



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВО(19) UA (11) 26782 (13) C1
(51) H 02 M 7/48, H 02 M 3/07ОПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) БАГАТОСТУПЕНЕВИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1

- (21) 96103962
(22) 06.03.96
(24) 12.11.99
(31) 95/02818
(32) 10.03.95
(33) FR
(85) 10.12.96
(86) PCT/FR96/00348 (06.03.96)
(46) 12.11.99. Бюл. № 7
(56) Заявка Франции № 2679/15 (то-тип).
(72) Мейнар Тієррі (FR), Лавівілль Жан-Поль (FR), Каррер Філіпп (FR), Гонсалес Хуан (FR), Бету Олів'є (FR)
(73) ЖЕ-Е-СЕ АЛЬСТОМ ТРАНСПОР С.А. (FR)

(57) 1. Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии, содержащий, в частности, между источником напряжения и источником тока ряд последовательных управляемых переключающих ячеек, имеющих каждая два выключателя, причем один вывод каждого из двух выключателей образует часть предшествующей пары выводов, другой же вывод каждого из выключателей образует часть последующей пары выводов, а последующая пара выводов предшествующей ячейки соединена с предшествующей парой выводов последующей ячейки, предшествующая же пара выводов первой ячейки соединена с указанным источником тока, в то время, как пара последующих выводов последней ячейки соединена с указанным источником напряжения; соответствующие конденсаторы в каждой из ячеек, кроме последней ячейки, в которой конденсатор может быть исключен, если указанный источник напряжения по своим свойствам способен играть его роль, подсоединенные между двумя выводами, об-

2

разующими последующую пару выводов соответствующей ячейки, средства управления нормальной работой преобразователя путем воздействия на выключатели последовательных ячеек таким образом, что два выключателя любой ячейки всегда находятся в противоположных состояниях проводимости так, что при поступлении управляющих сигналов от указанных средств управления к ячейке один из двух выключателей данной ячейки находится последовательно вначале в первом, а затем во втором состоянии проводимости в течение циклически повторяющегося периода срабатывания преобразователя, а под воздействием идентичных, однако, сдвинутых по времени один относительно другого на долю указанного периода, сигналов управления ячейкой выключатели последовательных ячеек функционируют таким же образом, но с временным сдвигом на указанную долю периода, при этом конденсаторы в ряду имеют такие возрастающие номинальные напряжения зарядов, что номинальное среднее напряжение на конденсаторе каждой из указанных ячеек равно произведению напряжения указанного источника напряжения, умноженному на величину, обратную количеству ячеек, и на порядковый номер ячейки, отличающийся тем, что он снабжен средствами измерения среднего напряжения на каждом из конденсаторов, средствами измерения на каждом из указанных конденсаторов любой разности между измеренным средним значением напряжения заряда и номинальным средним значением напряжения заряда конденсатора и дополнительными средствами управления, изменяющими длительность указанного первого состояния проводимости, связанной с указанным кон-

(19) UA (11) 26782 (13) C1

денсатором ячейки таким образом, что это уменьшает измеренную разность.

2 Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии по п. 1, отличающийся тем, что каждое из средств измерения разности включает средство измерения величины напряжения источника напряжения, средства определения порядкового номера ступени и количества ступеней, необходимых для определения последовательных номинальных значений напряжения, которые должны быть на каждом конденсаторе в течение периода срабатывания преобразователя, и компаратор для измерения разности напряжений на каждом конденсаторе

3 Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии по п. 1, отличающийся тем, что средства измерения напряжений содержат на каждом из конденсаторов делитель напряжения, подсоединенный параллельно конденсатору.

4 Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии по п. 1, отличающийся тем, что указанные средства измерения напряжения на каждом из конденсаторов содержат в каждой ячейке схему измерения напряжения, подсоединенную параллельно выключателю, и схему вычисления напряжения на выводах каждого из конден-

саторов по данным о напряжении источника напряжения и результатам измерения напряжений между выводами выключателей, отделяющих конденсатор от источника напряжения

5 Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии по п. 1, отличающийся тем, что указанные средства измерения напряжения на каждом из конденсаторов содержат схему измерения напряжения, подсоединенную к источнику тока для обнаружения влияния любых изменений заряда на выходное напряжение, и схему вычисления, содержащую преобразователь напряжения, и измеряющую напряжение на выводах каждого из конденсаторов.

6 Многоступенчатый электронный преобразователь электрической энергии по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что средство управления подключено к каждому конденсатору и содержит средство для измерения величины напряжения источника напряжения, средства для определения амплитуды модуляции, определяющей волну напряжения, подаваемую к источнику тока, порядкового номера ступени и количества ступеней, используемых для определения последовательности номинальных значений напряжения, и компаратора для измерений разности напряжений на каждом конденсаторе.

Изобретение относится к электронным преобразователям электрической энергии, которые могут быть использованы в источниках питания.

На фиг. 1 показан известный преобразователь, который содержит между источником напряжения SE и источником тока (далее ИТ) С ряд управляемых переключающих ячеек CL1, CL2..., CLn, каждая из которых имеет пару выключателей T1, T'1; T2, T'2...; Tn, T'n, причем у каждого из выключателей в паре один вывод служит частью предшествующей пары выводов, а другой вывод — частью последующей пары выводов, последующая пара выводов предшествующей ячейки соединена с предшествующей парой выводов последующей ячейки, а предшествующая пара выводов первой ячейки CL1 соединена с указанным ИТ С, тогда как пара после-

5 дующих выводов последней ячейки CLn соединена с указанным источником напряжения SE, кроме того, преобразователь в соответствующих ячейках содержит под-
10 соединенные между двумя выводами, образующими последующую пару выводов соответствующей ячейки, конденсаторы C1, C2..., Cn, причем конденсатор последней
15 ячейки может быть исключен, если на его роль окажется пригоден указанный источник напряжения SE; далее, преобразователь снабжен (не показанными) устройствами, управляющими его нормальной работой и воздействующими на выключатели последовательных ячеек так, что выключатели из пары в любой ячейке всегда находятся в противоположных состояниях проводимости (что показано управляющей связью Ic1), т.е. при поступлении управляющих сигналов от указанных средств

управления один из выключателей данной ячейки находится последовательно вначале в первом, а затем во втором состоянии проводимости в течение циклически повторяющегося периода преобразования, и под воздействием идентичных управляющих сигналов, которые, однако, сдвинуты относительно по времени на долю указанного периода преобразования так, что выключатели последовательных ячеек функционируют таким же образом, но с временным сдвигом на указанную долю периода [1].

Предпочтительно выбирать указанную долю периода как величину, обратно пропорциональную количеству n ячеек, т.е. $2\pi/n$, что оптимально относительно генерируемых на выходе гармоник и обеспечивает естественный баланс напряжений зарядов конденсаторов преобразователя. Однако можно выбирать и другие значения сдвига, в частности разные сдвиги для различных ступеней.

В таком преобразователе в следующих друг за другом связанных с указанными ячейками конденсаторах C_1, C_2, \dots, C_n заряд накапливается при среднем напряжении, равном напряжению VE указанного источника напряжения, умноженному на величину, обратную количеству ячеек в преобразователе, и на порядковый номер ячейки, т.е. $VE/3, 2VE/3, VE$ при $n = 3$, т.е. когда преобразователь имеет всего три ячейки.

Все сказанное, естественно, справедливо и для других значений $n \geq 2$ и, в частности, когда n больше трех.

Термин "многоступенчатый преобразователь" (далее – МП) обозначает преобразователь согласно вышеприведенному описанию.

На фиг. 2 показана произвольно выбранная переключающая ячейка CL_k с выключателями T_k и T'_k и конденсатором C_k и последующая ячейка CL_{k+1} с ее выключателями T_{k+1} и T'_{k+1} .

С учетом соединений между выключателями каждой ячейки T_k и T'_k или T_{k+1} и T'_{k+1} показанная на фиг. 2 пара смежных ячеек CL_k и CL_{k+1} может иметь четыре состояния проводимости:

а) первое состояние, при котором T_k и T_{k+1} разомкнуты, вследствие чего заряд конденсатора C_k остается неизменным;

б) второе состояние, при котором оба T_k и T_{k+1} замкнуты, а заряд конденсатора C_k также остается неизменным, ибо T'_k и T'_{k+1} при этом разомкнуты;

в) третье состояние, при котором T_k замкнут, а T_{k+1} разомкнут, так что ток I_k от ИТ C , равный I , протекает через T_k , в то время, как ток I'_k через T'_k равен нулю. Состояние T_{k+1} определяет $I_{k+1} = 0$, а $I'_{k+1} = I$, вследствие чего ток I'_{sk} через конденсатор C_k равен I ;

г) четвертое состояние, при котором T_k разомкнут, а T_{k+1} замкнут, так что ток I равный I'_{k+1} от ИТ C протекает через T'_k , тогда как ток I_k через T_k равен нулю. Состояние T_{k+1} определяет $I_{k+1} = I$, а $I'_{k+1} = 0$, вследствие чего ток I_{sk} через конденсатор C_k равен I .

Токи $I'_{sk} = I'_{k+1}$ и $I_{sk} = I_{k+1}$ добавляют заряды противоположных знаков в конденсаторе C_k в третьем и четвертом состояниях; в связи с этим первую ситуацию мы будем называть отрицательной, а вторую – положительной. Источником токов в этих двух состояниях служит ИТ. Если ИТ выдает постоянный ток строго выдерживаемой величины, все остальное остается постоянным, токи от ИТ во время состояний (в) и (г) одинаковы и протекают в противоположных направлениях в течение периодов проводимости T_k и T_{k+1} (которые, как было указано, в нормальном режиме одинаковы и сдвинуты по времени). Это означает, что заряд конденсатора C_k изменяется положительно и затем отрицательно на одну и ту же величину, и, таким образом, остается неизменным за период срабатывания преобразователя.

В идеальной системе (ИТ высокой точности с бесконечным внутренним сопротивлением) величины токов I_{sk} и I'_{sk} определяет ИТ. В реальных условиях, когда внутреннее сопротивление ИТ конечно, ток через ИТ зависит от напряжения на его выводах и, таким образом, от напряжения V_{sk} на конденсаторах. Например, если по какой-либо причине напряжение V_{sk} превысит его номинальное значение VE_{xk}/n , это приведет к увеличению тока разряда I'_{sk} и уменьшению тока заряда I_{sk} в сравнении с их нормальными значениями и в итоге – к возврату заряда конденсатора C_k к значению, которое он должен иметь. Итак, можно видеть, что МП будет стабилен в работе несмотря на изменения амплитуды в обоих направлениях как в ИТ, так и у источника напряжения. Тем не менее, как пояснено ниже, это создает проблемы в динамическом режиме.

Фиг. 3 иллюстрирует пример работы показанного на фигурах 1 и 2 МП для случая $n=3$; для подачи к ИТ C синусоидально модулированного напряжения ис-

пользована широтно-импульсная модуляция, т.е. в течение последовательности периодов $p_1, p_2, p_3...$ в работающем преобразователе (линия t) выключатели T_1, T_2, T_3 один за другим замыкаются в течение промежутков времени, изменяемых в соответствии с волной модуляции выходного напряжения, именуемой далее модулирующей волной. В каждый момент времени выключатели T_1, T_2 и T_3 находятся в противоположных состояниях.

Естественно, иные типы модуляции работы выключателей, как это хорошо известно, также позволяют получить такой же результат. Ясно также, что преобразователь можно использовать для подачи к ИТ С волны любой иной формы или регулируемого постоянного напряжения.

Рассмотрим вначале работу преобразователя в период p_1 . Если в течение этого периода один из выключателей T_1, T_2 и T_3 замкнут, то остальные два разомкнуты. Для каждой пары смежных ячеек и конденсатора между ними это соответствует вышеописанным состояниям (в) и (г), когда конденсатор получает дополнительные отрицательный и затем положительный заряды с результирующим значением, равным в нормальных условиях нулю. Следует также отметить, что в то время, как смежные ячейки CL_1 и CL_2 находятся в состоянии (г), смежные ячейки CL_2 и CL_3 находятся в состоянии (в), так что конденсатор C_1 получает дополнительный положительный заряд от того же тока, который сообщает конденсатору C_2 дополнительный отрицательный заряд.

Фиг. 3 также дает пример, показывающий, как МП работает в периоды срабатывания p_1, p_2 и т.д., в течение которых периоды проводимости выключателей T_1, T_2, T_3 становятся короче, а затем длиннее, пока они не превзойдут одну треть периода, вследствие чего произойдет их взаимное перекрытие. Линия V_1 показывает значение напряжения, которое в идеальном случае было бы подано на ИТ, в частности, в случае, если емкость конденсаторов была бы такова, что упомянутые дополнительные заряды незначительно влияли на напряжения на их выходах. Напряжение V_1 представлено в долях напряжения V_E источника напряжения SE , отчитываемого относительно отрицательного вывода SE . Легко видеть, что напряжение V_1 содержит как основную составляющую на частоте модулирующей волны, так и низкоамплитудные гармоники частот выше частоты прерывателя, которые нетрудно удалить фильтром низких частот. Так

как ток изменяется, его интегрирование произвольным элементом индуктивности в составе ИТ приводит к тому, что МП подает в ИТ переменный ток синусоидальной формы с периодом, равным периоду основного источника напряжения.

Поскольку ток изменяется синусоидально, вышеупомянутые состояния (в) и (г) вызывают неодинаковые изменения заряда конденсаторов преобразователя, ибо в интервале времени между двумя состояниями ток успевает измениться. Этим обстоятельством можно пренебречь лишь при условии, что период срабатывания выключателей значительно превосходит частоту модулирующей волны.

Следует также ожидать, что подаваемый в ИТ переменный ток не будет строго синусоидальным, но будет иметь искажения несимметричного вида. Аналогично этому, ошибки уровней управляющих сигналов, или в генерируемых ими сигналах, или любые различия в моментах переключения различных выключателей неизбежно обуславливают несовпадение временных интервалов замыкания выключателей за период срабатывания преобразователя, или вызывают временной сдвиг фаз замыкания выключателей, или же приводят к разбалансировке токов заряда и разряда конденсаторов. Поэтому в общем случае в МП описанного типа на практике нельзя обеспечить выполнение функциональных требований. К сожалению, повторяющаяся ошибка в добавляемом заряде приводит к ошибке (в ту или иную сторону) в заряде конденсатора и, таким образом, к ошибке в среднем значении напряжения на конденсаторе, повышая тем самым уровень искажений на рабочей частоте напряжения, подаваемого преобразователем к источнику тока.

На фиг. 3 это явление проиллюстрировано кривой V_1' , подобной кривой V_1 , с тем отличием, что конденсатор C_1 (фиг. 1), который предполагается заряжаемым до напряжения ниже нормального, предотвращает выдачу преобразователем импульсов v_1, v_2, v_3 постоянной амплитуды, вместо которых преобразователь генерирует импульсы меньшей амплитуды, подобные v_1' (масштаб искажен для облегчения восприятия), делая это всякий раз, когда конденсатор C_1 добавляет собственное напряжение к подаваемому на ИТ С напряжению, и импульсы большей амплитуды, подобные v_2' , делая это в случаях, когда конденсатор C_1 вычитает свое напряжение из подаваемого на ИТ напряжения, и, наконец, подобные v_3' им-

пульсы неизменяемой амплитуды, когда конденсатор С1 выключен из цепи. Таким образом, легко видеть, что это добавляет в сигнал VI' возмущающую составляющую на указанной частоте преобразователя. Такая возмущающая составляющая отсутствует, когда конденсаторы получают номинальный заряд. Обычно появление такой составляющей вредно. Однако, и прежде всего, выключатели оказываются под напряжением, которое по существу уже не равно разности номинальных напряжений на смежных конденсаторах, т.е. под напряжением источника напряжения, деленным на количество ступеней преобразователя. Это опасно для выключателей. Конечно, как было отмечено, ошибки в зарядах конденсаторов склонны к спонтанному поглощению. Однако оно требует времени. Кроме того, этот спонтанный процесс протекает с участием ИТ. Поэтому он невозможен без тока от ИТ и, во всяком случае, происходит медленнее, если протекающий через ИТ ток мал.

Таким образом, в многоступенчатом преобразователе описанного типа из-за несовершенства средств управления выключателями возникают ошибки в заряде конденсаторов и тем самым повышается уровень искажений напряжения, подаваемого к источнику тока, что не позволяет получать высокие эксплуатационные характеристики.

В основу изобретения положена задача создать такой МП, который бы обеспечивал постоянство уровня напряжения, подаваемого к источнику тока, что позволит получить высокие эксплуатационные характеристики.

С учетом указанных выше данных согласно изобретению предложен МП, в котором поддержание номинального среднего значения заряда на каждом конденсаторе происходит лучше.

Согласно изобретению МП содержит средства измерения разности между измеренным средним значением напряжения на каждом конденсаторе и его номинальным значением и дополнительные средства управления, изменяющие продолжительность указанного первого состояния проводимости ячейки, связанной с указанным конденсатором так, что это приводит к уменьшению измеренной разности.

В воплощении изобретения каждое из указанных средств управления включает средства для измерения напряжения источника напряжения, амплитуды модуляции, определяющей волну напряжения, по-

даваемую к указанному ИТ, порядковый номер ступени и количество ступеней, используемых для определения последовательности номинальных значений напряжения, которые должны быть на каждом конденсаторе в течение периода срабатывания, причем указанную разность измеряют компаратором, вычитающим указанное измеренное среднее значение напряжения на каждом конденсаторе из указанного номинального значения напряжения на конденсаторах.

В первом воплощении изобретения указанные средства измерения напряжения на каждом из конденсаторов включают цепь измерения напряжения на двух выводах конденсатора.

В другом варианте указанные средства измерения напряжения на каждом из конденсаторов включают цепь измерения напряжения между двумя выводами выключателя в каждой ячейке.

В следующем варианте указанные средства измерения напряжения на каждом из конденсаторов включают цепь измерения напряжения между выводами ИТ.

Каждое из указанных дополнительных средств управления предпочтительно получает в дополнение к указанному разностному сигналу значение тока I от указанного ИТ и константу, выражающую емкость конденсатора, связанного с этим средством, и вычисляет соответствующее изменение длительности указанного первого состояния проводимости ячейки, связанной с конденсатором; при этом изменение таково, что оно создает в конденсаторе заряд, компенсирующий указанную разность зарядов.

Кроме того, каждое из указанных дополнительных средств управления предпочтительно получает также сигнал модуляции и изменяет продолжительность первого состояния проводимости соответствующей ячейки таким образом, что при совокупном аналогичном действии всех дополнительных средств управления на указанный ИТ поступает среднее значение напряжения, модулированное указанным сигналом модуляции.

В дополнение к этому каждое из указанных дополнительных средств управления предпочтительно получает от смежного дополнительного средства управления сигнал изменения, сформированный в нем и определяющий изменение длительности первого состояния проводимости, производимое смежным дополнительным средством управления в связанной с ним ячейке, так что рассматриваемое допол-

нительное средство управления соответственно изменяет длительность первого состояния проводимости связанной с ним ячейки таким образом, что это компенсирует в конденсаторе этой ячейки влияние указанного изменения, произведенного в смежной ячейке.

Различные (конкретные) цели и существенные признаки изобретения более ясно изложены в нижеследующем описании примера его воплощения, который не ограничивает объем прав, со ссылками на прилагаемые чертежи, где изображены на: фиг. 1 (описанной выше) – принципиальная схема известного многоступенчатого преобразователя (МП); фиг. 2 (описанной выше) – принципиальная схема двух смежных ступеней МП с фиг. 1; фиг. 3 (описанной выше) – формы импульсов напряжений, иллюстрирующие функционирование МП с фигур 1 и 2 для случая, когда МП имеет 3 ступени; фиг. 4 – принципиальная схема средств управления для МП показанного на фиг. 1, 2 и 3 типа, скомпонованных так, чтобы сделать возможным воплощение изобретения; фиг. 5 – кривые, показывающие реализацию изобретения в конфигурации согласно фиг. 4, и относящиеся к такой произвольной ячейке МП, которая показана на фиг. 2; фиг. 6 – принципиальная схема средства измерения напряжения на конденсаторе, которую можно использовать в схеме с фиг. 4; фиг. 7 – принципиальная схема части показанного на фиг. 4 устройства, соответствующая случаю, когда среднее значение напряжения на каждом из конденсаторов определяют по напряжению между выводами каждого из выключателей в разомкнутом положении.

Из элементов фиг. 1 на фиг. 4 показаны только конденсаторы $C1, C2, \dots, Cn$.

Согласно изобретению каждый из них связан с соответствующими средствами измерения $VMO1, VMO2, \dots, VMO_n$ для измерения среднего значения напряжения. Для этого каждое средство измерения среднего значения напряжения подсоединено к выводам соответствующего конденсатора и вырабатывает оценочные сигналы $VO1, VO2, \dots, VO_n$, представляющие средние значения напряжения на таких выводах.

Согласно изобретению каждый из этих конденсаторов связан также с соответствующими средствами измерения разности $VE1, VE2, \dots, VE_n$, измеряющей, если она имеется, разность, которая может возникнуть между получаемым от соответствующего средства измерения среднего зна-

чения напряжения и номинальным средним значением напряжения на конденсаторе. Средство измерения разности само вычисляет номинальное среднее значение напряжения на конденсаторе как долю $1/n$ напряжения VE источника напряжения SE (n – количество ступеней в преобразователе), умноженную на ранг R ступени. Итак, средство измерения разности получает значение VE , постоянные же для данного преобразователя величины R и n введены в каждую цепь схемно. Средство измерения разности формирует из этих величин номинальное среднее значение напряжения заряда $VE \cdot R/n$ и сравнивает его с измеренным средним значением напряжением заряда, чтобы выдать разностный сигнал $VEC1, VEC2, \dots, VEC_n$, представляющий разность между этими двумя напряжениями.

Разностный сигнал воздействует на дополнительные средства управления, входящие в состав управляющих модулей $MCC1, MCC2, \dots, MCC_n$. Эти модули срабатывают в ответ на сигналы запуска $sd1, sd2, \dots, sdn$, поступающие к ним от генератора импульсов ВТ сдвинутыми один относительно другого в таком каждом периоде, как pl (фиг. 3), так что управление переключающими ячейками преобразователя также происходит со сдвигом. Главной функцией каждого из управляющих модулей служит выработка в течение каждого периода управляющего импульса, номинальная длительность которого определяется величиной M сигнала модуляции. Каждое из указанных дополнительных средств управления в управляющих модулях $MCC1, MCC2, \dots, MCC_n$ изменяет также длительность импульса в функциональной зависимости от разностного сигнала $VEC1, VEC2, \dots, VEC_n$ и тока I от ИТ. Каждое из указанных дополнительных средств в управляющих модулях $MCC1, MCC2, \dots, MCC_n$ предпочтительно изменяет, в конце концов, длительность импульса в функциональной зависимости от изменений его собственного управляющего импульса в смежном управляющем модуле, поступивших в него в виде сигнала изменения $SM1, SM2, \dots, SM3$, генерируемого каждым управляющим модулем $MCC1, MCC2, \dots, MCC_n$. В примере на фиг. 4 сигнал $SM1$ вырабатывает управляющий модуль $MCC2$, сигнал $SM2$ – (не показанный) модуль $MCC3$. Сигнал SM_n для управляющего модуля MCC_n упомянут ради единообразия, но на самом деле он не существует, поскольку нет модуля MCC_{n+1} . Результирующие сигналы $CT1,$

СТ2..., СТ3 управляют состояниями выключателей в соответствующих переключающих ячейках CL1, CL2..., CLn.

Более точно, разностный сигнал удлинняет (или укорачивает) продолжительность состояния "1" соответствующего выключателя T1, T2..., Tn (см. фиг. 1). Такое удлинение зависит от разности подлежащих коррекции зарядов, тока I через ИТ, измеренного включенным последовательно с ИТ датчиком тока обычного типа, и емкости конденсатора, которая, будучи константой, задана схемно в управляющем модуле.

Оно также зависит от удлинения смежного управляющего импульса, ибо "конденсатор C1 - как объяснено выше - получает дополнительный положительный заряд, вносимый тем же током, который вносит дополнительный отрицательный заряд в конденсатор C2". Так, например, увеличение длительности управляющего импульса СТ2, устанавливающего выключатель T2 в проводящее состояние и заряжающего конденсатор C2 отрицательно, добавляет нежелательный положительный заряд конденсатору C1. Следовательно, сигнал SM1 об этом дополнительном удлинении поступает в управляющий модуль MCC1 и используется для коррекции управляющего сигнала СТ1 так, что вышеупомянутый нежелательный дополнительный положительный заряд корректируется.

Естественно, что направление такой пошаговой коррекции будет противоположным, если влияние изменения заряда одного конденсатора на заряд другого будет обратным.

На фиг. 5 представлены два примера работы пары таких смежных ячеек, как ячейки на фиг. 2, при направлениях тока, указанных на фиг. 2, и показаны заряд и разряд конденсатора Ck током через него и приложенным к нему напряжением, представленными кривыми Ik и Vck. Подобным образом на фиг. 5 показана работа выключателей Tk и Tk+1 в ячейках CLK и CLK+1.

В течение периода ps1 работы преобразователя нормальные замыкающие выключатели Tk и Tk+1 импульсы не перекрываясь появляются один за другим. Как пояснено выше, импульс Tk создает импульс тока Id, который добавляет отрицательный заряд конденсатору Ck, т.е. разряжает его. Затем импульс Tk+1 создает импульс тока Ie, добавляющий положительный заряд, т.е. заряжающий конденсатор. Вначале равный ес1 уровень нап-

ряжения Vck за время действия импульса Id падает и затем за время действия импульса Ie вновь возрастает, возвращаясь к прежнему значению ес1.

Изменение номинальной длительности импульса Tk показано как удлинение импульса первым itk1 и затем - вторым itk2 корректирующим интервалом.

Поскольку корректирующий интервал itk1 короче номинального интервала между импульсами Tk и Tk+1, это приводит к увеличению длительности разряда C'ck1 конденсатора Ck, необходимой для коррекции измеренной разности, которая предположительно обусловлена его избыточным зарядом. В итоге происходит увеличение периода разряда и связанное с этим уменьшение конечного напряжения на конденсаторе Ck, которое становится равным ес1, что меньше ес2 (на фиг. 3 ес1 > ес2 - прим. переводчика).

Если коррекция простирается на второй интервал коррекции itk2 до такой степени, что удлинившийся импульс Tk по меньшей мере частично перекрывает импульс Tk+1, то период разряда длится вплоть до начала нормального заряда Tk+1. Поскольку теперь оба выключателя одновременно замкнуты, процесс заряда конденсатора Ck сокращается на величину Cck2 от начала импульса Tk+1 до окончания удлиненного импульса Tk. В итоге напряжение на конденсаторе Ck достигает значения ес3, что меньше ес2. Таким образом, как увеличение длительности разряда, так и уменьшение длительности заряда приводят к уменьшению избыточного заряда конденсатора Ck.

Естественно, приведенные примеры служат лишь иллюстрацией. Приведенные коррекции очень велики в сравнении с номинальной длительностью импульсов выключателей, чего не может быть на практике. Однако они ясно показывают, что происходит в преобразователе во время коррекции разности зарядов, когда окончание нормального импульса Tk ячейки CLK близко к началу нормального импульса Tk+1 последующей ячейки для случаев наличия или отсутствия перекрытия нормального импульса Tk+1. Эффективность коррекции была показана в обоих случаях.

На фиг. 5 для периода ps2 показан также процесс коррекции избыточного заряда конденсатора Ck в случае, когда происходит частичное перекрытие нормальных импульсов Tk и Tk+1. Подобно рассмотренной выше паре itk2/Cck2 тре-

буемую коррекцию осуществляет пара "удлиняющее $itk3$ /укорачивающее $Cck3$ ".

Легко убедиться, что при недостаточности среднего заряда конденсатора Ck обратная коррекция уменьшает номинальную длительность импульса Tk и увеличивает заряд конденсатора Ck .

В другом варианте рассматриваемая разность зарядов может быть скорректирована центральной управляющей схемой, реализующей функции всех управляющих модулей $MCC1$, $MCC2...$, $MCCn$, или схемой, содержащей все такие управляющие модули вместе со взаимосвязями и межмодульными средствами координации, что позволяет вычислять начальные коррекции для одной или более ступеней преобразователя и соответствующие последующие коррекции.

В простом воплощении такая схема поддерживает рабочую скважность, например для первой переключающей ступени, и корректирует любую разность, обнаруженную из-за изменения скважности в других ступенях, как это описано выше. В равной мере возможно поддерживать рабочую скважность в последней ступени.

Специалисту в этой области ясно, что в таких условиях при выполнении общей коррекции во всех ступенях, кроме одной, есть возможность, используя описанный выше процесс, так изменить последнюю команду, что все корректирующие воздействия не повлияют на ИТ, при этом прилагаемое к ИТ напряжение останется постоянным и лишь количество энергии, отбираемое от источника напряжения, изменится в сторону увеличения или уменьшения, причем эта энергия будет перераспределена между различными ступенями посредством вышеописанного "механизма" коррекции.

Модулируя тем же путем заряд конденсатора только $n-1$ -й ступени, можно изменять выходное напряжение преобразователя; затем вышеописанный "механизм" коррекции обеспечивает соответствующие изменения зарядов конденсаторов ступеней $n-2...$, $2,1$.

Таким образом, вышеописанная схема позволяет модулировать длительность состояния проводимости выключателей Tk так, что среднее напряжение на каждом конденсаторе Ck всегда имеет значение, как можно более близкое к номинальному.

Как было указано, номинальное напряжение заряда соответствует доле напряжения VE источника напряжения (cf на

фиг. 1), зависящей от порядкового номера k данной ступени.

Следовательно, измерение среднего значения напряжения на конденсаторе происходит так, как описано выше, средствами измерения $VMO1$, $VMO2...$, VMO_n , т.е. вообще говоря VMO_k .

Основываясь на вышесказанном и обращаясь к фиг. 6, можно видеть, что в одном воплощении схема измерения образована делителем напряжения $ptk1-ptk2$, подсоединенным к конденсатору Ck и подающим определенную часть напряжения на конденсаторе в аналого-цифровой преобразователь ADC, который при поступлении каждого импульса fkn выдает цифровое значение напряжения в усредняющую схему SCk , выход которой считывают запускаемой импульсом gk стробирующей схемой PV_k . Преимуществом является то, что сигналы f_k и g_k вырабатывает генератор импульсов BT (фиг. 4) и что их положение внутри периода срабатывания преобразователя таково, что после m измерений напряжения за указанный период и вычисления среднего значения результатов этих измерений это среднее значение один раз за указанный период появляется на выходе VOk схемы SCk в момент, выбранный управляющими модулями $MMC1$, $MMC2...$, MMC_n для определения изменения продолжительности соответствующего проводящего состояния (упомянутого выше выключателя Tk) соответствующей ячейки (см. фиг. 4).

Разумеется, средний заряд конденсатора Ck может быть измерен другими средствами.

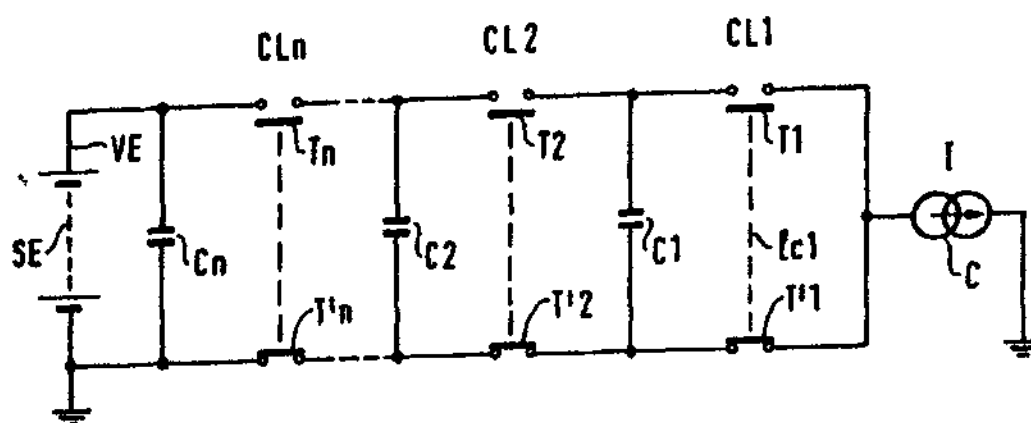
В первом из показанных на фиг. 7 вариантов вместо измерения напряжения на конденсаторе Ck измеряют напряжение между выводами выключателей каждой ячейки, чтобы путем вычитания шаг за шагом определить среднее значение напряжения на каждом из конденсаторов МП. На фиг. 7 показан один из выключателей Tk ТП из фиг. 1, к которому подключена схема Vik измерения напряжения. Можно использовать схему измерения напряжения, показанную на фиг. 6 с изменениями, сделанными специалистом в данной области, она выдает представляющий напряжение между выводами выключателя сигнал V_k схеме вычисления CC в тот момент, когда эта схема получает сигнал VCk , управляющий выключателем Tk , что позволяет схеме вычисления учитывать только значения, поступающие от схемы измерения Vik в течение периода разомкнутости выключателя. Схема вычисления

получает напряжение VE непосредственно, однако это напряжение может быть получено схемой с необходимыми упрощениями, подобной изображенной на фиг. 6; она выполняет вычитание, дающее сигналы $VO1, VO2, \dots, VOn$, указанные на фиг. 4.

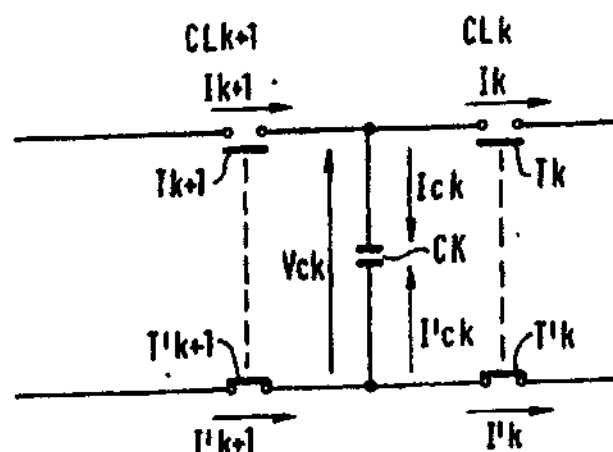
В другом варианте, который легко построить на основе фиг. 3, измеренная амплитуда поступающих к ИТ импульсов I представляет напряжение на генерирующем их конденсаторе. Одна подобная изображенной на фиг. 6 схема, присоединенная к выводам ИТ C , и измеряющая напряжение в различных точках кривой VI

фиг. 3 в течение такого каждого периода, как $p1$, следит за выходными присущими каждому из конденсаторов уровнями $v1, v2, v3$. Специалисту в данной области понятно, на основе чего можно сформировать сигналы $VO1, VO2, \dots, VOn$, представляющие измерения среднего заряда каждого из конденсаторов МП.

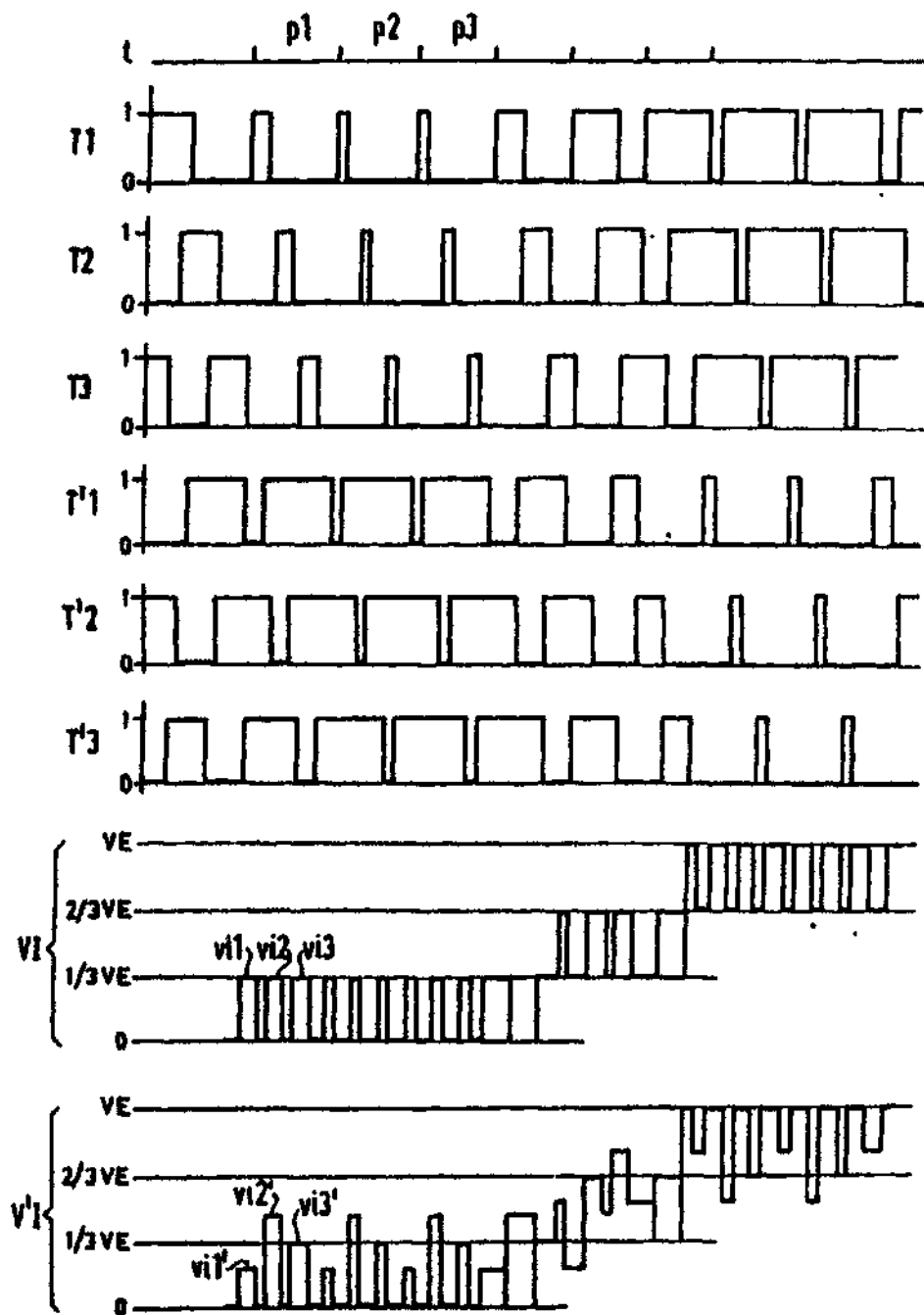
Приведенные описания, естественно, представляют собой примеры, не ограничивающие объем изобретения, а числовые значения, в частности, могут быть иными при других применениях.



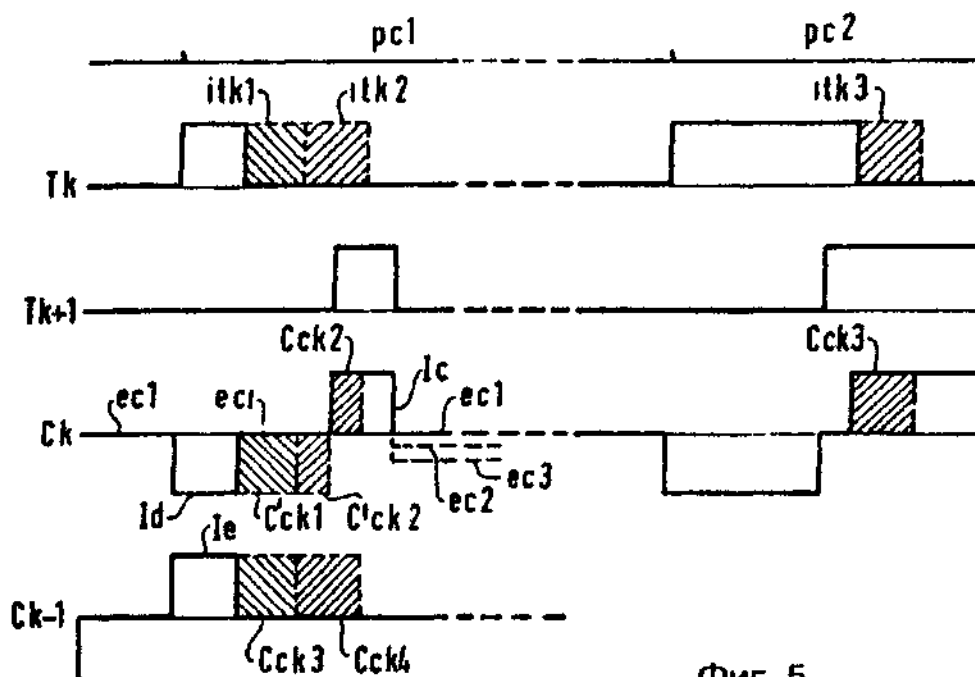
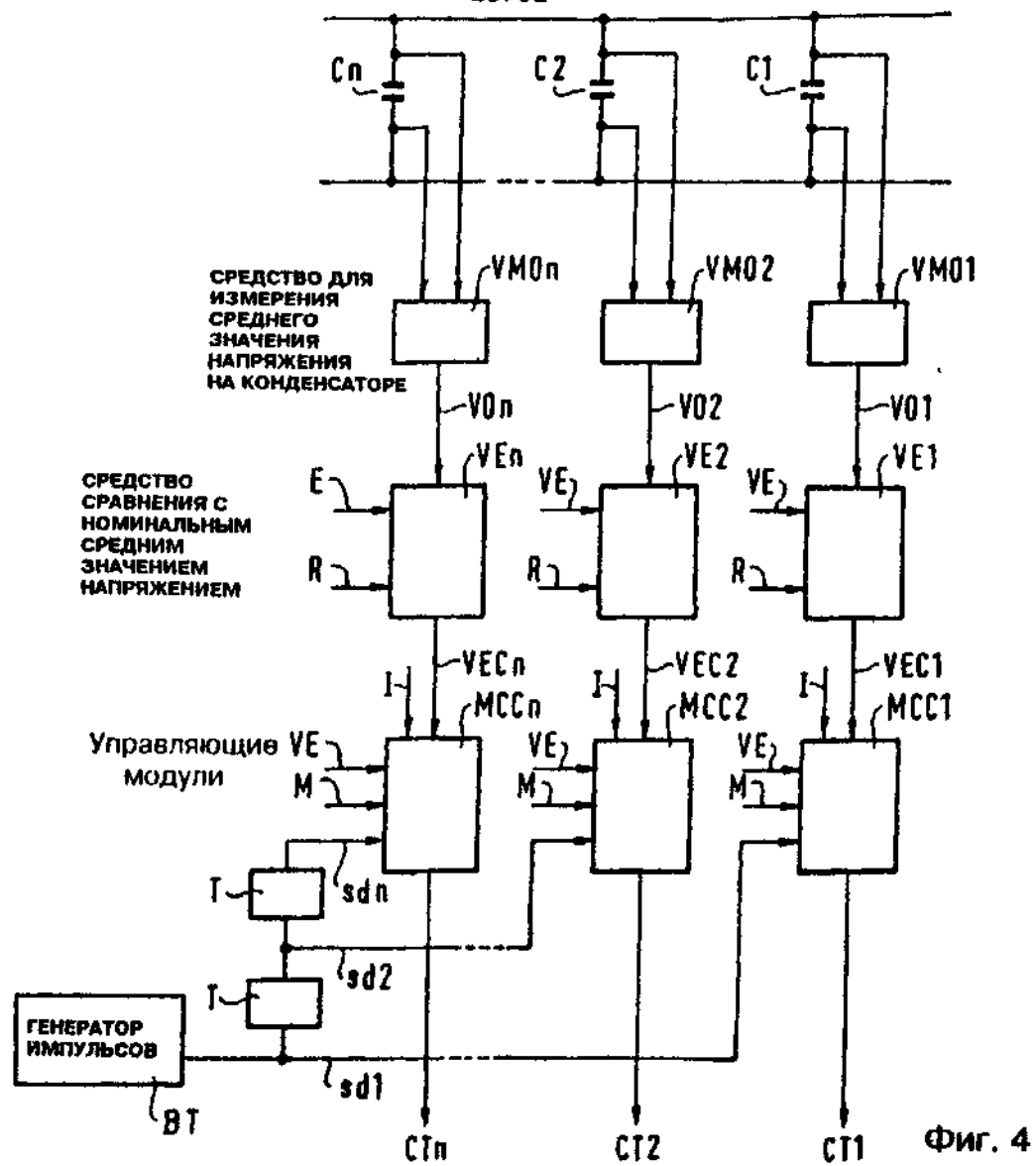
Фиг. 1

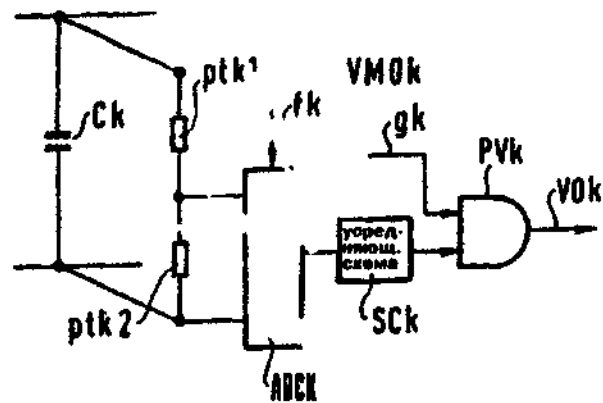


Фиг. 2

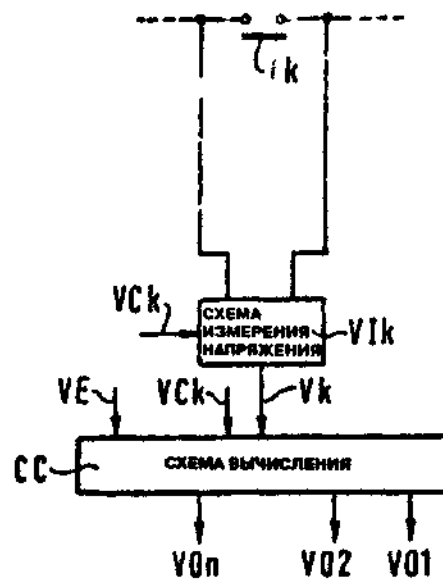


Фиг. 3





Фиг. 6



Фиг. 7

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор О.Обручар

Замовлення 529

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл, 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101