

Предполагаемое изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в составе систем управления энергоснабжением в качестве высоконадежного средства измерения электрической мощности, отдаваемой в нагрузку, а также в контуре управления режимами работы турбоустановок.

Известен измеритель электрической мощности (см.: Б.И. Швецкий. Электронные цифровые приборы. - К.: Техника, 1991. - С.154, рис.6.3), содержащий, как и предлагаемое устройство, блок согласования, выполненный на основе трансформатора напряжения и блок преобразования, выполненный на основе трансформатора тока. Кроме этого в известном устройстве выходы блока согласования и блока преобразования соединены соответственно со входами первого и второго усилителей, выходы которых подключены соответственно к первым входам третьего и четвертого усилителей, вторые входы которых соединены с шиной нулевого потенциала устройства, выход третьего усилителя подключен к входу первого ключа, выход которого соединен с выходом второго ключа, вход которого подключен к первому входу третьего усилителя и входу формирователя периодов. Входы управления первого и второго ключей подключены соответственно к первому и второму выходам формирователя импульсов, выход четвертого усилителя соединен с входом третьего ключа, выход которого соединен с выходом четвертого ключа, вход которого подключен к выходу второго усилителя, а входы управления третьего и четвертого ключей подключены соответственно к инверсному и прямому выходам триггера, вход которого соединен с выходом формирователя периодов, выход генератора подключен к входу счетчика, второй вход которого соединен с прямым выходом триггера, выходы первого и третьего ключей подключены соответственно к входам управления второго и первого генераторов управляемых напряжением, выход второго генератора подключен к входу сумматора, выход которого соединен с первым входом узла управления реверсом, второй вход которого подключен к инверсному выходу триггера, а выходы соединены со входами устройства отсчета, выходы которого соединены со входами делителя и извлекателя квадратного корня, выход первого генератора, управляемого напряжением, подключен к входу формирователя импульсов.

К недостаткам данного устройства следует отнести относительно низкое быстродействие (2 - 3 периода сети на контроль одного параметра), отсутствие оперативного контроля достоверности измерений в процессе работы и сложность резервирования данного устройства из-за отсутствия оперативных критериев работоспособности. Указанные недостатки не позволяют использовать данное устройство в составе систем управления энергоснабжением и в системах управления паровыми и газовыми турбинами, требующими повышенной надежности оборудования.

Наиболее близким по совокупности признаков к предлагаемому техническому решению является измеритель мощности (см.: Б.И. Швецкий. Электронные цифровые приборы. - К.: Техника, 1991. - С.157, рис.6, 5) содержащий, как и предлагаемое устройство, блок преобразования на

основе измерительного шунта, блок измерения, имеющий в своем составе два устройства выборки - хранения (УВХ), входы которых являются соответственно первым и вторым входами блока измерения, а выходы подключены к первому и второму входам коммутатора, выход которого соединен со входом аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выход которого является выходом результата измерения блока, входы управления первого и второго УВХ и коммутатора соединены с выходом управления формирователя управляющих импульсов, вход которого соединен с выходом кварцевого генератора, и микропроцессор, входы информации которого подключены к выходу результата измерения блока измерения, а выходы являются выходами устройства, первый и второй входы блока измерения являются соответственно входами тока и напряжения устройства, а вход управления блока измерения соединен с одноименным входом микропроцессора.

Кроме этого, в известном устройстве, выход синхронизации блока измерения соединен с соответствующим входом микропроцессора, а в блоке измерения вход управления соединен со вторым входом управления коммутатора, второй выход формирователя управляющих импульсов является выходом синхронизации блока измерения, вход формирователя периода соединен с первым входом блока, а выход подключен ко входу синхронизации формирователя управляющих импульсов.

Недостатком устройства является недостаточная надежность из-за отсутствия резервных каналов измерения, а также отсутствие встроенных средств контроля, которое затрудняет определение исправных каналов измерения при увеличении их количества с целью резервирования.

Задача, решаемая заявляемым устройством, направлена на повышение достоверности получаемых результатов измерения мощности при одновременном повышении надежности устройства в целом.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении заявляемого устройства, заключается в осуществлении высоконадежных измерений электрической мощности с повышенной достоверностью получаемых результатов и диагностикой состояния функциональных узлов измерителя мощности.

Предлагаемое устройство содержит следующие существенные признаки, общие с прототипом: первый блок преобразования, входы которого являются первыми входами тока устройства, а выход соединен с первым токовым входом блока измерения, состоящего из аналого-цифрового преобразователя, первого и второго ключей, первого и второго устройств выборки-хранения и блока управления, при этом выходы первого и второго устройств выборки-хранения подключены к входам первого и второго ключей, входы управления которых соединены соответственно с первым и вторым выходами блока управления, а выходы соединены между собой и подключены ко входу аналого-цифрового преобразователя, и ЭВМ, шина данных, шина адреса и выход записи которой являются выходами устройства.

Признаки, отличные от прототипа:

Блоки согласования с первого по третий, второй и третий блоки преобразования, второй и третий блоки измерения, блоки контроля с первого по шестой, элементы И с первого по седьмой и магистральные усилители с первого по четвертый, причем первый и второй выходы первого блока согласования подключены к первым входам напряжения первого и третьего блоков измерения соответственно, первый выход второго блока согласования соединен с первым входом напряжения второго блока измерения, первый выход третьего блока согласования подключен к первому входу третьего блока контроля, второй вход которого соединен с первым входом первого блока контроля и подключен к первому выходу первого блока согласования, второй вход первого блока контроля соединен с первым входом второго и третьим входом третьего блоков контроля соответственно и подключен к первому выходу второго блока согласования, второй вход второго блока контроля соединен со вторым входом третьего блока контроля, третьи входы первого и второго блоков контроля соединены между собой и первым входом третьего блока контроля, второй вход напряжения первого блока измерения подключен ко второму выходу третьего блока согласования, а второй вход тока первого блока измерения соединен с выходом третьего блока преобразования, первый вход тока второго блока измерения соединен с одноименным входом первого блока измерения, второй вход напряжения второго блока измерения подключен к первому выходу третьего блока согласования, второй вход тока второго блока преобразования соединен с выходом второго блока согласования, второй вход тока третьего блока измерения подключен к выходу третьего блока преобразования, выходы первого, второго и третьего блоков преобразования соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами четвертого блока контроля, первый, второй и третий входы пятого блока контроля подключены соответственно ко второму, первому и третьему входам четвертого блока контроля, а первый, второй и третий входы шестого блока контроля соединены с третьим, вторым и первым входами четвертого блока контроля соответственно, выходы результата измерения блоков измерения с первого по третий подключены к входам информации магистральных усилителей с первого по третий соответственно, входы с первого по шестой четвертого магистрального усилителя соединены соответственно с первыми выходами блоков контроля с первого по шестой, второй выход первого блока контроля соединен с четвертым входом второго блока контроля, второй выход которого соединен с четвертым входом третьего блока контроля, второй выход третьего блока контроля соединен с четвертым входом первого блока контроля, второй выход четвертого блока контроля соединен с четвертым входом пятого блока контроля, второй выход которого подключен к четвертому входу шестого блока контроля, второй выход которого соединен с четвертым входом четвертого блока контроля, выходы результата измерения блоков измерения с первого по третий подключены к информационным входам

магистральных усилителей с первого по третий соответственно, выходы которых соединены между собой и выходами четвертого магистрального усилителя и подключены к выходам шины данных ЭВМ, выходы шины адреса которой подключены к входам дешифратора адреса, первые входы элементов И с первого по третий соединены между собой и подключены к выходам записи ЭВМ, выход чтения которой соединен с первыми входами элементов И с четвертого, по седьмой, вторые входы первого и четвертого, второго и пятого, третьего и шестого элементов И попарно соединены между собой и подключены к, первому, второму и третьему выходам дешифратора адреса соответственно, четвертый выход которого соединен со вторым входом седьмого элемента И, выходы элементов И с первого по третий подключены ко входам управления блоков измерения с первого по третий соответственно, выходы элементов И с четвертого по седьмой соединены со входами управления магистральных усилителей с первого по четвертый соответственно, при этом в блок измерения введены ключи с третьего по шестой, входы третьего, четвертого и пятого, шестого ключей являются соответственно первыми входами напряжения и тока и вторыми входами напряжения и тока блока измерения, выходы третьего, пятого и четвертого, шестого ключей попарно соединены между собой и подключены к входу соответственно первого и второго устройства выборки-хранения, вход управления блока измерения является одноименным входом блока управления, третий и четвертый выходы которого подключены ко входам управления третьего, четвертого и пятого, шестого ключей соответственно, выход аналого-цифрового преобразователя подключен к информационным входам первого и второго регистров, синхровходы которых соединены соответственно с пятым и шестым выходами блока управления, а выходы подключены соответственно к первому и второму входам цифрового умножителя, выход которого подключен к первому входу сумматора, выход которого соединен с информационным входом третьего регистра, синхровход которого подключен к седьмому выходу блока управления, а выход соединен со вторым входом сумматора и является выходом результата измерения блока измерения, кроме того блок контроля содержит первый аналоговый компаратор, первый вход которого является первым входом блока, а второй вход соединен с шиной нулевого потенциала устройства, первый и второй входы аналогового сумматора являются соответственно вторым и третьим входами блока контроля, а выход, через выпрямитель, соединен с первым входом второго аналогового компаратора, второй вход которого подключен к источнику опорного напряжения, а выход соединен с информационным входом первого триггера, выход которого подключен к информационному входу второго триггера и первому входу элемента И, второй вход которого соединен с выходом второго триггера, а выход подключен к информационному входу третьего триггера, синхровход которого является четвертым входом блока, а выход - первым выходом блока, выход первого компаратора соединен с синхровходами первого и второго триггеров и является вторым выходом блока.

Указанная совокупность известных и

отличительных признаков заявляемого изобретения позволяет повысить надежность измерений мощности трехфазной сети и обеспечить возможность диагностирования исправности функциональных узлов устройства и его входных цепей.

Известно, что полную активную мощность в трехфазной сети можно измерить с помощью метода Арона ("метода двух ваттметров"). Мощность, измеренная при помощи этого метода, при разном включении ваттметров будет описываться следующими выражениями

$$\dot{S}_1 = \dot{U}_{AB}I_A + \dot{U}_{CB}I_C; \quad (1)$$

$$\dot{S}_2 = \dot{U}_{AC}I_A + \dot{U}_{BC}I_B; \quad (2)$$

$$\dot{S}_3 = \dot{U}_{BA}I_B + \dot{U}_{CA}I_C \quad (3)$$

где $\dot{S}_1, \dot{S}_2, \dot{S}_3$ - результат измерения мощности;

$\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{CB}, \dot{U}_{AC}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{BA}, \dot{U}_{CA}$ - значения фазных напряжений между фазами при разном включении ваттметров;

I_A, I_B, I_C - токи в фазах А, В и С.

При любом из трех вариантов включения ваттметров должно выполняться равенство

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_2 = \dot{S}_3. \quad (4)$$

Для повышения надежности и достоверности измерения мощности в трехфазной сети в нее включаются три измерителя мощности таким образом, что обеспечивается измерение мощности каждым из них в соответствии с одним из выражений (1), (2) и (3).

Каждый из указанных измерителей подключен к ЭВМ и с ее помощью производится проверка показаний каждого из трех измерителей на выполнение условия равенства результатов измерения в соответствии с выражением (4). Выполнение условия (4) соответствует исправности всех трех каналов измерения и гарантирует достоверность измерения. Если условие (4) не выполняется, то определить достоверное показание измерителя простым "голосованием" (программным мажоритированием) невозможно по следующим причинам. Если отказал непосредственно один из измерителей, то определение правильного показания можно произвести путем "голосования два из трех", а если отказ обусловлен нарушениями в измерительной цепи любого фазного напряжения или тока, то выбор показания путем "голосования два из трех" даст ложный результат, так как, например, при обрыве в измерительной цепи любого фазного тока I_A, I_B или I_C будут искажены результаты замера двух измерителей из-за того, что значение каждого из фазных токов входит в два выражения из трех (1), (2), (3). Аналогичные результаты будут и при нарушении в измерительных цепях фазных напряжений. Для исключения указанной неоднозначности в устройство вводятся блоки контроля фазных токов и напряжений, которые обеспечивают контроль исправности измерительных цепей исходя из следующих условий

$$1. \text{ При } \dot{U}_{AB} = 0 \quad \dot{U}_{AC} + \dot{U}_{BC} = 0 \quad (5)$$

$$2. \text{ При } \dot{U}_{AC} = 0 \quad \dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} = 0 \quad (6)$$

$$3. \text{ При } \dot{U}_{BC} = 0 \quad \dot{U}_{AB} + \dot{U}_{AC} = 0 \quad (7)$$

$$4. \text{ При } I_A = 0 \quad I_B + I_C = 0 \quad (8)$$

$$5. \text{ При } I_B = 0 \quad I_A + I_C = 0 \quad (9)$$

$$6. \text{ При } I_C = 0 \quad I_A + I_B = 0 \quad (10)$$

Т.е. в момент равенства нулю соответствующего фазного тока либо напряжения,

сумма двух других токов либо напряжений также должна равняться нулю.

Таким образом, при выявлении нарушения условия (4), ЭВМ анализирует состояние блоков контроля и, если выявлено невыполнение условий (5) - (10), то путем их анализа устанавливается по какому из фазных токов или напряжений произошло нарушение входных цепей и в качестве достоверного принимается результат измерения того измерителя, в котором данный параметр не используется. Если анализом условий (5) - (10) установлено их выполнение, то в качестве достоверного принимается результат измерения выявленный с помощью "голосования два из трех" и в этом случае можно считать, что невыполнение условия (4) обусловлено отказом того измерителя, показания которого не равны показаниям двух оставшихся измерителей. Технический результат достигается тем, что каждый из блоков измерения включается в трехфазную сеть таким образом, что обеспечивает измерение активной мощности сети в соответствии с одним из выражений (1) - (3). ЭВМ контролирует результаты измерения каждого из блоков измерения на выполнение условия (4). Блоки контроля с первого по шестой обеспечивают контроль состояния входных цепей устройства путем проверки выполнения условий (5) - (10), причем каждый блок проверяет одно из условий, например, первые три блока контроля проверяют исправность измерительных цепей фазных напряжений, а оставшиеся три - исправность измерительных цепей фазных токов. В случае невыполнения условий (5) - (10) на выходе соответствующего блока контроля появляется сигнал, говорящий о нарушении в измерительных цепях соответствующих сигналов, который считывается ЭВМ. ЭВМ анализирует в процессе обработки результатов измерения в каждом цикле измерения мощности выполнение условия (4) и контролирует состояние выходных сигналов блоков контроля. Если условие (4) выполняется и отсутствуют сигналы о неисправности с выходов блоков контроля, то это говорит о полной исправности устройства. Если условие (4) не выполняется, а на выходах блоков контроля отсутствуют сигналы неисправности, то это говорит о неисправности одного из измерителей и ЭВМ выбирает достоверный результат путем "голосования два из трех". Если на выходах блоков контроля присутствуют сигналы с неисправностями, то ЭВМ выбирает в качестве достоверного результат измерения того блока измерения, на входы которого поступают те фазные токи и напряжения, для которых выполняются условия (5) - (10). Например, при обрыве измерительных цепей напряжения между фазами А и В (\dot{U}_{AB}) условия (6) и (7) выполняться не будут и в качестве достоверного будет выбран результат измерения с выхода блока измерения на входы которого поступают напряжения между фазами \dot{U}_{AC} и \dot{U}_{BC} , что соответствует выражению (2), а результаты измерения блоков измерения, определяющих мощность по выражениям (1) и (3) будут недостоверными.

Анализ результатов измерения при помощи ЭВМ позволяет вести оперативный диагностический контроль исправности функциональных узлов устройства и состояния входных измерительных цепей.

Указанные качества позволяют использовать

предлагаемое устройство в системах энергоснабжения и системах управления режимами работы турбоустановок в качестве высоконадежного датчика электрической мощности, включенного в контур оперативного управления режимами работы и технологическими защитами указанных систем.

На фиг.1 приведена функциональная схема устройства; на фиг.2 - функциональная схема блока согласования; на фиг.3 - функциональная схема блока преобразования; на фиг.4 - функциональная схема блока измерения; на фиг.5 - функциональная схема блока контроля; на фиг.6 - функциональная схема блока управления, входящего в блок измерения (функциональные схемы блоков согласования и преобразования, а также блока управления приведены в качестве примера выполнения). На фиг.7 приведены резервные диаграммы работы блока управления.

Резервированный измеритель электрической мощности (см. фиг.1) содержит три блока согласования с первого 1 по третий 3, три блока преобразования с первого 4 по третий 6, три блока измерения с первого 7 по третий 9, шесть блоков контроля с первого 10 по шестой 15, ЭВМ 16, дешифратор адреса 17, семь элементов И с первого 18 по седьмой 24, четыре магистральных усилителя с высоким выходным импедансом с первого 25 по четвертый 28, три входа напряжения переменного тока с первого 29 по третий 31, три входа переменного тока с первого 32 по третий 34, выход шины данных 35, выход записи 36, выход шины адреса 37. Входы напряжения переменного тока с первого 29 по третий 31 соединены соответственно со входами блоков согласования с первого 1 по третий 3, а входы блоков преобразования с первого 4 по третий 6 подключены к входам переменного тока с первого 32 по третий 34 соответственно.

Первый выход первого блока 1 согласования соединен с первым входом напряжения блока 7 измерения, первым входом первого 10 блока контроля и вторыми входами второго 11 и третьего 12 блоков контроля. Второй выход первого блока 1 согласования соединен с первым входом напряжения третьего блока 9 измерения. Первый выход второго блока 2 согласования подключен к первому входу напряжения второго блока 8 измерения, второму входу первого 10 и первому входу второго 11 блока контроля и соединен с третьим входом третьего блока 12 контроля. Второй выход второго блока 2 согласования соединен со вторым входом напряжения третьего блока 9 измерения. Первый выход третьего блока 3 согласования подключен ко второму входу напряжения второго блока 8 измерения и третьим входам первого 10 и второго 11 блоков контроля и соединен с первым входом третьего блока 12 контроля. Второй выход третьего блока 3 согласования соединен со вторым входом напряжения первого блока 7 измерения. Выход первого блока 4 преобразования подключен к первым входам тока первого 7 и второго 8 блоков измерения и соединен с первым входом четвертого 13 и вторыми входами пятого 14 и шестого 15 блоков контроля соответственно. Выход второго блока 5 преобразования соединен со вторым и первым входами тока второго 8 и третьего 9 блоков измерения соответственно и подключен к первому, второму и третьему входам

соответственно пятого 14, четвертого 13 и шестого 15 блоков контроля. Выход третьего блока 6 преобразования соединен со вторыми входами тока первого 7 и третьего 9. блоков измерения и подключен к третьим входам четвертого 13 и пятого 14 блоков контроля и первому входу шестого блока 15 контроля. Выход 35 записи устройства соединен с выходом записи ЭВМ 16 и с первыми входами элементов И с первого 18 по третий 20, вторые входы которых подключены ко вторым входам элементов И с пятого 22 по шестой 23 соответственно и соединены с выходами с первого по третий дешифратора адреса 17 соответственно, а четвертый выход дешифратора подключен ко второму входу элемента И 24. Выходы элементов И с первого 18 по третий 20 соединены со входами управления соответствующих блоков измерения с первого 7 по третий 9. Вторые входы элементов И с четвертого 21 по седьмой 24 соединены между собой и выходом чтения ЭВМ 16. Выходы шины адреса ЭВМ 16 соединены со входами дешифратора адреса 17 и являются выходами шины адреса 37 устройства. Выходы элементов И с четвертого 21 по седьмой 24 соединены со входами управления магистральных усилителей с первого 25 по четвертый 28 соответственно. Первые входы блоков контроля с первого 10 по шестой 15 подключены к соответствующим входам четвертого магистрального усилителя 28. Второй выход первого блока контроля 10 соединен с четвертым входом второго блока контроля 11, второй выход которого подключен к четвертому входу третьего блока контроля 12, второй выход которого соединен с четвертым входом первого блока контроля 10. Второй выход четвертого блока контроля 13 подключен к четвертому входу пятого блока контроля 14, второй выход которого соединен с четвертым входом шестого блока контроля 15, второй выход которого подключен к четвертому входу четвертого блока контроля 15. Выходы блоков измерения с первого 7 по третий 9 соединены с информационными входами магистральных усилителей с первого 25 по третий 27 соответственно. Выходы магистральных усилителей с первого 25 по четвертый 28 соединены поразрядно между собой и шиной данных ЭВМ 16, и являются выходами 35 устройства.

Каждый из блоков согласования с первого 1 по третий 3 содержит (см. фиг.2) входной понижающий трансформатор 38, усилитель 39, инвертор 40, вход напряжения 41 и первый 42 и второй 43 выходы напряжения.

Первичная обмотка трансформатора 38 соединена со входами 41 блока, а вторичная обмотка соединена с входами усилителя 39, выход которого подключен к первому выходу 42 и входу инвертора 40, выход которого является вторым выходом 43 блока.

Каждый из блоков преобразования с первого 4 по третий 6 (см. фиг.3) содержит измерительный шунт 44, усилитель 45, вход тока 46 и выход 47.

Входы блока 46 соединены со входами усилителя 45 параллельно которым подключен измерительный шунт 44. Выход усилителя 45 является выходом 47 блока.

Каждый из блоков измерения с первого 7 по третий 9 (см. фиг.4) содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 48, первое 49 и второе 50 устройства выборки-хранения, шесть управляемых

ключей с первого 51, по шестой 56, три регистра с первого 57 по третий 59, цифровой умножитель 60, цифровой сумматор 61, блок управления 62, первые 63 и 64 входы напряжения и тока соответственно, вторые 65 и 66 входы напряжения и тока соответственно, вход 67 управления и выход 68. Входы напряжения и тока блока с 63 по 66 соединены с сигнальными входами ключей с 53 по 56 соответственно. Выходы 53 и 55, а также 54 и 56 ключей соединены между собой и подключены к входам соответственно первого 49 и второго 50 устройств выборки-хранения, выходы которых подключены к сигнальным входам 51 и 52 ключей соответственно. Выходы 51 и 52 ключей соединены между собой и входом АЦП 48. Выходы АЦП 48 подключены к информационным входам первого 57 и второго 58 регистров, выходы которых соединены с первыми и вторыми входами умножителя 60 соответственно. Выходы умножителя 60 подключены к первой группе входов сумматора 61, вторая группа входов которого соединена с выходами третьего регистра 59 и является выходом 68 блока, а выход подключен к информационным входам третьего регистра 59.

Вход управления 67 блока является входом блока 62 управлений. Первый и второй выходы блока 62 управления соединены со входами управления первого 51 и второго 52 ключей соответственно, третий и четвертый выходы которого подключены ко входам управления третьего 53, четвертого 54 и пятого 55, шестого 56 ключей соответственно, пятый, шестой и седьмой выходы этого же блока подключены к входам синхронизации первого 57, второго 58 и третьего 59 регистров.

Каждый из блоков контроля с первого 10 по шестой 15 (см. фиг.5) содержат первый 69 и второй 70 компараторы, аналоговый сумматор 71, выпрямитель 72, первый 73, второй 74 и третий 75 триггеры, элемент И 76, входы с первого 77 по четвертый 80 и первый 81 и второй 82 выходы. Первый вход первого компаратора 69 является первым 77 входом блока, второй вход этого же компаратора соединен с шиной нулевого потенциала устройства, а выход подключен к синхровходам первого 73 и второго 74 триггеров и является вторым выходом 82 блока. Первый и второй входы сумматора 71 являются соответственно вторым 78 и третьим 79 входами блока, а выход сумматора соединен, через выпрямитель 72, с первым входом второго компаратора 70, второй вход которого подключен к источнику опорного напряжения блока, а выход соединен с информационным входом первого 73 триггера. Выход первого 73 триггера подключен к первому входу элемента И 76 и к информационному входу второго 74 триггера, выход которого соединен со вторым входом элемента И 76. Выход элемента И 76 подключен к информационному входу третьего триггера 75, синхровход которого является четвертым 80 входом блока, а выход - первым 81 выходом блока.

Блок управления 62 блока измерения (см. фиг.6) содержит вычитающий счетчик 83, последовательный регистр 84, первый 85 и второй 86 триггеры, генератор тактовых импульсов 87, шифратор 88, шесть элементов И с 89 по 94, элемент НЕ, 95, вход управления 96 и первый 97, второй 98, третий 99, четвертый 100, пятый 101,

шестой 102 и седьмой 103 выходы.

Выходы шифратора 88 соединены с информационными входами вычитающего счетчика 83, вход записи которого является входом управления 96 блока и соединен с входами сброса регистра 84 и триггеров 85 и 86. Выход заема счетчика 83 соединен со входом элемента И 89, другой вход которого подключен к выходу генератора 87 тактовых импульсов, а выход соединен с первыми входами элементов И с 90 по 94 и подключен к синхровходу регистра 84 и триггеру 85. Первый выход регистра 84 соединен со вторыми входами элементов И 90 и 91, третьи входы которых подключены соответственно к инверсному и прямому выходам триггера 86. Второй выход регистра 84 является выходом 97 блока и подключен ко второму входу элемента И 92, выход которого является выходом 101 блока. Выходы элементов И 90 и 91 являются 99 и 100 выходами блока соответственно. Третий выход регистра 84 является выходом 98 блока и соединен со вторым входом элемента И 93, выход которого является выходом 102 блока. Четвертый выход регистра 83 подключен ко второму входу элемента И 94, выход которого является выходом 103 блока. Вход элемента НЕ 95 соединен с четвертым выходом регистра 84, а выход подключен к информационному входу триггера 85, прямой выход которого соединен с синхровходами счетчиков 83 и триггера 86, а инверсный выход подключен к информационному входу регистра 84.1 и К-входы триггера 86 объединены и подключены к шине логической единицы устройства.

Рассмотрим работу блоков, входящих в устройство.

Блоки согласования 1 - 3 (см. фиг.2) служат для электрического согласования входных цепей фазных напряжений с электронными узлами устройства. Трансформатор 38 понижает входное фазное напряжение и подает его на вход усилителя 39, подбором коэффициента усиления которого исключается влияние разброса коэффициента трансформации в различных трансформаторах на погрешность измерения и, тем самым, увеличивается точность измерения. С выхода усилителя 39 на первый 42 выход блока поступает прямое фазное напряжение (например U_{AB}), а на выход 43 блока через инвертор 40 поступает обратное напряжение (U_{BA}), фаза которого сдвинута относительно прямого на 180° .

Блоки преобразования 4 - 5 служат для преобразования сигналов фазных токов, поступающих от трансформаторов тока, в напряжение. Токовый сигнал со входов 46 (см. фиг.3) поступает на подключенный параллельно входу измерительный шунт 44, к которому подключен усилитель 45, обеспечивающий усиление напряжения, снимаемого с шунта и выдачу его на выход 47 в виде напряжения, пропорционального соответствующему фазному току.

Блоки измерения 7 - 9 (см. фиг.4) служат для измерения мощности трехфазной сети. На первый 63 и второй 65 входы напряжения и первый 64 и второй 66 входы токов поступают сигналы в виде напряжения, пропорциональные фазным токам и напряжениям. Для определенности рассмотрим прием, что на входы напряжения поступают напряжения U_{AB} и U_{CB} , а на входы токов напряжения пропорциональные токам I_A и I_C . При

поступлении сигнала на вход 67 управления блока блок 62 управления и регистры 57 - 58 устанавливаются в исходное состояние (цепи установки регистров в исходное состояние на чертеже не показаны). После снятия сигнала со входа 67 блок управления 62 начинает формировать на своих выходах с первого по седьмой импульсы в соответствии с временной диаграммой приведенной на фиг.7. Появление импульса на третьем выходе блока управления открывает ключи 53 и 54 и на первое 49 и второе 50 устройства выборки-хранения (УВХ) поступают сигналы U_{AB} и I_A соответственно и запоминаются. Затем сигналом с первого выхода блока 63 управления открывается ключ 51 и АЦП 48 производит измерение U_{AB} , результат которого по импульсу с пятого выхода блока 62 управления заносится в первый регистр 57. Затем по импульсу с четвертого выхода блока 62 открывается ключ 52 и сигнал с УВХ 50 поступает на АЦП 48 и результат измерения по импульсу с шестого выхода блока 62 управления записывается в регистр 58. АЦП 48 обеспечивает измерение с учетом знака и в регистр 57, 58 хранится результат измерения U_{AB} и I_A с учетом знака. Умножитель 60 производит умножение чисел, находящихся в регистрах 57 и 58, также с учетом знака, а сумматор 61 выполняет алгебраическое сложение чисел, находящегося в регистре 59, и числа, поступающего с выхода умножителя 60. Импульсом с седьмого выхода блока 62 управления результат с выхода сумматора 61 записывается в регистр 59. Затем в такой же последовательности происходит обработка сигналов со вторых входов 65 напряжения U_{CB} и 66 тока I_C , только в этом случае вместо ключей 53 и 54 открываются ключи 55 и 56 сигналом с четвертого выхода блока 62 управления. После завершения первого цикла измерения мгновенных значений обоих напряжений и токов, в регистре 59 будет находиться мгновенная мощность, вычисленная в соответствии с выражением (1). После этого блок 62 управления повторяет формирование управляющих сигналов на своих выходах в течение времени измерения $T_{изм}$, равного длительности периода частоты измеряемой сети. В этом случае за время измерения $T_{изм}$ в регистре 59 будет накоплена алгебраическая сумма некоторого количества n мгновенных значений мощности S_{11} . Но так как

$$S_1 = \int_1^n S_{11} dt_n \quad (11)$$

что равносильно

$$S_1 = \sum_{i=1}^n S_{11i} \quad (12)$$

то после окончания измерения в регистре 59 будет находиться результат измерения мощности.

Блоки контроля 10 - 15 (см. фиг.5) работают следующим образом.

В начальный момент времени все триггеры блока устанавливаются в исходное состояние. Цепи установки в исходное состояние на чертеже не указаны. На входы 78, 79 и 80 поступает напряжение, сдвинутое по фазе друг относительно друга на 120° . На аналоговом сумматоре 71 алгебраически суммируются сигнала со входов 79 и 80, и, через выпрямитель 72, поступают на вход компаратора 70, который формирует на своем выходе единичный сигнал, если сигнал с выхода выпрямителя 72, поступающий на первый вход

компаратора, превышает некоторое пороговое напряжение U_p . На выходе компаратора 69 формируется единичный сигнал, если значение сигнала на входе 77 больше нуля, причем фронт сигнала на выходе компаратора совпадает (с определенным допуском) с моментом равенства нулю входного сигнала. В момент равенства нулю сигнала на входе 77 алгебраическая сумма сигналов на двух других входах 78 и 79 также должна равняться нулю. Если сигнал на выходе сумматора 71 не равен нулю и превышает по абсолютной величине значение U_p , то на выходе компаратора 70 появляется единичный сигнал, поступающий на вход информации триггера 73, который фронтом сигнала с выхода компаратора 69 устанавливается в единицу. Если в следующем периоде частоты сети сигнал рассогласования с выхода компаратора 70 останется, то по сигналу с выхода компаратора 69 триггер 74 установится в единицу, на выходе элемента И 76 появится сигнал, разрешающий по фронту сигнала на входе 80 установку триггера 75 в единицу, что говорит о нарушениях в соотношении входных сигналов блока.

Поочередное срабатывание триггеров 73, 74 и 75 обеспечивает задержку формирования сигнала о нарушении на время от одного до двух периодов частоты сети для отстройки от случайных помех.

Блок управления 62 (см. фиг.6 и временные диаграммы на фиг.7) работает следующим образом. По импульсу на входе 96 в вычитающий счетчик 83 записывается число N с выхода шифратора 88, равное удвоенному количеству измерений n мгновенных мощностей по первым и вторым входам тока и напряжения блока измерения в течение времени измерения $T_{изм}$, т.е. $N = 2n$. После этого на выходе заема счетчика 83 появляется единичный сигнал, разрешающий прохождение импульсов частоты с выхода генератора 87 через элемент И 89, блок начинает работать и на его выходах 97 ... 103 появляются сигналы в соответствии с временной диаграммой. В конце каждого цикла измерения мгновенной мощности по одной фазе на синхровход счетчика 83 поступает импульс с прямого выхода триггера 85 и содержимое счетчика уменьшается на единицу. После выполнения N измерений мощности значение кода в счетчике 83 становится равным нулю, на его выходе заема устанавливается нулевой сигнал и работа блока прекращается до поступления следующего импульса на вход управления.

Рассмотрим работу устройства (см. фиг.1). После подачи напряжения питания на устройство все триггерные устройства приводятся в исходное состояние. Цепи установки в исходное состояние на чертеже не указаны. На все входы напряжения 29, 30, и 31 и тока 32, 33 и 34 поступают соответствующие сигналы фазных напряжений U_{AB} , U_{AC} и U_{BC} , токов I_A , I_B и I_C , что вызывает появление соответствующих выходных сигналов на выходах блоков 1, 2 и 3 согласования и 4, 5 и 6 преобразования. Выходные сигналы на первом и втором выходах блоков согласования 1, 2 и 3 соответствуют напряжениям U_{AB} , U_{BA} , U_{AC} , U_{CA} и U_{BC} , U_{CB} , а выходные сигналы блоков преобразования 4, 5 и 6 - соответствуют токам I_A , I_B и I_C . Блоки измерения 7, 8 и 9 подключены к соответствующим блокам согласования и преобразования таким образом, что на их первые и

вторые входы напряжения и первые и вторые входы тока поступают соответственно сигналы U_{AB} , U_{CB} и I_A , I_C ; U_{AC} , U_{BC} и I_A , I_B ; U_{BA} , U_{CA} и I_B , I_C . То есть, блоки измерения 7, 8 и 9 обеспечивают измерение мощности в соответствии с выражениями (1) - (3). Затем с выхода шины адреса ЭВМ 16 последовательно поступают три кодовые комбинации, каждая в сопровождении сигнала на выходе записи. Это вызывает последовательное появление единичных сигналов на выходах дешифратора 17 адреса с первого по третий и, через элементу И 18, 19 и 20, на входы управления блоков 7, 8 и 9 измерения последовательно поступают импульсы, запускающие цикл измерения каждого из блоков измерения.

После этого с задержкой, большей одного периода частоты сети, с выхода шины адреса ЭВМ 16 поступают последовательно три адресные комбинации, каждая в сопровождении сигнала на выходе чтения, которые вызывают появление единичных сигналов на выходах дешифратора адреса 17 с первого по третий, которые через элементы И 21, 22 и 23 поступают последовательно на входы управления магистральными усилителями 25, 26 и 27 соответственно и открывают их, обеспечивая тем самым выдачу результатов измерения с выходов блоков измерения 7, 8 и 9 на вход шины данных ЭВМ 16. Независимо от выполняемых блоками измерения замеров мощности блоки контроля с первого 10 по третий 12 и с четвертого 13 по шестой 15 производят контроль фазных напряжений и токов на выполнение условий (5) - (10) соответственно. Для исключения сбоев от случайных помех по измерительным цепям регистрация нарушений и проверка условий разнесены во времени. Так, например, блок контроля 10 проверяет условие $U_{AC} + U_{BC} = 0$ в момент, когда $U_{AB} = 0$, а регистрация нарушения (появление единичного сигнала на первом выходе блока 10) происходит по сигналу, поступающему со второго выхода блока 12 контроля, в момент времени, когда $U_{BC} = 0$. Опрос состояния выходных сигналов блоков контроля производится ЭВМ 16 независимо от измерения путем подачи соответствующего кода адреса на дешифратор 17. Это вызывает появление единичного сигнала на четвертом выходе дешифратора 17 адреса и при наличии сигнала чтения на выходе ЭВМ 16 на вход управления магистральным элементом 28 поступает, через элемент И 24, единичный сигнал, который открывает его и на шину данных ЭВМ 16 проходят сигналы с первых выходов блоков контроля 10 - 15.

Обработку результатов измерения мощности и выбора достоверного значения измеренной мощности выполняет ЭВМ 16 по следующему алгоритму:

1. Результаты измерения S_1 , S_2 и S_3 , считанные с соответствующих блоков измерения, проверяются на выполнение условия (4), с учетом того, что возможное несовпадение результатов измерения не должно превышать некоторой допустимой величины ΔS , обусловленной погрешностью измерения.

2. Если условие (4) выполняется, то все измеренные значения мощности S_1 , S_2 и S_3 являются достоверными, устройство и его входные цепи исправны и в качестве результата измерения можно выбрать любое значение мощности S_1 , S_2 и

S_3 , например среднее арифметическое.

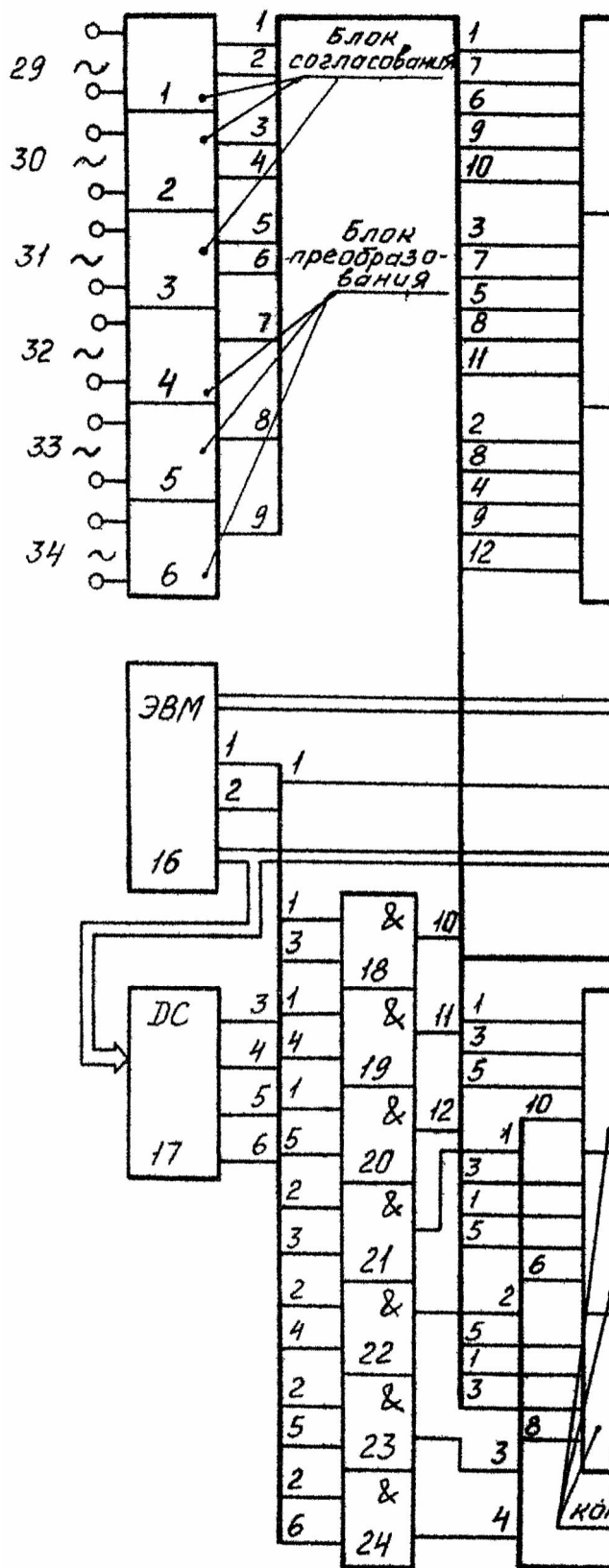
3. Если условие (4) не выполняется, то считывается состояние выходных сигналов (контрольное слово) блоков контроля и выполняется их анализ.

4. Если все разряды контрольного слова равны нулю, то это говорит об исправности входных цепей устройства и неисправности одного из каналов измерения. В этом случае в качестве достоверного результата измерения выбираются те значения мощности, разность между которыми не превышает величины ΔS .

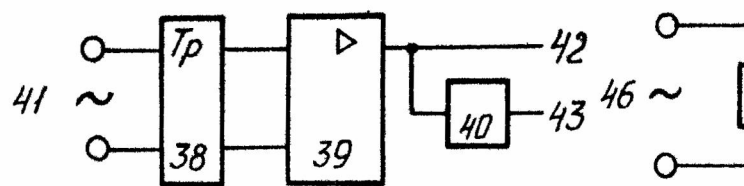
5. Если контрольное слово не равно нулю, то это свидетельствует о нарушениях во входных измерительных цепях устройства. Достоверный результат измерения в этом случае определяется следующим образом. Если имеется отказ по входным цепям напряжения, то будет выполняться только одно из условий (5) - (7), если отказ по входным цепям тока, то будет выполняться только одно условие из (8) - (10). Это обусловлено тем, что каждый из параметров напряжения и тока входит в два условия (5) - (10). В этом случае определяется выражение из (5) - (7) и (8) - (10), для которого выполняется условие равенства нулю и в качестве достоверного результата измерения мощности выбирается результат измерения, считанный с того блока измерения, в выражение [(1) - (3)] расчета мощности которого не входит отказавший параметр.

Например, при отказе входных цепей по напряжению U_{AB} из условий (5) - (7) будет выполняться только условие (5). В этом случае в качестве достоверного результата измерения мощности следует выбрать результат измерения S_2 второго блока измерения, который обеспечивает измерение по выражению (2). Значения S_1 и S_3 в этом случае следует признать недостоверными.

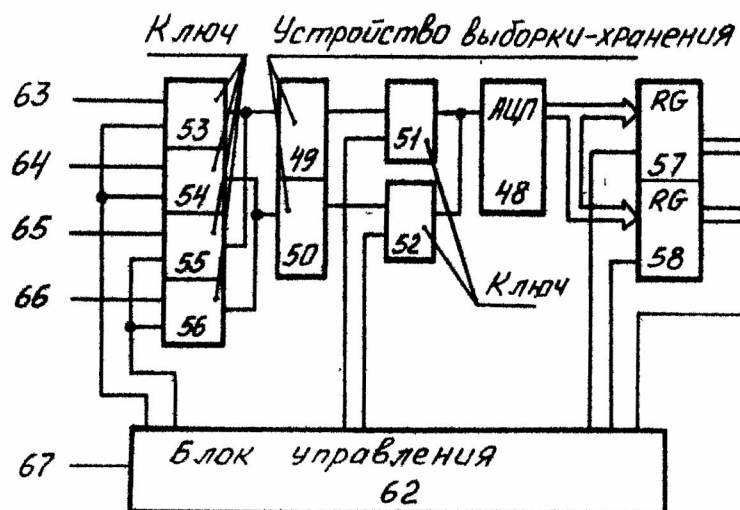
Таким образом, устройство обеспечивает устойчивость к отказу одного любого функционального узла или входной измерительной цепи. Кроме выбора достоверного результата измерения, анализ контрольного слова обеспечивает возможность оперативного диагностирования состояния функциональных узлов устройства, что облегчает поиск неисправности и ремонт при его эксплуатации.



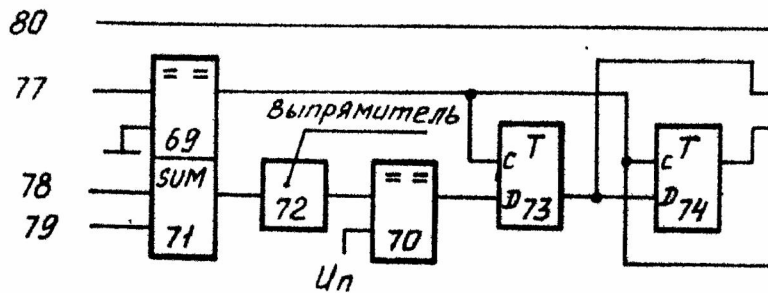
Фиг. 1



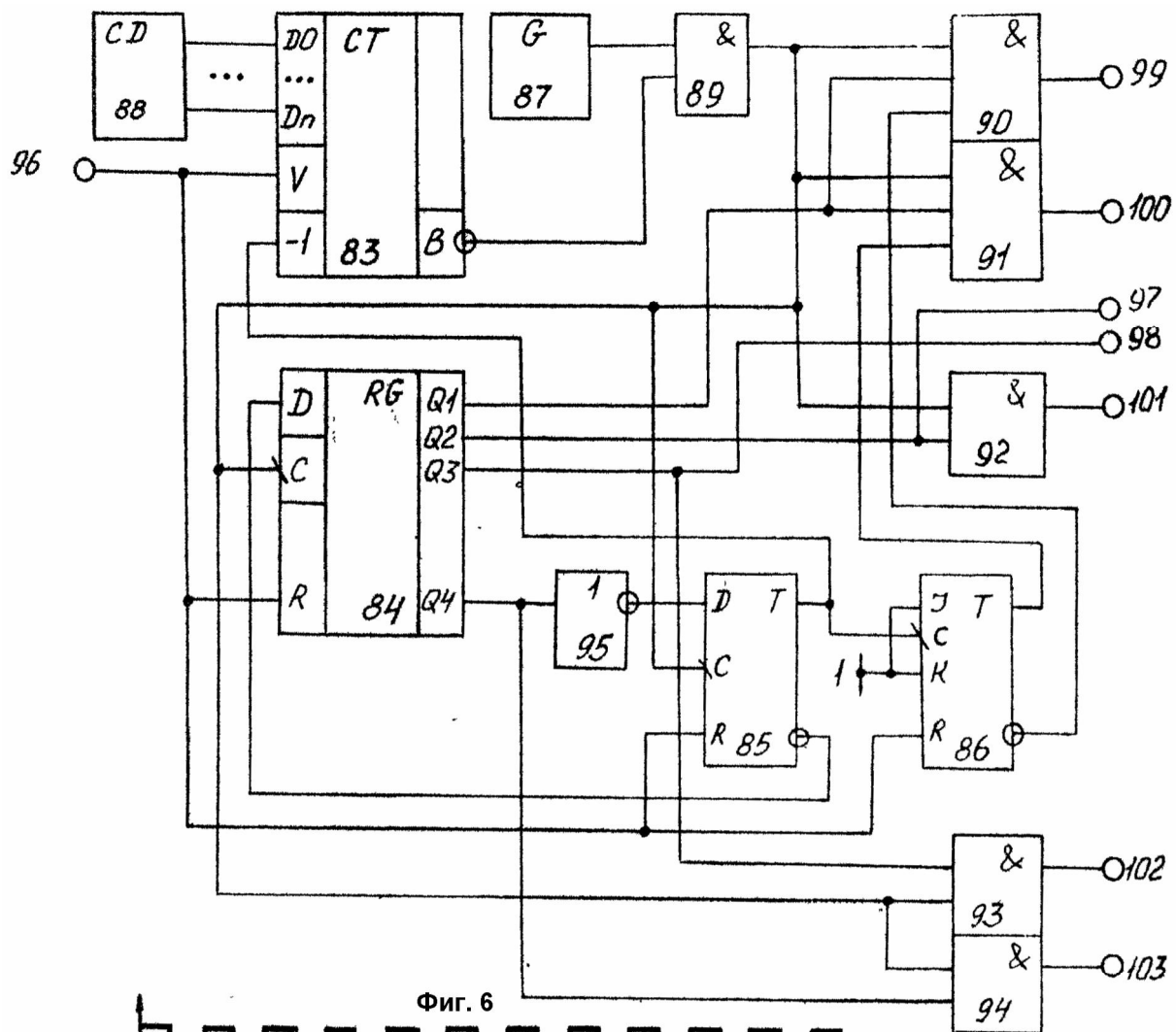
Фиг. 2



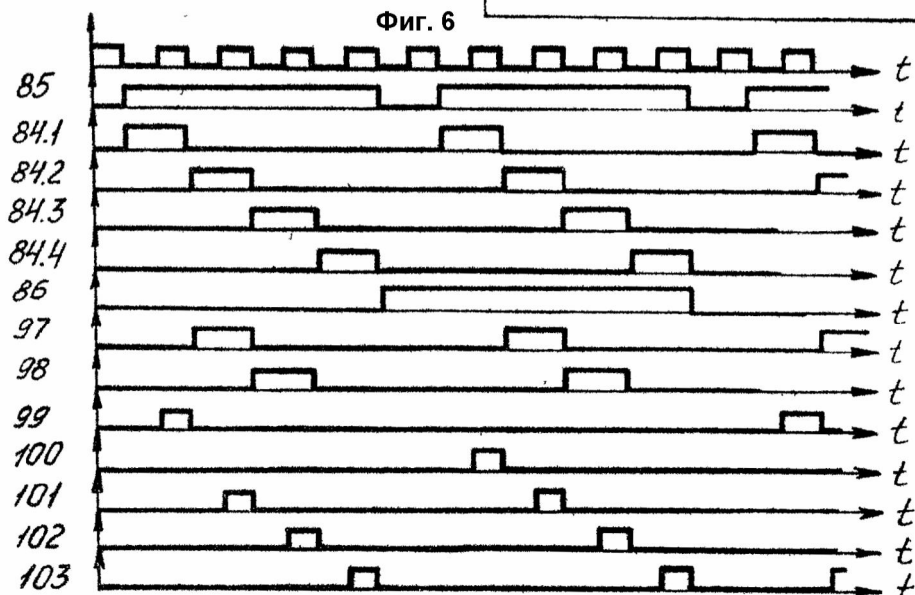
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7