

так и за замыканием фрикционного узла. С их использованием можно легко обеспечить автоматическое управление оборудования с учетом состояния ЭМУ ПМ. Например, в приводах автоматизированных станков сигнал с этих устройств будет обрабатываться электроавтоматикой станка, и система числового программного управления будет или разрешать работу станка, или отключать его.

Список литературы

1. Бочкарев И.В. Быстродействующие электромагнитные механизмы с постоянными магнитами для систем автоматики /И.В.Бочкарев, Ж.Т. Галбаев – Бишкек: Илим, 2008. – 275 с.
2. Бочкарев И.В. Быстродействующие электромеханические тормозные устройства для электродвигателей /И.В. Бочкарев – Москва: Энергоатомиздат, 2001. – 288 с.
3. А.с.325597 СССР. Устройство для испытания электромагнитных механизмов / В.П. Адамонис, С.И. Гирдзияускас, И.И. Скучас //Открытия. Изобретения. – 1972. № 3.

УДК 621.314.212

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ ПОМОЩИ РЕАКТОРНОЙ КАТУШКИ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ИНДУКТИВНОСТЬЮ

Гунина Милана Геннадьевна, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, 720044, г.Бишкек, пр.Мира,66, e-mail: elmech@mail.ru; mg_gunina@mail.ru

Цель статьи – обосновать целесообразность применения компенсирующего устройства реактивной мощности в современных энергосистемах. Привести описание управляемого реактора, в котором изменение индуктивности осуществляется с помощью перемещения сердечника магнитопровода.

Ключевые слова: трансформатор, реактивная мощность, переменный ток, управляемый реактор.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER TRANSFORMERS WITH REACTOR COIL WITH THE VARIABLE INDUCTANCE

Gunina Milana Gennadievna, Ph.D., assistant professor, KSTU I.Razzakova, 720044, Bishkek, Pr.Mira , 66, e-mail: elmech@mail.ru; mg_gunina@mail.ru

The purpose of the article - expediency of reactive power compensating device in modern power systems. A description of controlled reactor, in which the inductance change is carried out by moving the magnetic core.

Keywords: transformer, reactive power, alternating current, controlled reactor.

Рассмотрим диаграмму преобразования реактивной мощности в трансформаторе (рис.1), идущей на создание магнитных полей [1].

Трансформатор потребляет из сети реактивную мощность

$$Q_1 = 3U_1I_1\sin\varphi_1 \quad (1)$$

В нагрузку передается реактивная мощность

$$Q_2 = 3U_2I_2\sin\varphi_2 \quad (2)$$

Для создания магнитного потока рассеяния первичной обмотки требуется реактивная мощность

$$q_1 = 3I_1^2x_1 \quad (3)$$

А для создания магнитного потока рассеяния вторичной обмотки –

$$q_2 = 3I_2^2 x_2 \quad (4)$$

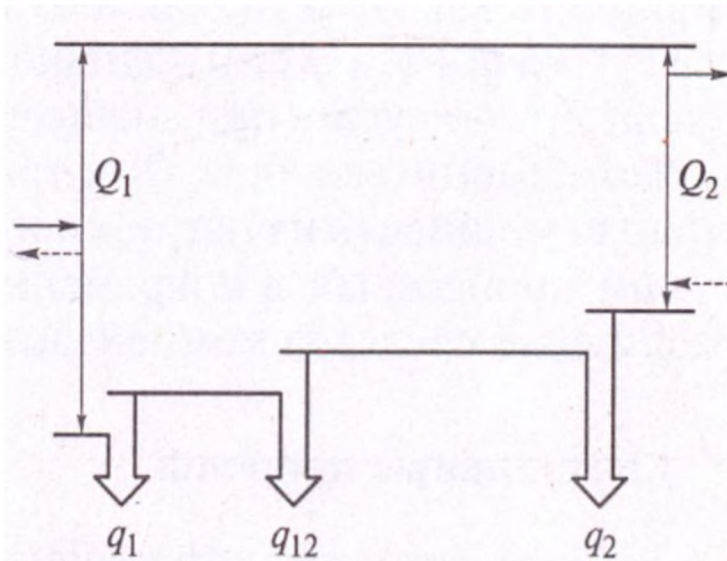


Рис. 1. Диаграмма преобразования реактивной мощности в трансформаторе

Наибольшая намагничивающая реактивная мощность в трансформаторе идет на создание в его сердечнике рабочего потока взаимоиנדукции.

$$q = 3E_1 I_{1p} = 3I_{1p}^2 x_{12} = 3I_{10}^2 x_0 \quad (5)$$

Уравнение баланса реактивной мощности в трансформаторе имеет вид

$$Q_1 = Q_2 + q_1 + q_2 + q_{12} \quad (6)$$

Чаще всего трансформаторы потребляют из сети реактивную мощность и, израсходовав часть ее на создание собственных магнитных полей, оставшуюся передают далее, тем более, что в промышленных сетях преобладают потребители с активно-индуктивным сопротивлением. Но возможны и другие ситуации:

при сильно выраженной емкостной нагрузке, например, в автономной системе электроснабжения, ток I_2 может опережать по фазе напряжение U_2 , т.е. φ_2 и Q_2 будут отрицательными ($\varphi_2 < 0$ и $Q_2 < 0$);

в ночное время длинные линии электропередачи оказываются недогруженными и емкостные токи утечки между фазами и между фазами и землей оказываются преобладающими. Эти токи протекают по обмоткам трансформаторов;

в высокочастотных трансформаторах, а также при волновых переходных процессах в промышленных сетях входное сопротивление трансформатора может иметь существенную емкостную составляющую вследствие наличия межвитковых и прочих емкостей.

В этих случаях $Q_2 < 0$ и трансформатор потребляет реактивную мощность как из сети, так и от нагрузки. В выражении (6) сумма $q_1 + q_2 + q_{12}$ всегда положительна. Однако если отрицательная Q_2 превысит по модулю эту сумму, то в выражении (6) может измениться знак Q_1 и трансформатор будет забирать реактивную мощность из нагрузки и отдавать ее в сеть. Для управления этими процессами в современных энергосистемах используются различные средства компенсации реактивной мощности. Мероприятия по компенсации реактивной мощности позволяют:

уменьшить нагрузку на трансформаторы, увеличить срок их службы;

уменьшить нагрузку на провода и кабели, что позволит использовать провода меньшего сечения;

улучшить качество электроэнергии у электроприемников (за счет уменьшения искажения формы напряжения);

уменьшить нагрузку на коммутационную аппаратуру за счет снижения токов в цепях; снизить расходы на электроэнергию.

Основными источниками реактивной мощности являются:

1. Конденсаторы, которые используются если реактивная мощность носит индуктивный характер;

2. Катушки индуктивности (реакторы), которые используются если реактивная мощность носит ёмкостной характер (для компенсации на ЛЭП).

Одним из направлений повышения энергетической эффективности устройств компенсации реактивной мощности является создание устройств, которые реагируют на изменение нагрузки. Такие устройства можно реализовать на основе управляемых реакторов. Индуктивность реактора можно менять различными способами [2]:

переключением ступеней обмотки реактора с помощью механических контакторов;

насыщением магнитопровода путем намагничивания;

переключением тиристорной группы в силовой цепи реактора или в цепи управляющей обмотки;

механическим изменением немагнитного зазора в магнитопроводе с помощью электропривода.

Переключение ступеней обмотки реактора с помощью механических контакторов не обеспечивает эффективной компенсации реактивных токов в условиях резкопеременной нагрузки.

Насыщение магнитопровода путем намагничивания позволяет плавно изменять индуктивность катушки. Основные проблемы возникают при достижении насыщения сердечника. В режиме насыщения переменное магнитное поле катушки перестает носить синусоидальный характер. Таким образом, в сеть генерируются высшие гармоники, которые требуют фильтрации.

Частыми переключениями тиристоров в силовой цепи реактора либо в цепи компенсационной обмотки также достигается плавное и точное регулирование тока индуктивного характера. Но такое регулирование приводит

к генерации высших гармоник в сети, что влечет за собой необходимость использования фильтров высших гармоник. Такие меры повышают стоимость установки, увеличивают её потери.

Вместе с тем механическое регулирование индуктивного сопротивления реактора способно обеспечить плавное изменение генерируемой реактивной мощности в широком диапазоне без генерации высших гармоник.

Один из вариантов механического изменения индуктивности использует компания TRENCH [3]. Конструкция предполагает изменение магнитного зазора сердечника с помощью перемещения подвижных сердечников. Вращение стержню передает червячная передача, а перемещение сердечников обеспечивает винтовая передача. Такая конструкция отличается большими потерями на трение и невысокой надежностью.

В качестве альтернативы, возможно использовать бронестержневой реактор компактных размеров [4]. Перемещение стержня вдоль оси катушки приводит к изменению ширины немагнитного зазора в сердечнике, что влияет на индуктивность катушки. Сердечник может перемещаться с помощью электрического, гидравлического или пневматического привода.

Компенсирующее устройство предполагается подключать на подстанциях переменного тока между питающим и отсасывающим фидерами (рис. 2). Устройство следует подключать через быстродействующий выключатель для отключения в аварийных режимах.

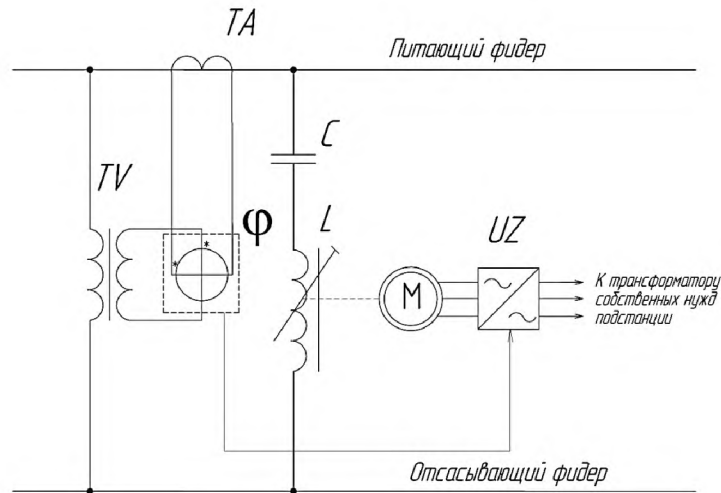


Рис. 2. Схема подключения компенсирующего устройства

Сердечник реактора L жестко прикреплен к электроприводу M . Электропривод передает сердечнику поступательное движение, изменяя магнитный зазор в стержне реактора. Электродвигатель управляется с помощью частотного преобразователя UZ . Преобразователь оснащен микропроцессором с возможностью регулирования в зависимости от угла между током и напряжением, значение которого передается от цифрового фазометра ϕ .

Фазометр получает информацию от трансформатора тока TA , установленного на питающем фидере, и трансформатора напряжения TV , измеряющего напряжение между питающим и обратным проводом. В электропривод встроены датчик положения, который передает информацию в частотный электропривод. Датчик позволяет избежать механического взаимодействия подвижной части магнитопровода с неподвижной в крайних положениях.

Расчет реактора может быть осуществлен следующим образом [5].

Для расчета конструкции и массогабаритных показателей реактора необходимо определить максимальную реактивную мощность, которую должно генерировать устройство компенсации. Для определения значения реактивной мощности можно взять значения со счетчиков реактивной энергии, установленных на питающих фидерах контактной сети. Таким образом можно определить максимальное получасовое значение реактивной энергии W_p . Тогда средняя получасовая реактивная мощность составляет

$$Q_{\text{ср}} = W_p / 0,5 \quad (7)$$

Максимальная средняя получасовая реактивная мощность, требующая компенсации, составляет

$$Q_{\text{срmax}} = Q_{\text{ср}} + Q_{\text{ку}}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{ку}}$ - мощность статических конденсаторных установок для компенсации мощности.

Для определения массогабаритных показателей устройства принимается максимальная мощность компенсации реактивной мощности Q_y .

Известно, что номинальное напряжение устройства компенсации реактивной мощности составляет

$$U_n = 1,125 \cdot U_{\text{кc}}, \quad (9)$$

где $U_{\text{кc}}$ - напряжение контактной сети.

Номинальный ток I_n устройства

$$I_n = Q_y / U_n \quad (10)$$

Емкость конденсаторной батареи можно вычислить по формуле

$$C_{\text{ку}} = \frac{Q_y}{U_n^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}, \quad (12)$$

где f - частота питающей сети.

Максимальная индуктивность реактора компенсирующей установки $L_{кy}$ должна полностью компенсировать реактивность установленной конденсаторной батареи на частоте питающей сети

$$\omega \cdot L_{кy} = \frac{1}{\omega \cdot C_{кy}}, \quad (13)$$

где ω - угловая частота питающей сети, $\omega=2 \cdot \pi \cdot f$.

По технологическим соображениям в качестве привода для перемещения сердечника целесообразно выбрать электропривод.

Электропривод должен иметь высокую надежность, обеспечивать хорошее быстродействие и точность позиционирования. Кроме этого, он должен иметь минимальные потери и минимальные затраты на обслуживание.

С учетом вышеизложенного, электропривод может быть выполнен на базе двигателя переменного тока с постоянными магнитами [6]. Такая конструкция двигателя имеет длительную наработку на отказ и широкий модельный ряд. Электропривод используется для поступательного горизонтального движения сердечника. Вертикальное движение потребует большего момента двигателя и, как следствие, больших затрат энергии.

Следует отметить, что инерционность механической части регулятора может быть использована для повышения устойчивости регулятора при резких колебаниях нагрузки.

Таким образом, описанное устройство компенсации на основе механического регулятора может рассматриваться как способ эффективной компенсации реактивной мощности в трансформаторах.

Список литературы

1. Беспалов В.Я., Н.Ф. Котеленец. Электрические машины. - М.: Академия, 2006.- 314 с.
2. Соколов С. Е. Управляемые реакторы. Обзор технологий / С. Е. Соколов, А. Г. Долгополов // Новости электротехники, 2012, № 3, С.18–22.
3. Регулируемые шунтирующие реакторы для компенсации реактивной мощности. // Trench Austria GmbH, 2009. - 8 с.
4. Мастрюков Л. А. Новый высокоэкономичный шунтирующий реактор РОМБС-110000/750/110 для ЛЭП 750 кВ с компенсированной нейтралью / Л. А. Мастрюков // Электро, 2005, № 6, С.21–27.
5. Марикин А. Н., Мирощенко А. В., Кузьмин С. В. Устройство поперечной компенсации реактивной мощности с изменяющейся индуктивностью /Современные технологии – транспорту, 2015, №3, С. 77-84.
6. Бочкарев И.В., Галбаев Ж.Т. Электромагнитные механизмы с постоянными магнитами и схемы их управления для систем автоматики. – Б.: Изд-во «Илим», 2008. – 274 с.

УДК 627.111:621.311.212-022.53

РАСЧЕТ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МОЩНОСТЕЙ ВОДОТОКОВ ДЛЯ ВЫБОРА НАИЛУЧШИХ ТИПОВ МИКРОГЭС

Жабудаев Турукмен Жусунбекович к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: turukmen@mail.ru

Аннотация. Показан пример выбора рационального типа микроГЭС с требуемой мощностью для потребителя с учетом необходимости изучения и установления особенностей изменения гидрологических параметров малых горных водотоков в зависимости от: уклона, водности, характера русла и т.д.