



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4110429/24-07

(22) 12.06.86

(46) 23.05.88. Бюл. № 19

(71) Белорусский политехнический институт

(72) Н.Н.Михеев и А.Р.Околов

(53) 621.316.727 (088.8)

(56) Грабовецкий А.Г. Упреждающее управление вентиляльным преобразователем. - Электротехническая промышленность. Преобразовательная техника, 1983, № 6, с. 9-12.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1319199, кл. Н 02 М 7/00, 1984.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ С ШУНТИРУЮЩИМ ВЕНТИЛЕМ

(57) Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для управления вентиляльными преобразователями постоянного тока, содержащими шунтирующие вентили. Цель изобретения - повышение помехозащищенности и быстродействия работы преобразователя. По предложенному способу формируют опорное напряжение для шунтирующего вентиля в виде суммы сигнала,

пропорционального интегралу противо-ЭДС нагрузки на интервале бестоковой паузы и сигнала, пропорционального интегралу прикладываемого к нагрузке напряжения на интервале с момента открытия вентиля преобразователя и до момента открытия шунтирующего вентиля, либо до момента погасания тока нагрузки в двигательном режиме, если погасание тока произойдет до момента открытия шунтирующего вентиля в двигательном режиме, и импульсы управления шунтирующим вентилем формируют в момент превышения опорного напряжения для шунтирующего вентиля напряжением управления. В двигательном режиме блокируют поступление на управляющий вход шунтирующего вентиля импульса управления, сформированного на интервале бестоковой паузы и производят открытие шунтирующего вентиля синхронизирующим импульсом, сформированным в момент перехода синусоиды питающего напряжения через ноль в отрицательную область, если в этот момент времени напряжение управления превышает опорное напряжение для шунтирующего вентиля. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

Изобретение относится к электро-  
технике и может быть использовано для  
управления вентилями преобразова-  
телями постоянного тока, содержащими  
шунтирующий вентиль.

Целью изобретения является повыше-  
ние помехозащищенности и быстродей-  
ствия.

На фиг. 1 и 2 представлены функцио-  
нальные схемы устройства, реализующих  
способ управления вентилями преобразо-  
вателем с шунтирующим вентилями; на  
фиг. 3 - временные диаграммы, поясняю-  
щие способ управления вентилями пре-  
образователем с шунтирующим вентилями  
и работу реализующего его устройства.

На фиг. 1 показаны ключи 1-3 сброс-  
ов интеграторов, интеграторы 4-6,  
диоды 7-8, управляющие ключи 9-11,  
суммирующие устройства 12 и 13, ком-  
параторы 14 и 15, формирователи 16 и  
17 импульсов управления, блок 18 оп-  
ределения фазного выпрямленного на-  
пряжения за положительный полупериод,  
блок 19 синхронизирующих сигналов,  
формирователь 20 синхронизирующих им-  
пульсов, элементы ИЛИ 21 и 22, фор-  
мирователь 23 импульсов, триггеры 24  
и 25, элементы И 26-28, релейный эле-  
мент 29 и элементы ИЛИ 30 и 31.

Ключи 1, 2 и 3 сброса интеграто-  
ров подключены на соответствующие  
клеммы интеграторов 4, 5 и 6, неин-  
вертирующий вход интегратора 4 через  
диод 7, включенный в прямом направле-  
нии, соединен с клеммой сетевого пита-  
ющего напряжения, а инвертирующий  
вход через диод 8, включенный в об-  
ратном направлении, соединен с клем-  
мой сетевого питающего напряжения и  
через управляющий ключ 9 - с нулевой  
шиной, неинвертирующий вход интеграто-  
ра 5 соединен с датчиком противо-  
ЭДС нагрузки и через управляющий ключ  
10 - с нулевой шиной, с которой также  
соединен инвертирующий вход интеграто-  
ра 5, вход управления управляющего  
ключа 10 соединен с датчиком нагруз-  
ки, неинвертирующий вход интегратора  
6 соединен с клеммой сетевого питаю-  
щего напряжения и через управляющий  
ключ 11 - с нулевой шиной, с которой  
также соединен инвертирующий вход ин-  
тегратора 6, выходы интеграторов 4 и  
6 соединены соответственно с первыми  
входами суммирующих устройств 12 и  
13, вторые входы которых соединены с  
выходом интегратора 5, а выходы сое-

динены соответственно с входами срав-  
нения компараторов 14 и 15, опорные  
входы которых соединены с источником  
напряжения управления, а выходы через  
формирователи 16 и 17 импульсов уп-  
равления соединены соответственно с  
входами управления вентиля преобразо-  
вателя и шунтирующего вентиля.

Выход блока 18 определения фазно-  
го выпрямительного напряжения соеди-  
нен с третьим входом суммирующего  
устройства 12; вход блока 19 синхро-  
низирующих сигналов соединен с клем-  
мой питающего напряжения, а выход  
через формирователь 20 синхронизирую-  
щих импульсов соединен с первым вхо-  
дом элемента ИЛИ 21, второй вход ко-  
торого, как и второй вход элемента  
ИЛИ 22, соединен через формирователь  
23 импульсов с выходом датчика тока,  
первый вход элемента ИЛИ 22 соединен  
с выходом формирователя 17 импульсов  
управления, выходы элементов ИЛИ 21  
и 22 соединены соответственно с S-  
входами триггеров 24 и 25, R-входы  
которых соединены с выходом формиро-  
вателя 16 импульсов управления, ин-  
версный выход триггера 24 соединен  
с входом управления ключа сброса ин-  
тегратора 1, а прямой выход триггера  
25 соединен с входами управления уп-  
равляющих ключей 9 и 10, первые  
входы элементов И 26, 27 и 28 соеди-  
нены соответственно с выходами эле-  
мента ИЛИ 22, формирователя 16 им-  
пульсов управления и формирователя  
17 импульсов управления, второй вход  
элемента И 26 и вторые входы элемен-  
тов И 27 и 28 соединены соответствен-  
но с первым и вторым выходами релей-  
ного элемента 29, вход которого сое-  
динен с источником напряжения управ-  
ления; выходы элементов И 26 и 27  
соединены с первым и вторым входом  
элемента ИЛИ 30, выход которого сое-  
динен с входом управления ключа 2  
сброса интегратора, первый и второй  
входы элемента ИЛИ соединены с выхо-  
дами элементов И 26 и 28, а выход  
соединен с входом управления ключа 3  
сброса интегратора.

На фиг. 2 показаны элемент ИЛИ 32,  
элементы И 33 и 34 и элемент НЕ 35.

Первый, второй и третий входы эле-  
мента ИЛИ 32 соединены соответственно  
с выходами элементов И 28, 33 и 34,  
а выход соединен с входом управления  
шунтирующего вентиля и с первым вхо-

дом элемента ИЛИ 22, первый вход элемента И 33 соединен с выходом формирователя 20 синхронизирующих импульсов, а второй вход через элемент НЕ 35 соединен с выходом компаратора 15, первый вход элемента И 34 соединен с выходом формирователя 17 импульсов управления, второй вход - с первым выходом релейного элемента 29, а третий вход соединен с выходом датчика тока.

На фиг.3 обозначено:  $U_{\phi}$  - фазное напряжение питающей сети;  $U_d$  - выпрямленное напряжение, прикладываемое к нагрузке;  $U_{on1}$ ,  $U_{on2}$  - опорные напряжения для вентиля преобразователя и шунтирующего вентиля;  $U_{d0}$  - фазное выпрямленное напряжение за положительный полупериод;  $U_{\gamma}$  - напряжение управления;  $U_1$ ,  $U_2$  - импульсы управления вентилем преобразователя и шунтирующим вентилем;  $H_2$  - сигнал на выходе компаратора 15.

Устройство управления по фиг.1 работает следующим образом.

При появлении импульса управления вентилем преобразователя на выходе формирователя 16 импульсов управления переключается триггер 24, замыкая ключ сброса интегратора 1, обнуляя интегратор 4, и переключается триггер 25, размыкая управляющие ключи 9 и 11, на интеграторе 6 начинается интегрирование прикладываемого к двигателю напряжения, и результат интегрирования поступает на первый вход суммирующего устройства 13 и с выхода последнего - на опорный вход компаратора 15, где сравнивается с напряжением управления, поступающим на вход сравнения компаратора 15. При переходе синусоиды напряжения через ноль в отрицательную область на выходе формирователя синхронизирующих импульсов появляется синхронизирующий импульс, который переключает триггер 24, размыкая ключ 1 сброса интегратора 4. Интегратор 4 начинает интегрирование питающего напряжения, поступающего через диод 8 на инвертирующий вход интегратора 4, напряжение с выхода которого поступает на первый вход суммирующего устройства 12, где вычитается из фазного выпрямленного напряжения за положительный полупериод, поступающего с выхода блока 18 определения фазного выпрямленного напряжения на третий вход суммирующего

устройства 12, с выхода которого опорное напряжение поступает на опорный вход компаратора 14, где сравнивается с напряжением управления  $U_{\gamma}$ , поступающий на вход сравнения компаратора 14.

При превышении напряжением управления, поступающего на вход сравнения компаратора 15, опорного напряжения, поступающего на опорный вход компаратора 15, формируется импульс управления шунтирующим вентилем на выходе формирователя 17 импульсов управления, который через элемент ИЛИ 22 поступает на первый вход первого элемента И и на S-вход триггера 25, переключая его и замыкая управляющие ключи 9 и 11. В двигательном режиме (при положительном  $U_{\gamma}$ ) с первого выхода релейного элемента 29 на второй вход элемента И 26 поступает сигнал логической "1", разрешая прохождения импульса с выхода элемента ИЛИ 22 через элемент И 26 на ключи 2 и 3 сброса интеграторов 5 и 6, обнуляя их.

При погасании тока нагрузки в двигательном режиме после открывания шунтирующего вентиля размыкается управляющий ключ 10 и интегратор 5 начинает интегрировать противоЭДС нагрузки, поступающую с выхода датчика противоЭДС нагрузки на инвертирующий вход интегратора 5, результат интегрирования с выхода интегратора поступает на вторые входы суммирующих устройств 12 и 13. В момент равенства опорного напряжения, поступающего с выхода суммирующего устройства 12 на опорный вход компаратора 14, с напряжением управления, поступающим на вход сравнения компаратора 14, на выходе формирователя 16 импульсов формируется импульс управления вентилем преобразователя, и работа устройства повторяется.

При погасании тока нагрузки до момента открывания шунтирующего вентиля в двигательном режиме, но после перехода синусоиды питающего напряжения через ноль, сброс интеграторов 5 и 6 осуществляется импульсом, сформированным в момент погасания тока нагрузки формирователем 23, поступающим через элементы ИЛИ 22, И 26 и ИЛИ 30 на вход управления ключа 2 сброса интегратора 5 и через элементы ИЛИ 22, И 26 и ИЛИ 31 на вход управления ключа 3 сброса интегратора 6; одновре-

менно с этим указанный импульс переключает триггер 25, замыкая управляющие ключи 9 и 11, и далее устройство работает аналогично описанному.

При погасании тока нагрузки до момента перехода синусоиды питающего напряжения через ноль импульсом, сформированным по заднему фронту сигнала тока, переключается триггер 24, размыкая ключ 1 сброса интегратора 4 до момента появления синхронизирующего импульса с выхода формирователя 20 синхронизирующих импульсов, интегратор 4 начинает интегрировать положительную полуволну напряжения, поступающую на неинвертирующий вход интегратора через диод 7. Указанный импульс переключает триггер 25, замыкая управляющие ключи 9 и 11 и замыкает ключи 2 и 3 сброса интеграторов 5 и 6, обнуляя напряжение на их выходах. Далее устройство работает аналогично описанному.

При погасании тока нагрузки в инверторном режиме ( $U_y < 0$ ) переключаются триггеры 24 и 25, размыкая ключ 1 сброса интегратора 4 и замыкаются управляющие ключи 9 и 10. При появлении импульса управления шунтирующим вентиляем на выходе формирователя 17 импульсов управления в момент превышения напряжением управления опорного напряжения на входах компаратора 15, происходит замыкание ключа 3 сброса интегратора 6 указанным импульсом, поступающим через элементы ИЛИ 22, И 28 и ИЛИ 31 на вход управления ключа 3 сброса интегратора 6, сбрасывая имеющийся результат. Сброс интегратора 5, осуществляющего интегрирование противоЭДС нагрузки, происходит импульсом управления, поступающим с выхода формирователя 16 импульсов через элементы И 27 и ИЛИ 30 на вход управления ключа 2 сброса интегратора 5. В интеграторном режиме на втором выходе релейного элемента 29 и, следовательно, на вторых элементах И 27 и 28 имеется сигнал логической "1". В остальном работа устройства аналогична описанному.

Отличие работы устройства по фиг.2 по сравнению с работой устройства по фиг.1 заключается в том, что в двигательном режиме импульс управления с выхода формирователя 17 импульсов поступает на управляющий вход шунтирующего вентиля через элементы

И 34 и ИЛИ 32 только при наличии тока нагрузки, в противном случае этот импульс блокируется логическим "0" на третьем входе элемента И, в инверторном режиме подобные ограничения не накладываются и импульс управления с выхода элемента И 28 всегда поступает на управляющий вход шунтирующего вентиля, вызывая его отпирание. При отсутствии сигнала с выхода компаратора 15 в момент появления синхронизирующего импульса на выходе формирователя синхронизирующих импульсов 20, на втором входе элемента И 33 имеется сигнал логической "1" и синхронизирующий импульс через элементы И 33 и ИЛИ 32 поступает на управляющий вход шунтирующего импульса, вызывая его открывание.

В основе предлагаемого способа управления вентиляльным преобразователем с шунтирующим вентиляем лежат следующие закономерности, характеризующие различные режимы работы нагрузки.

Если принять за начало отсчета момент перехода синусоиды питающего напряжения через ноль, то среднее выпрямленное напряжение, прикладываемое к нагрузке в режиме непрерывного тока за один период, определяется следующим образом:

$$U_d = U_{d0} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{V_{\omega\delta} - \pi} U_m \sin V dV - \frac{1}{2\pi} \int_0^{V_{\delta n}} U_m \sin V dV = kU_y \quad (1)$$

Справедливо и другое выражение

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{V_{\omega\delta}}^{V_{\omega\delta} + \pi} U_m \sin V dV = kU_y \quad (2)$$

где  $U_{d0}$  - фазное выпрямленное напряжение за положительный полупериод;

$V_{\delta n}$  - угол открывания вентиля преобразователя, отсчитывается от точки 0;

$V_{\omega\delta}$  - угол открывания шунтирующего вентиля, отсчитывается от точки +;

$U_y$  - напряжение управления;

$k$  - коэффициент усиления преобразователя.

Из выражений (1) и (2) видно, что, формируя в режиме непрерывного тока опорное напряжение для вентиля преобразователя в соответствии с выражением (1), а опорное напряжение для шунтирующего вентиля в соответствии

с (2), можно обеспечить поддержание постоянного средневывпрямленного напряжения на нагрузке и его регулирование в соответствии с заданным значением напряжения управления  $U_y$  независимо от искажений и помех в питающем напряжении на всем интервале дискретности  $[V_{\omega\beta} - \pi; V_{\omega\beta} + \pi]$ , т.е. с учетом искажений и помех, имеющих место как до момента открывания вентиля преобразователя, так и после его открывания. Таким образом, напряжение, прикладываемое к нагрузке за один период, регулируется дважды в соответствии с текущим значением напряжения управления по каналу вентиля преобразователя и по каналу шунтирующего вентиля, что, в свою очередь, повышает быстродействие и точность регулирования (быстродействие и точность в обработке управляющего воздействия).

В режиме прерывистого тока, в длительном режиме ( $U_y > 0$ ), если ток погасает на интервале проводимости шунтирующего вентиля, средневывпрямленное напряжение определяется выражениями:

$$U_d = U_{d0} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{V_{\omega\beta} - \pi} U_m \sin VdV + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV - \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} U_m \sin VdV = kU_y; \quad (3)$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\omega\beta} + \pi} U_m \sin VdV = kU_y. \quad (4)$$

При погасании тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя после перехода синусоиды питающего напряжения через ноль справедливы следующие выражения:

$$U_d = U_{d0} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{V_n} U_m \sin VdV - \frac{1}{2\pi} \int_0^{V_{\beta n}} U_m \sin VdV + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV = kU_y; \quad (5)$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_n + 2\pi} U_m \sin VdV \neq kU_y. \quad (6)$$

При погасании тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя условия открывания шунтирующего вентиля не выполняются и вентиль не может быть открыт, даже если и будет сформирован импульс управления им.

При погасании тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя

до момента перехода синусоиды питающего напряжения через ноль справедливы выражения:

$$U_d = U_{d0} + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV - \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{\pi} U_m \sin VdV - \frac{1}{2\pi} \int_0^{V_n} U_m \sin VdV = kU_y; \quad (7)$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} edV + \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_n + 2\pi} U_m \sin VdV \neq kU_y. \quad (8)$$

В инверторном режиме при погасании тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя условие открывания шунтирующего вентиля нарушается и шунтирующий вентиль может быть открыт в соответствующий момент времени, в то время как погасание тока на интервале проводимости шунтирующего вентиля фактически означает окончание инверторного режима и по этому рассматривать последний режим в качестве рабочего нецелесообразно. При погасании тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя выражения для определения среднего выпрямленного напряжения на нагрузке примут вид:

$$U_d = U_{d0} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{V_n} U_m \sin VdV - \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\omega\beta} - \pi} edV - \frac{1}{2\pi} \int_0^{V_n} U_m \sin VdV = kU_y; \quad (9)$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_{\beta n}} U_m \sin VdV - \frac{1}{2\pi} \int_{V_n}^{V_n + 2\pi} edV. \quad (10)$$

В инверторном режиме возможно погасание тока нагрузки на интервале проводимости вентиля преобразователя только после момента перехода синусоиды питающего напряжения через ноль, так как противоЭДС нагрузки отрицательна.

Из приведенных выражений видно, что, формируя в режиме прерывистых токов опорное напряжение для вентиля преобразователя в соответствии с выражениями (3), (5), (7) и (9) и выработывая импульс управления вентилем преобразователя в момент равенства этого опорного напряжения с напряжением управления, а также формируя опорное напряжение для шунтирующего вентиля в соответствии с выражениями (4), (6), (8) и (10) и

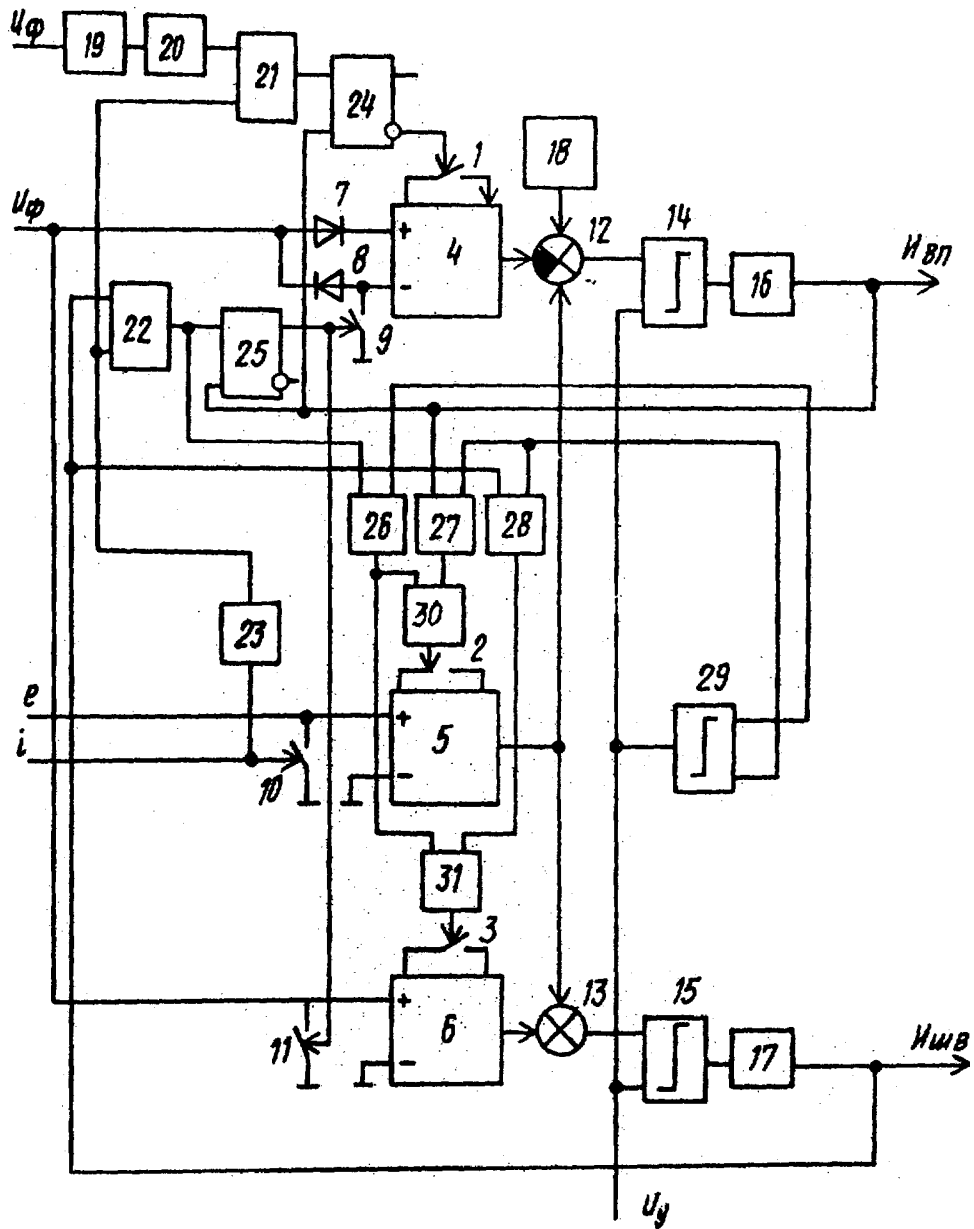
вырабатывая импульс управления шунтирующим клапаном в момент превышения этого опорного напряжения напряжением управления, можно обеспечить поддержание среднего выпрямленного напряжения на нагрузке независимо от формы и искажений напряжения питающей сети за весь период выпрямленного напряжения, параметров (момента погасания тока) и режима работы нагрузки. Управление клапаном преобразователем по двум каналам — каналу клапана преобразователя и каналу шунтирующего клапана — в соответствии с текущим значением напряжения управления, т.е. управление по переднему и заднему фронту прикладываемого к нагрузке за один период напряжения, позволяет повысить быстродействие работы преобразователя и его надежность.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

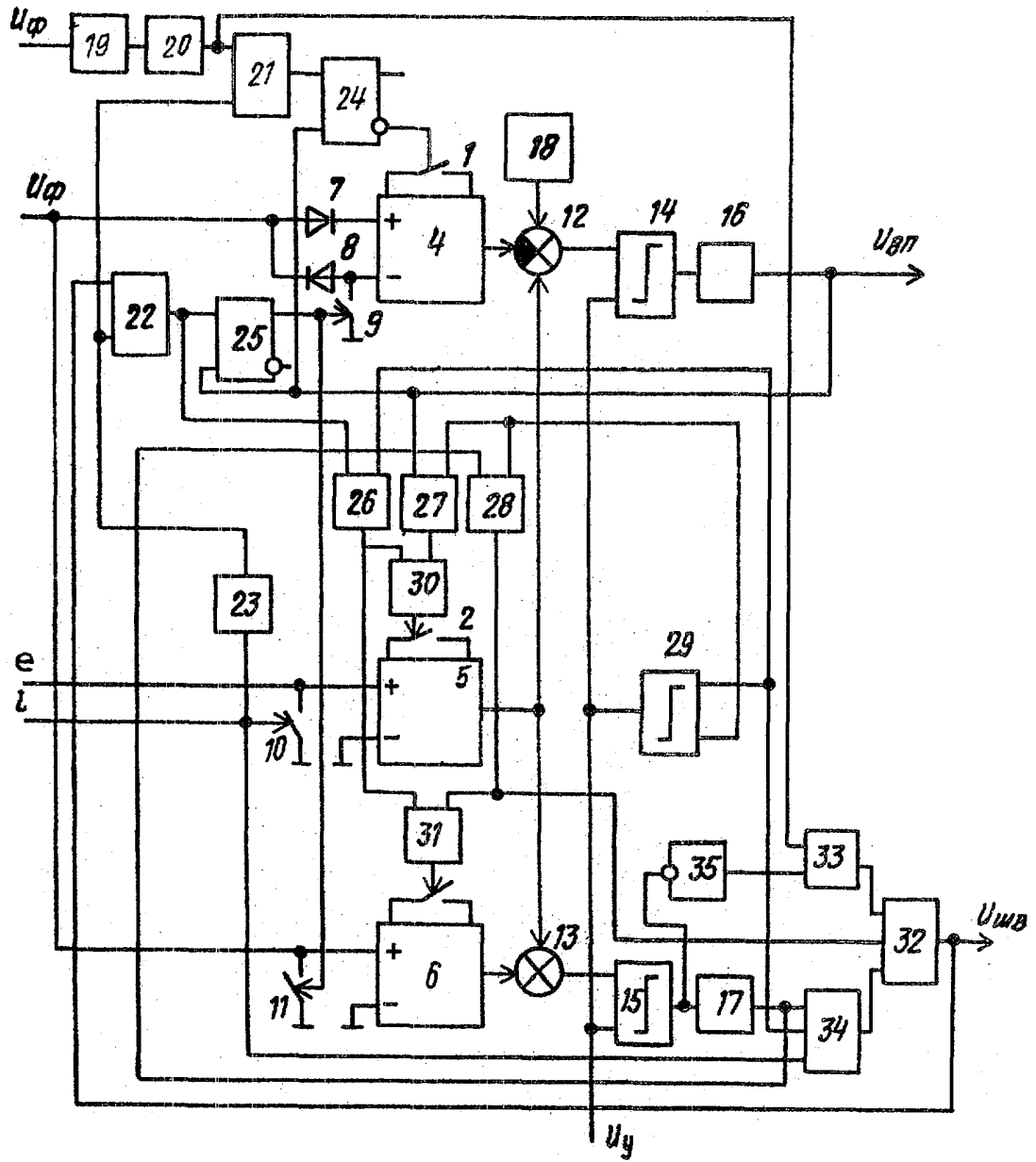
1. Способ управления клапаном преобразователем с шунтирующим клапаном, при котором в режиме прерывистых токов опорное напряжение для фазного клапана формируют как сумму фазного выпрямленного напряжения за положительный полупериод питающей сети, сигнала, пропорционального интегралу противоЭДС нагрузки на интервале бестоковой паузы и развертывающего сигнала, сравнивают его напряжение с напряжением управления и в момент равенства этих напряжений формируют импульс управления фазным клапаном, формируют опорное напряжение для шунтирующего клапана и сравнивают его с напряжением управления, отличающийся тем, что, с целью повышения помехозащищенности и быстродействия работы преобразователя, развертывающий сигнал формируют в виде разности сигнала, пропорциональ-

ного интегралу напряжения на нагрузке на интервале с момента перехода этого напряжения через ноль в отрицательную область и до момента открывания шунтирующего клапана, либо до момента погасания тока в двигательном режиме, если погасание тока произойдет до момента открывания шунтирующего клапана в двигательном режиме, и сигнала, пропорционального интегралу фазного напряжения на интервале с момента перехода этого напряжения через ноль в положительную область и до момента открывания фазного клапана, а опорное напряжение для шунтирующего клапана формируют как сумму сигнала, пропорционального интегралу противоЭДС нагрузки на интервале бестоковой паузы и сигнала, пропорционального интегралу напряжения на нагрузке на интервале с момента открывания фазного клапана и до момента открывания шунтирующего клапана, либо до момента погасания тока нагрузки в двигательном режиме, если погасание тока произойдет до момента открывания шунтирующего клапана в двигательном режиме и формируют импульс управления шунтирующим клапаном в момент превышения опорного напряжения для шунтирующего клапана напряжением управления.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы преобразователя, блокируют в двигательном режиме импульс управления шунтирующим клапаном, сформированный на интервале бестоковой паузы, и формируют импульс управления шунтирующим клапаном в моменты перехода фазного напряжения через ноль в отрицательную область, если в этот момент времени напряжение управления превышает опорное напряжение для шунтирующего клапана.

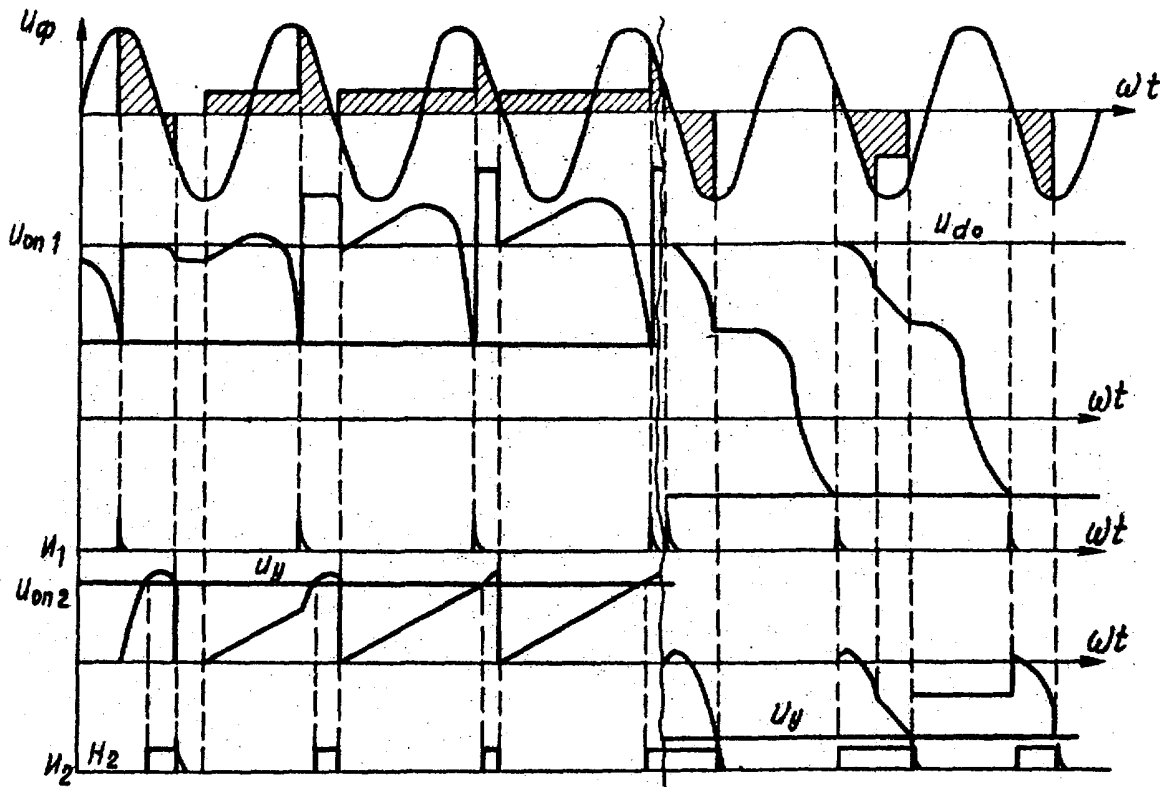


Фиг. 2.1



Фиг. 2





Фиг. 3

Редактор А.Ворович

Составитель А.Придатков

Техред М.Дидык

Корректор М.Шароши

Заказ 2275/54

Тираж 665

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4