

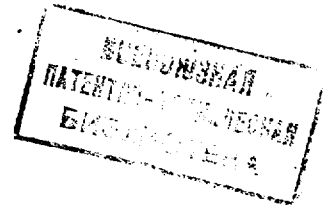


СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1815759 A1

(51)5 H 02 M 1/12

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

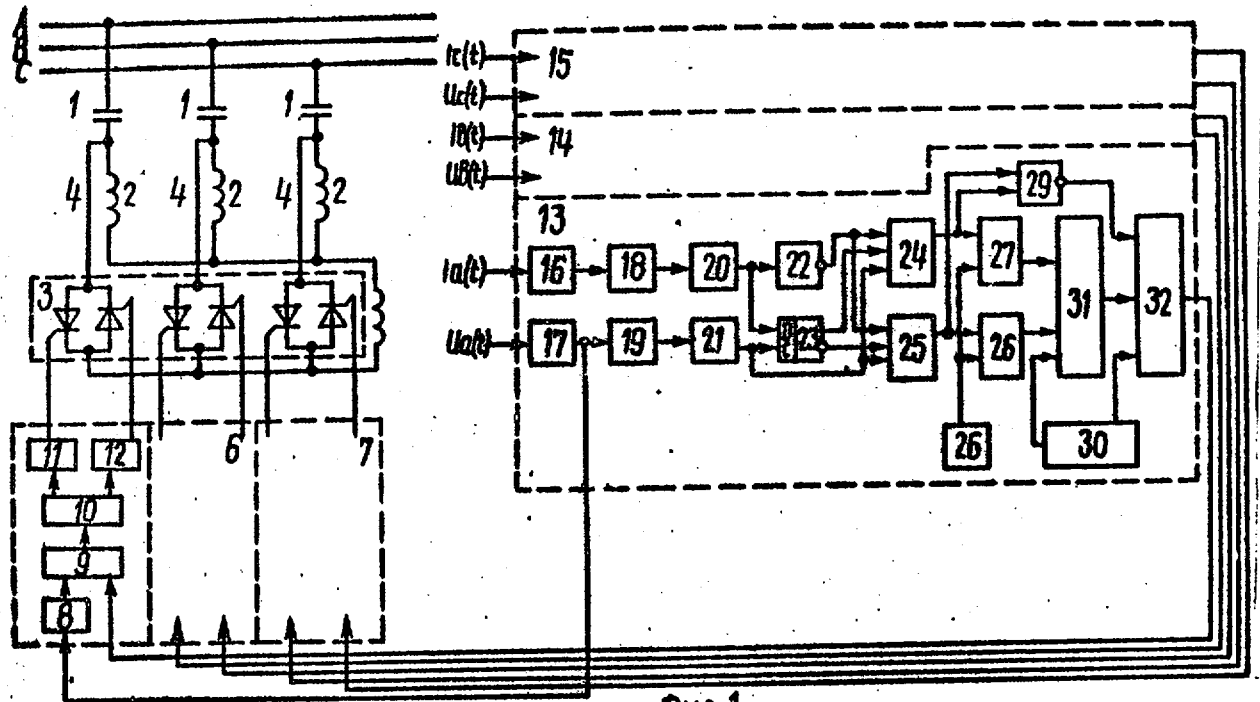
1

(21) 4945075/07
(22) 13.06.91
(46) 15.05.93. Бюл. № 18
(71) Гомельский политехнический институт
(72) В.В.Прокопчик, В.А.Белоусов и О.Г.Широков
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 817970, кл. H 02 M 1/08, 1981.
Авторское свидетельство СССР
№ 782076, кл. H 02 M 1/12, 1980.

2

(54) РЕЗОНАНСНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
ФИЛЬТР С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОД-
СТРОЙКОЙ

(57) Устройство содержит 3 блока управления вентилями (5, 6, 7) и 3 блока контроля сдвига фаз (13, 14, 15). Каждый блок управления вентилями изменяет угол включения соответствующих управляемых вентилялей, коммутирующих дополнительную индуктивность. Каждый блок контроля сдвига фаз измеряет угол сдвига фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники и вырабатывает управляющий сигнал. 2 ил.



(19) SU (11) 1815759 A1

Fig. 1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для фильтрации гармоник в энергосистемах и системах электроснабжения предприятий, содержащих электроприемники с нелинейными вольт-амперными характеристиками и (или) помехочувствительные электроприемники.

Цель изобретения – повышение эффективности фильтрации гармоник с помощью автоматической подстройки фильтра в резонанс на частоте фильтруемой гармоники при возможных отклонениях частоты электрической сети и параметров элементов фильтра в процессе их эксплуатации путем контроля точности резонансной настройки фильтра и соответствующей коррекции углов зажигания управляемых вентилях, изменяющих величину индуктивности дополнительного индуктивного элемента до достижения полного резонанса на частоте фильтруемой гармоники. Контроль точности настройки фильтра в резонанс на частоте фильтруемой гармоники предлагается осуществлять по критерию равенства нулю угла сдвига фаз между током и напряжением каждой цепочки из последовательно включенных конденсаторного элемента и индуктивного элемента на частоте фильтруемой гармоники в момент полного резонанса.

На фиг. 1 приведена структурная схема резонансного электрического фильтра с автоматической подстройкой; на фиг. 2 – диаграммы работы элементов блока контроля сдвига фаз.

Резонансный электрический фильтр с автоматической подстройкой содержит три фазные цепочки из последовательно включенных конденсаторного элемента 1 и индуктивного элемента 2, собранных в общую точку со стороны индуктивных элементов, блок трех пар встречно-параллельно включенных управляемых вентилях 3, дополнительный индуктивный элемент 4, три блока управления вентилями 5, 6, 7, три блока контроля сдвига фаз 13, 14, 15.

Каждый из блоков управления вентилями состоит из нуля-органа 8, фазосдвигающего узла 9, распределителя импульсов 10, двух усилителей формирователей 11, 12. Каждый из блоков контроля сдвига фаз состоит из измерительного преобразователя тока 16, измерительного преобразователя напряжения 17, двух фильтров 18, 19, двух компараторов 20, 21, инвертора 22, триггера 23, логических элементов 3И 24, 25; 2И 27, 28; 2ИЛИ-НЕ 29, генератора прямоугольных импульсов 26, блока предварительной установки счетчика 30, реверсив-

ного счетчика 31, цифроаналогового преобразователя 32.

Нуль-орган 8 блока управления вентилями (5, 6, 7) вырабатывает импульсы в момент перехода напряжения, подаваемого на его вход, являющийся первым входом блока управления вентилями, с первого выхода соответствующего блока контроля сдвига фаз, через нулевое значение.

Фазосдвигающий узел 9 изменяет угол задержки импульсов, подаваемых с выхода нуля-органа 8 на его первый вход в зависимости от управляющего напряжения, подаваемого на второй вход фазосдвигающего узла с второго выхода соответствующего блока контроля сдвига фаз.

Распределитель импульсов 10 делит частоту входного сигнала, поступающего с выхода фазосдвигающего узла 9, на два и распределяет по двум выходам последовательности импульсов, сдвинутых между собой по фазе на фиксированный угол 180 электр.град.

Усилители-формирователи 11, 12 усиливают импульсы, получаемые с соответствующих выходов распределителя импульсов 10, и подают через свои выходы, являющиеся выходами блока управления вентилями, на управляющие электроды соответствующих вентилях.

Измерительный преобразователь тока 16, подключенный входом, являющимся первым входом блока контроля сдвига фаз, в токовую цепь соответствующей цепочки последовательно включенных емкостного элемента 1 и индуктивного элемента 2, преобразует ток ветви фильтра в выходной сигнал напряжения необходимого уровня, совпадающего по фазе и эквивалентного по форме этому току.

Измерительный преобразователь напряжения 17, подключенный входом, являющимся вторым входом блока контроля сдвига фаз, на фазное напряжение соответствующей цепочки последовательно включенных емкостного элемента 1 и индуктивного элемента 2, производит эквивалентное по форме, пропорциональное и согласованное по фазе преобразование соответствующего фазного напряжения до необходимого уровня.

Сигнал напряжения с выхода измерительного преобразователя тока подается на вход фильтра 18, а сигнал напряжения с выхода измерительного преобразователя напряжения, являющегося также первым выходом блока контроля сдвига фаз, подается на вход фильтра 19.

Фильтры 18, 19 пропускают сигналы напряжения фильтруемой гармоники на входы

компараторов 20, 21, которые преобразуют входные сигналы в однополярные прямоугольные импульсы с достаточно крутыми фронтами и срезами. Ширина импульсов соответствует длительности полупериодов фильтруемой гармоники, что иллюстрируется временными диаграммами, представленными на фиг. 2.

Импульсы с выхода компаратора 20 поступают на вход инвертора 22 и на информационный вход триггера 23.

Импульсы с выхода компаратора 21 поступают на синхронизирующий вход триггера 23 и на третьи входы логических элементов 3И 24, 25.

Триггер 23 выделяет знак угла сдвига фаз, т.е. фиксирует в момент формирования фронта импульса, поступающего с выхода компаратора 21 на синхронизирующий вход триггера, опережающий или отстающий характер сигнала, поступающего с выхода компаратора 20 на информационный вход триггера. При этом синхронизирующий импульс своим фронтом переводит триггер в состояние, определяемое уровнем напряжения на его информационном входе в данный момент времени. Поэтому, если входное напряжение, поступающее на компаратор 20, опережает по фазе напряжение, поступающее на компаратор 21, то на прямом выходе триггера 23 устанавливается напряжение, соответствующее логической единице, а на инверсном выходе — логическому нулю и наоборот. Прямой выход триггера 23 подключен к второму входу логического элемента 3И 24, а инверсный выход — к второму входу логического элемента 3И 25. Логический элемент 3И 24 выполняет функцию измерителя величины угла сдвига фаз и первым входом подключен к выходу инвертора 22. Ширина импульса, формируемого логическим элементом 3И 24 на выходе пропорциональна углу взаимного перекрытия входных импульсов, поступающих соответственно с выхода инвертора 22, с прямого выхода триггера 23, с выхода компаратора 21, т.е. углу сдвига фаз между входными напряжениями, подаваемыми на компараторы 20, 21, что подтверждается временными диаграммами на фиг. 2.

Объединение информации о величине и знаке угла в рассматриваемой схеме осуществляется логическим элементом 3И 25, первый вход которого также соединен с выходом инвертора 22, выполняющим те же функции измерения величины угла, что и логический элемент 3И 24. Однако каждый из элементов 3И 24, 25 вторыми входами соединены соответственно с прямым и инверсным выходами триггера 23, в результа-

те чего последний и определяет на выходе какого из логических элементов 3И 24, 25 выделится импульс, по длительности пропорциональный углу сдвига фаз.

Генератор 26 вырабатывает прямоугольные импульсы и своим выходом подключен к вторым входам двух логических элементов 2И 27, 28, к первым входам которых подключены выходы соответственно логических элементов 3И 24, 25. Логические элементы 2И 27, 28 при разрешающем сигнале на первом входе пропускают прямоугольные импульсы, вырабатываемые генератором 26, на суммирующий либо вычитающий входы реверсивного счетчика 31, подключенные к выходам соответственно элементов 27, 28.

Логический элемент 2-ИЛИ-НЕ 29, подключенный своими входами к выходам логических элементов 2И 27, 28, а выходом к первому входу цифроаналогового преобразователя, вырабатывает импульс разрешения записи кода, поступающего с выхода реверсивного счетчика 31 на второй вход цифроаналогового преобразователя 32.

Блок предварительной установки счетчика 30 используется для первоначальной установки работы схемы на заданную фильтруемую гармонику и может быть выполнен из набора переключателей, коммутирующих логические сигналы с информационными параллельными входами счетчика 31, и одновибратора, подключенного своим входом к записываемому входу цифроаналогового преобразователя 32 для записи в него набранного цифрового кода. Запуск одновибратора может производиться кнопочным переключателем по окончании набора цифрового кода, подаваемого в счетчик 31. В процессе дальнейшей работы блок предварительной установки счетчика 30 может быть отключен.

Цифроаналоговый преобразователь 32 вырабатывает аналоговый сигнал в соответствии с цифровым кодом на его входе и своим выходом, являющимся вторым выходом блока контроля сдвига фаз, соединен с вторым входом соответствующего блока управления вентилями.

Фильтр работает следующим образом. При подключении резонансного электрического фильтра, состоящего из трех фазных цепочек последовательно включенных емкостного элемента 1 и индуктивного элемента 2, собранных в общую точку со стороны индуктивных элементов, блока трех пар встречно-параллельно включенных управляемых вентиляей 3, дополнительного индуктивного элемента 4, трех блоков управления вентилями 5, 6, 7, трех блоков контроля

сдвига фаз 13, 14, 15, к электрической сети, блоком предварительной установки счетчика 30, каждого блока контроля сдвига фаз 13, 14, 15, производится начальная установка среднего значения выходного двоичного кода счетчиков 31 с последующей записью этого кода в цифроаналоговый преобразователь 32. При записанном двоичном коде предварительной установки счетчика соответствующий ему выходной аналоговый сигнал цифроаналогового преобразователя 32, подаваемый на второй вход соответствующего блока управления вентилями, регулируется таким образом, чтобы величина углов зажигания управляемых вентилях обеспечивала равенство эквивалентного индуктивного сопротивления ветви фильтра емкостному сопротивлению ветви фильтра на частоте фильтруемой гармоники, что соответствует равенству угла сдвига фаз между током и напряжением соответствующей ветви фильтра нулю на частоте фильтруемой гармоники, а следовательно, точной настройке фильтра в резонанс.

Блоки контроля сдвига фаз 13, 14, 15 своими первыми входами подключаются к токовым цепям, а своими вторыми входами к цепям фазного напряжения соответствующих цепочек последовательно соединенных емкостного элемента 1 и индуктивного элемента 2. Контролируемые сигналы тока и напряжения каждой из резонансных ветвей фильтра поступают через измерительные преобразователи тока 16 и напряжения 17 на входы соответствующих фильтров 18 и 19, пропускающих сигналы на частоте фильтруемой гармоники на входы компараторов 20 и 21. При точной настройке резонансного электрического фильтра угол между током и напряжением фильтруемой гармоники в его ветвях равен нулю, а следовательно, сигналы на выходе компараторов 20 и 21 совпадают во времени по фронтам и срезам. На выходе элементов 3И 24 и 25 устанавливается значение логического нуля, что запрещает прохождение прямоугольных импульсов, подаваемых с выходов генератора 26 через оба элемента 2И 27 и 28, а следовательно, не происходит заполнение информационных входов счетчика 31, не изменяется выходной двоичный код счетчика, подаваемый на вход цифроаналогового преобразователя 32. Выходной аналоговый сигнал цифроаналогового преобразователя 32 и, следовательно, углы зажигания управляемых вентилях остаются неизменными, соответствующими предварительной точной настройке фильтра в резонанс. При уменьшении частоты питающей сети либо уменьшении индуктивности реакторов (либо

уменьшении емкости конденсаторов) ветвей фильтра ток в резонансных ветвях фильтра опережает напряжение фильтруемой гармоники. На выходе компаратора 20 импульс прямоугольной формы начинает опережать импульс, выходящий из компаратора 21, на величину разности фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники. Триггер 23 после получения сигнала с выхода компаратора 21, уже имея на своем информационном входе значение логической единицы, полученное с выхода компаратора 20, устанавливается в единичное состояние, тем самым разрешая работу логического элемента 3И 24. На выходе элемента 3И 24 устанавливается логическая единица на время, определяемое величиной угла сдвига фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники. Логическая единица на выходе элемента 3И 24 разрешает прохождение прямоугольных импульсов с выхода генератора 26, через логический элемент 2И 27 на суммирующий информационный вход счетчика 31, а также устанавливает выход элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 в нулевое состояние. Счетчик 31 добавляет к существующему коду количество импульсов, поступившее на его суммирующий информационный вход, пропорциональное времени разрешения работы элемента 2И 27, т.е. углу сдвига фаз.

Окончание импульса, длительность которого пропорциональна углу разности фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники, соответствует установлению логического нуля на выходе элемента 3И 24, что запрещает прохождение импульсов с выхода генератора 26 через логический элемент 2И 27 и устанавливает выход логического элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 в единичное состояние. Логическая единица на выходе элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 разрешает запись измененного кода с выхода счетчика 31 цифроаналоговым преобразователем 32.

С выхода цифроаналогового преобразователя 32 увеличенный пропорционально записанному коду, а следовательно, и углу сдвига фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники выходной аналоговый сигнал подается на второй вход фазосдвигающего узла 9 соответствующего блока управления вентилями 5, 6, 7. Увеличение аналогового сигнала, подаваемого на второй вход фазосдвигающего узла 9, приводит к соответствующему увеличению углов зажигания управляемых вентилях, что вызовет увеличение эквивалентного индуктивного сопротивления соответствующей резонансной ветви фильтра. Увеличение индуктивного сопротивления ветви фильтра будет

происходить до тех пор, пока угол опережения током напряжения фильтруемой гармоники не станет равным нулю, что будет соответствовать точной настройке фильтра в резонанс на частоте фильтруемой гармоники с учетом уменьшения частоты питающей сети (либо с учетом уменьшения индуктивности реакторов или уменьшения емкости конденсаторов фильтра).

При увеличении частоты питающей сети либо увеличении емкости конденсаторов, либо увеличении индуктивности реакторов ветвей фильтра ток в резонансных ветвях фильтра отстает по фазе от напряжения фильтруемой гармоники.

На выходе компаратора 20 импульс прямоугольной формы отстает от импульса, выходящего с выхода компаратора 21 на величину разности фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники. Триггер 23 после получения прямоугольного импульса с компаратора 21, имея на своем информационном входе значение логического нуля, полученное с выхода компаратора 20, устанавливается в состояние логического нуля, тем самым своим инверсным выходом разрешая работу логического элемента 3И 25, на выходе которого устанавливается логическая единица на время, определяемое величиной угла сдвига фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники. Логическая единица на выходе элемента 3И 25 разрешает прохождение прямоугольных импульсов с выхода генератора 26 через логический элемент 2И 28 на вычитающий информационный вход счетчика 31, а также устанавливает выход элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 в нулевое значение. Счетчик 21 вычитает из существующего кода количество импульсов, поступающее на его вычитающий информационный вход, пропорциональное времени разрешения работы элемента 2И 28, т.е. углу сдвига фаз между током и напряжением. Окончание импульса, длительность которого пропорциональна углу разности фаз между током и напряжением фильтруемой гармоники, соответствует установлению логического нуля на выходе элемента 3И 25, что запрещает прохождение импульсов с выхода генератора 26 через логический элемент 2И 28, и устанавливает выход логического элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 в единичное состояние. Логическая единица на выходе элемента 2 ИЛИ-НЕ 29 разрешает запись измененного кода с выхода счетчика 31 цифроаналоговым преобразователем 32. С выхода цифроаналогового преобразователя 32 уменьшенный пропорционально записанному коду, а следовательно, и углу сдвига фаз между током и

напряжением фильтруемой гармоники выходящий аналоговый сигнал подается на второй вход фазосдвигающего узла 9 соответствующего блока управления вентилями 5, 6, 7. Уменьшение аналогового сигнала, подаваемого на второй вход фазосдвигающего узла 9, приводит к соответствующему уменьшению углов зажигания управляемых вентилях, что вызовет уменьшение эквивалентного индуктивного сопротивления соответствующей резонансной ветви фильтра. Уменьшение индуктивного сопротивления ветви фильтра будет происходить до тех пор, пока оно не станет равным емкостному сопротивлению ветви, т.е. пока угол опережения фазой напряжения фазы тока фильтруемой гармоники не станет равным нулю, что будет соответствовать точной настройке фильтра в резонанс на частоте фильтруемой гармоники с учетом увеличения частоты питающей сети (либо с учетом увеличения емкости конденсаторов или увеличения индуктивности реакторов ветвей фильтра).

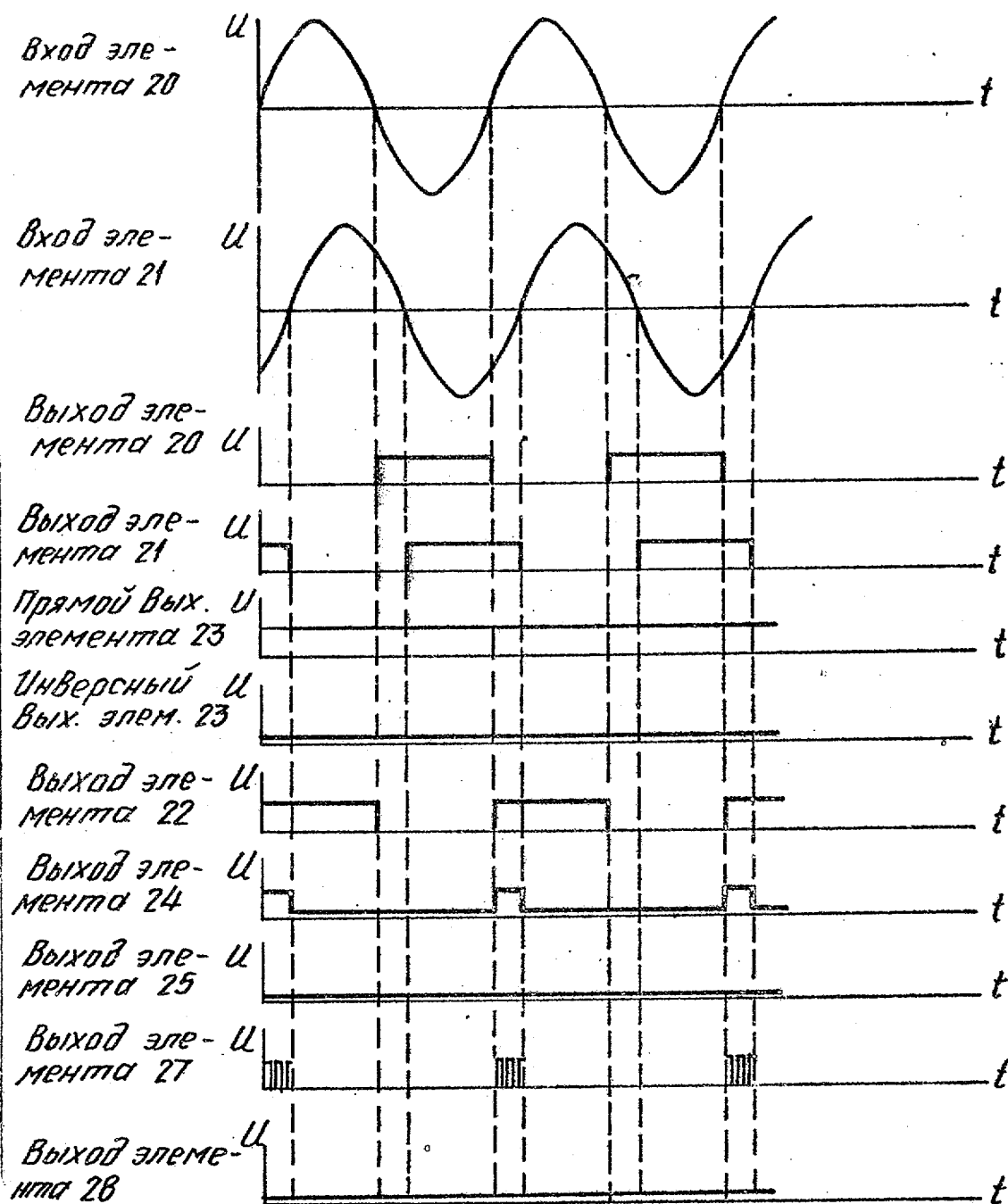
Таким образом, блоки контроля сдвига фаз, подключенные к контролируемым точкам резонансных ветвей, позволяют через соответствующие блоки управления вентилями поддерживать точность настройки фильтра в резонанс на частоте фильтруемой гармоники при изменении частоты питающей сети, изменении параметров элементов резонансных ветвей, что повышает эффективность фильтра.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Резонансный электрический фильтр с автоматической подстройкой, содержащий три цепочки, каждая из которых включена в соответствующую фазу трехфазного источника питания и состоит из последовательно включенных конденсаторного элемента и индуктивного элемента, причем свободные концы всех индуктивных элементов объединены в общую точку, три пары встречно-параллельно включенных управляемых вентилях, одна точка соединения силовых электродов каждой из которых подключена к точке соединения емкостного элемента и индуктивного элемента соответствующей фазы, и дополнительный индуктивный элемент, другие точки соединения силовых электродов управляемых вентилях всех пар объединены в общую точку, причем между этой общей точкой и общей точкой соединения индуктивных элементов включен дополнительный индуктивный элемент, три блока управления вентилями, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения эффективности фильтрации гармоник, в не-

го введены три блока контроля сдвига фаз, причем каждый из блоков управления вентилями состоит из нуль-органа, вход которого использован как первый вход блока управления вентилями и подключен к первому выходу соответствующего блока контроля сдвига фаз, а выход нуль-органа подключен к первому входу фазосдвигающего узла, второй вход которого использован как второй вход блока управления вентилями и подключен к второму выходу соответствующего блока контроля сдвига фаз, а выход фазосдвигающего узла подключен к входу распределителя импульсов, два выхода которого подключены к входам двух усилителей-формирователей, выходы которых использованы как выходы блока управления вентилями и подключены к соответствующим управляющим электродам встречно-параллельно соединенных управляемых вентилях, а каждый из блоков контроля сдвига фаз содержит измерительный преобразователь тока, подключенный входом, являющимся первым входом блока контроля сдвига фаз, к цепи фазного тока соответствующей цепочки последовательно включенных емкостного элемента и индуктивного элемента, а своим выходом — к входу первого фильтра, и измерительный преобразователь напряжения, подключенный своим входом, использованным как второй вход блока контроля сдвига фаз, к цепи фазного напряжения соответствующей цепочки последовательно включенных емкостного элемента и индуктивного элемента, а своим выходом, использованным как первый выход блока контроля разности фаз, — к входу второго фильтра и входу нуль-органа

соответствующего блока управления вентилями, выходы первого и второго фильтра подключены к входам соответственно первого и второго компараторов, выход первого компаратора подключен к входу инвертора и информационному входу триггера, а выход второго компаратора подключен к синхронизирующему входу триггера и к третьим входам двух элементов 3И, выход инвертора соединен с первыми входами двух элементов 3И, прямой выход триггера соединен с вторым входом первого элемента 3И, а инверсный выход триггера — с вторым входом второго элемента 3И, выход первого элемента 3И подключен к второму входу элемента 2 ИЛИ-НЕ и к первому входу первого элемента 2И, а выход второго элемента 3И подключен к первым входам элементов 2 ИЛИ-НЕ и второго элемента 2И, к вторым входам двух элементов 2И подключен выход генератора прямоугольных импульсов, а выходы двух элементов 2И подключены соответственно к суммирующему и вычитающему входам реверсивного счетчика, третий вход которого использован для подачи сигнала с выхода блока предварительной установки счетчика, выход реверсивного счетчика подключен к второму входу цифроаналогового преобразователя, к первому входу которого подключен выход элемента 2 ИЛИ-НЕ, а к третьему его входу подключен второй выход блока предварительной установки счетчика, выход цифроаналогового преобразователя использован как второй выход блока контроля сдвига фаз и соединен с входом фазосдвигающего узла блока управления вентилями.



Фиг. 2

Редактор

Составитель О. Широков
Техред М. Моргентал

Корректор М. Петрова

Заказ 1642

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101