



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 201 614⁽¹³⁾ C2
(51) МПК⁷ G 05 B 23/02

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2001112497/09, 07.05.2001

(24) Дата начала действия патента: 07.05.2001

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2001

(46) Дата публикации: 27.03.2003

(56) Ссылки: SU 332442 A, 14.03.1972. ВАВИЛОВ А.А. и др. Экспериментальное определение частотных характеристик автоматических систем. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963, с. 107. US 5463451 A, 31.10.1995.

(98) Адрес для переписки:
394006, г. Воронеж, ул. Красноармейская, 54,
ФНПЦ-ЗАО "НПК(О) "Энергия"

(71) Заявитель:

Федеральный научно-производственный центр
Закрытое акционерное общество
"Научно-производственный концерн
(объединение) "Энергия"

(72) Изобретатель: Савенков В.В.,
Дуплин Н.И., Тищенко А.К., Лившин Г.Д.

(73) Патентообладатель:
Федеральный научно-производственный центр
Закрытое акционерное общество
"Научно-производственный концерн
(объединение) "Энергия"

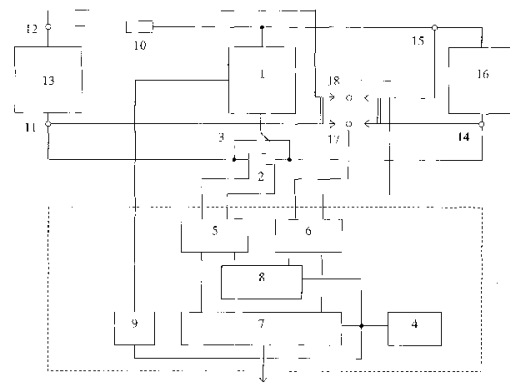
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

(57)

Изобретение относится к специализированным вычислительным устройствам для исследования систем автоматического регулирования (САР) и предназначено для экспериментального определения частотных характеристик автоматических систем и устройств. Может быть применено при разработке и наладке систем электропитания, содержащих сложные регулируемые источники питания и потребители, представляющие собой САР, для исследования их динамических свойств в реальных условиях эксплуатации. Устройство для определения частотных характеристик систем автоматического регулирования содержит управляемую нагрузку, измерительный шунт, переключатель, причем первый вывод управляемой нагрузки соединен с клеммой для подключения потребителя, другая клемма для подключения потребителя соединена с одним выводом шунта и вторым неподвижным контактом переключателя. В устройство входит командно-вычислительное устройство на базе ПЭВМ, содержащее генератор прямоугольного напряжения, первый и второй усилители с управляемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь, модель дискретного управления и таймер, при этом генератор прямоугольного напряжения подключен к управляющему входу аналого-цифрового преобразователя и управляющему входу

модуля дискретного управления, а через таймер - к управляющему входу управляемой нагрузки, второй вывод которой соединен с подвижным контактом переключателя, первый неподвижный контакт которого подключен к другому выводу шунта и клемме для подключения источника, другая клемма для подключения источника соединена через резистор с первым выводом управляемой нагрузки, измерительные выводы шунта подключены к первому и второму входам первого усилителя с управляемым коэффициентом усиления, первый и второй входы второго усилителя с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими клеммами для подключения к выводам источника или к выводам потребителя, третьи входы указанных усилителей с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими выходами модуля дискретного управления, а их выходы соединены с соответствующими входами аналого-цифрового преобразователя, выход которого является выходом устройства. Практическое использование описанного устройства позволяет проводить исследование и согласование частотных характеристик преобразователей и подсистем, входящих в сложные энергетические комплексы, например такие, как системы электроснабжения автономных объектов. Это позволяет повысить эффективность исследований и качество

разработки устройств автоматического регулирования и систем на их основе, что является техническим результатом. 1 ил.



RU 2201614 C2

RU 2201614 C2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 614** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **G 05 B 23/02**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001112497/09 , 07.05.2001
(24) Effective date for property rights: 07.05.2001
(43) Application published: 10.10.2001
(46) Date of publication: 27.03.2003
(98) Mail address:
394006, g. Voronezh, ul. Krasnoarmejskaja, 54,
FNPTS-ZAO "NPK(O) "Ehnergija"

(71) Applicant:
Federal'nyj nauchno-proizvodstvennyj tsentr
Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Nauchno-proizvodstvennyj kontsern
(ob"edinenie) "Ehnergija"
(72) Inventor: Savenkov V.V.,
Duplin N.I., Tishchenko A.K., Livshin G.D.
(73) Proprietor:
Federal'nyj nauchno-proizvodstvennyj tsentr
Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Nauchno-proizvodstvennyj kontsern
(ob"edinenie) "Ehnergija"

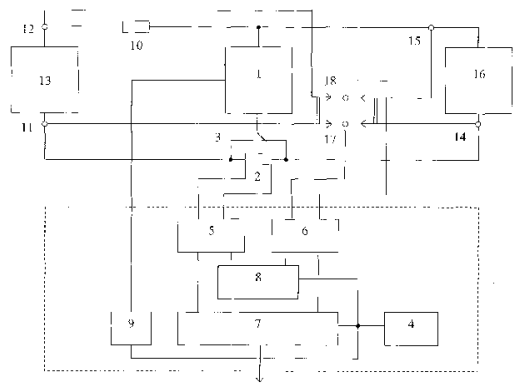
(54) **DEVICE ESTABLISHING FREQUENCY CHARACTERISTICS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS**

(57) Abstract:

FIELD: computer engineering. SUBSTANCE: device is related to specialized computer installations which study automatic control systems and are designed for experimental establishment of frequency characteristics of automatic systems and facilities. Device can be employed for development and adjustment of power supply systems incorporating complex adjustable power supply sources and users which are automatic control systems intended to study their dynamic properties under real operating conditions. Device establishing frequency characteristics of automatic control systems has controllable load, measurement shunt, switch. First lead of controllable load is connected to terminal for connection of user, another terminal for connection of user is connected to one lead of shunt and to second immobile contact of switch. Device also has command-computing unit based on personal computer that includes rectangular voltage generator, first and second amplifiers with controlled gain factor, analog-to-digital converter, module of discrete control and timer. Rectangular voltage generator is connected to controlling input of analog-to-digital converter and to controlling input of module of discrete control and through timer to controlling input of controllable load which

second lead is connected to mobile contact of switch. First immobile contact of it is connected to another lead of shunt and to terminal for connection of power supply source. Another terminal for connection of source is connected through resistor to first lead of controllable load. Measurement leads of shunt are connected to first and second inputs of first amplifier with controllable gain factor. First and second inputs of second amplifier with controllable gain factor are connected with corresponding terminals to leads of source of leads of user. Third inputs of amplifiers with controllable gain factor are connected to proper outputs of module of discrete control and their outputs are connected to corresponding inputs of analog-to-digital converter which output is output of device. Practical utilization of described device makes it feasible to study and match frequency characteristics of converters and subsystems incorporated in complex power complexes such as power supply systems of independent objects. Usage of proposed device enables efficiency of studies and quality of development of automatic control devices and systems based on them to be increased which is technical result of invention. EFFECT: increased efficiency of studies and development of automatic control devices and systems based on them. 1 dwg

RU 2201614 C2



RU 2201614 C2

Изобретение относится к специализированным вычислительным устройствам для исследования систем автоматического регулирования (САР) и предназначено для экспериментального определения частотных характеристик автоматических систем и устройств. Может быть применено при разработке и наладке систем электропитания, содержащих сложные регулируемые источники питания и потребители, представляющие собой САР, для исследования их динамических свойств в реальных условиях эксплуатации.

Известно устройство для определения вещественной и мнимой частотных характеристик, принцип действия которого основан на измерении мгновенных значений сигнала на выходе исследуемого объекта [1]. Недостатком указанного устройства является невысокая точность определения частотных характеристик вследствие включения неизбежно возникающих при таком способе измерения помех в итоговый результат вычисления.

В практике анализа устойчивости САР известен способ, в котором исследование системы в целом производится на основе сопоставления входных и выходных характеристик каждого из входящих в систему приборов [2] и выполнения необходимых условий для обеспечения устойчивости связи источник-потребитель.

Также известно устройство для измерения иммитансных частотных характеристик источников питания и потребителей [3], принятое за прототип и содержащее управляемую нагрузку, измерительный шунт, переключатель, причем первый вывод управляемой нагрузки подключен к клемме для подключения потребителя, другая клемма для подключения потребителя соединена с одним выводом шунта и вторым неподвижным контактом переключателя.

К недостаткам указанного устройства можно отнести невысокую точность измерения вследствие субъективного характера действий оператора по компенсации выходного сигнала устройства, субъективная оценка минимума ошибки компенсации, что в совокупности приводит также к снижению быстродействия процесса измерения.

Использование современной компьютерной техники позволяет создать на базе ПЭВМ компактное устройство для измерения частотных характеристик САР, обладающее высокими эксплуатационными характеристиками и включающее в себя высокопроизводительное средство вычисления, средства задания возмущения и регистрации отклика испытываемого устройства, отображения и хранения результатов, а также управляющее программное обеспечение формирования сигналов и обработки результатов измерений.

Таким образом, задачей, на решение которой направлено создание предлагаемого устройства, является повышение точности измерения частотных характеристик САР, быстродействия процесса измерения и наглядности представления результатов вычисления.

Задача решается тем, что в устройство для определения частотных характеристик систем автоматического регулирования,

содержащее управляемую нагрузку, измерительный шунт, переключатель, причем первый вывод управляемой нагрузки соединен с клеммой для подключения потребителя, другая клемма для подключения потребителя соединена с одним выводом шунта и вторым неподвижным контактом переключателя, дополнительно введено командно-вычислительное устройство на базе ПЭВМ, содержащее генератор прямоугольного напряжения, первый и второй усилители с управляемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь, модуль дискретного управления и таймер, при этом генератор прямоугольного напряжения подключен к управляющему входу аналого-цифрового преобразователя и к управляющему входу модуля дискретного управления, а через таймер - к управляющему входу управляемой нагрузки, второй вывод которой соединен с подвижным контактом переключателя, первый неподвижный контакт которого подключен к другому выводу шунта и клемме для подключения источника, другая клемма для подключения источника соединена через резистор с первым выводом управляемой нагрузки, измерительные выводы шунта подключены к первому и второму входам первого усилителя с управляемым коэффициентом усиления, первый и второй входы второго усилителя с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими клеммами для подключения к выводам источника или к выводам потребителя для измерения их напряжения, третьи входы указанных усилителей с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими выходами модуля дискретного управления, а их выходы соединены с соответствующими входами аналого-цифрового преобразователя, выход которого является выходом устройства.

На чертеже представлена блок-схема заявляемого устройства для определения частотных характеристик систем автоматического регулирования.

Устройство содержит управляемую нагрузку 1, измерительный шунт 2, переключатель 3, генератор прямоугольного напряжения 4, первый 5 и второй 6 усилители с управляемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь 7, модуль дискретного управления 8, таймер 9, резистор 10, клеммы 11, 12 для подключения источника 13, клеммы 14, 15 для подключения потребителя 16 и клеммы 17, 18 для подключения к первому и второму входам второго усилителя с управляемым коэффициентом усиления 6.

Устройство работает следующим образом. Управляемая нагрузка 1 - устройство, обеспечивающее формирование тока нагрузки исследуемого источника 13 и входного тока потребителя 16 в соответствии с управляющими сигналами, формируемыми генератором прямоугольного напряжения 4 и таймером 9. С помощью переключателя 3 второй вывод управляемой нагрузки 1 подключается к выходу источника 13 или ко входу потребителя 16, что позволяет измерять с помощью шунта 2 выходной ток источника 13 или входной ток потребителя 16. Шунт 2 на своих измерительных выводах

формирует сигналы напряжения, пропорциональные текущему значению соответствующего тока. Эти сигналы поступают на первый усилитель с управляемым коэффициентом усиления 5, выходной сигнал которого поступает на один вход многоканального аналого-цифрового преобразователя 7. Одновременно на другой вход многоканального аналого-цифрового преобразователя 7 поступают сигналы с выхода второго усилителя с управляемым коэффициентом усиления 6, который предназначен для измерения напряжения источника питания 13 или напряжения потребителя 16. Модуль дискретного управления 8 служит для формирования сигналов управления первым 5 и вторым 6 усилителями с управляемым коэффициентом усиления. Таймер 9 необходим для высокоточного отсчета времени в процессе измерения токов и напряжений. Назначение резистора 10 заключается в увеличении выходного сопротивления источника 13, что необходимо в процессе измерения входного импеданса потребителя 16.

Процесс экспериментального определения входного или выходного сопротивления заключается в формировании с помощью генератора 4 заданного тестирующего сигнала тока управляемой нагрузки и одновременном измерении тока нагрузки и сигнала изменения напряжения на выходе исследуемого источника 13 или входе исследуемого потребителя 16. Результаты измерений обрабатываются математическими методами с помощью ПЭВМ под управлением соответствующей программы, в результате чего вычисляется комплексное сопротивление в форме функций зависимости амплитудной и фазовой характеристик от частоты $A(\omega)$ и $P(\omega)$ для выходного импеданса источника или входного импеданса потребителя.

В качестве основного тестирующего сигнала выбран периодический сигнал прямоугольной формы постоянной амплитуды и заданной в каждом измерении частоты, который формируется программно с помощью генератора 4 и таймера 9. Применение сигнала прямоугольной формы имеет преимущество перед гармоническими сигналами, используемыми в прототипе, и заключается в их простой технической реализации, что особенно существенно для систем большой мощности. Для повышения точности измерения, компенсации амплитудных и фазовых частотных погрешностей, вносимых управляемой нагрузкой 1, производится измерение мгновенных значений тестирующего тока, формируемого управляемой нагрузкой 1, и напряжения на выходе исследуемого источника 13 или входе потребителя 16 с заданной частотой выборки с накоплением полученных измеренных значений в буферной памяти ПЭВМ. После приема данных в течение заданного числа отсчетов в периоде и числа периодов тестирующего сигнала производится Фурье-анализ сигналов тока и напряжения с вычислением первых трех гармоник в их спектре. Вторая и третья гармоники используются для оценки точности полученных данных. Величина амплитудной составляющей выходного (входного) комплексного сопротивления $A(\omega)$ исследуемого прибора определяется как

отношение амплитуд первых гармоник сигналов напряжения и тока, а фазовая характеристика $P(\omega)$ - как разность фаз этих гармоник. Полученные значения амплитуд сигналов используются также для установки коэффициентов усиления усилителей с управляемым коэффициентом усиления 5, 6 при задании следующего тестирующего сигнала. При этом усиление указанных усилителей 5, 6 устанавливается так, чтобы, с одной стороны, не происходило превышение диапазона напряжений, измеряемых аналого-цифровым преобразователем 7 и, с другой стороны, обеспечивалась необходимая точность преобразования.

Частоты тестирующего сигнала изменяются по закону геометрической прогрессии, что обеспечивает равномерное расположение точек измерения частотной характеристики в логарифмическом масштабе.

Практическое использование описанного устройства и экспериментальное измерение импедансов приборов в реальных условиях эксплуатации позволяет проводить исследование и согласование частотных характеристик преобразователей и подсистем, входящих в сложные энергетические комплексы, например такие, как системы электроснабжения автономных объектов. Это позволяет повысить эффективность исследований и качество разработки устройств автоматического регулирования и систем на их основе.

В настоящее время на предприятии ФНПЦ ЗАО НПК(О) "Энергия" изготовлены образцы предлагаемого устройства, которые применяются в проектировании и испытаниях приборов СЭС Российского Сегмента Международной Космической Станции. Испытания подтвердили их работоспособность и высокие технические характеристики.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Вавилов А.А. Солодовников А.И. Экспериментальное определение частотных характеристик автоматических систем. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963, с. 107.
2. R.D. Middlebrook, "Design Techniques for Preventing Input Filter Oscillations in Switched-Mode Regulators" Proceedings of the Fifth National Solid-State Power Conversion Conference, Powercon 5, p.p. A3-1 through A3-16, May 1978.
3. А.с. СССР 332442, кл. G 05 В 23/02, опубл. 14.03.1972, БИ 10.

Формула изобретения:

Устройство для определения частотных характеристик систем автоматического регулирования, содержащее управляемую нагрузку, измерительный шунт, переключатель, причем первый вывод управляемой нагрузки соединен с клеммой для подключения потребителя, другая клемма для подключения потребителя соединена с одним выводом шунта и вторым неподвижным контактом переключателя, отличающееся тем, что в устройство дополнительно введено командно-вычислительное устройство на базе ПЭВМ, содержащее генератор прямоугольного напряжения, первый и второй усилители с управляемым коэффициентом усиления, аналого-цифровой преобразователь, модуль дискретного управления и таймер, при этом генератор

прямоугольного напряжения подключен к управляющему входу аналого-цифрового преобразователя и к управляющему входу модуля дискретного управления, а через таймер - к управляющему входу управляемой нагрузки, второй вывод которой соединен с подвижным контактом переключателя, первый неподвижный контакт которого подключен к другому выводу шунта и клемме для подключения источника, другая клемма для подключения источника соединена через резистор с первым выводом управляемой нагрузки, измерительные выводы шунта подключены к первому и второму входам

5

первого усилителя с управляемым коэффициентом усиления, первый и второй входы второго усилителя с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими клеммами для подключения к выводам источника или к выводам потребителя, третьи входы указанных усилителей с управляемым коэффициентом усиления соединены с соответствующими выходами модуля дискретного управления, а их выходы соединены с соответствующими входами аналого-цифрового преобразователя, выход которого является выходом устройства.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60