

УСТРОЙСТВО КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Изобретение относится к области электротехники и предназначено для использования в промышленных электрических сетях предприятий для компенсации реактивной мощности нагрузки и снижения мощности, потребляемой из сети. Предпочтительной областью использования изобретения являются электрические сети с повышенной (400 Гц и более) частотой рабочего напряжения. Сущность изобретения заключается в том, что в электрической цепи, содержащей источник питания с индуктивно связанными первичной и вторичной обмотками, подключенные ко вторичной обмотке первую конденсаторную батарею и индуктивную нагрузку, величина емкости первой конденсаторной батареи выбрана из условия резонанса на частоте напряжения источника питания первого колебательного контура, образованного первой конденсаторной батареей и индуктивной нагрузкой, а к первичной обмотке источника питания параллельно подключена вторая конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного первичной обмоткой источника питания и второй конденсаторной батареей второго колебательного контура на частоте напряжения источника питания. Величина напряжения источника питания выбрана меньшей номинального напряжения в число раз, равное произведению величин добротности образованных колебательных контуров. Индуктивная нагрузка может содержать индуктивно связанные первичную и вторичную обмотки, при этом ко вторичной обмотке индуктивной нагрузки параллельно или последовательно подключена третья конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного вторичной обмоткой нагрузки и третьей конденсаторной батареей третьего колебательного контура на частоте напряжения источника питания. Достигаемый результат заключается в снижении потребляемой из сети мощности при обеспечении полной компенсации реактивной мощности, а также в улучшении энергетических показателей цепи. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к области электротехники и предназначено для использования в электрических сетях предприятий для компенсации реактивной мощности нагрузки и снижения мощности, потребляемой из сети. Предпочтительной областью использования изобретения являются электрические сети с повышенной (400 Гц и более) частотой рабочего напряжения.

Известно устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи (см. авт. св. СССР N 855851, кл. Н 02 J 3/18, 1981), содержащее источник питания, индуктивную нагрузку, конденсаторную батарею и схему управления и коммутации в виде датчика напряжения, датчика реактивного тока нагрузки, исполнительного элемента и блока деления, при этом вход делимого блока деления подключен к выходу датчика реактивного тока нагрузки, вход делителя - к выходу датчика напряжения, а выход соединен с исполнительным элементом. Устройство обеспечивает изменение емкости конденсаторной батареи согласно заданной закономерности до получения величины коэффициента мощности нагрузки ($\cos\Phi$), равного 1.

Недостатком данного устройства является то, что оно не позволяет снизить потребляемую мощность сверх того, что обеспечивается полной компенсацией реактивной мощности, а также необходимость коммутации конденсаторной батареи, что усложняет схему и ухудшает энергетические показатели цепи.

Известно также устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи (см. авт. св. СССР N 1053217, кл. Н 02 J 3/18, 1983), содержащее источник питания, индуктивную нагрузку, конденсаторную батарею, схему управления и коммутации, при этом величина емкости конденсаторной батареи выбрана из условия резонанса на частоте напряжения источника питания колебательного контура, образованного конденсаторной

батареи и индуктивной нагрузкой. Устройство устраняет избыток энергии в цепи путем коммутации конденсаторной батареи согласно заданному закону, а также путем ограничения уровня напряжения.

Недостатком известного устройства является лишь частичное использование свойств колебательного контура, что не позволяет снизить потребляемую из сети мощность сверх того, что обеспечивается при полной компенсации реактивной мощности. Необходимость коммутации цепи усложняет электрическую схему и снижает энергетические показатели цепи.

Изобретение направлено на решение задачи снижения потребляемой из сети мощности при одновременной полной компенсации реактивной мощности, а также на улучшение энергетических показателей цепи.

Поставленная задача решается тем, что в устройстве компенсации реактивной мощности в электрической цепи, содержащем источник питания с индуктивно связанными первичной и вторичной обмотками и подключенные ко вторичной обмотке первую конденсаторную батарею и индуктивную нагрузку, при этом величина емкости первой конденсаторной батареи выбрана из условия резонанса на частоте напряжения источника питания первого колебательного контура, образованного первой конденсаторной батареей и индуктивной нагрузкой, к первичной обмотке источника питания параллельно подключена вторая конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного первичной обмоткой источника питания и второй конденсаторной батареей второго колебательного контура на частоте напряжения источника питания, при этом величины напряжения источника питания выбрана меньшей номинального напряжения в число раз, равное произведению величин добротности колебательных контуров.

Поставленная задача решается также тем, что индуктивная нагрузка содержит индуктивно связанные первичную и вторичную обмотки, при этом ко вторичной обмотке индуктивной нагрузки параллельно или последовательно подключена третья конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного вторичной обмоткой нагрузки и третьей конденсаторной батареей третьего колебательного контура на частоте напряжения источника питания.

Использование первого и второго резонансных колебательных контуров в качестве накопителей энергии обусловлено тем, что при резонансе контур имеет чисто активное сопротивление и в нем возникают колебания энергии, превышающие энергию, потребляемую от источника питания, поскольку при этом энергия источника расходуется только на компенсацию потерь в контуре. Сохранение резонансных свойств нагруженного контура зависит от добротности контура Q , представляющей отношение индуктивного X_L или емкостного X_C сопротивления к активному сопротивлению R , то есть $Q=X_L/R$ или X_C/R . При $Q > 1$ контур является накопителем энергии. Так как величина Q зависит от величины нагрузки, то сохранение условия $Q > 1$ является критерием выбора оптимальной нагрузки.

При резонансе напряжений напряжение на элементах контура превышает напряжение источника питания в Q раз, то есть напряжение U_L на индуктивной нагрузке равно напряжению U_C на конденсаторной батарее и равно увеличенному в Q раз напряжению источника питания $U_{инп}$. При резонансе токов ток I_k в контуре превышает ток $I_{инп}$,

потребляемый от источника питания, в Q раз, то есть $I_k = Q \cdot I_{инп}$. Поэтому избыток энергии в цепи устраняют путем снижения величины напряжения источника питания в число раз, равное произведению величин добротности образованных колебательных контуров, в которых при этом сохраняется резонансный режим и восстанавливаются номинальные значения напряжения и тока, а потребляемая из сети мощность снижается в аналогичное число раз.

Использование индуктивно связанных обмоток в нагрузке характерно для широкого класса электротехнических устройств, таких как трансформаторы, электрические машины и т.п. Образование третьего колебательного контура из вторичной обмотки нагрузки и третьей

конденсаторной батареи, величину емкости которой выбирают из условия резонанса этого дополнительного колебательного контура, позволяет преобразовать индуктивное сопротивление вторичной обмотки нагрузки в чисто активное сопротивление с получением еще одного накопителя энергии в цепи. Это дополнительно снижает потребляемую из сети мощность и улучшает энергетические показатели цепи.

Предлагаемое устройство может быть пояснено следующими примерами его конкретного выполнения.

На фиг. 1 изображено устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи с двумя колебательными контурами.

На фиг. 2 изображено устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи с тремя колебательными контурами при параллельном подключении конденсаторной батареи в третьем контуре.

На фиг. 3 изображено устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи с тремя колебательными контурами при последовательном подключении конденсаторной батареи в третьем контуре.

Устройство компенсации реактивной мощности (см. фиг. 1), включает источник питания 1 с первичной 2 и вторичной 3 обмотками, первую конденсаторную батарею 4 и индуктивную нагрузку 5, подключенные ко вторичной обмотке 3 источника питания 1 и образующие первый колебательный контур 6. К первичной обмотке 2 источника питания 1 параллельно подключена вторая конденсаторная батарея 7, образующая с ней второй колебательный контур 8.

Индуктивная нагрузка 5 может содержать индуктивно связанные первичную 9 и вторичную 10 обмотки с параллельно (см. фиг. 2) или последовательно (см. фиг. 3) подключенной ко вторичной обмотке 10 конденсаторной батареей 11, образуя третий колебательный контур 12.

Работа устройства компенсации реактивной мощности заключается в следующем. В электрической цепи (см. фиг. 1) величину емкости первой конденсаторной батареи 4 выбирают из условий равенства ее емкостного сопротивления X_{C1} индуктивному сопротивлению X_{L1} , которое включает индуктивное сопротивление нагрузки 5 и индуктивное сопротивление вторичной обмотки 3 источника питания 1. При выполнении условия $X_{C1} = X_{L1}$ в первом колебательном контуре 6 на частоте F напряжения источника питания 1 будет иметь место резонанс напряжений. При этом напряжение U_L на индуктивной нагрузке 5 будет связано с исходным напряжением $U_{ин}$ источника питания 1 через добротность Q_1 контура 6, то есть $U_L = Q_1 \cdot U_{ин}$.

Величину емкости второй конденсаторной батареи 7 выбирают из условия равенства ее емкостного сопротивления X_{C2} индуктивному сопротивлению X_{L2} первичной обмотки 2 источника питания 1 с учетом пересчитанного сопротивления вторичной обмотки 3. При выполнении равенства $X_{C2} = X_{L2}$ во втором колебательном контуре 8 будет иметь место резонанс токов на частоте F напряжения источника питания 1. Контур 8 будет представлять для питающей сети чисто активное сопротивление, а ток I_K в контуре 8 будет связан с током I_C , потребляемым из сети, через добротность Q_2 контура 8 зависимостью $I_K = Q_2 \cdot I_C$.

Для устранения избытка энергии, образовавшейся в цепи в результате резонанса напряжения и тока в колебательных контурах 6 и 8, снижают исходное напряжение источника питания 1 в число раз, равное произведению величин добротности Q_1 и Q_2 этих контуров. При этом мощность, потребляемая из сети электрической цепью, уменьшится соответственно в $Q_1 \cdot Q_2$ раз.

Аналогично, при резонансе третьего колебательного контура 12 (см. фиг. 2 и 3) сопротивление вторичной обмотки 10 нагрузки 5 становится чисто активным и образуется третий накопитель энергии. Поэтому величину емкости третьей конденсаторной батареи 11 выбирают из условия равенства ее емкостного сопротивления X_{C3} индуктивному

сопротивлению X_{L3} вторичной обмотки 10 нагрузки 5. При выполнении условия $X_{C3} = X_{L3}$ в третьем колебательном контуре 12 имеет место резонанс токов (фиг. 2) или резонанс напряжений (фиг. 3) и сопротивление вторичной обмотки 10 будет представлять чисто активное сопротивление. При этом образуется третий накопитель энергии, что позволяет дополнительно снизить потребляемую мощность, понизив напряжение источника питания, и улучшить энергетические показатели цепи.

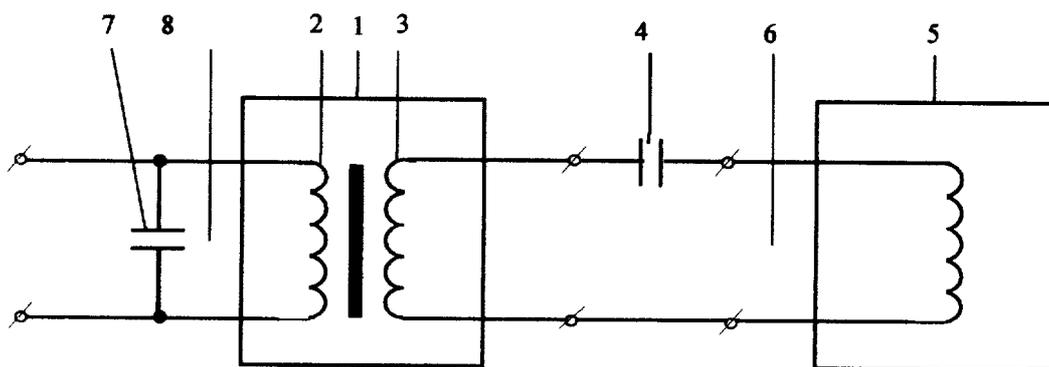
Таким образом, предлагаемое устройство компенсации реактивной мощности с использованием резонансных колебательных контуров в качестве накопителей энергии позволяет помимо полной компенсации реактивной мощности снизить потребляемую из сети мощность в число раз, равное произведению величин добротностей образованных колебательных контуров. Устройство несложно в исполнении, что способствует улучшению энергетических показателей системы энергоснабжения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

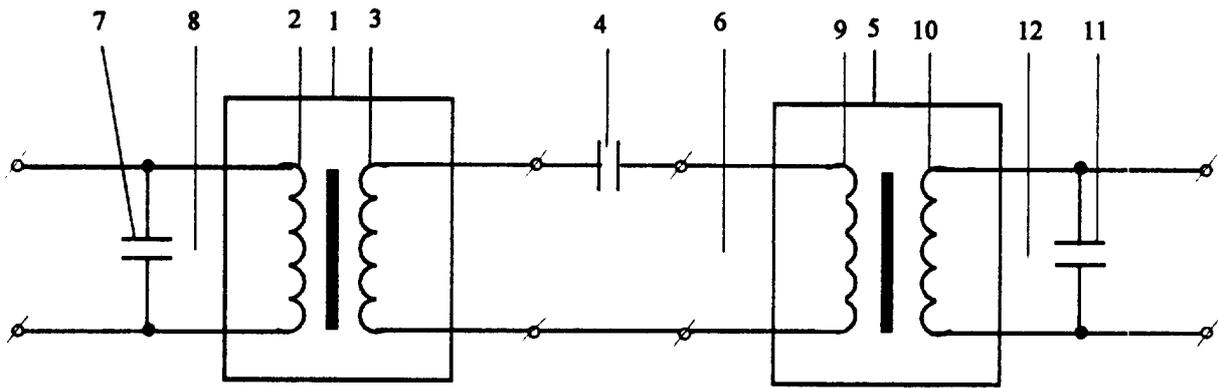
1. Устройство компенсации реактивной мощности в электрической цепи, содержащее источник питания с индуктивно связанными первичной и вторичной обмотками и подключенные ко вторичной обмотке первую конденсаторную батарею и индуктивную нагрузку, при этом величина емкости первой конденсаторной батареи выбрана из условия резонанса на частоте напряжения источника питания первого колебательного контура, образованного первой конденсаторной батареей и индуктивной нагрузкой, отличающееся тем, что к первичной обмотке источника питания параллельно подключена вторая конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного первичной обмоткой источника питания и второй конденсаторной батареей второго колебательного контура на частоте напряжения источника питания, при этом величина напряжения источника питания выбрана меньшей номинального напряжения в число раз, равное произведению величин добротности колебательных контуров.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что индуктивная нагрузка содержит индуктивно связанные первичную и вторичную обмотки, при этом ко вторичной обмотке индуктивной нагрузки параллельно или последовательно подключена третья конденсаторная батарея, величина емкости которой выбрана из условия резонанса образованного вторичной обмоткой нагрузки и третьей конденсаторной батареей третьего колебательного контура на частоте напряжения источника питания.

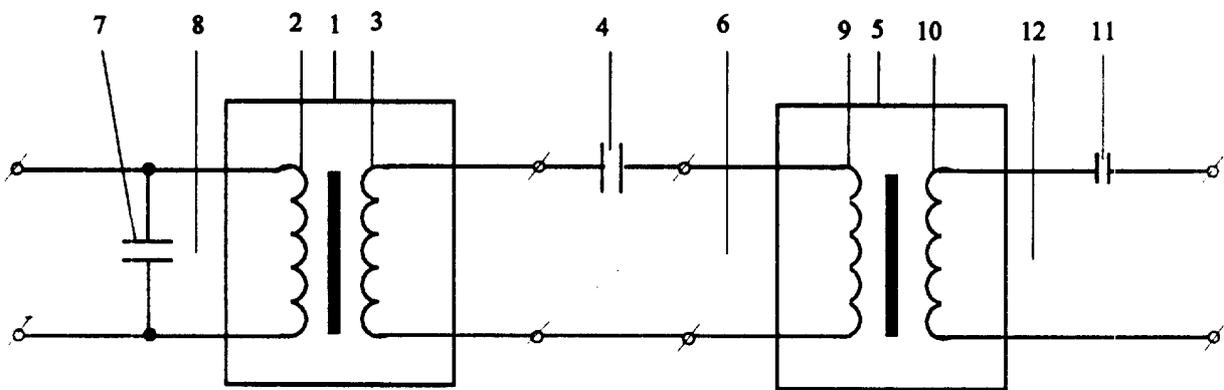
РИСУНКИ



Фиг.1.



Фиг.2.



Фиг.3.