тока с активным выпрямителем.

Для управления нереверсивными электроприводами постоянного тока используются вентильные преобразователи, выполненные с различными схемами соединения вентилей. На промышленных предприятиях наибольшее распространение получили трехфазные мостовые схемы полупроводниковых преобразователей, которые возможно реализовать на IGBT-транзисторах.

По аналогии с тиристорными преобразователями на базе таких схем для нереверсивного электропривода помимо одномостовой (рисунок 1а) возможно применение двухмостовой схемы [1,2,3] с последовательным включением активного выпрямителя и неуправляемого шестипульсного выпрямителя (рисунки 1б).

В случаях, когда основным выпрямителем выступает схема на тиристорах, причиной добавления дополнительного неуправляемого выпрямителя по мнению Жежеленко И.В. [4] является меньшее потребление реактивной мощности и меньшее искажение формы кривой сетевого тока. При этом упрощается фильтрация высших гармоник сетевого тока, которую можно выполнять, например, с помощью активных фильтрокомпенсирующих устройств [5].

В данной работе проанализируем актуальность такого усложнения для случаев, когда в роли основного выпрямителя – шестипульсная схема на IGBT.



**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
232-2**  
**18-20 ноября 2021 года**

а – одномостовая; б – двухмостовая с последовательно соединенными нерегулируемым и активным выпрямителями с трехобмоточным трансформатором

Рисунок 1 – Принципиальные схемы питания систем АВН

Сравнение энергетических показателей по признаку наименьшего потребления реактивной энергии и наибольшего коэффициента мощности различных систем «АВН-ДПТ» будет проводиться с помощью пакета прикладных программ MATLAB Simulink.

Имитационная модель, соответствующая одномостовой схеме (рисунок 2), подразумевает следующую конфигурацию (рисунок 2). От сети трехфазного переменного тока общепромышленной частоты 50 Гц напряжением 380 В питанье осуществляется через понижающий трансформатор с соединением обмоток Y/Y. От трансформатора получает питание АВН (мостовая шестипульсная схема), далее через гладящий дроссель выпрямленный ток поступает на двигатель постоянного тока независимого возбуждения ДП-21, паспортные данные которого взяты из [6] и приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Паспортные данные ДПТНВ ДП-21

P <sub>н</sub>	n <sub>н</sub>	U <sub>н</sub>	I <sub>н</sub>	R <sub>кат</sub>	F <sub>н</sub>	I <sub>вн</sub>	P <sub>п</sub>	J <sub>д</sub>
кВт	об/мин	В	А	Ом	мВб	А	-	КГ*м <sup>2</sup>
4,5	1050	220	26	0,94	5,8	1,24	2	0,125

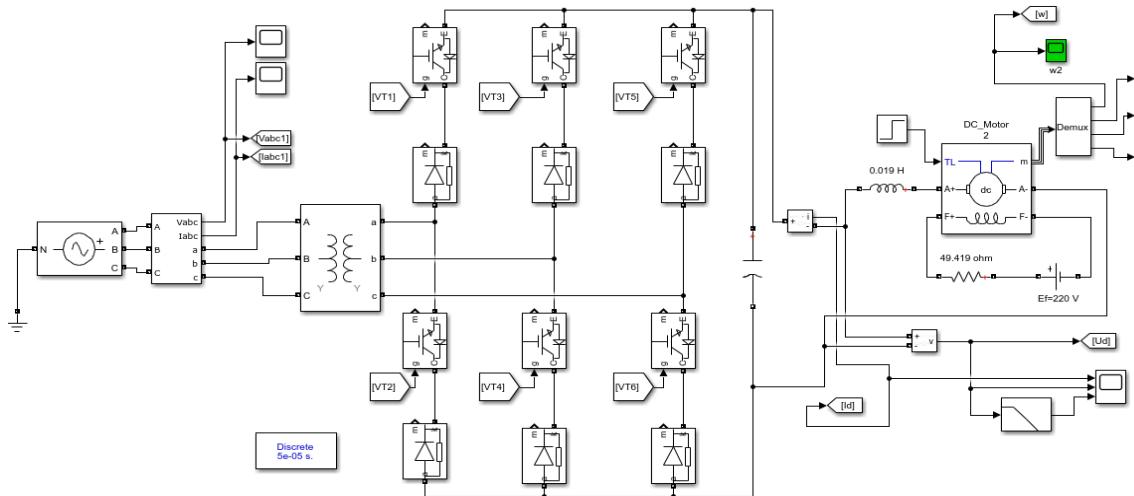


Рисунок 2 – Модель одномостовой схемы

Модель двухмостовой схемы (рисунок 3) отличается от первой наличием двух последовательно соединенных мостовых преобразователей (АВН и нерегулируемого выпрямителя), запитанных от одного трехобмоточного трансформатора с типом соединения обмоток Y/Y/Y.

IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
18-20 ноября 2021 года

---

232-3

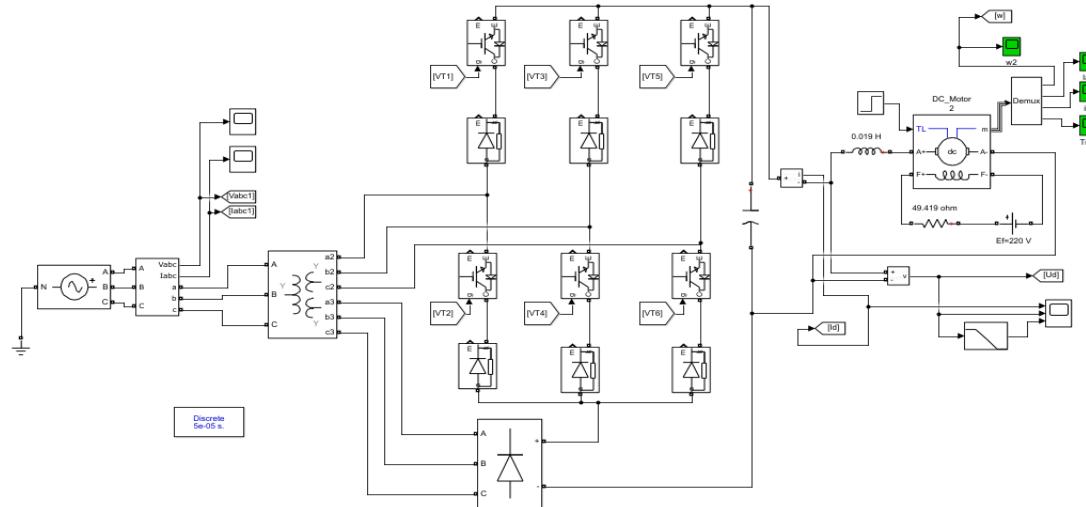
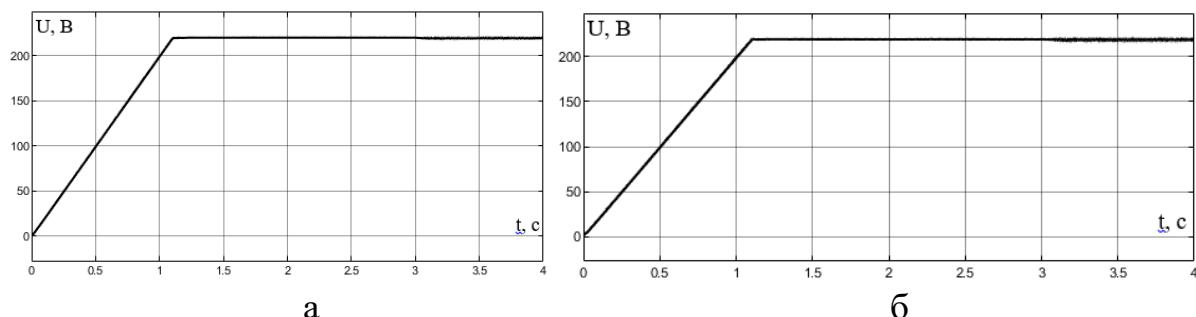


Рисунок 3 – Модель двухмостовой схемы с трехобмоточным трансформатором

Цикл моделирования включает в себя следующие стадии: пуск двигателя с линейным нарастанием питающего напряжения, выход в точку реального холостого хода, соответствующую моменту трения, наброс номинальной нагрузки и работа при номинальных параметрах. Длительность цикла составляет 4 с.

Графики напряжения в цепи выпрямленного тока приведены на рисунке 4.



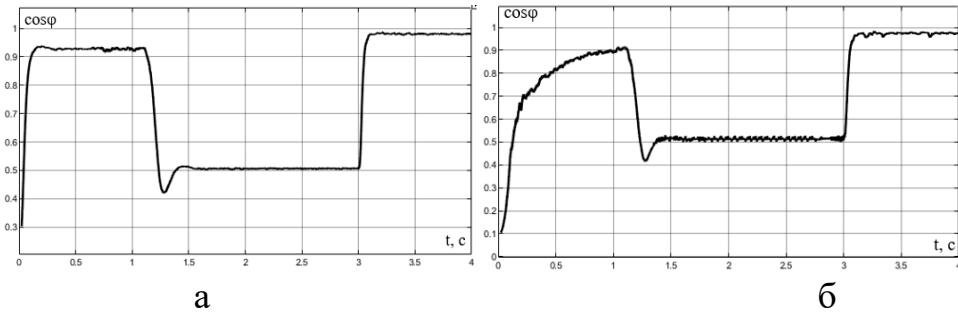
а – для одномостовой схемы; б – для двухмостовой схемы с последовательно соединенными нерегулируемым и активным выпрямителями с трехобмоточным трансформатором

Рисунок 4 – График напряжения на двигателе

На рисунке 5 показаны полученные в ходе исследования графики зависимости коэффициента мощности от времени.

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
18-20 ноября 2021 года**

232-4

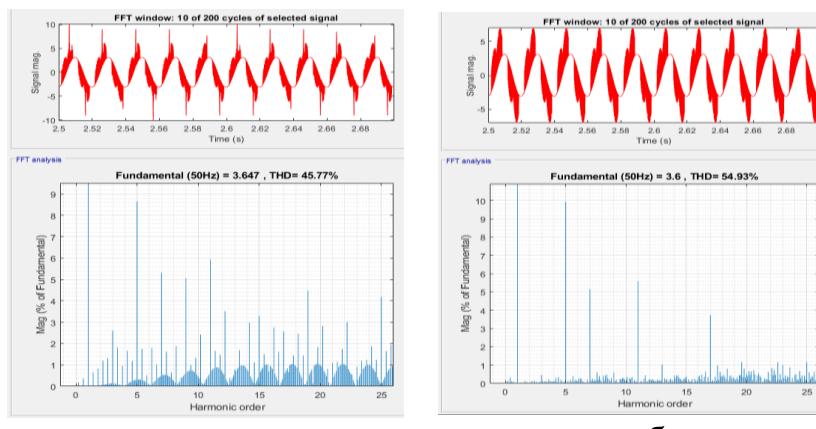


а – для одномостовой схемы; б – для двухмостовой схемы с последовательно соединенными нерегулируемым и активным выпрямителями с трехобмоточным трансформатором

Рисунок 5 – График зависимости коэффициента мощности от времени

Чтобы провести гармонический анализ в Matlab, необходимо выбрать в окне блока Powergui инструмент FFT Analysis – быстрое преобразование Фурье.

Такой метод позволяет оценить качество питающей сети по параметрам «коэффициент гармонических искажений» КГИ (THD в иностранной литературе, коэффициент искажения синусоидальности напряжения) и «спектр распределения гармоник» (низкочастотные или высокочастотные гармонические составляющие). Коэффициент THD является математическим инструментом и служит для количественной оценки нежелательных изменений сигнала.

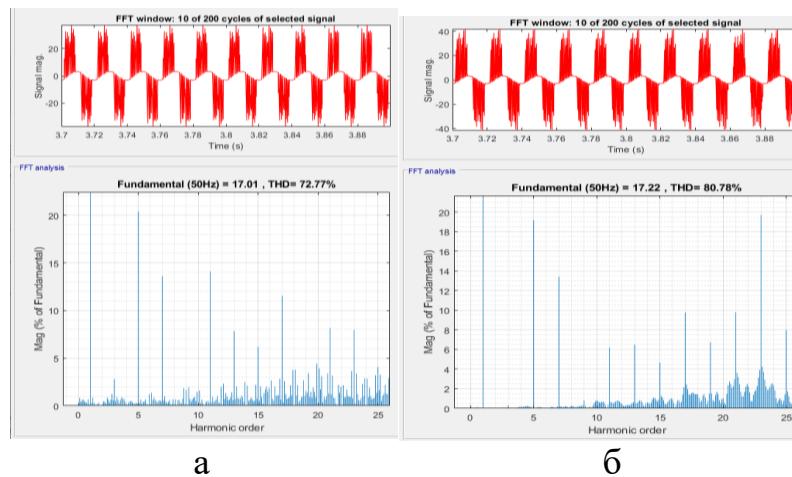


а – для одномостовой схемы; б – для двухмостовой схемы с последовательно соединенными нерегулируемым и активным выпрямителями с трехобмоточным трансформатором

Рисунок 6 – Анализ гармонического состава при работе привода на ХХ

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
18-20 ноября 2021 года**

232-5



а – для одномостовой схемы; б – для двухмостовой схемы с последовательно соединенными нерегулируемым и активным выпрямителями с трехобмоточным трансформатором

Рисунок 7 – Анализ гармонического состава при работе привода в номинальном режиме

Выводы: 1) по показателю «максимум cosф» при работе под нагрузкой между схемой АВН и схемой АВН с дополнительным неуправляемым выпрямителем и трехобмоточным трансформатором наблюдается паритет (около 0,98), так же, как и в режиме холостого хода (около 0,52); 2) по потреблению реактивной энергии (за цикл моделирования) схема АВН и схема АВН с дополнительным неуправляемым выпрямителем и трехобмоточным трансформатором так же обладают сопоставимыми показателями (около 6000 ВАрс); 3) на основании анализа гармонического состава тока питающей сети можно сказать, что при работе привода в режиме ХХ наименьшее генерирование ВГС в сеть характерно для схемы АВН с дополнительным неуправляемым выпрямителем и трехобмоточным трансформатором (THD = 45,77%), при работе с номинальным моментом на валу – для одномостовой схемы АВН (THD = 72,77%).

Список литературы:

1. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / И.В. Жежеленко. – Москва: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. Розанов, Ю.К. Основы силовой электроники [Текст] / Ю.К. Розанов – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 296 с.
3. Гельман, М.В. Преобразовательная техника [Текст]: учебное пособие/ М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.

**IV Всероссийская молодежная  
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
232-6**  
**18-20 ноября 2021 года**

---

4. Арриллага, Дж. Гармоники в электрических системах [Текст] / Дж. Арриллага, Д. Брэдли, П. Боджер – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

5. Мещеряков, В.Н. Активные фильтрокомпенсирующие устройства для систем регулируемого электропривода постоянного тока [Текст] / В.Н. Мещеряков, А.А. Коваль. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2008. – 164 с.

6. Вешеневский, С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе [Текст]: справочник / С.Н. Вешеневский. – Москва: Энергия, 1977. – 432 с.

Информация об авторе:

Терновских Глеб Андреевич, студент гр. МЭП-20, ЛГТУ, 398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, kaf-ep@stu.lipetsk.ru