

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Ляпин Владимир Владимирович

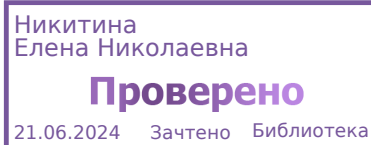
**Разработка и исследование генераторной
установки маломощной автономной
электростанции на базе машины двойного
питания**

Направление подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

Доктор технических наук,
профессор кафедры Соловьев Вячеслав
Алексеевич

Рецензент

Кандидат технических наук,
Доцент кафедры «Электротехника,
электроника и электромеханика»
ФГБОУ ВО «ДВГУПС»
Малышева Ольга Александровна

Защита состоится «20» июня 2024 года в 9 часов 00 мин на
заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению
подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в
Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913,
г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан ____ июня 2024 г.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

На сегодняшний день в связи с экологическими условиями в мировом машиностроении наблюдается тенденция постепенного смещения интереса от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания к электромобилям. Мировая доля выпуска электромобилей составляет 16% и продолжает расти, поэтому необходимо своевременно обеспечить надёжную и устойчивую их эксплуатацию, как на городских трассах, так и на междугородних. Для этого необходимо размещение зарядных станций с правильным выбором их типа (медленные и быстрые). Зарядные устройства медленного заряда целесообразно размещать по месту жительства или стоянки автомобиля, т.к. время заряда может составлять 6-12 часов, а зарядные установки быстрого заряда приближать к зоне автомобильных заправочных станций (АЗС), ведь время заряда может составлять 20-40 минут. Однако стоит учитывать ряд ограничений, а именно присоединяемую мощность, влияние дополнительной нагрузки на согласующий трансформатор АЗС, поскольку ток заряда носит реактивно емкостной характер.

Целью работы – выяснить возможности включения зарядных станций электромобилей в городскую систему электроснабжения, выявить влияние станций на сеть.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Приведена общая характеристика электромобилей и их зарядных станций.
2. Произведен анализ городских электросетей.
3. Разработана имитационная модель для исследований.
4. Проведено исследование влияния зарядных станций на сеть.
5. Построены зависимости коэффициентов искажений от силы тока зарядной установки.
6. Проведены испытания LC фильтра для устранения искажений

формы тока и напряжения.

Характеристика объекта и предмета исследования. Объектом исследования является зарядная станция электромобилей, установленная на АЗС, которая питается от собственной или местной трансформаторной подстанции. Предметом исследования представляются влияние, оказываемое зарядными станциями на городскую электросеть.

Научная новизна магистерской диссертации заключается в следующем:

1. Разработана имитационная модель для исследования влияния зарядных станций на электрическую сеть.

2. Получены результаты исследования влияния зарядных станций на электрическую сеть при условии, что АЗС питается от собственной трансформаторной подстанции (ТП) и при питании от местной ТП.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, показана научная новизна, практическая ценность.

В первой главе представлена краткая характеристика электромобилей и зарядных станций, рассмотрены типы зарядных станций, кабелей и разъемов, виды зарядки и типы присоединения электротранспорта.

Во второй главе обоснован выбор АЗС для установки зарядных станций, приведены однолинейные схемы ТП используемых АЗС и выделены два основных варианта питания АЗС, а именно от собственной ТП средней мощностью 50 кВА и от местных ТП мощность которых варьируется от 180 до 630 кВА.

В третьей главе была разработана функциональная схема (рисунок 1), содержащая понижающий трансформатор 6/0.4 (1), который подключен к сети 6кВ через линию электропередач (2). К вторичной обмотке

трансформатора подключена активно-индуктивная нагрузка (3), а также зарядная станция (4), состоящая из выпрямителя и аккумуляторной батареи.

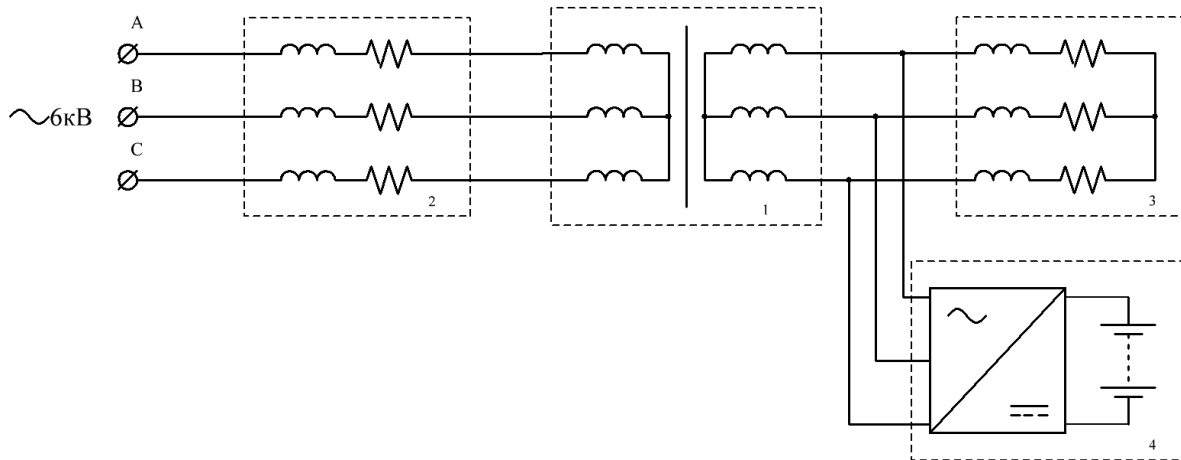


Рисунок 1 – Функциональная схема анализируемой системы

Были реализованы модули измерения энергетических показателей, а именно модуль для измерения коэффициента мощности через коэффициенты искажения и сдвига фазы мгновенного значения тока (рисунок 2), и модуль для вычисления коэффициента несинусоидальности напряжения (рисунок 3).

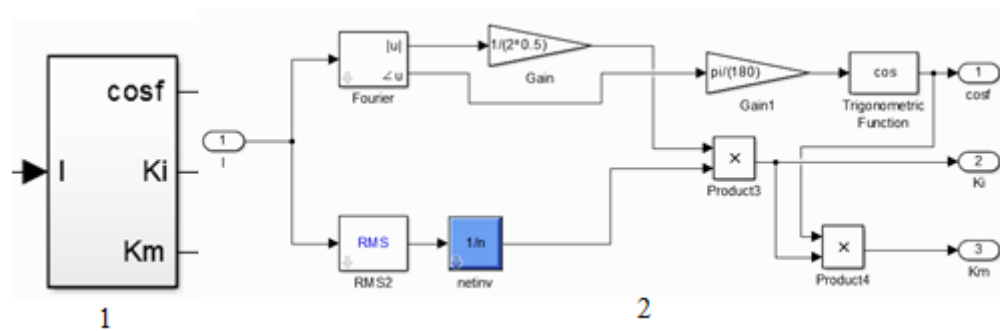


Рисунок 2 – Модуль для измерения коэффициента мощности через коэффициенты искажения и сдвига фазы мгновенного значения тока

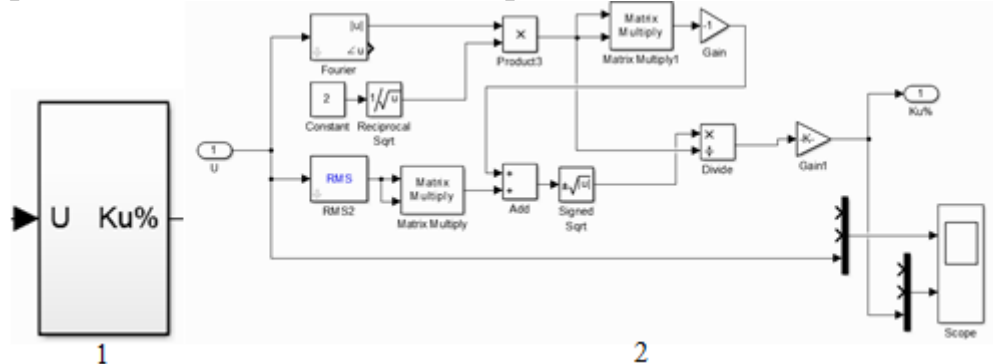


Рисунок 3 – Модуль для вычисления коэффициента несинусоидальности напряжения

Была реализована имитационная модель (рисунок 4), в которой используются две зарядные станции. Зарядная станция 1 подключается к сети в момент времени $t=0.05$ с, зарядная станция 2 подключается к сети в момент времени $t=0.09$ с.

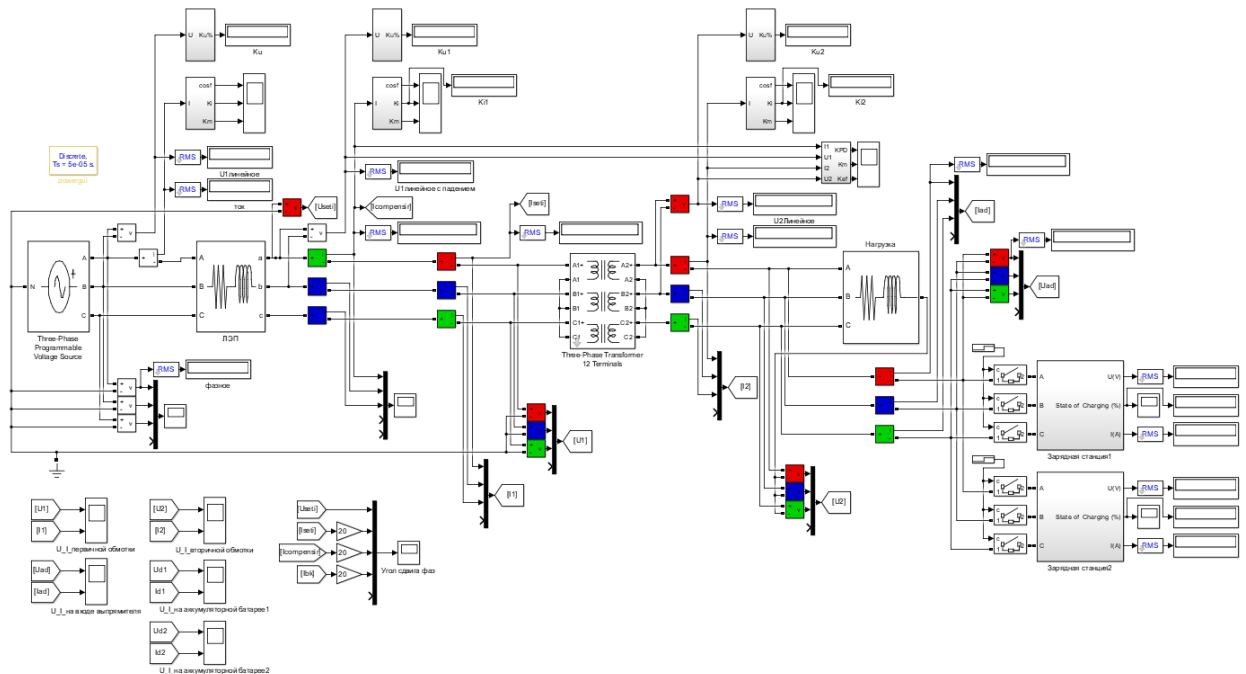


Рисунок 4 – Имитационная модель

В четвертой главе проведено исследование влияния зарядных станций на городскую электросеть.

По результатам исследования можно сделать вывод, что зарядные станции оказывают большее воздействие на форму напряжение на вторичной обмотке трансформатора, чем на первичной. Также по полученным осциллограммам (рисунок 5-6) можно сказать, что при подключении зарядных станций в сети происходит скачок тока, но с течением времени он падает, это связано с тем, что происходит зарядка аккумуляторной батареи подключенной к зарядной станции.

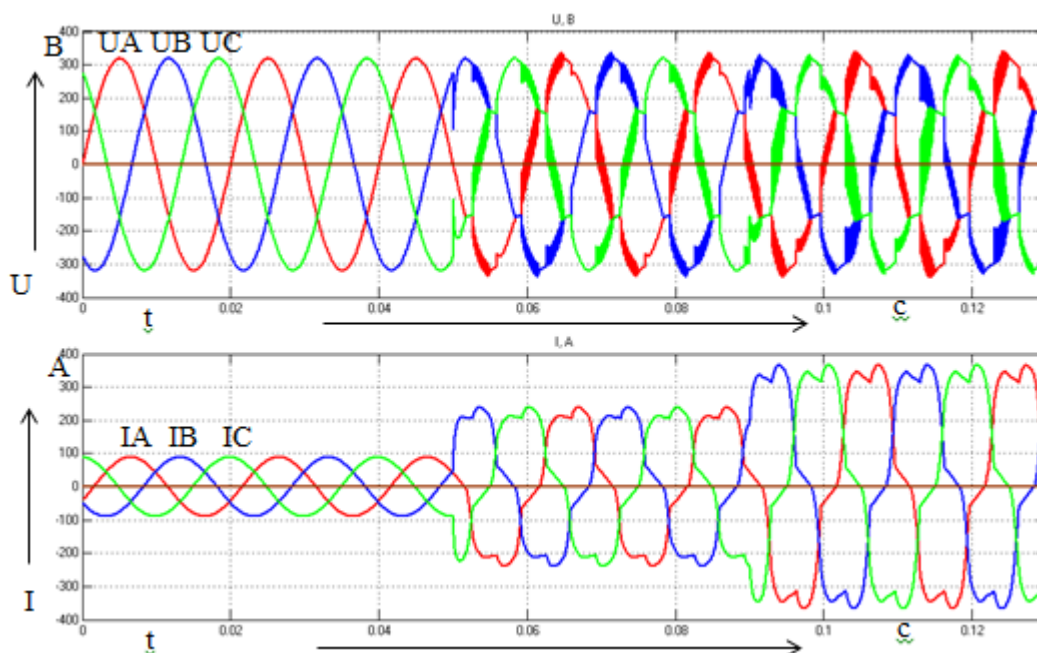


Рисунок 5 – Осциллограмма напряжения и тока в сети 0.4 кВ в момент подключения зарядных станций

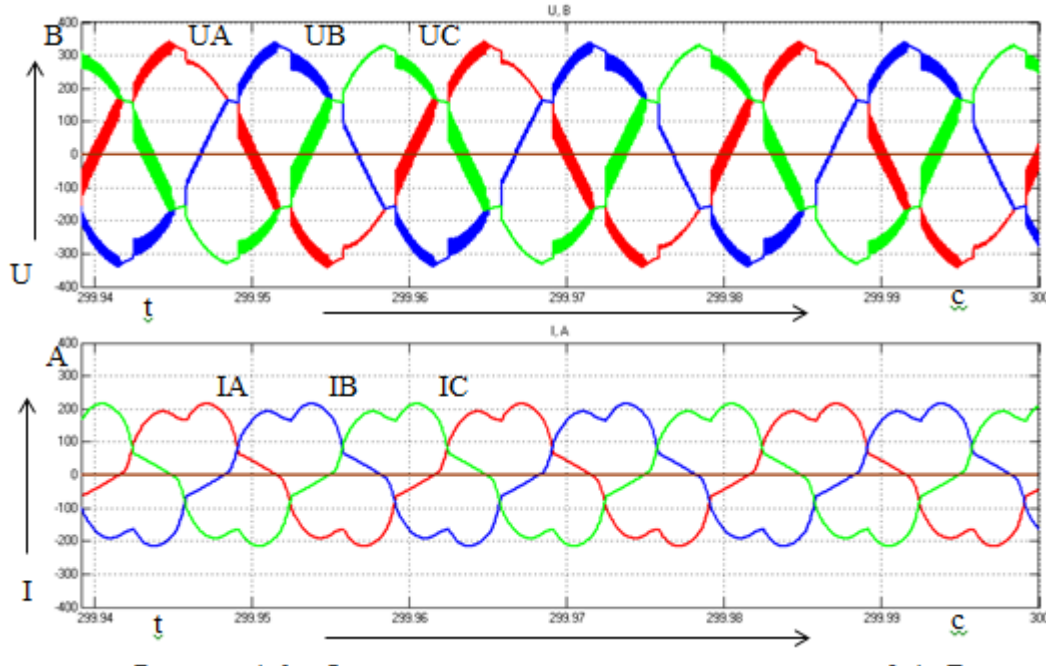


Рисунок 6 – Осциллограмма напряжения и тока в сети 0.4 кВ

Проведено сравнение с вариантом, когда АЗС питается от местной ТП. По результатам сравнения сделан вывод, что более мощный трансформатор позволяет подключить больше зарядных станций при тех же показателях коэффициентов искажения тока и напряжения, как в случае с менее мощным трансформатором

В пятой главе получены зависимости коэффициентов искажения от тока заряда (рисунок 7-8). Данные зависимости показывают, что с уменьшением тока заряда уменьшается и искажение формы тока и напряжения.

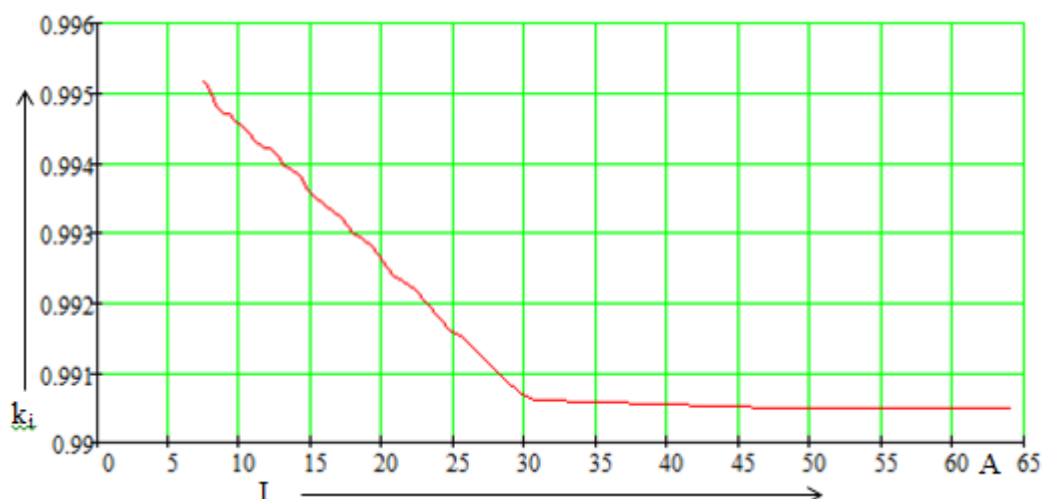


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента искажения тока в сети 0.4 кВ от тока заряда

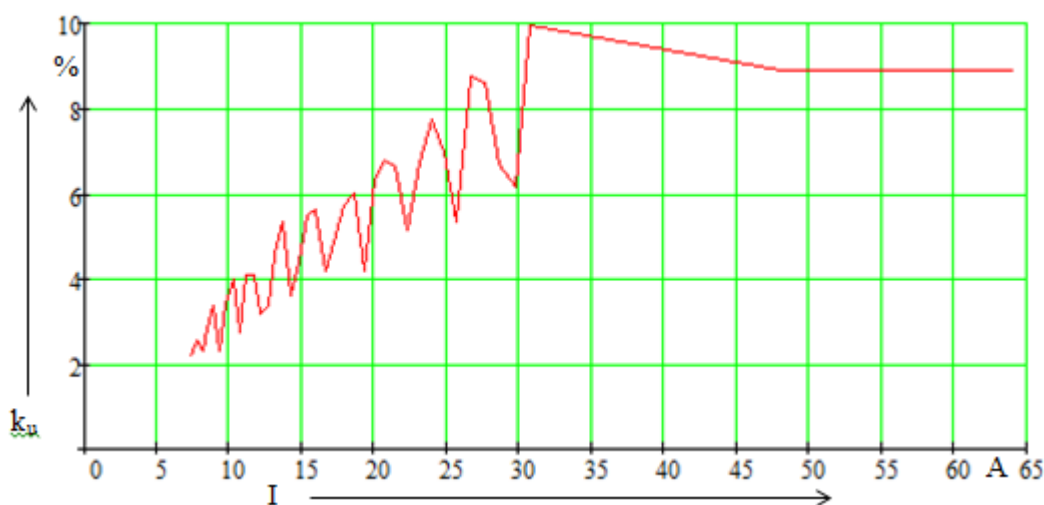


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента искажения напряжения в сети 0.4 кВ от тока заряда

В шестой главе приведены результаты моделирования работы зарядных станций с использованием LC-фильтров. Для начала исследовано влияние одной зарядной станции с фильтром (рисунок 9-11) По результатам данного исследования можно с уверенностью говорить, что использование LC фильтра устраняет проблемы с появлением гармоник и компенсирует

реактивную мощность, тем самым улучшая качество электроэнергии, также это способствует экономии энергопотребления и увеличивает срок службы электрооборудования.

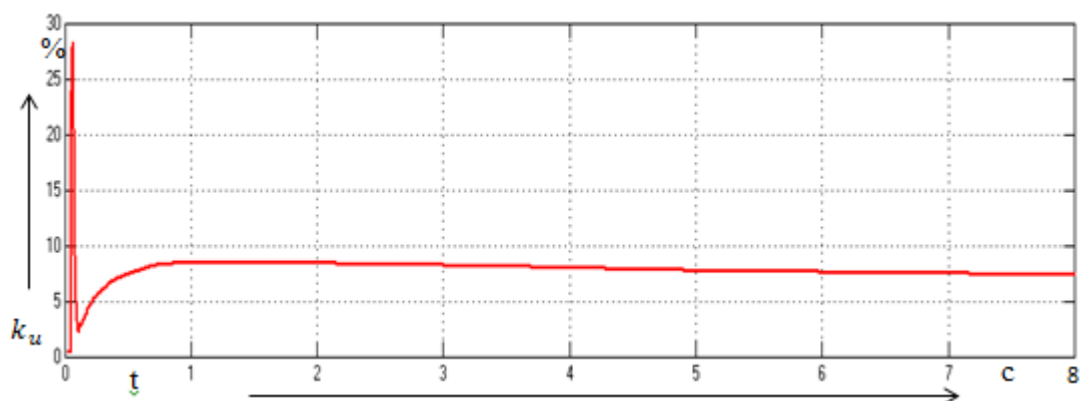


Рисунок 9 – График изменения коэффициента несинусоидальности напряжения в сети 0,4кВ

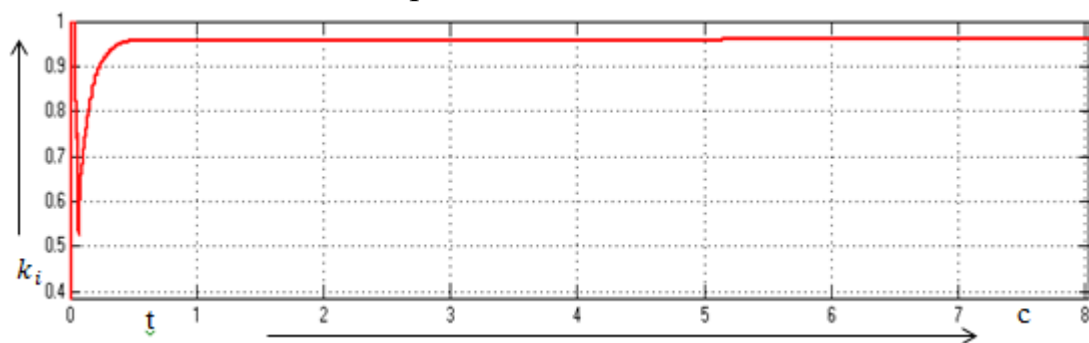


Рисунок 10 – График изменения коэффициента искажения тока в сети 0,4кВ

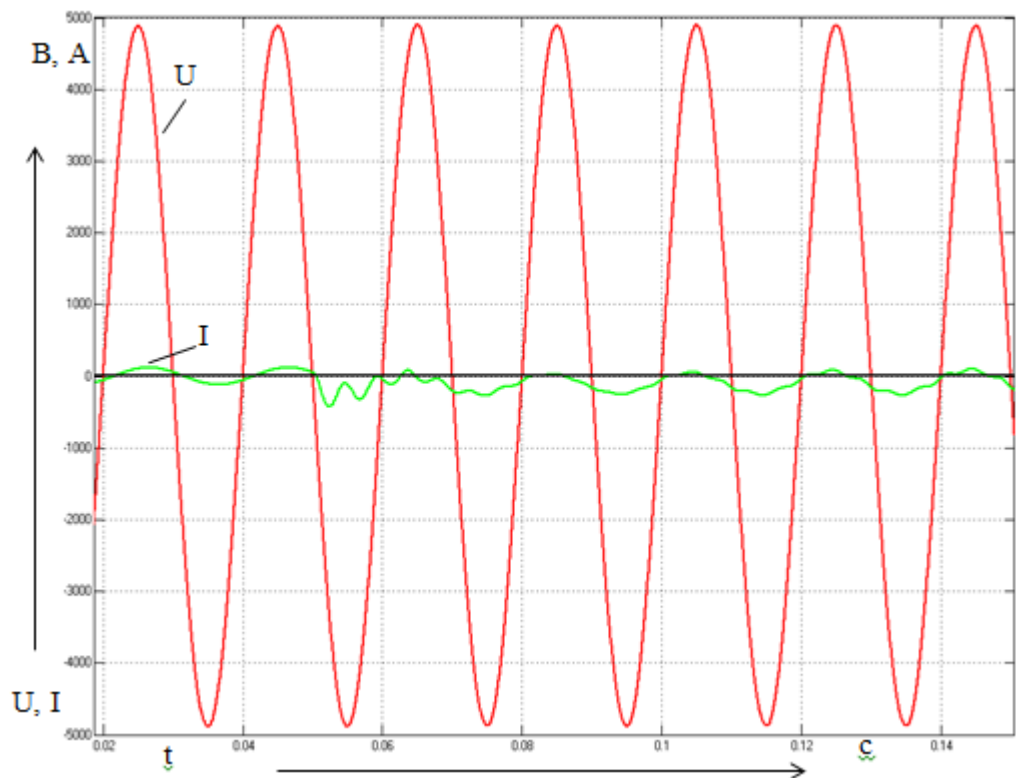


Рисунок 11 – Угол сдвига фаз

В случае с двумя зарядными станциями коэффициент искажения по напряжению снизится в два раза (рисунок 12)

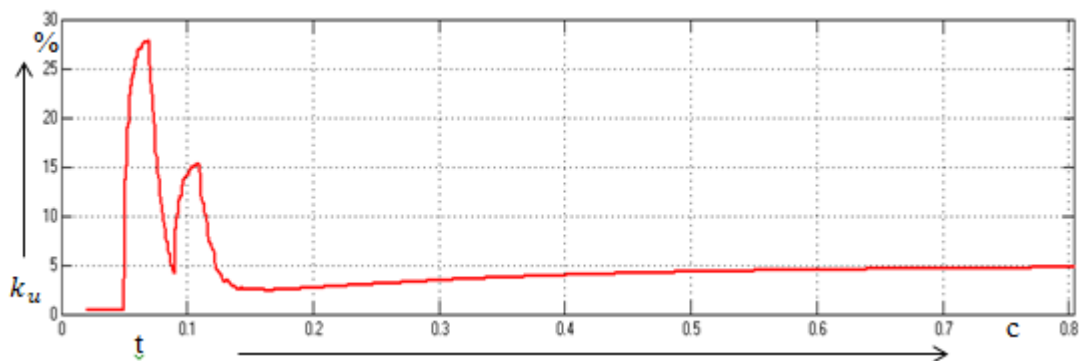


Рисунок 12 – График изменения коэффициента несинусоидальности напряжения в сети 0,4кВ

Получена осциллограмма тока и напряжения демонстрирующая изменение угла сдвига фазы (рисунок 13), из которой видно, что подключение нескольких зарядных станций с LC фильтром может привести к перекомпенсации.

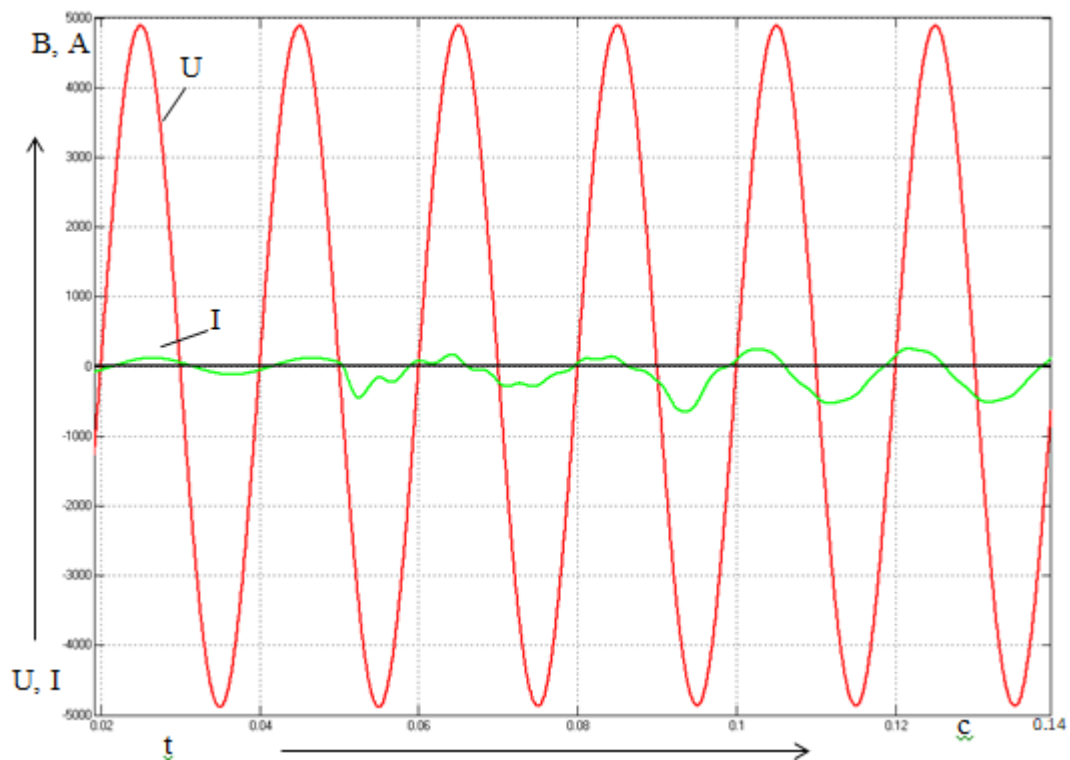


Рисунок 13 – Угол сдвига фаз

Проведено сравнение с подключением АЗС к местной ТП. В данном случае перекомпенсация не происходит. Так как в варианте, когда АЗС подключена к местной ТП искажение формы тока и напряжения слабее то и фильтр требуется слабее, однако когда подключено несколько зарядных устройств мощности фильтров начинает не хватать.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Разработана имитационная модель для исследования влияния зарядных станций на электрическую сеть.

2 Произведено исследование влияния зарядных станций электромобилей на электрическую сеть при условии, что АЗС питается от собственной ТП и при питании от местной ТП.

3 Сделаны выводы, что непосредственное размещение ЗУ на имеющихся городских заправках не всегда возможно из-за ограниченной мощности согласующего трансформатора и в большей степени из-за внесения ЗУ

искажений в электрическую сеть, что окажет негативное воздействие на других электропотребителей.

4 Приведены результаты использования LC-фильтра для погашения гармоник.

5 Сделан вывод о необходимости разработки автоматической системы регулирования мощности LC фильтра и метода их включения в сеть без бросков тока и напряжения.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1 Ляпин, В. В. Разработка и исследование нового способа управления печного трансформатора электротермической установки совместно с батареями косинусных конденсаторов / Б. Д. Табаров, В. В. Ляпин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 74-80.

2 Ляпин, В. В. Возможность формирования разветвленной сети зарядных станций городского округа / В. В. Ляпин, Б. Д. Табаров, В. А. Соловьев, Е. В. Кизиль // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 8–12 апреля 2024 года: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024. – 4 с.