



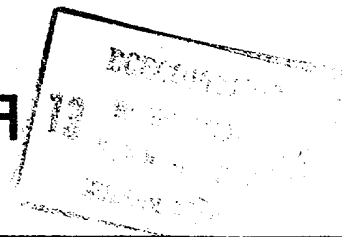
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1057891 A

3(51) G 01 R 31/26

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

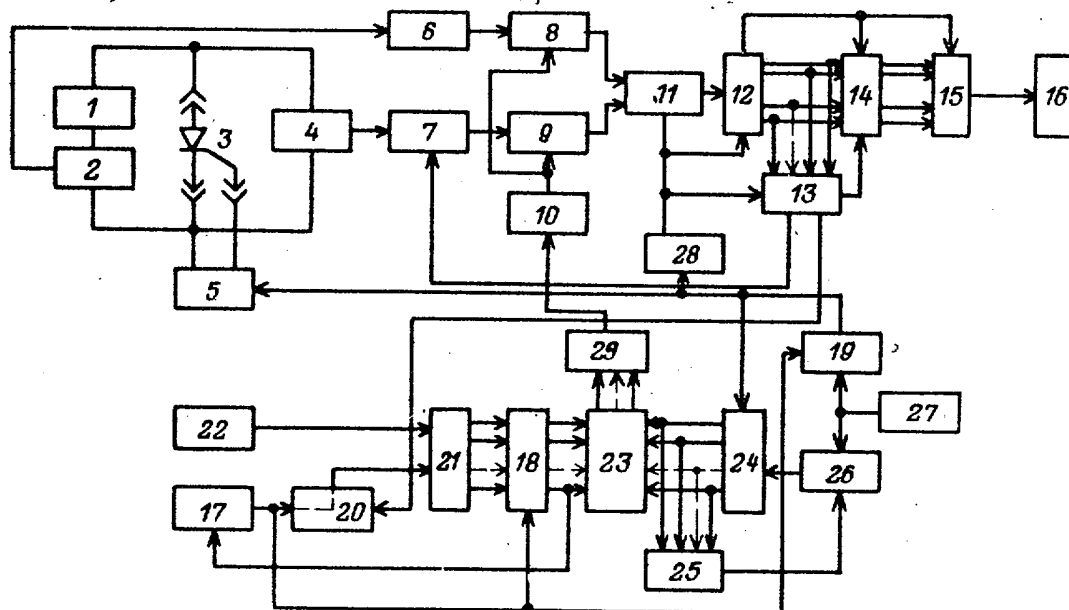
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(61) 960673
(21) 3437973/18-21
(22) 12.05.82
(46) 30.11.83. Бюл. № 44
(72) В.В.Веревкин, Ю.А.Чесноков,
В.Н.Харитонов и В.А.Галун
(71) Всесоюзный электротехнический
институт им. В.И.Ленина
(53) 621.382.2 (088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 960673, кл. G 01 R 31/26, 26.12.80.

(54) (57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
МОЩНОСТИ ПОТЕРЬ ПРИ КОММУТАЦИИ ТИ-
РИСТОРА по авт. св. № 960673, о т -
л и ч а ю щ е е с я тем, что, с
целью расширения диапазона измерений
и повышения точности, в него вве-
дены регистр сдвига, блок проверки
на ноль разрядов двоичного кода и
вторая схема совпадений, причем ре-
гистр сдвига включен между выходами
аналого-цифрового преобразователя

и входами вычислительного блока, вхо-
ды блока проверки на ноль разрядов
двоичного кода присоединены парал-
лельно информационным входам регист-
ра сдвига, соединенного счетным
входом с выходом "Конец преобразо-
вания" аналого-цифрового преобразо-
вателя, а управляющим входом - с пер-
вым выходом блока проверки на ноль
разрядов двоичного кода, который
подключен вторым своим выходом к уп-
равляющему входу согласующего узла
канала измерения напряжения, треть-
им выходом - к первому входу второй
схемы совпадений, соединенной вто-
рым своим входом и выходом соответ-
ственно с выходом узла синхронизации
и счетным входом счетчика числа
измерений, а тактирующий вход бло-
ка проверки на ноль разрядов двоич-
ного кода подключен к управляющему
входу аналого-цифрового преобразова-
теля.



(19) SU (11) 1057891 A

Изобретение относится к области электроизмерений, более конкретно к устройствам для определения параметров полупроводниковых приборов, предназначено для измерения мощности и энергии потерь, выделяющейся на тиристоре при его коммутации.

По основному авт. св. № 960673 известно устройство, содержащее испытательный контур с клеммами для подключения испытуемого прибора, к первой и второй из которых подсоединены выходы генератора тока управления, к второй и третьей - входы датчика напряжения, а в цепь испытательного контура и второй клеммы включены входы датчика тока, выходы датчиков напряжения и тока через согласующие узлы каналов измерения напряжения и тока соединены с соответствующими блоками выборки-хранения, управляющие входы которых подключены к выходу формирователя импульсов хранения, а их выходы через аналоговый переключатель к последовательно соединенным аналого-цифровому преобразователю, вычислительному блоку и блоку вывода информации, схему управления, подключенную своим выходом к управляющим входам аналогового переключателя и аналого-цифрового преобразователя, который соединен выходом "Конец преобразования" с входом вычислительного блока, узлы запуска и синхронизации, блок управления выборкой и хранением. Блок управления выборкой и хранением выполнен в виде счетчика числа измерений, распределительного блока, схемы объединения, дешифратора тактов, счетчика числа тактов, схемы совпадений, кварцевого генератора, схемы выделения последнего такта и схемы выделения первого импульса, причем счетчик числа измерений входом установки нуля соединен с выходом узла запуска счетным входом с выходом узла синхронизации, к которому подключены также управляющие входы распределительного блока и схемы выделения первого импульса, а выходы счетчика числа измерений через распределительный блок, один из выходов которого соединен с узлом синхронизации, подключены к входам дешифратора тактов, к которым подключены также выходы счетчика числа тактов и соединенные с ними параллельно входы схемы выделения последнего такта, выход которой подключен к одному из входов схемы совпадения соединенной другим входом с выходом кварцевого генератора и вторым входом схемы выделения первого импульса, а выходом - со счетным входом счетчика числа тактов, вход установки нуля которого подключен к вы-

ходу схемы выделения первого импульса, соединенного с входами генератора тока управления и схемы управления, выходы дешифратора тактов подключены через схему объединения к входу формирователя импульсов хранения [1].

Недостатком этого устройства является ограниченный диапазон измеряемых сигналов напряжения, и сравнительно низкая точность при измерении мгновенных значений напряжения малой величины. При включении тиристора напряжение на нем изменяется во времени от нескольких киловольт до двух-трех вольт, поэтому устройство выборки-хранения, аналоговый переключатель и аналого-цифровой преобразователь обрабатывают сигналы, изменяющиеся примерно в тысячу раз. Поскольку максимальная величина напряжения, с которым работают эти узлы, ограничена их допустимым входным напряжением, то при обработке мгновенных значений напряжения, соответствующих окончанию переходного процесса, ошибка измерений сигналов малой величины может быть весьма существенной. В частности, если преобразование мгновенных значений аналогового сигнала в двоичный код осуществляется аналого-цифровым преобразователем с 12-разрядным выходным кодом (что составляет $2^{12} = 4096$ градаций), то при преобразовании входного сигнала, который меньше максимального значения в 1000 раз, ошибка преобразования, равная одной градации, составляет 25%. Увеличение числа разрядов аналого-цифрового преобразователя, больше 12, как известно, является технически сложной задачей и резко снижает быстродействие установки, так как такие аналого-цифровые преобразователи имеют очень большое время преобразования. Расширение динамического диапазона устройств выборки-хранения до величины ≥ 60 дБ также достаточно сложно, особенно когда учитывать требуемое быстродействие.

Цель изобретения - расширение диапазона измерений и повышение точности измерений.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для измерения мощности потерь при коммутации тиристора, содержащее испытательный контур с клеммами для подключения испытуемого прибора, к первой и второй из которых подсоединены выходы генератора тока управления к второй и третьей - входы датчика напряжения, а в цепь испытательного контура и второй клеммы включены входы датчика тока, выходы датчиков напряжения и тока через согла-

сующие узлы каналов измерения напряжения и тока соединены с соответствующими блоками выборки-хранения, управляющие входы которых подключены к выходу формирователя импульсов хранения, а их выходы через аналоговый переключатель - к последовательно соединенным аналого-цифровому преобразователю, вычислительному блоку и блоку вывода информации, схему управления, подключенную своим выходом к управляющим входам аналогового переключателя и аналого-цифрового преобразователя, который соединен выходом "Конец преобразования" с входом вычислительного блока, узлы запуска и синхронизации, блок управления выборкой и хранением, который выполнен в виде счетчика числа измерений, распределительного блока схемы объединения, дешифратора тактов, счетчика числа тактов, схемы совпадений, кварцевого генератора, схемы выделения последнего такта и схемы выделения первого импульса, причем счетчик числа измерений входом установки нуля соединен с выходом узла запуска, счетным входом с выходом узла синхронизации, к которому подключены также управляющие входы распределительного блока и схемы выделения первого импульса, а выходы счетчика числа измерений через распределительный блок, один из выходов которого соединен с узлом синхронизации, подключены к входам дешифратора тактов, к которым подключены также выходы счетчика числа тактов и соединенные с ними параллельно входы схемы выделения последнего такта, выход которой подключен к одному из входов схемы совпадения, соединенной другим входом с выходом кварцевого генератора и вторым входом схемы выделения первого импульса, а выходом - с счетным входом счетчика числа тактов, вход установки нуля которого подключен к выходу схемы выделения первого импульса, соединенного с входами генератора тока управления, и схемы управления, выходы дешифратора тактов подключены через схему объединения к входу формирователя импульсов хранения, введены регистр сдвига, блок проверки на ноль разрядов двоичного кода и вторая схема совпадений, причем регистр сдвига включен между выходами аналого-цифрового преобразователя и входами вычислительного блока, входы блока проверки на ноль разрядов двоичного кода присоединены параллельно к информационным входам регистра сдвига, соединенного счетным входом с выходом "Конец преобразования" аналого-цифрового преобразователя, а управляющим входом - с пер-

вым выходом блока проверки на ноль разрядов двоичного кода, который подключен вторым своим выходом к управляющему входу согласующего узла канала измерения напряжения, третьим выходом - к первому входу второй схемы совпадений, соединенной вторым своим входом и выходом соответственно с выходом узла синхронизации и счетным входом счетчика числа измерений, а тактирующий вход блока проверки на ноль разрядов двоичного кода подключен к управляющему входу аналого-цифрового преобразователя.

На чертеже представлена блок-схема предлагаемого устройства.

Устройство содержит испытательный контур 1, к выходным зажимам которого через датчик 2 тока подключены клеммы для подсоединения силовых выводов испытуемого прибора (тиристора) 3 и датчик 4 напряжения. К клеммам для подключения управляющих выводов испытуемого прибора 3 подсоединены выходные зажимы генератора 5 тока управления. Выходы датчиков 2 и 4 тока и напряжения соединены с входами согласующих узлов 6 и 7 каналов измерения напряжения и тока, выходы которых подключены к входам блоков 8 и 9 выборки-хранения, управляющими входами связанных с выходом формирователя 10 импульсов хранения. Выходы блоков 8 и 9 выборки-хранения через аналоговый переключатель 11 связаны с входом аналого-цифрового преобразователя 12 (АЦП), а выходы АЦП 12 подключены к входам блока 13 проверки на ноль разрядов двоичного кода и через регистр 14 сдвига к входам вычислительного блока 15 связанного с блоком 16 вывода информации. Выход "Конец преобразования" АЦП 12 соединен со счетным входом регистра 14 сдвига и с входом вычислительного блока 15. Выход узла 17 синхронизации соединен с входом распределительного блока 18, одним из входов схемы 19 выделения первого импульса и одним из входов второй схемы 20 совпадений, другой вход которой соединен с третьим выходом блока 13 проверки на ноль разрядов двоичного кода, второй выход которого подключен к управляющим входам согласующего узла 7 канала измерения напряжения, а первый выход - с управляющим входом регистра 14 сдвига. Выход второй схемы 20 совпадений связан со счетным входом счетчика 21 числа измерений, вход установки в нуль которого подключен к выходу узла 22 запуска, а выходы - к входам распределительного блока 18, выходы последнего соединены с одной группой входов дешифратора 23 тактов, вторая группа входов ко-

торого подключена к выходам счетчика 24 числа тактов и к входам схемы 25 выделения последнего такта. Выход схемы 25 выделения последнего такта связан с одним из входов первой схемы 26 совпадений, второй вход которой соединен с выходом кварцевого генератора 27 и вторым входом схемы 19 выделения первого импульса, а выход - со счетным входом счетчика 24 числа тактов. Выход схемы 19 выделения первого импульса соединен с входом генератора 5 тока управления, с входом установки в нуль счетчика 24 числа тактов и с входом схемы 28 управления аналоговым переключателем 11 и АЦП 12. Выходы дешифратора 23 тактов связаны с входами схемы 29 объединения, выход которой подключен к входу формирователя 10 импульсов хранения. Вход установки узла 17 синхронизации соединен с последним выходом распределительного блока 18.

Устройство работает следующим образом.

К испытываемому прибору 3 с испытательного контура 1 прикладывается напряжение, величина которого определяется условиями испытаний. При появлении запускающего импульса на входе генератора 5 тока управления, последний формирует импульс тока управления заданной формы и амплитуды через управляющий переход испытываемого прибора 3. При этом тиристор 3 включается, напряжение на нем спадает от значения, равного приложенному перед включением, до нескольких вольт, а через прибор проходит импульс анодного тока, скорость нарастания которого, амплитуда и длительность определяются параметрами испытательного контура 1. Мощность потерь при коммутации определяется как произведение мгновенных значений анодного тока и напряжения на испытываемом тиристоре 3 в каждый момент времени. С выходов датчиков 2 и 4 тока и напряжения через согласующие узлы 6 и 7 на входы блоков 8 и 9 выборки-хранения поступают изменяющиеся во времени уровни напряжения, пропорциональные соответственно току через испытываемый прибор 3 и напряжению на нем. На управляющие входы блока 8 и 9 выборки-хранения поступает импульс с выхода формирователя 10 импульса хранения.

Процесс включения испытываемого прибора происходит периодически, например, с частотой 50 Гц. С каждым следующим включением испытываемого тиристора 3 передний фронт импульса хранения сдвигается относительно начала импульса тока управления на

величину $K\Delta t$, где K - количество сделанных включений, а Δt - шаг дискретизации, т.е. время между двумя соседними точками входного сигнала (тока либо напряжения), которые будут измерены устройством. До прихода импульса хранения на выходах блоков 8 и 9 выборки-хранения напряжения в каждый момент времени равно напряжению на входе блока. С приходом переднего фронта импульса хранения напряжения на выходе блоков 8 и 9 перестает изменяться и до прихода заднего фронта импульса хранения остается постоянным и равным значению напряжения на входе блока в момент прихода переднего фронта импульса хранения. Поскольку передний фронт импульса хранения с каждым следующим включением испытываемого тиристора 3 сдвигается относительно начала импульса тока управления на величину Δt , то на выходах блоков 8 и 9 выборки-хранения последовательно появляются уровни напряжений, пропорциональные соответственно мгновенным значениям тока и напряжения на тиристоре 3 в моменты времени $0, 1\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$ и т.д. до $N\Delta t$, где N - число точек измерения, заданное до начала испытаний. Аналоговый переключатель 11 по очереди подключает вход АЦП 12 к выходам блоков 8 и 9 выборки-хранения. АЦП 12, с приходом импульса запуска от схемы 28 управления преобразовывает уровни напряжения, которые поступают на его вход, в цифровой код, поступающий на информационные входы регистра 14 сдвига и входы блока 13 проверки на ноль разрядов двоичного кода. Последний производит анализ старших разрядов выходного кода АЦП. Дальнейшую работу установки рассмотрим сначала при преобразовании аналоговых величин достаточно большой величины.

При этом в старших разрядах выходного кода АЦП 12 присутствуют уровни логической "1". Сигнал с выхода схемы 28 управления, поступающий на управляющий вход блока 13 проверки на ноль разрядов, служит для определения принадлежности данного кода на выходе АЦП 12 к данным о мгновенных значениях тока, либо к данным о мгновенных значениях напряжения. Если в старших разрядах выходного кода АЦП 12 при анализе данных напряжения присутствуют уровни логической "1", то на первом и втором выходах блока 13 проверки на ноль разрядов появляется нулевой код, при котором изменения коэффициента передачи в согласующем узле 7 не происходит, выходной код передается в вычислительный блок 15 через регистр 14 сдвига без сдвига инфор-

мации в последнем. Двоичный код принимается в память вычислительного блока 16 при появлении на выходе АЦП 12 сигнала "Конец преобразования" который также служит тактирующим при записи информации в регистр 14 сдвига. После записи в вычислительный блок 15 пары двоичных чисел, соответствующих мгновенным значениям тока и напряжения в данный момент времени, они перемножаются и подаются в память вычислительного блока 15. Затем при подаче следующего импульса тока управления процесс измерения повторяется для следующей точки измерения, т.е. следующего момента времени.

Формирование переднего фронта импульса хранения, сдвиг его от одного включения к другому на заданную величину, синхронизации этого фронта с импульсом запуска генератора 5 тока управления происходит следующим образом.

При поступлении на вход установки нуля счетчика 21 числа измерений от узла 22 запуска все триггеры счетчика 21 устанавливаются в нуль. Если на вход блока 13 проверки на ноль разрядов двоичного кода поступило двоичное число, имеющее уровень логической "1" в старших разрядах, то на третьем выходе блока 13 появляется уровень логической "1", поступающий на один из входов второй схемы 20 совпадений. Тогда на счетный вход счетчика 21 числа измерений с выхода второй схемы 20 совпадений начинают поступать импульсы от узла 17 синхронизации, приходящие на второй вход схемы 20 совпадений и задающие частоту включения испытуемого прибора (наиболее часто используются 1 либо 50 Гц). При поступлении каждого следующего импульса в триггерах счетчика 21 записывается код, например, двоичный, соответствующий количеству пришедших импульсов. Этот код с выходов счетчика 21 числа измерений поступает на входы распределительного блока 18 вместе с сигналом с выхода узла 17 синхронизации. Распределительный блок 18 может быть выполнен либо в виде дешифратора, либо в виде последовательного регистра, и формирует на одном из своих выходов, число которых равно числу измерений (точек дискретизации), уровень логической "1" тогда как на остальных присутствует уровень логического "0". Номер выхода, на котором формируется "1", равен числу записанных в счетчике 21 импульсов. Например, при записи двенадцати импульсов, поступивших от узла 17 синхронизации, только на двенадцатом выходе распределительного блока 18 присутствует уровень логической "1".

Импульсы с выхода узла 17 синхронизации поступают также на один из входов схемы 19 выделения первого импульса, на второй вход которой приходит последовательность импульсов с выхода кварцевого генератора 27, работающего в непрерывном режиме. Период следования этих импульсов равен интервалу между двумя точками, в которых производится измерение мгновенных значений тока и напряжения (интервал дискретизации). При поступлении каждого импульса от узла 17 синхронизации на выходе схемы 19 выделения первого импульса появляется одиночный импульс, передний и задний фронты которого совпадают с соответствующими фронтами одного из выходных импульсов кварцевого генератора 27 и попадают к времени между фронтами импульса, пришедшего с выхода узла 17 синхронизации. Импульс с выхода схемы 19 выделения первого импульса поступает на вход генератора 5 тока управления, запуская его и определяя начало импульса тока управления испытуемого прибора. Импульсом с выхода схемы 19 выделения первого импульса устанавливаются в нуль триггера счетчика 24 числа тактов. При этом с выхода схемы 25 выделения последнего такта на один из входов первой схемы 26 совпадений подается уровень логической "1" и поступающие на ее второй вход импульсы выходной частоты кварцевого генератора 27 начинают проходить на счетный вход счетчика 24 числа тактов. При записи кода, соответствующего номеру последней точки измерений, на выходе схемы 25 выделения последнего такта формируется уровень логического "0", и поступление импульсов на счетный вход счетчика 24 числа тактов прекращается до прихода следующего импульса от узла 17 синхронизации. Таким образом, при приходе каждого импульса от узла 17 синхронизации и, соответственно, изменении содержимого счетчика 21 числа измерений на единицу в счетчике 24 числа тактов происходит последовательное изменение кодов от нулевого до наибольшего, соответствующего номеру последней точки измерений. Выходы всех триггеров счетчика 21 числа тактов поступают на одну группу входов дешифратора тактов 23, на вторую группу входов которого поступают выходы распределительного блока 18. Дешифратор тактов 23 формирует на одном из своих выходов импульс, причем для каждого импульса синхронизации будет сформирован импульс на том выходе дешифратора 23, номер которого равен числу поданных с начала цикла измерений импульсов синхронизации. При

поступлении каждого следующего импульса синхронизации на счетчик 21 числа измерений уровень "1" появляется на следующем выходе распределительного блока 18 и импульс формируется на следующем выходе дешифратора 23 тактов. Все выходы дешифратора 23 тактов подключены к входам схемы 29 объединения, на выходе которой при каждом включении испытываемого тиристора 3 будет появляться импульс, передний фронт которого при каждом включении сдвигается относительно начала импульса управления тиристором 3 на величину Δt , равную периоду следования импульсов на выходе кварцевого генератора 27. Эти импульсы подаются через формирователь 10 импульсов хранения на входы блоков выборки-хранения.

Поскольку при включении тиристора 3 падение напряжения на нем монотонно уменьшается во времени, то при последовательном преобразовании в цифровой код точек на кривой напряжения в старших разрядах выходного кода АЦП 12 начнут появляться уровни логического "0". При этом в работе устройства начинает участвовать блок 13 проверки на нуль разрядов двоичного кода. Если, например, во всех трех старших разрядах выходного кода АЦП 12 при измерении точки с номером К появятся уровни логического "0", то на втором выходе блока 13 появится управляющий сигнал например, в виде трехразрядного двоичного кода, по которому коэффициент передачи согласующего узла 7 увеличится вдвое. На третьем выходе блока 13 будет зафиксирован уровень логического "0", который подается на вход второй схемы 20 совпадений и при появлении следующего импульса синхронизации содержимое счетчика 21 числа измерений не изменится. Поэтому сдвиг переднего фронта импульса хранения будет такой же, как и на предыдущем такте, и точка с номером К будет измерена повторно, но мгновенное значение напряжения в К-й точке, которое запоминается устройством 9 выборки-хранения и преобразуется в двоичный код, будет в два раза больше. По окончании преобразования в двоичный код число записывается в регистр 14 сдвига. Чтобы вычислительный блок 15 получал всю информацию в одном масштабе, блок 13 в этом случае формирует управляющую команду на первом выходе и содержимое в регистре 14 сдвига будет сдвинуто на один разряд в сторону младшего значащего разряда. Затем информация передается в вычислительный блок 15. Измерение точки с номером К + 1 уже сразу будет вестись с коэффициентом

том усиления, равным 2, при этом на вход второй схемы 20 совпадений будет подан уровень "1", после преобразования числа в двоичный код также произойдет сдвиг информации на один разряд.

Если в дальнейшем в точке К+П уровень логического "0" вновь появится в трех старших разрядах выходного кода АЦП, то на втором выходе блока 13 появится команда, увеличивающая коэффициент передачи согласующего узла 7 еще в 2 раза, на третьем выходе появится уровень "0" и К+П-я точка будет измерена еще один раз. После записи двоичного числа в регистр 14 сдвига на первом выходе блока 13 появляется команда, по которой информация в регистре сдвигается на два разряда в сторону младшего значащего разряда.

При дальнейшем уменьшении падения напряжения возможно еще двукратное увеличение коэффициента передачи согласующего узла 7. В этом случае на первом выходе блока 13 проверки на нуль разрядов двоичного кода будет сформирована команда, по которой число, записанное в регистре 14 сдвига, сдвигается на три разряда в сторону младшего значащего разряда.

После измерения последней точки на кривых напряжения и тока на последнем выходе распределительного блока 18 появляется уровень логической "1", узел 17 синхронизации останавливается и процесс формирования импульсов сдвига заканчивается до прихода следующего импульса от узла 22 запуска.

Предлагаемое устройство позволяет повысить точность измерения мгновенных значений мощности потерь и расширить диапазон измеряемых величин, что особенно важно при измерении мощности потерь при включении высоковольтных современных тиристорных, за счет введения в устройство блока проверки на нуль разрядов двоичного кода, регистра сдвига, второй схемы совпадений и связей между ними, что, в свою очередь, позволяет осуществлять преобразование в двоичный код мгновенных значений падения напряжения при практически любом динамическом диапазоне изменения напряжения и обеспечивает при этом требуемую точность измерений во всем динамическом диапазоне. При этом требуемая точность измерений может быть обеспечена с помощью АЦП с сравнительно небольшим числом разрядов выходного кода. Увеличение числа разрядов АЦП, как известно, требует значительных технических и экономических затрат, что отрицательно сказывается на стоимости установки в целом. Введение регистра сдвига

и организация связи с согласующим узлом канала напряжения позволяет, кроме того, упростить задачу ввода информации в вычислительный блок, так как все числа вводятся в него в одном масштабе. Это связано с тем,

5 что при изменении коэффициента передачи согласующего узла в $2, 4, 8 \dots 2^n$ раз двоичное число можно возвратить в прежний масштаб, сдвинув на n разрядов записанную в регистр сдвига информацию.

Редактор М.Ткач Составитель Ю.Брызгалов Техред М.Надь Корректор А.Тяско

Заказ 9457/49 Тираж 710 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4