На правах рукописи

Осипов Александр Николаевич

Улучшение энергетической эффективности производственных систем электроснабжения

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени

магистра техники и технологии

Никитина
Елена Николаевна
Проверено
16.03.2021 Зачтено Библиотека

Комсомольск-на-Амуре – 2021

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы - Улучшение энергоэффективности электрических сетей обуславливает уменьшение потребления энергоносителей и соответственно уменьшение удельной стоимости производства продукции и услуг для реализации которых необходима электрическая энергия. Это определяет актуальность темы диссертационной работы.

Цель работы - Разработка комплекса электротехнических устройств и способов управления ими, увеличивающих энергоэффективность сетей путем снижения потерь электрической мощности и электрической энергии в элементах системы электроснабжения.

Основные задачи магистерской диссертации:

- Разработка компенсирующей конденсаторной установки и способа управления силовыми ключами этой установки, исключающего броски токов при включении конденсаторных батарей, разработка имитационной модели, для исследования переходных процессов в электрической сети цеха металлургического предприятия, использующей эту установку, и для оценки снижения потерь активной электрической энергии в элементах сети нагруженной дуговыми электросталеплавильными печами.

- Сравнительная оценка снижения потребления из сети реактивной мощности электроприводом постоянного тока с мостовым тиристорным преобразователем с поочередным управлением вентильными комплектами, по сравнению с электроприводом с мостовым тиристорным преобразователем с обычным фазовым управлением, и разработка имитационной модели для этой оценки;

- Разработка системы управления компенсированным преобразователем с многократным включением вентилей (ПМВВ) на протяжении периода напряжения сети и анализ его энергетических характеристик.

Характеристика объекта и предмета исследования - электротехнические устройства и способы управления ими и энергетические показатели этих устройств.

Характеристика методологического аппарата - При исследовании используются основные положения и электротехники, теории автоматического регулирования и силовой электроники.

Научная новизна магистерской диссертации - Разработка модели конденсаторной компенсирующей установки и способа управления силовыми ключами установки, обеспечивающего хорошее качество переходных процессов при регулировании генерируемой реактивной мощности.

Практическая ценность магистерской диссертации – Компенсирующая установка с предлагаемым способом управления ее силовыми ключами, а также исследованные преобразователи переменного напряжения в постоянное с уменьшенным потреблением реактивной мощности целесообразно использовать в электрических сетях промышленных предприятий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе рассмотрены потери мощности, энергии и напряжения в электрических сетях, методики их расчета и необходимость снижения для улучшения энергоэффективности электрических сетей.

Во второй главе рассмотрены способы уменьшения потерь электрической энергии в электрических сетях.

В третьей главе рассмотрено влияние реактивной мощности на режимы работы электрических сетей и показана необходимость компенсации реактивной мощности протекающей по электрическим сетям.

Показано, что с целью снижения потерь активной энергии от передачи реактивной, в электрических сетях предприятий целесообразно использование местных источников реактивной мощности.

Рассмотрены различные типы местных источников реактивной мощности и рекомендации по их применению.

Рассмотрены достоинства и недостатки компенсаторов реактивной мощности на основе батарей конденсаторов, подключаемых на напряжения сети с помощью силовых ключей. Небольшая стоимость и хорошая надежность таких источников реактивной мощности делает целесообразным их использование в электрических сетях с электроприемниками, потребляющими из относительно медленно изменяющуюся реактивную мощность. Однако для более эффективного использования таких компенсирующих установок актуально устранение их основных недостатков – невысокой точности регулирования генерируемой реактивной мощности и неудовлетворительного качества переходных процессов при подключениях батарей конденсаторов на напряжения сети, сопровождающихся бросками токов и их колебаниями с частотами выше частоты напряжения сети.

Точность регулирования генерируемой источником реактивной мощности достаточно просто может быть увеличена путем увеличения числа ступеней регулирования, то есть увеличением набора комбинаций значений емкостей подключаемых к сети конденсаторных батарей.

С целью практически полного исключения апериодических составляющих в переходных процессах, сопровождающих подключения батарей конденсаторов к напряжениям сети, на основании анализа этих процессов показано, что при преобладающем емкостном сопротивлении компенсирующей установки, угол включения конденсаторов по отношению к моменту перехода напряжений сети от положительных значений к отрицательным значениям, может оставаться неизменным и равным π.

В программной среде для структурного моделирования была разработана имитационная модель трехфазной конденсаторной компенсирующей установки. В модели предусмотрены блоки синхронизации, которые независимо от сигнала задания генерируемой реактивной мощности разрешают подключение конденсаторов фазы через угол π после перехода напряжения этой фазы от отрицательных значений к положительным значениям. Моделируется установка, конденсаторы которой переключаются электронными быстродействующими выключателями.

Результаты моделирования переходных процессов в цеховой системе электроснабжения напряжением 35 кВ при подключении и отключении конденсаторной установки генерирующей 100 МВАр реактивной мощности приведены на рис. 1. При отключенной компенсирующей установке результирующая нагрузка распределительной подстанции составляла 100 МВт активной и 150 МВАр реактивной мощности. На графиках приняты обозначения: i_c, $i_к$ – мгновенные фазные токи сети и компенсатора, I_c – действующий ток сети.

При подключении конденсаторов компенсирующей установки наблюдается снижение фазных токов распределительной подстанции примерно на 37 % при хорошем качестве переходных процессов, что определяет целесообразность применения в системе управления выключателями таких установок устройств синхронизации углов включения конденсаторов с напряжением сети.

С использованием разработанной имитационной модели конденсаторной компенсирующей установки смоделированы процессы в системе электроснабжения цеха металлургического предприятия с основными потребителями в виде двух дуговых сталеплавильных печей типа ДСП-100 и ДСП-200. Компенсирующая установка подключается к шинам 35 кВ распределительной подстанции цеха. При моделировании использовались типовые данные о нагрузках указанных сталеплавильных печей для шести возможных режимов их работы.

Результаты моделирования, подтверждающие эффективность использования разработанной компенсирующей установки с целью снижения потерь активной мощности и активной энергии в системе электроснабжения цеха приведены в сводной табл. 1.

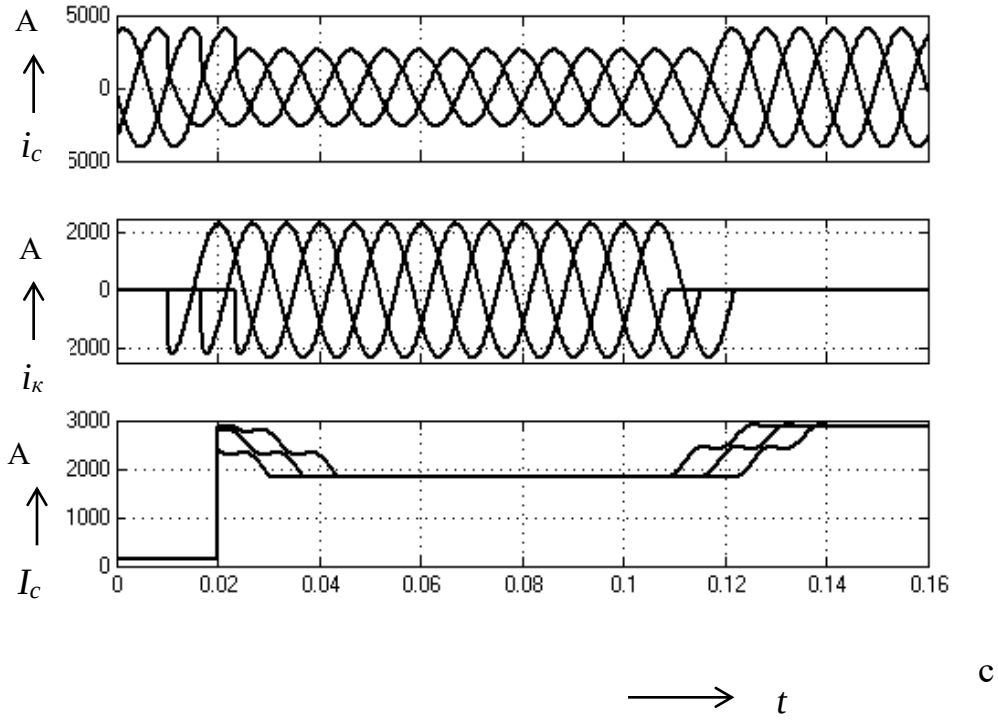

Рисунок 1 – Процессы при подключении компенсатора

Как следует из табл 1., использование компенсирующей установки позволяет снизить потери активной электрической энергии в системе электроснабжения (на оборудовании ввода в цеховую распределительную подстанцию) за время одной плавки в зависимости от числа работающих печей на 39,53 …41,1% или на 85,42…493,51 кВтч при коэффициенте мощности (cos φ) приближающемся к единице.

В четвертой главе рассмотрены энергетические показатели управляемых преобразователей переменного напряжения в постоянное и показано, что тиристорные управляемые выпрямители с фазовым способом регулирования работающие со знакопеременными сигналами задания на регулирование выходного

напряжения имеют низкое среднее значение коэффициента мощности, что отрицательно влияет на энергоэффективность электрических сетей.

Табл.1 - Режимы работы системы электроснабжение цеха

Номер режима	Работающие печи		Полная Мощность Нагрузки, кВА	Активная мощность Нагрузки, кВт	Реактивная мощность Нагрузки, кВАр	Ток ввода, А	Потери активной мощности на вводе, кВт	Потери активной электроэнергии на вводе за одну плавку, кВт·Ч	Генерируемая в сеть реактивная мощность, кВАр	Ток ввода по результатам моделирования, А	Потери активной мощности на вводе, кВт	Потери активной электроэнергии на вводе за одну плавку, кВт·Ч	Снижение потерь активной электроэнергии на вводе за одну плавку, кВт·Ч	Снижение потерь активной электроэнергии на вводе за одну плавку, %	Коэффициент мощности с компенсацией
1	ДСП-100	1 режим	50000	38000	32500	824.810	72.456	185,963	30.225	625	41.601	110.539	85.424	40,56	0.99896
2		2 режим	60000	45600	39000	989.772	104.333		30225	764	32.163				0.98925
3	ДСП-200	1 режим	85000	64600	55250	1402.177	209.390	470.825	50375	1073	122.616	277.315	193.510	41.10	0.99835
4		2 режим	95000	72200	61750	1567.140	261.556		60450	1203	154.127				0998991
5	ДСП-100, ДСП-200	1 режим	135000	102600	84450	2226.988	528.184	1248.490	80600	1701	308.147	754.982	493.508	39.53	0.9986
6		2 режим	155000	117800	100750	2556.912	696.276		100750	1991	422.174				1

Разработана имитационная модель реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока, с использованием которой был выполнено сравнение значений реактивной мощности, потребляемой из сети электроприводом на основе мостового управляемого тиристорного выпрямителя с обычным фазовым управлением и электропривода, выполненного на основе двухмостового тиристорного выпрямителя с поочередным управлением вентильными комплектами. Путем моделирования показано, что использование выпрямителей с поочередным управлением вентильными комплектами при знакопеременном задании угловой частоты вращения двигателя на 50 % от его номинальной частоты вращения, позволяет снизить потребляемую из сети реактивную мощность на 57,5 % по сравнению с потреблением ее электроприводом на основе мостового тиристорного преобразователя с обычным фазовым управлением.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Разработана компенсирующая установка на основе батарей конденсаторов с синхронизированной с сетью системой управления силовыми ключами, при которой будут практически отсутствовать переходные (апериодические составляющие) в токах и напряжениях сети при переключениях конденсаторов.

2 С использованием разработанной имитационной модели компенсирующей конденсаторной установки с синхронизированной с сетью системой управления, работающей в системе электроснабжения цеха металлургического предприятия, показано хорошее качество переходных процессов при работе установки и возможное снижение потерь активной электроэнергии в системе электроснабжения на 39,53 …41,1% за одну плавку.

3 С использованием разработанной имитационной модели тиристорного электропривода постоянного тока показано, что в электроприводе с тиристорным преобразователем с поочередным управлением мостами, при

знакопеременных сигналах задания скорости или тока двигателя, можно снизить потребляемую из сети реактивную мощность на 57,5 % , по сравнению с аналогичным электроприводом на основе тиристорного преобразователя с обычным фазовым управлением.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Осипов А.Н. Энергоэффективные быстродействующие преобразователи переменного тока в постоянное с асинхронной системой управления/ А.Н.Осипов-Васильченко С.А. Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре ФГБОУ ВО «КнАГУ14 июня 2019 г., с.66-72.
2. Осипов А.Н. Один из способов улучшения энергетической эффективности производственных систем электроснабжения/А.Н.Осипов-Васильченко С.А. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г.,с.322-323