

1. Буряков, А. Т. Справочник по механизации полеводства/А. Т. Буряков, М. В. Кузьмин. – М.: Колос 2001 – 145с.
2. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года. – М.: РАСХН, Минпромнауки РФ, Минсельхоз РФ, 2003 – 305с.
3. Механизация возделывания картофеля с междурядьями 90 см. – М.: Россельхозтехника, ЦБНТИ, 2008 – 115с.

УСТАНОВКА ПОПЕРЕЧНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ С ФОРСИРОВКОЙ В СЕТЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*А. С. Серебряков, д.т.н., профессор кафедры
«Электрификация и автоматизация», НГИЭИ;*

*Л. А. Герман, д.т.н., профессор кафедры «Элек-
трификация и электроснабжение», Московский государ-
ственный университет путей сообщения;*

*Д. Е. Дулепов, аспирант, преподаватель кафедры
«Электрификация и автоматизация», НГИЭИ*

Аннотация. Авторами предложена схема форсировки КУ для сетей переменного тока, позволяющая выполнять переключения без отключения КУ. Технико-экономический эффект рассматриваемой установки проявляется в том, что при введении форсированного режима повышается напряжение на КУ и, следовательно, в питающей сети, и поэтому повышается качество электроэнергии. Форсированный режим КУ сопровождается более эффективным снижением потерь мощности в питающей сети.

Ключевые слова: установка поперечной емкостной компенсации; форсировка, форсированный режим, снижение потерь мощности.

INSTALLATION OF THE CROSS-SECTION CAPACITOR COMPENSATION WITH INTENSITY IN NETWORKS OF THE ALTERNATING CURRENT

A. S. Serebryakov, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and automation», NGIEI;

L. A. Herman, the doctor of technical sciences, the professor of the chair «Electrification and electrosupply», the Moscow state university of means of communication;

D. E. Dulepov, the post-graduate student, the teacher of the chair «Electrification and automation», NGIEI

Annotation. Authors offer the diagram of intensity of compensator installation for networks of the alternating current, allowing carrying out switchings without switching-off compensator installation.

The technical and economic effect of considered installation is shown that at introduction of the forced mode the pressure on compensator installation raises and, consequently, in a power line and consequently raise quality of the electric power. Forced mode compensator installation is accompanied by more effective decrease in losses of capacity in a power line.

Keywords: installation of the cross-section capacitor compensation; intensity; the forced mode; decrease in losses of capacity;

Установки поперечной емкостной компенсации (КУ) являются мощным средством повышения уровня напряжения в сетях переменного тока при больших нагрузках. Напряжение в питающей сети в месте включения КУ повышается на величину

$$\delta U = I_{ку} X_{вх}, \quad (1)$$

где $I_{ку}$ – ток КУ; $X_{вх}$ – входное сопротивление сети до точки подключения КУ.

Как следует из формулы (1), повышение напряжения зависит от тока КУ, который, в свою очередь, пропорционален напряжению сети. При снижении напряжения в сети и, следовательно, на КУ, генерируемая мощность и ток КУ снижаются. В то же время при малых нагрузках, а следовательно, большом напряжении на КУ за счет возросшего тока КУ повышает напряжение выше допустимого.

Таким образом, наряду с положительным свойством увеличивать напряжение в питающей сети при больших нагрузках, недостатками нерегулируемой КУ являются: недопустимое повышение напряжения при малых нагрузках и уменьшение генерируемого тока и реактивной мощности при большом снижении напряжения в сети и, как следствие, недостаточное увеличение напряжения. Действительно, при снижении напряжения на 10 % ток КУ также снижается на 10 %, а генерируемая реактивная мощность снижается на 20 % и поэтому уменьшается эффект в повышении напряжения. Для повышения эффективности КУ следует при глубоком понижении напряжения увеличивать ток КУ вплоть до номинального. Это можно выполнить, увеличивая емкость КУ, за счет уменьшения числа последовательно соединенных конденсаторов путем переключения КУ. Подобные переключения, имеющие цель повысить генерируемую мощность КУ, называют *форсировкой*

КУ. Когда максимальная нагрузка спадет, форсировку необходимо выключить.

Наиболее простой вариант форсировки – это отключение части конденсаторов (последовательных рядов) с помощью управляемых разъединителей. Возможен и вариант с шунтированием конденсаторов. В этих схемах переключения конденсаторов всегда происходят при отключении КУ от сети, что является недостатком этих схем.

Авторами предложена схема форсировки КУ для сетей переменного тока, позволяющая выполнять переключения без отключения КУ (рис. 1).

Схема содержит следующие элементы: 1, 11 – шины питающей сети, 2 – первый выключатель, 3 – реактор, 4 – конденсаторная батарея, 5 и 6 – секции конденсаторной батареи, 7 – точка соединения секций 5 и 6 конденсаторной батареи, 8 – второй выключатель, 9 – третий выключатель, 10 – демпфирующий резистор.

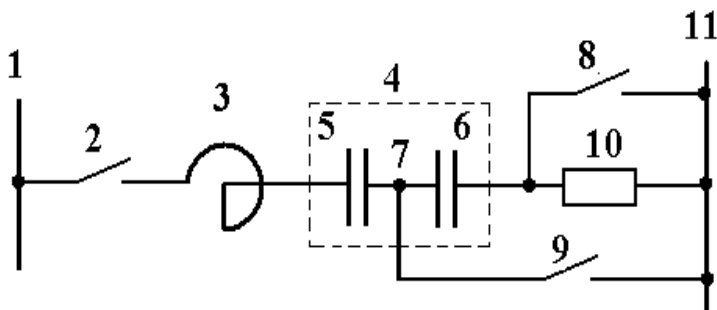


Рис. 1. Форсировка КУ с управляемыми выключателями и с шунтированием части конденсаторов

Схема работает следующим образом.

Исходное состояние: КУ отключена, все выключатели – первый (2), второй (8) и третий (9) отключены.

Включение КУ. Включается первый выключатель 2, подается напряжение на конденсаторную батарею 4 через демпфирующий резистор 10. Затем включается выключатель 8, шунтируя демпфирующий резистор 10. Таким образом, процесс включения КУ происходит при допустимых бросках тока и напряжения и КУ находится в нормальном режиме работы.

При снижении напряжения следуют переключить схему КУ в следующей последовательности:

- отключить второй выключатель 8;
- включить третий выключатель 9.

Таким образом, при снижении напряжения КУ работает в так называемом форсированном режиме с увеличенной емкостью и соответственно уменьшенным емкостным сопротивлением, которое определяется по расчету. Обычно сопротивление уменьшается на 25...30 % так, чтобы ток увеличился до номинального значения. Например, при количестве рядов конденсаторов в КУ в штатном режиме, равном 34, в форсированном режиме исключаются 7 рядов, и остается в работе 27 рядов. Таким образом, емкость в форсированном режиме увеличивается в 1,26 раза. Сопротивление КУ соответственно уменьшается в 1,26 раза и становится равным 0,794 от номинального сопротивления КУ. Поэтому при уменьшении напряжения на 20 % ток КУ практически остается равным номинальному.

Чтобы выйти из форсированного режима, необходимо отключить выключатель 9 (при отключенном выключателе 8) и затем включить выключатель 8.

Отключение КУ происходит в следующей последовательности. Отключается выключатель 8 (при этом выключатель 9 – отключен), тем самым вводится в цепь конденсаторной батареи 4 демпфирующий резистор 10 и затем отключается первый выключатель 2.

Таким образом, видно, что демпфирующий резистор выполняет две функции: демпфирует броски тока и напряжения при включении (отключении) КУ, а также при переключении КУ в форсированный режим и обратно. Указанная последовательность переключения в КУ легко автоматизируется. В принятой последовательности переключения КУ в форсированный режим не будут превышены допустимые броски тока шунтируемой секции конденсаторов.

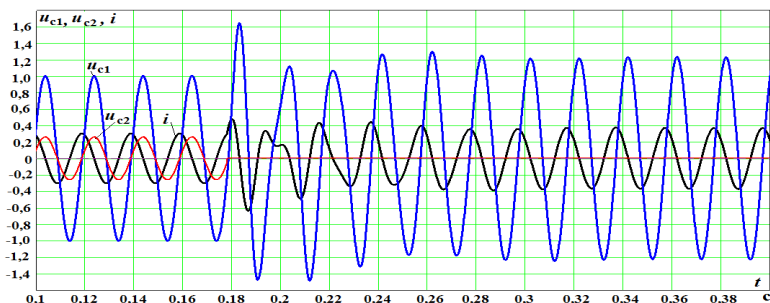
Несомненно, что если выключатель 9 выполнить синхронизированным, то броски тока и напряжения ещё в большей степени уменьшатся при его включении.

В форсированный режим КУ переходит только при снижении напряжения на шинах КУ. Поэтому все конденсаторы будут работать в допустимых режимах по току и напряжению. Как только напряжение на шинах повышается, следует переключение из форсированного в нормальный режим работы КУ.

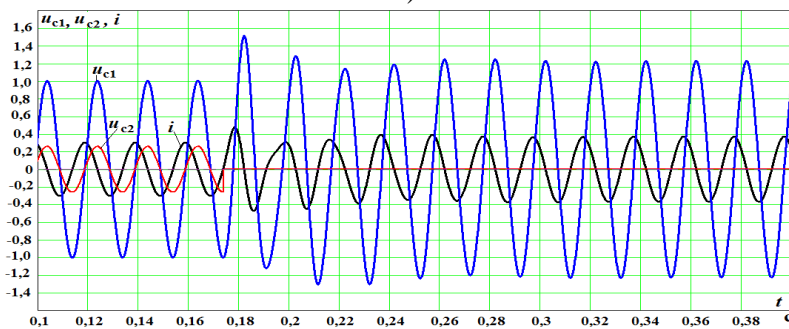
Моделирование форсированного режима. Эти исследования выполнены с целью показать работоспособность схемы в коммутационном режиме. Расчет переходного процесса при включении форсировки КУ производился в интегрированном пакете MATCAD численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка. Для решения системы дифференциальных уравнений, записанных в форме Коши, использована функция **rkfixed**, интегрирующая дифференциальные уравнения с постоянным шагом.

Машинные эксперименты выполнены для режима шунтирования конденсаторов в максимум (рис. 2, а) и в нуль (рис.2, б) тока КУ. Значения напряжения на конденсаторах приведены в относительных единицах. За единицу принято напряжение на первой секции конденсаторной батареи без включения форсировки. Кратности бросков напряжения относительно установившегося режима соответ-

венно равны 1,35 и 1,2. Переходные процессы заканчиваются за 5...10 периодов, так как коммутация происходит при значительном снижении напряжения на КУ, то указанные броски напряжения совершенно безопасны.



а)



б)

Рис. 9. Осциллограммы перехода в форсированный режим: а) – включение выключателя 9 на рис. 1 в максимум тока КУ, б) – включение этого выключателя в нуль тока

Технико-экономический эффект рассматриваемых разработок проявляется в том, что при введении форсированного режима повышается напряжение на КУ и, следовательно, в питающей сети, и поэтому повышается качество электроэнергии. Форсированный режим КУ сопровож-

дается более эффективным снижением потерь мощности в питающей сети.

Список литературы

1. Герман, Л. А. Поперечная емкостная компенсация в тяговой сети железных дорог. Промышленная энергетика. № 10 – 2009, с.30 – 35.
2. Серебряков, А. С., МАТНСАД и решение задач электротехники. Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта./ А. С Серебряков, В. В. Шумейко.// М.: Маршрут, 2005. – 240 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Д. А. Семенов, аспирант, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства», НГИЭИ

Аннотация. Рассмотрены способы повышения надежности силовых трансформаторов. Приведены параметры исследования, на основании которых можно предположить, что объективную характеристику состояния изоляции могут дать измерения возвратного напряжения и напряжения саморазряда.

Ключевые слова: повышение надежности, коэффициент абсорбции, напряжение саморазряда, возвратное напряжение, сопротивление изоляции.