



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(52) СПК
G01R 23/14 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016100572, 11.01.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.01.2016

(43) Дата публикации заявки: 14.07.2017 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 03.07.2018

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C2)

(48) Коррекция опубликована:
22.10.2018 Бюл. № 30

Адрес для переписки:
603081, г. Нижний Новгород, ПОС 081, до
востребования, Прокофьеву Е.В.

(72) Автор(ы):

Прокофьев Евгений Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Прокофьев Евгений Васильевич (RU)

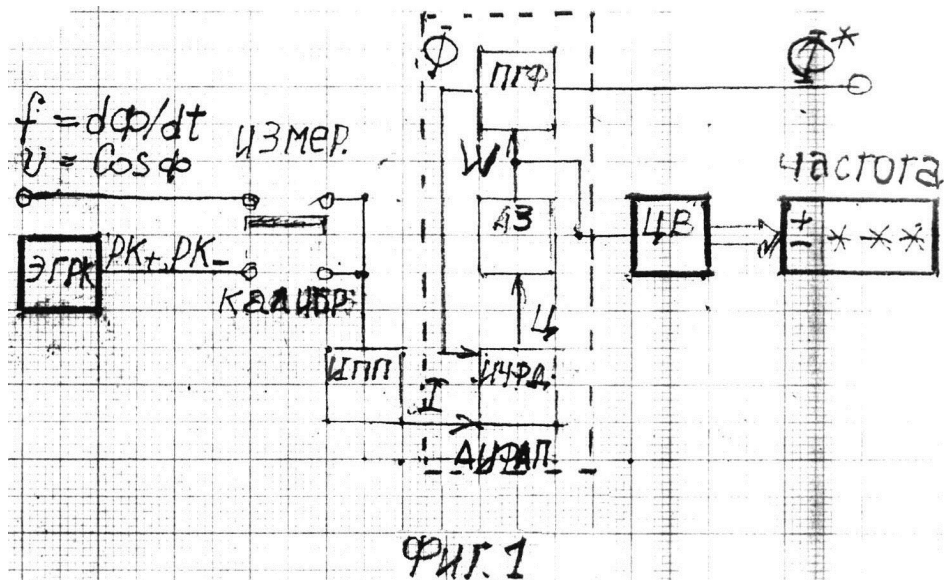
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2483427 C9, 27.05.13. RU
2495521 C9, 10.10.2013. Е.В. Прокофьев, С.Н.
Колесников "Перспективы создания новой
вычислительной системы на основе
регламентируемых колебаний" / Труды
Научной конференции по радиофизике,
ННГУ, 2004, с.122-123. SU 930140 A1,
23.05.1982. SU 398879 A1, 27.09.1973. SU
681388 A1, 25.08.1979. SU 434330 A1,
30.06.1974. SU (см. прод.)

(54) ЧАСТОТОМЕР

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к устройствам для измерения частот. Частотомер реализован на основе следующего замкнутого контура узлов: импульсного частотно фазового детектора (ИЧФД), астатического звена (АЗ) и перестраиваемого генератора фазы (ПГФ). Входной измеряемый по частоте сигнал подается на импульсный преобразователь периода (ИПП), подключенный к входу ИЧФД, а выходное

напряжение АЗ измеряется цифровым вольтметром (ЦВ) с десятичным табло и знаковым разрядом. Контур узлов в целом реализует астатическую импульсно-фазовую автоподстройку (АИФАП) частоты ПГФ к измеряемой частоте. Предусмотрена калибровка частотомера регламентируемых колебаний (РК) эталонным генератором (ЭГРК). 2 з.п. ф-лы, 6 ил.



(56) (продолжение):
 475562 А1, 30.06.1975.

RU 2659621 C9

RU 2659621 C9



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(52) CPC

G01R 23/14 (2006.01)(21)(22) Application: **2016100572, 11.01.2016**(24) Effective date for property rights:
11.01.2016

Priority:

(22) Date of filing: **11.01.2016**(43) Application published: **14.07.2017** Bull. № 20(45) Date of publication: **03.07.2018**

(15) Correction information:

Corrected version no1 (W1 C2)

(48) Corrigendum issued on:

22.10.2018 Bull. № 30

Mail address:

**603081, g. Nizhnij Novgorod, POS 081, do
vostrebovaniya, Prokofevu E.V.**

(72) Inventor(s):

Prokofev Evgenij Vasilevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Prokofev Evgenij Vasilevich (RU)(54) **FREQUENCY METER**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: frequency meter is implemented on the basis of the following closed loop nodes: the impulse frequency phase detector (IFPD), the astatic link (AL), and the tuneable phase generator (TPG). The input measurable by frequency signal is fed to the impulse period converter (IPC), connected to the IFPD input, and the output voltage of the AL is measured by the

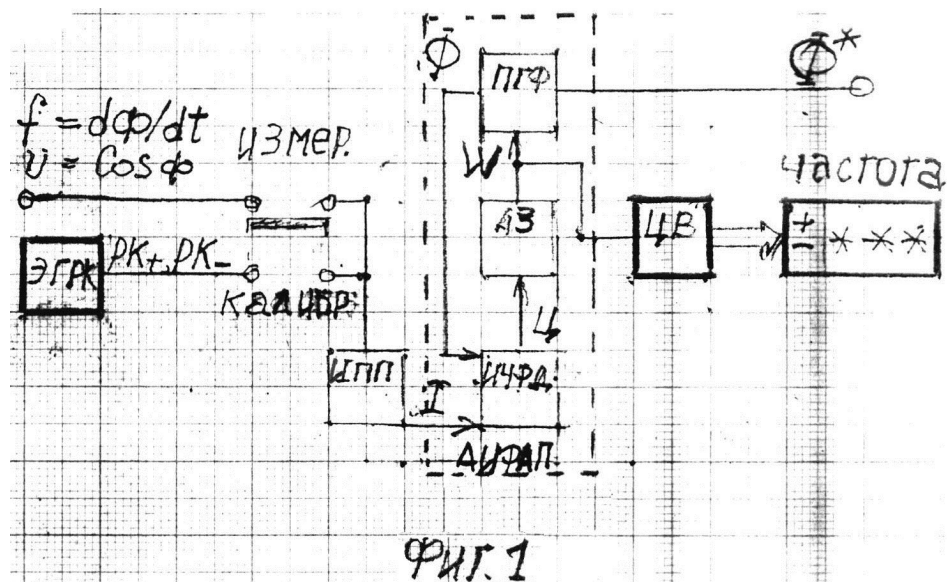
digital voltmeter (DV) with the decimal and the sign bit. The node loop generally implements the astatic impulse-phase auto tuning (AIPAT) of the TPG frequency to the measurable frequency. The regulated oscillations (RO) frequency meter calibration is provided by the reference generator of RO (RGRO).

EFFECT: improved accuracy.

3 cl, 6 dwg

RU 2 659 621 C 9

RU 2 659 621 C 9



Предлагаемое изобретение относится к радиотехнике и, в частности, к технике систем автоподстройки частоты (АПЧ) и может быть использовано в радиоизмерительной технике и радиотехнике.

Задача создания нового частотомера остро поставлена в связи с открытием нового типа колебаний: регламентируемых колебаний (РК) [1-4], главной особенностью которых является материальная фиксация знака частоты генерируемых РК и невозможность обнаружения знака частоты РК современными частотомерами и однолучевыми осциллографами.

За 40 лет развития с 50-х до 90-х годов 20 века частотометрия в лице серийно выпускаемых только в СССР частотомеров прошла гигантский путь от стрелочного и неуклюжего ИЧ-6 до вычислительного ЧЗ-65. И вот парадокс нашего времени! Ни один из этих частотомеров не различает знак частоты измеряемого РК! С зарубежными частотомерами ситуация аналогичная! Автор объясняет этот парадокс слишком запоздалым открытием Первого закона колебаний! В силу своей значимости простоты и наглядности он должен был познан человечеством в бурные 30-е годы 20 века, а появился впервые в упомянутых выше Российских патентах в 2004-2011 гг., а опубликован в докладах автора на международных научных конференциях в гг. Н.Новгороде, Воронеже в 2014 г. [5, 6].

Однако регламентируемая частотометрия уже пробивает себе дорогу. Еще в 2007 г. опубликована первая заявка на эту тему [7], а в процессе патентования первого Российского регламентируемого способа радиоприема в 2015 г. [8] был выявлен прототип настоящей заявки. Этим прототипом является замкнутая цепь операций, обеспечивающая астатическую импульсно фазовую автоподстройку (АИФАП) частоты перестраиваемого генератора фазы (ПГФ) к частоте преобразованного принятого при радиоприеме сигнала.

Признаки прототипа, общие с заявленным частотомером, следующие:

1. На входе включен импульсный преобразователь периода (ИПП) измеряемого по частоте f произвольного сигнала U (например $U=U_0\cos\phi$), выходной импульс которого I имеет постоянные во времени амплитуду и длительность и является адекватным носителем информации о текущих значениях фазы ϕ и частоты $f=df/dt$.

2. Импульс I с выхода ИПП подают на первый вход импульсного частотно-фазового детектора (ИЧФД) и далее через астатическое звено (АЗ) и ПГФ контур узлов АИФАП замыкается. Такое необычное включение контура АИФАП обеспечивает частотно-фазовую демодуляцию в радиоприемнике регламентируемых колебаний, т.е. в прототипе.

А вот признаки предлагаемого нового частотомера, отличительные от прототипа.

3. К выходу сумматора АЗ подключен цифровой вольтметр с десятичным табло и знаковым разрядом. И этот признак главный отличительный, который порождает частотомер!!

Два других признака являются вспомогательными, т.к. дополняют главный.

4. Вход временно переключен к входу Эталонного генератора регламентируемых колебаний (ЭГРК), а показания калибруются по табло ЦВ прецизионным переменным резистором во входной цепи аналогового интегратора ПГФ, согласно паспортным значениям абсолютной величины и знака частоты ЭГРК.

5. Вводят новый вариант ИЧФД на современных электронных ключах.

Сущность нового процесса измерения частоты заключается в следующем. Между W -выходным напряжением АЗ и пилообразным напряжением Φ на выходе интегратора ПГФ имеет место следующая зависимость:

$$\Phi = -(1/RC) \int_{t(i-1)}^t f \omega dt, \quad (1)$$

где напряжение $\Phi = \Phi_{\text{фп}}$, В,

Φ_0 – масштаб, В,

фп - дробная часть фазы ПГФ, бр (безразмерная),

RC, постоянная времени аналогового интегратора ПГФ, с,

t, текущее время, с,

t(i-1), мгновенный момент времени окончания последнего значения целой части мгновенной фазы на выходе ПГФ, с.

Интегратор в ПГФ необычный, т.к. в нем имеется дополнительная импульсная обратная связь, из-за этого он и является патентом России (см. [2]), где обосновано поведение целой и дробной частей фазы. Контур АИФАП обеспечивает высокоточную подстройку частоты пилы ПГФ (1) к частоте f измеряемого сигнала U. В установившемся режиме, когда все переходные процессы в контуре АИФАП закончатся, когда управляющее напряжение W^* , практически, станет постоянным, из (1) после дифференцирования получим

$$f = d\Phi/dt = d\Phi_{\text{фп}}/dt = -(1/RC\Phi_0)W^*. \quad (2)$$

Сущность нового частотомера в (2). Измеряя на ЦВ установившееся управляющее напряжение W^* , фактически, измеряют частоту f.

Физические параметры R и C имеют класс точности 0,1-0,05%. Масштаб Φ_0 не физический параметр, а число и поэтому на стабильность и точность коэффициента пропорциональности в (2) не влияет. Переменный резистор во входной цепи интегратора калибрует частотомер в небольших пределах на фоне большой величины прецизионного постоянного резистора R в этой цепи и поэтому на точность нового частотомера будет влиять незначительно и хуже ее не сделает. А главное преимущество в быстродействии, которое превышает достигнутый уровень в тысячи раз.

Для тех, кто не знаком с элементами аналоговой техники, покажется странным наличие в (1) знака -. На самом деле это материальная технологическая реальность, данная нам в ощущениях, т.е. материя, которая спешит действовать по принципу

Одна материя сменить другую

Спешит, дав людям чудеса!

Чудеса - это те новые технологии, которые несет аналоговый ПГФ в радиотехнику и частотомерию!! Ради этого стоит и пережить материальную технологичность!

Мировая новизна предлагаемого ЧРК не вызывает сомнений, т.к. все патенты по РК находятся в России и патентный поиск по ним завершен. О высоком изобретательском уровне нового частотомера свидетельствует простота конструкции, что удешевит серийные образцы в сотни раз, быстродействие измерения частоты возрастает в тысячи раз при сохранении уже достигнутого уровня точности измерений.

На фиг. 1 приведена функциональная схема частотомера, на фиг. 2 - частотная характеристика ИЧФД, на фиг. 3 - фазовая характеристика ИЧФД, на фиг. 4 - частотная характеристика ПГФ. На фиг. 5 изображен дополнительный вариант функциональной схемы ИЧФД, предложенный автором. На фиг. 6 приведены рабочие осциллограммы ИЧФД.

На частотомер (фиг. 1) подается измеряемый периодический сигнал U произвольной формы, например, в виде косинусоиды

$$U=U_0\cos\varphi, \quad (3)$$

где $U_0=\text{const}$, амплитуда, В, а

φ - дробная часть мгновенной фазы измеряемого сигнала, а его частота

$$f=d\varphi/dt. \quad (4)$$

Через переключатель калибровки 1 сигнал U традиционно подается на импульсный преобразователь периода (ИПП) 2, выходной импульс I которого с постоянными амплитудой и длительностью является идеальным носителем информации о фазе и частоте измеряемого сигнала и который через ИПП поступает на первый вход импульсного частотно-фазового детектора (ИЧФД) 3, замыкающего через его второй вход контур узлов системы 4 астатической импульсно-фазовой автоподстройки (АИФАП) частоты f_p перестраиваемого генератора фазы (ПГФ) 5 к частоте f измеряемого сигнала и управляемого через астатическое звено (АЗ) 6. Информация об измеряемой абсолютной частоте и ее знаке частоты считывается с десятичного табло 7 цифрового вольтметра 8. Калибровка частотомера регламентируемых колебаний (ЧРК) осуществляется прецизионным резистором во входной цепи аналогового интегратора ПГФ при кратком переключении тумблера 1 к выходу ЭГРК 9 по табло 7 согласно паспорту ЭГРК.

Самым трудоемким для понимания предлагаемого ЧРК является трехмерная характеристика ИЧФД, т.е. зависимость его выходного напряжения ψ от сдвига φ между фазами φ , f_p и от подстраиваемой частоты f_p в ПГФ. Когда контур АИФАП подстроил частоту ПГФ f_p к частоте измеряемого сигнала f , то на выходе ИЧФД устанавливается нулевое напряжение, что свидетельствует о подстройке f_p к f с нулевой погрешностью, и о подстройке фазы f_p в ПГФ к фазе φ измеряемого сигнала также с нулевой погрешностью. Это и есть второй порядок астатизма по частоте!!

ЦВ на табло покажет точное абсолютное значение измеряемой частоты и ее знак. На сечении этой характеристики по оси f_p , имеющем вид Z характеристики (фиг. 2), это равновесное состояние отмечено знаком *. Как только частота f изменится, напряжение ψ станет либо $+\psi_0$, если $f > f^*$, либо $-\psi_0$, если $f < f^*$. В обоих случаях в контуре АИФАП начнется процесс поиска частоты f_p до тех пор, пока частота f_p не сравняется с с новым значением измеряемой частоты f , при этом нулевое значение частоты проходится беспрепятственно!! Когда наступит равенство частот, ИЧФД переходит в режим фазовой автоподстройки и наступает состояние второго порядка астатизма (фиг. 3), при котором $\psi=0$.

Следует отметить удивительную особенность ПГФ в ЧРК. Перекрытие перестраиваемых частот беспрецедентное в современной радиотехнике!! Частотная характеристика ПГФ (фиг. 4) была снята на ГВС "Русалка", в которой предельная рабочая частота f_a операционного усилителя (ОУ) равна 700 кГц. С ростом этой частоты это перекрытие может быть значительно расширено. Серийный отечественный ОУ К574УД1 имеет $f_a=10$ мгц, в литературе имеются сведения о зарубежных аналогах с $f_a=70$ мгц, ведутся работы по созданию ОУ на оптоэлектронике. Так что Российский ПГФ имеет хорошую перспективу на будущее.

На фиг. 5 приведено решение ИЧФД на электронных ключах КН590КН4 и КН590КН9. На управление ключей 10 и 11 импульс I поступает в противофазе (фиг. 6а), б)), что обеспечено, например, одной ячейкой И-НЕ 12 микросхемы К176ЛА7 на входе второго ключа. В результате пила Φ , поданная на вход ключа 10, будет стробироваться за счет запоминания мгновенного значения пины Φ на конденсаторе

С1 (фиг. 6 в)) только во время импульса I, с последующей перезаписью и качественным запоминанием его на конденсаторе С2 (фиг. 6 г)). Главной особенностью этого решения является схема поиска (СП), стоящая на выходе ИЧФД и выполненная на ключе 13, включающем СП в контур АИФАП на время поиска измеряемой частоты f . Если f в процессе измерения изменяется в небольших пределах, то СП не нужна, а если в больших, да еще скачком, то она включается за счет переключения входа АЗ к выходу триггера 14, управляемого по нечетным входам и подключаемого в контур, как только стробирующий импульс переместится из нуля на край фазовой характеристики (см. фиг. 3) Как только частота $f_{п}$ сравняется с f , СП отключится, сработает контур автоподстройки, установится очередное W^* и произойдет измерение частоты f на табло ЦВ. Возвращение триггера СП в исходное состояние происходит под воздействием импульса с элемента И-НЕ 15 при вхождении контура АИФАП в синхронизм, закреплении строба с последующей перезаписью этого значения на конденсатор С2 и высококачественном запоминании его на время периода импульса I за счет памяти аналогового интегратора в 11 при разомкнутом его входе (фиг. 6г)) (ψ убывает).

Узлы ЧРК были испытаны в разное время на отечественных микросхемах. ПГФ и АЗ прошли опытную апробацию на ГВС "Русалка". Опытно показана линейность частотной характеристики ПГФ (см. фиг. 4) в пределах ± 200 кГц. В качестве ИЧФД предполагалось применить ИЧФД по АС СССР №884075 [9] либо [10]. Однако более качественный ИЧФД на низких частотах автор видит в решении на современных электронных ключах типа КН590КН4, который входит в материал заявки.

Перечень отечественных микросхем, примененных в экспериментах: ПГФ и АЗ: МЛ4806, К574УД1; ИЧФД: КН590КН4, КН590КН9. К176ЛА7.

Цифровые вольтметры, примененные в опытах: отечественный Щ1315, китайский мультиметр DT83В. Применимы любые цифровые вольтметры. Осциллографы отечественные: двухлучевой С1-94, двухлучевой С1-55, однолучевой С1-65.

Список использованных источников

1. Патент RU №2131144, Способ генерирования колебаний / Авт. изобр. Прокофьев Е.В., G06G 7/26, H03B 1/0, опубл. Б 15, 1999 г.
2. RU №2294053, Генератор пилообр. напряжения / Авт. Прокофьев Е.В., Тюрин А.В. Колесников С.Н. Осенчугов А.Н., H03K 4/50, опубл. Б 5, 2007 г.
3. Патент RU №2481696, Генератор автоколебаний. Прокофьева / Авт. изобр. Прокофьев Е.В., H03B 5/08, G06G 7/26, опубл. Б 13, 2013 г.
4. Патент RU №2483427, Способ генерирования регламентированных колебаний / Авт. изобр. Прокофьев Е.В., H03B 11/00, опубл. Б 30, 2012 г.
5. Прокофьев Е.В. Гамма колебательных контуров регламентируемых колебаний / Тезисы доклада на XX Международной научно-технической конференции "Информационные системы и технологии" ИСТ-2014, Нижний Новгород, 2014 г. (опубл. на дискете).
6. Прокофьев Е.В. Синтез частот регламентируемых колебаний / Тезисы доклада на Международной научно-технической конференции "СИНХРО-ИНФО", г. Воронеж, 2014 г. (опубл. на дискете).
7. Прокофьев Е.В. Способ измерения частоты колебательного процесса / Заявка RU №2006115725, G01R 22/10, Б 32, 2007 г.
8. Прокофьев Е.В. Способ радиоприема / Заявка RU №2014135994/07 (058274), 2014 г.
9. АС СССР №884075, Импульсно-фазовый детектор / Авт. изобр. Прокофьев Е.В., Лаптенков Г.Г., H03D 13/00, опубл. Б 13, 1981 г.

10. АС СССР № 720686 Импульсно-фазовый детектор / Авт. изобр. Озеров В.В., Москвин Ю.Ф., Н03D, 1981 г.

11. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги / т. 6, М: Радиософт, 2000 г.

5

(57) Формула изобретения

1. Частотомер, содержащий на входе импульсный преобразователь периода (ИПП), измеряемого по частоте $f = df/dt$ сигнала произвольной формы $U = U_0 \cos \phi$, где $U_0 = \text{const}$, а ϕ – произвольная мгновенная фаза, состоящий из применяемых в АИФАП
 10 генерируемых колебаний ряда узлов: импульсного частотно-фазового детектора (ИЧФД) с двумя входами, на первый из которых подан импульс I с ИПП, у которого амплитуда и длительность постоянны во времени, а ψ – выходное напряжение ИЧФД в пределах периода измеряемого сигнала линейно зависит от сдвига ψ дробных частей мгновенных фаз ϕ измеряемого сигнала U и ϕ_p в перестраиваемом генераторе фазы (ПГФ), а также
 15 в широких пределах измеряемых частот скачкообразно типа Z-характеристики зависит от частоты f , при этом скачок в обе стороны происходит в момент равенства измеряемой частоты f и частоты пилы f_p в ПГФ, а также состоящий из астатического звена (АЗ) с параллельно включенными аналоговым интегратором и масштабным усилителем, выходы которых W и ψ через сумматор подключены к управляющему входу ПГФ,
 20 отличающийся тем, что выход ПГФ замкнут на второй вход ИЧФД для АИФАП, к выходу сумматора АЗ подключен цифровой вольтметр (ЦВ) с цифровым десятичным табло кода напряжения и знаковым разрядом.

2. Частотомер по п. 1, отличающийся тем, что его вход временно переключен к выходу эталонного генератора регламентируемых колебаний (ЭГРК), а показания
 25 калибруются на табло ЦВ прецизионным переменным резистором во входной цепи аналогового интегратора ПГФ, согласно паспортным значениям абсолютной величины и знака частоты ЭГРК.

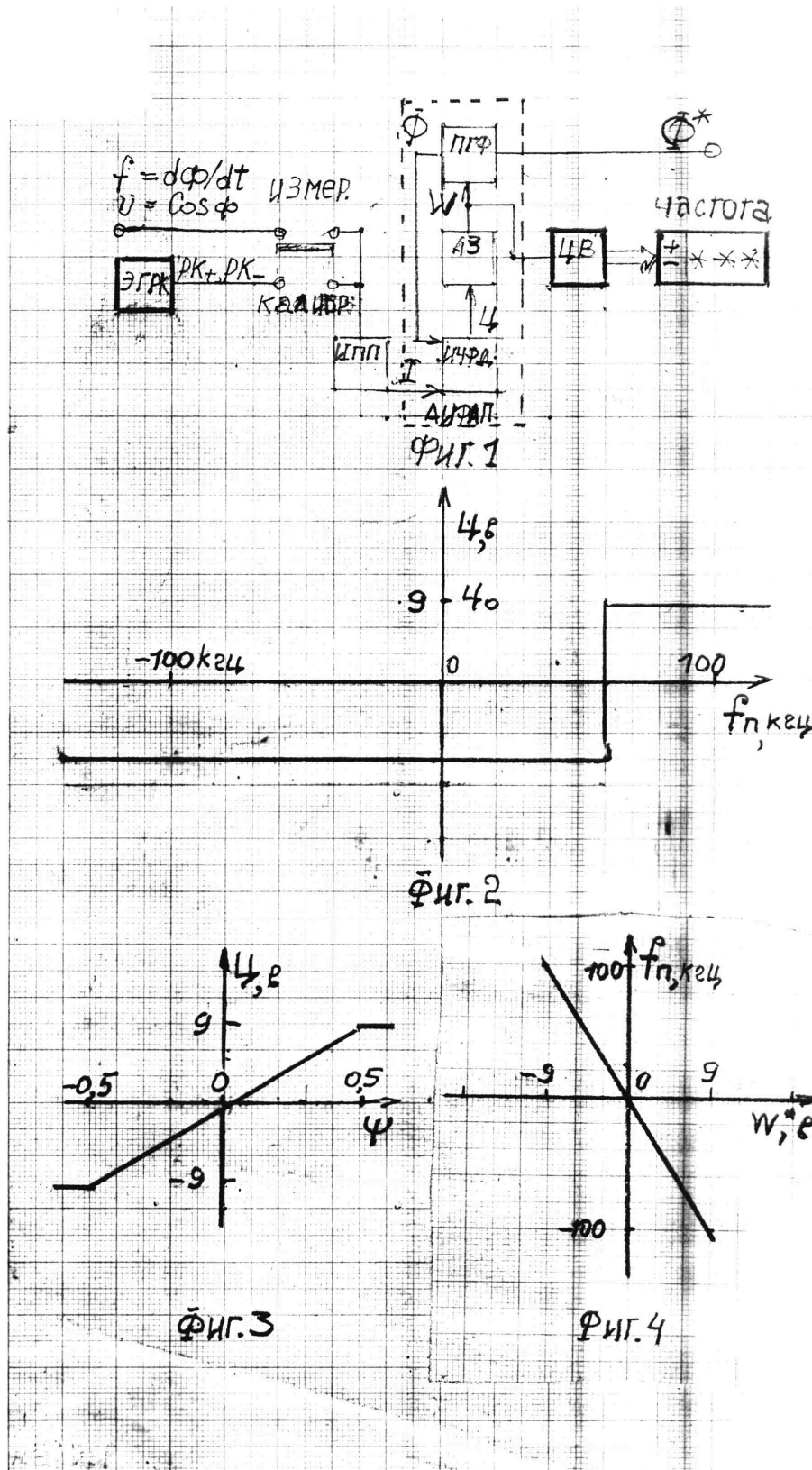
3. Частотомер по п. 1 или 2, отличающийся тем, что ИЧФД выбран в виде двух последовательно включенных нормально разомкнутых электронных ключей, на первый
 30 из которых подано пилообразное напряжение Φ и каждый из которых нагружен запоминающими конденсаторами C_1 и C_2 соответственно, при этом первый ключ положительным импульсом размыкается, а второй – замыкается.

35

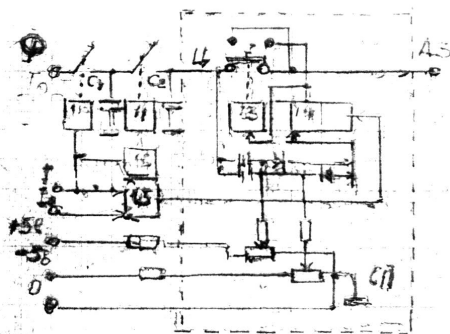
40

45

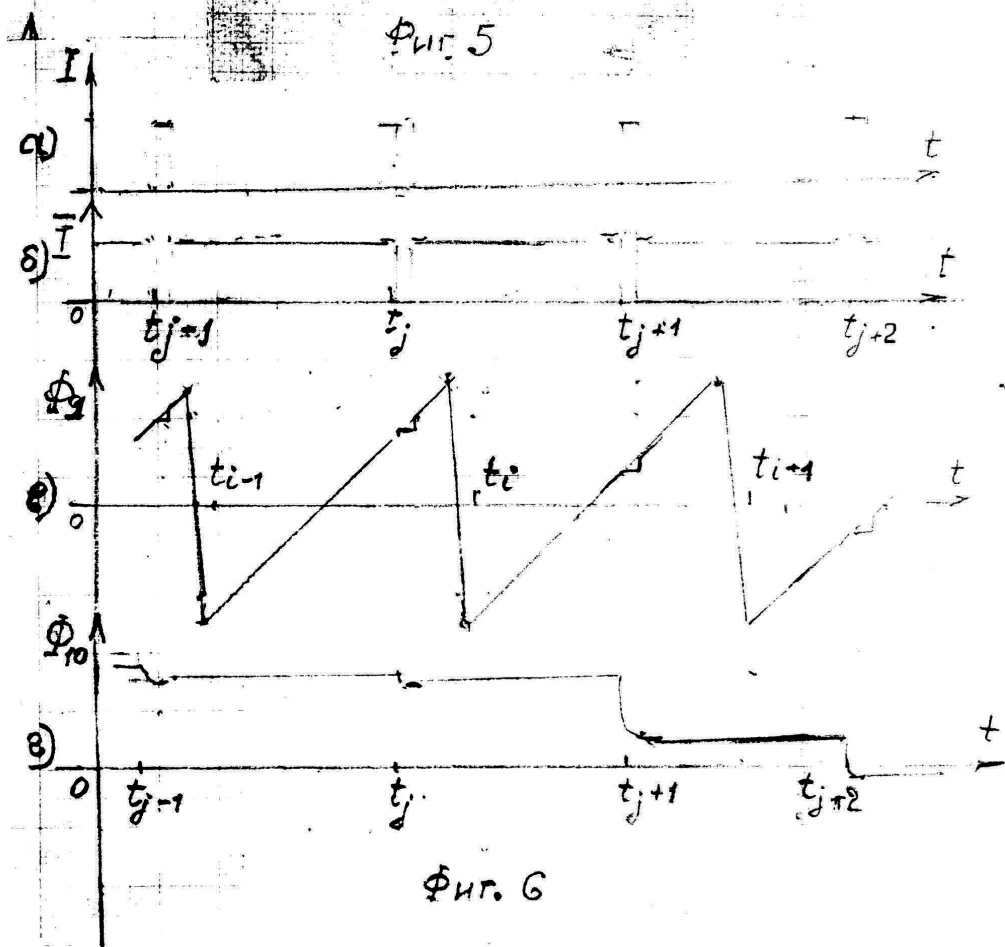
1



2



Фиг. 5



Фиг. 6