

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ СИСТЕМ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.В. Бастрон, Л.П. Костюченко

В статье приведены результаты исследований на имитационной модели, созданной в программе MATLAB режимов сельских линий электропередачи напряжением 10 кВ при применении устройств продольной компенсации.

Ключевые слова: электрическая сеть, имитационная модель, устройство продольной компенсации, реактивная мощность

В связи с принятием Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» большое внимание уделяется вопросам компенсации реактивной мощности в распределительных сетях, как средству уменьшения потерь мощности и повышения энергоэффективности сетевых предприятий. Обзор литературных источников показывает, что в электрических сетях сельскохозяйственного назначения 30% потерь электроэнергии обусловлены передачей реактивной мощности. Однако до сих пор вопросам компенсации реактивной мощности в сельских сетях уделяется недостаточно внимания.

Проблема компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях имеет большое значение как точки зрения уменьшения потерь мощности и напряжения, так и увеличения предела передаваемой по сетям активной мощности, т.е. увеличения пропускной способности сети.

Целью данной работы является исследование влияния одного из возможных способов компенсации реактивной мощности, а именно применение устройства продольного включения конденсаторов (УПК) в сеть.

Как известно при продольной компенсации происходит частичное уменьшение передаваемой по сети реактивной мощности, но главное – компенсация реактивного сопротивления линии. Это свойство продольной компенсации можно использовать для повышения экономичности электроснабжения за счет снижения потерь мощности в сети и надежности электроснабжения за счет повышения пропускной способности резервных связей 10 кВ между подстанциями.

Пропускная способность сельских электрических сетей чаще всего ограничивается допустимым уровнем потерь напряжения в сети, и значительно реже длительно допустимым током нагрева проводов.

Опыт эксплуатации сельских электрических сетей показывает, что даже наличие встречного регулирования напряжения на шинах питающих подстанций (что для сельских сетей применяется крайне редко из-за несовпадения максимумов нагрузки различных потребителей) зона резервирования, на которой у потребителей удастся обеспечить допустимые для послеаварийных режимов потери напряжения, охватывает небольшую часть потребителей резервируемой линии. При отсутствии на подстанциях средств централизованного регулирования напряжения, эта зона еще более сужается, и соответственно снижается эффективность использования капитальных вложений, затраченных на повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Поэтому на большинстве резервных связей и на кольцевых линиях необходимо применять дополнительные средства повышения их пропускной способности, если пропускная способность ограничивается допустимыми потерями напряжения в послеаварийном режиме работы сети.

Повысить пропускную способность резервных связей между трансформаторными подстанциями по линиям 10 кВ можно за счет применения УПК, пунктов автоматического регулирования напряжения (ПАРН), или за счет увеличения сечения проводов этих связей.

Для оценки влияния компенсации реактивной мощности в аварийном (ремонтном) режиме нами рассмотрена схема электрической сети с резервными связями, исходная схема которой приведена на рисунке 1. На

рисунке 2 приведена схема сети в режиме отключения одного из головных участков (послеаварийный режим) с расчетными значениями потоков мощности в режиме макси-

мальных нагрузок. Здесь же указано желаемое место подключения УПК применительно к рассматриваемому режиму работы сети.

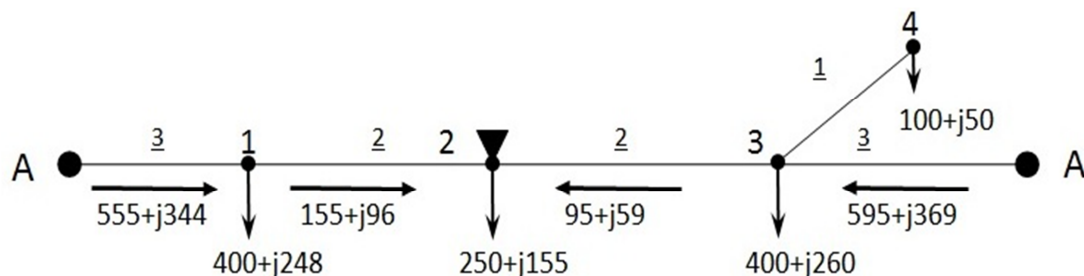


Рисунок 1 – Нормальный режим работы сети с резервными связями

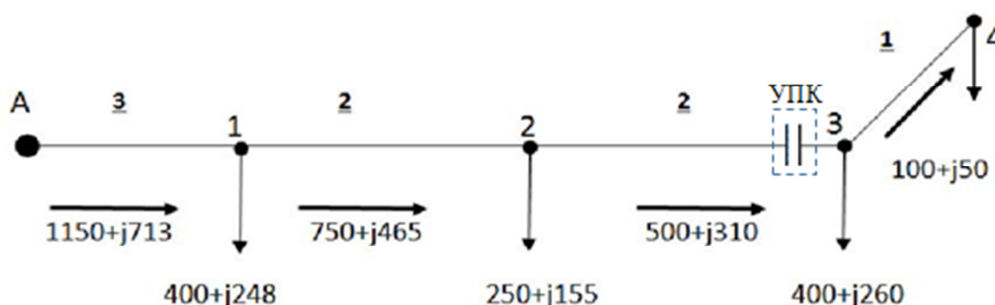


Рисунок 2 – Схема сети при отключении головного участка A'-3

Для исследования влияния продольной компенсации реактивной мощности на величину добавок напряжения в электрических сетях, нами разработана в программе

MATLAB приложении Simulink [1 – 3] имитационная модель сети. Схема модели приведена на рисунке 3.

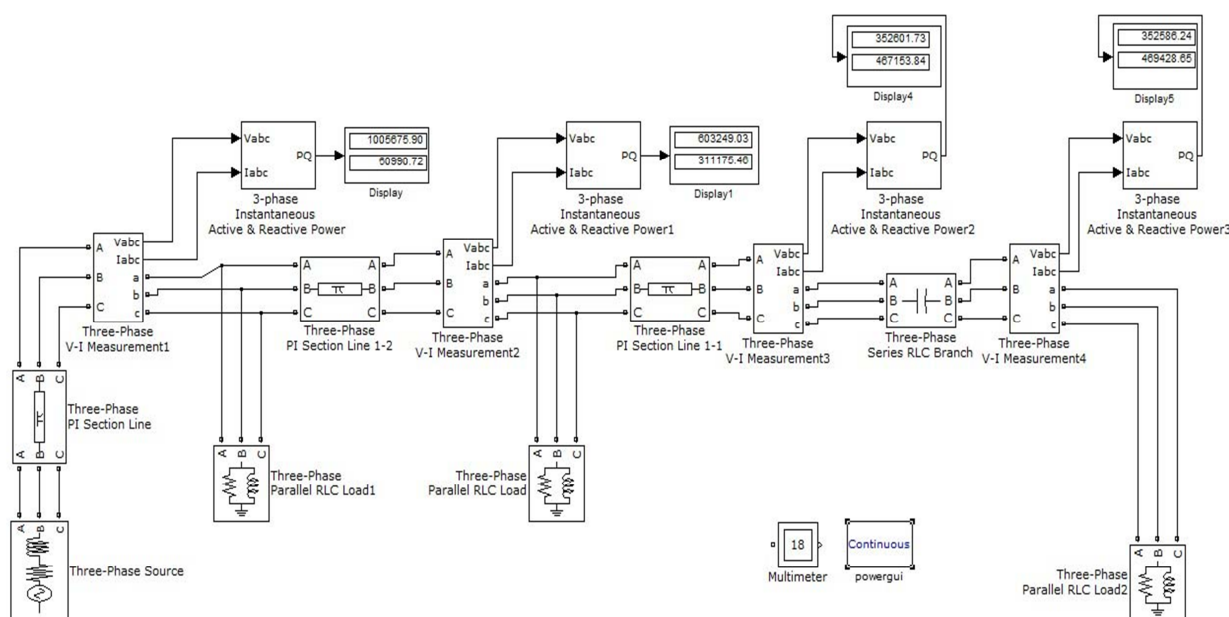


Рисунок 3 – Имитационная модель сети 10 кВ в программе MATLAB приложении Simulink

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ СИСТЕМ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

На рисунке 4 приведены графики зависимости добавки напряжения от относительной мощности конденсаторной установки (отношение мощности конденсаторной установки Q_k к мощности нагрузки $S_{нагр}$) при различных значениях $\cos\varphi$ нагрузки. Зависимости получены в результате проведенных на имитационной модели серии экспериментов.

Зависимости приведенные на рисунке 4 были просчитаны также аналитически, по методике, приведенной в [4]. Для сравнения, на рисунке 5 приведены зависимости добавок напряжения, для значений $\cos\varphi$ нагрузки 0,6 и 0,9, полученные аналитическим путем и в результате эксперимента на имитационной модели.

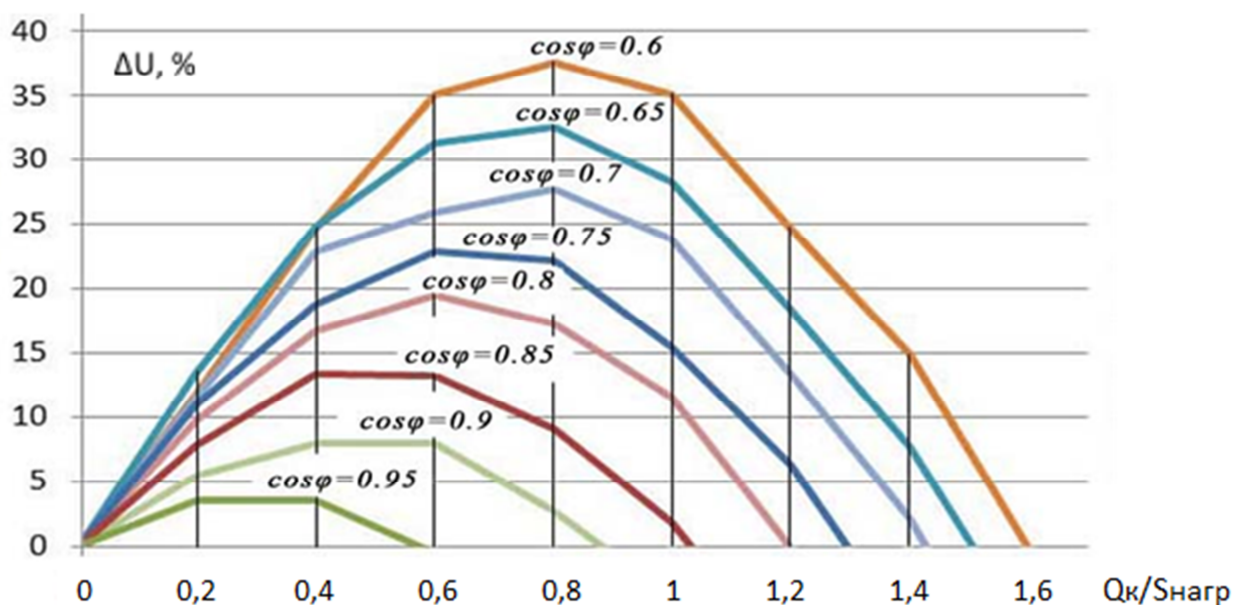


Рисунок 4 – Экспериментальные графики зависимости добавок напряжения от относительной мощности УПК и коэффициента мощности нагрузки

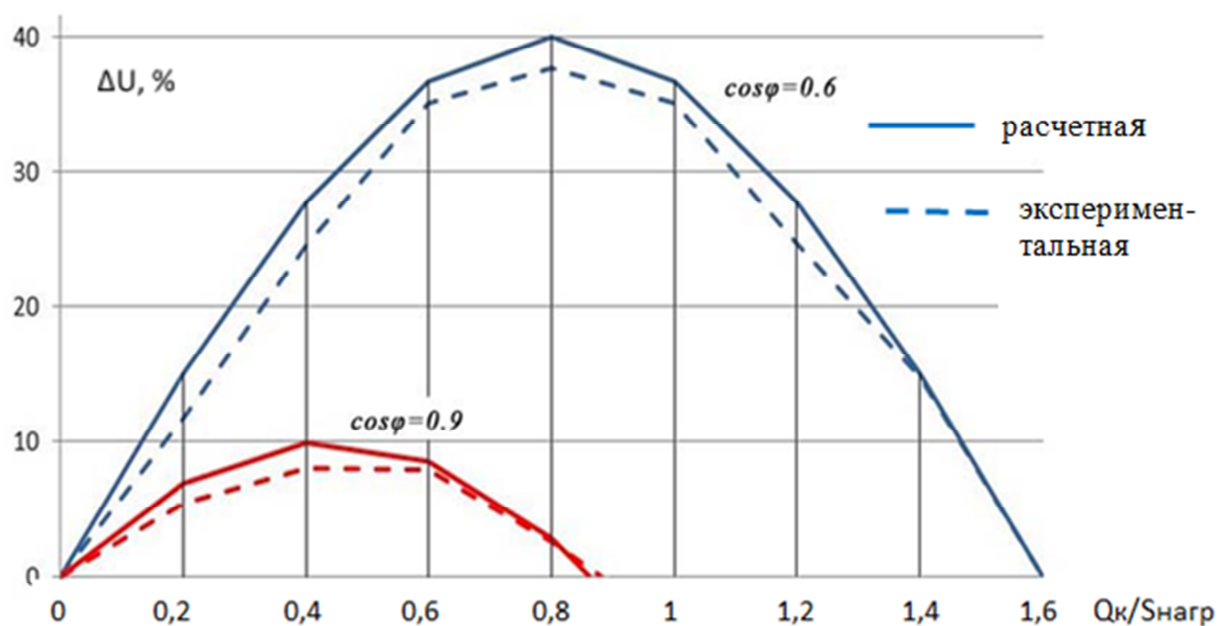


Рисунок 5 – Экспериментальные и расчетные зависимости добавок напряжения от относительной мощности УПК при коэффициенте мощности нагрузки 0,6 и 0,9

Как показали исследования, экспериментальные данные отличаются от расчетных в зависимости от величины $\cos\phi$ на 2-10% (чем больше значение $\cos\phi$, тем меньше погрешность). Это можно объяснить тем, что в отличие от программы MATLAB, при аналитических расчетах не учитываются потери мощности в самих устройствах продольной емкостной компенсации, а также, регулирующий эффект нагрузки.

Оценка влияния УПК на экономичность систем сельского электроснабжения, проведена на примере конкретной сети (фидер 52-01 подстанции Новая Сыда).

В результате анализа было выявлено, что потери напряжения значительно превышают допустимые для данной сети значения (свыше 19%).

Как показали расчеты и моделирование сети, после установки УПК потери напряжения не превышают допустимых значений, потери энергии снизились на 30%.

Для оценки экономической эффективности, вариант с применением УПК был сравнен с вариантом предполагающим замену проводов линии на провода СИП-3. В результате сравнения были определены основные технико-экономические показатели.

Выводы:

Проведенные расчеты и моделирование режимов работы сети показали, что экономия электроэнергии при применении устройств продольной компенсации реактивной мощности в зависимости от конфигурации сети и ее конструктивного исполнения может достигать 30%, а потери напряжения для конкретной сети уменьшились с 19,2% до 7,3%.

Капиталовложения в вариант с применением УПК в 4 раза меньше чем использование проводов СИП-3, эксплуатационные

затраты меньше на 12% и приведенные затраты меньше на 28%.

Применение УПК в линиях резервных связей или в кольцевых сетях в случае отключения одного из головных участков, значительно повышает пропускную способность сети (в зависимости от коэффициента мощности нагрузки и конструктивного исполнения сети) и, как следствие повышает надежность электроснабжения сельских потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов, В.П. MATLAB и Simulink в электроэнергетике. Справочник [Текст]. / В.П. Дьяконов, А.А. Пеньков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 816 с.
2. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink [Текст]. / И.В. Черных. – М.: ДМК Пресс; СПб: Питер, 2008. – 288 с.
3. Костюченко, Л.П. Имитационное моделирование систем сельского электроснабжения в программе MATLAB: учеб. пособие [Текст]. / Л.П. Костюченко. Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск 2012, – 215 с.
4. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 и 110 – 1150 кВ, том VI [Текст] / Е.Ф. Макаров – М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2007. – 640 с.

Бастрон А.В. - заведующий кафедрой «Электроснабжение сельского хозяйства», к.т.н., доцент., ФГБОУ ВПО-«Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-10-62,

E-mail: abastron@yandex.ru;

Костюченко Л.П. – доцент, кафедра «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru.