Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

50X1-HUM

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

OPERATION PRINCIPLE OF S.H.F. PARAMETRICAL ELECTRON BEAM AMPLIFIERS

1. Introduction

In connection with the low noise amplification problem the attention of the explorers last year was attracted to the parametrical amplification effect. At first the solid state parametrical amplifiers are explored but soon the same principle was applied to the electron beam devices too.

Certain practical progress achieved in the lowering of noises in the devices with s.h.f. pumping gives rise to the opinion that the electron beam parametrical devices have the specifical low noise nature. These devices are opposed as principaly new devices to the s.h.f. amplifiers which were used earlier.

In this report we shall try:

1. To show that all electron beam devices (not the devices having s.h.f. pump only) can be treated as the parametrical devices and in this aspect the new devices have no difference of those used earlier;

2. to discuss the new possibilities in lowering the noises of the amplifiers, opened by introducing the s.h.f. pump and to discuss what are the mechanisms of its influence on the operation of the s.h.f. amplifier.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

2. Parametrical amplification

In the [illegible] the parametrical amplification effect both in theoretical and experimental aspects was explained very deeply about 30 years ago by the scientists of Leningrad Mandelshtam's and Papaleksi's school [1-14].

As it was shown by Mandelshtam and Papaleksi it is worthy to divide the parametrical devices into two groups: photoparametrical and subparametrical devices.

The linear systems with one parameter periodically varying their value under influence of the e.h.f. pump are belonging to the first group.

The linear oscillatory systems which are coupled with a nonlinear element under influence of the external periodical force are belonging to the second group. In the last systems the result of the influence of the external force on the nonlinear element can be presented as the changing of some equivalent parameters of the linear part of these systems.

In the scientific literature the phenomena in the subparametrical amplifiers with resonant circuits have also the other name: the n-kind resonance.

From the recently described parametrical electron beam amplifiers it is worthy of attributing to the photoparametrical amplifiers only those, whose operation is based on the periodical changing of the parameters having the

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

influence on the self frequency of the electron flow which is tuned on the linear oscillatory system on the electron plasma frequency. It is more convenient to treat all the other systems as the autoparametrical systems, in which the linear part (resonator, delay line, etc) is coupled with nonlinear element - electron flow under the influence of the external alternating field.

The amplification of the signal in electron parametrical amplifiers unlike the other types of parametrical amplifiers can have d.c. energy source as well as a.c. energy source ("pump frequency" source). In the second case the "pumping" field converts by modulating the electron flow some part of d.c. energy into a.c. energy on the "pumping" frequency, the latter being partly converted into a.c. energy on the signal frequency.

3. Autoparametrical amplifiers

As the examples of the autoparametrical amplifiers let us consider the amplifiers proposed by Bridges [25,26] and by Adler [30, 31].

In the Bridges amplifier the electron stream previously modulated on the "pumping" frequency 2 passes consecutively through the two gaps of the resonator tuned on the frequency . The drift angle between the gaps is taken equal (2n + 1) .

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

The author interprets the operation mechanism of this device as the parametrical amplification owing to the modulation of the equivalent capacity with the frequency 2 . It should be noted that the amplification mechanism in this amplifier has little difference from the amplification mechanism of the amplifiers known earlier.

In fact, in the ordinary klystron, for example, the active component of the induced current .. (which is induced on the resonator walls by the electrons) evokes the electrical charge q on the gap:

$$dq = i_{n}\, dt \qquad (1)$$

(t- time)

The charge changing on the gap by the given electrical potential U_1 can be treated as the changing of the equivalent capacity on the value dC:

(2)

The capacity changing dC is connected with the stored energy changing d :

(3)

Thus the energy exchange between the electrons and the s.h.f. field can be equally treated as the result of the resonator capacitance changing and as the result of the s.h.f. currents and potential interaction.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Moreover, the ordinary klystron can be treated as a resonator with capacity changed with the double frequency 2 under influence of the electron stream.

One can easily realise it, by expanding in the Fourier row the integral curve of the capacity change, by determining the second harmonic and by computing the power, received by resonator at such capacity change.

The preliminary modulation of the electron stream in the ordinary klystrons with the double frequency 2 can facilitate the excitation of the oscillation. It is easy to understand by means of a simple calculation. In this device the optimum drift angle of the electrons between the gaps is equal to (4n ± 1) , i.e. the phase shift between the s.h.f. current and s.h.f. voltage is equal . At the s.h.f. voltage in the output gap being equal

(4)

the first harmonic of the induced s.h.f. current is equal

(5)

- proportionality coefficient, dependent on the U_1 and on the drift angle between the gaps.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

If the electron stream is modulated with double frequency signal, i.e. i_0 in (5) is equal to:

$$i_0 = i_{00}(1 - \delta \cos 2\omega t) \qquad (6)$$

(δ - modulation coefficient),

the first harmonic of the induced current i_n will be equal to

$$i_n = \gamma i_{00}\left(1 + \frac{\delta}{2}\right)\sin \omega t \qquad (7)$$

and its magnitude will exceed $(1 + \frac{\delta}{2})$ times the corresponding quantity in the absence of modulation with frequency 2ω.

This effect, which is the second-kind resonance, was used by the Soviet scientists Bonarev and Jabotinsky for the frequency dividing with the reflex klystron [20]. In Bridges amplifier in the absence of the double frequency modulation the phase shift between the s.h.f. current and the s.h.f. voltage in the output gap is equal $\frac{\pi}{2}$, i.e. instead of (5) we have

$$i_n = \gamma i_0 \cos \omega t \qquad (5')$$

Under this condition no energy transfer in the resonator exists.

At the double frequency modulation of the electron stream in the right phase relatively to the signal to be amplified, the active component of the s.h.f. current appears, whose

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

Угол пролета электронов между зазорами устанавливает решение / +1/ .При объяснении работы этого усилителя автор исходит из представления о модуляции с частотой 2 эквивалентной емкости резонатора,трактуя, таким образом, работу этого прибора в терминах параметрического усилителя.Такое объяснение может создать ложное впечатление,что возможность получения больших шумов в этом усилителе обусловлена специфическим параметрическим характером усиления.Следует, однако, подчеркнуть что механизмы усиления здесь мало чем отличается от механизма усиления в других,ранее известных регенеративных электронных усилителях.Действительно,например,в обычном клистроне активная составляющая тока , наводимого электронами на стенках резонатора,вызывает появление на насадках электрического заряда

/ -время/

Изменение заряда на проводящих при зазорном поле можно рассматривать как изменение емкости соответствующего участка на величину :

/2/

где - мгновенное значение высокочастотного напряжения на соответствующем участке.Изменение емкости на связано с изменением энергии,запасенной на соответствующем участке:

/3/

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

Таким образом, энергообмен между электронами и в.ч.полем резонатора можно с равным правом рассматривать или как результат изменения амплитуды соответствующего участка резонатора или как результат взаимодействия высокочастотных токов и напряжений, причем оба рассмотрения полностью эквивалентны. Кроме того, обычный клистрон можно трактовать как генератор, амплитуда которого под действием электронного потока изменяется с удвоенной частотой. В самом деле, разложим интегральную кривую изменения амплитуды, соответствующую формуле /2/ рис.2/, в ряд Фурье и выделим вторую гармонику. Амплитуда этой гармоники равняется

/4/

Мощность, отдаваемая резонатору при таком изменении амплитуды, составляет

/5/

т.е. равняется мощности, отдаваемой электронным потоком высокочастотному полю. Предварительная модуляция электронного потока по удвоенной частоте в обычном пролетном или отражательном клистроне также обычно способствует возбуждению колебаний в таких генераторах. В этом нетрудно убедиться с помощью элементарного расчета. В клистроне оптимальный угол пролета электронов между двумя зазорами составляет , так что в выходном зазоре один период фазы между высокочастотным полем и высокочастотным напряжением равен .

[illegible] to $\frac{1}{2}\pi$, [illegible] the [illegible] amplitude [illegible] the same [illegible] as in [illegible] the [illegible] and klystron.

It can [illegible] that the energy exchange between electron [illegible] the cavity klystron and [illegible] d.c. stream. The "cavity" energy exchange in the [illegible] can be considered with [illegible] of the modulation device - with the entire resonator length.

The amplifier proposed by Adler [19, 20] can be considered in the analogous way.

In comparison with the transit channel amplifier the property of this device (as the parametrical device) is the a.h.f. pumping energy source.

4. Heterosynchronical amplification

As it was mentioned earlier, the heterosynchronical amplification takes place in electron beam devices by periodical changing of plasma frequency .

The proposed devices with the a.h.f. pump 22-25 , have the deep physical analogy with devices proposed 8 years ago 26 , i.e. with the amplifiers with acceleration and deceleration of the electron stream. The operation

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

При высокочастотном напряжении в зазоре вида

$$u_1 = U_1 \sin \omega t \qquad /6/$$

первая гармоника тока, входящего в выходной зазор, составляет в этом случае

$$i_n = \gamma i_0 \sin \omega t, \qquad /7/$$

где γ – коэффициент пропорциональности, зависящий от U_1 и угла пролета между зазорами. Если электронный поток промодулирован сигналом двойной частоты, т.е. i_0 в /6/ имеет вид

$$i_0 = i_{00}(1 + \delta \cos 2\omega t),$$

где δ – глубина модуляции, то первая гармоника i_n равняется

$$i_n = \gamma i_{00}\left(1 + \frac{\delta}{2}\right) \sin \omega t \qquad /8/$$

и превышает соответствующую величину при отсутствии модуляции в $/1 + \frac{\delta}{2}/$ раз. Этот эффект, представляющий собой резонанс 2-го рода, был использован советскими учеными Е.Н.Базаровым и М.Е.Хаботниным для ламп частоты на отражательном клистроне /29/. В усилителе Бриллюэна при отсутствии модуляции двойной частотой ток в выходном зазоре сдвинут по фазе / на $\frac{\pi}{2}$ относительно напряжения, т.е. вместо /7/ имеем

$$i_n = \gamma i_0 \cos \omega t$$

При этом в среднем на первых порядках малости в резонатор не происходит. При модуляции потока двойной частоты, находящимся в бипериодической фазе относительно усиливаемого сигнала, получим первую составляющую тока, равную по амплитуде $\frac{1}{2}\delta\gamma i_0$, которая и обеспечивает усиление в

mechanism of these devices is mainly based on the increase of the alternating velocity component of the electrons by their sharp deceleration.

The amplification per unity of length in such amplifiers is approximately proportional to ω^2 (v_0 – the mean velocity of electrons).

The case of the geteroparametrical amplifier with the high frequency pumping can be treated analogously to the case of the amplifier with acceleration and deceleration of the electron stream, if one immagines that the potential wave is moving with the velocity v, not equal to the v_0. Such a treating allows us with the help of some simple algebraical transformations to get the main amplification formulas of the works [23,25]. This convenient for phisical interpretation method of describing phenomenbs gives us the possibility to appreciate the maximum amplification too, taking into account the fact that the electron velocity change, due to pumping, can not exceed 2 / - /. This maximum amplifications per unit of length is approximately equal to

(8)

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

At the increasing of the pumping wave power the amplification grows, passes the maximum point, when this power approaches the value, determined by (8), and decreases. The peculiarity of the new geteroparametrical devices is their possibility to amplify the fast and slow space charge waves separately, which is determined by application of the s.h.f. pumping instead of the "statical" pumping in these devices.

As it is clear from the previous expositions there is a deep resemblance in the parametrical properties between the new devices with the s.h.f. pumping and the devices used earlier. The fact, that in the electron beam parametrical amplifiers with the s.h.f. pumping there can be no low noises (as in the amplifier, exposed in (22) for example) is connected with this situation.

As far as the getting of low noise is the principal purpose of the new devices, we shall consider this question more in detail.

5. The s.h.f. amplifier noise lowering

All electron beam amplifiers consist of two parts:

1) the linear electrodinamic oscillation system and

2) the electron stream, which is the bearer of the energy recieved by the electrodinamic system and the chief source of the noises.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Therefore there are in principle two ways of the noises lowering in the electron beam amplifiers:

1) to "cool" the beam before the amplification,

2) do not transfer the noises from the beam to the electrodinamic system.

In principle there are various ways of the electron beam "cooling": the collimation, the velocity separation etc. In the new parametrical electron beam amplifiers the method of "cooling" the beam on the fast space charge wave was used, with the next amplification of the modulation also on the fast space charge. As to amplify the fast space charge wave the s.h.f. energy source is necessary, the pumping, in this case, is used as the source of the energy for the amplification.

As in literature the problem of the electron beam "cooling" has been considered in details, we shall not discuss it any longer.

Let us consider the second way of the developing of the low noise amplifiers: the amplification of the signal without the amplification of the noises. These amplifiers can be developed if the rule, wh ch we shall the "antiphase compensation rule", is fulfiled. The noise bunches interact for equal time with the s.h.f. fields of the opposite signs,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

or they are equal time amplified and attenuated under the same conditions, and on the contrary, the bunches formed by the signal in the electron stream interact mainly with the field of one sign and are amplified.

The amplifier proposed by Bridges, Kofner and Lede [17,18] is the example of this type devices. In this amplifier the energy source for amplification is the d.c. source (see p.III); the "pump" allows to use the nonlinear properties of the electron stream to couple and to amplify the signal in the system insensitive to the noise modulation.

Though it is doubtful if this amplifier will have the better noise factor than the existing amplifiers have 18, the "antiphase compensation rule" allows in principle to develop the different construction of the low noise amplifiers.

Let us consider the examples of the autoparametrical and heteroparametrical amplifiers based on this principle. The first of the amplifiers, which construction is analogous to that of Adler's amplifier, is schematicaly represented on the fig.1. The beam passes successively through the first gap of the resonator L_1 C_1, the first quadrupole section, the gap of the resonator L_2C_2, the second quadrupole section, the second gap of the resonator L_1C_1. The signal to be amplified is coupled through the resonator L_2 C_2.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Приборы подобного типа описаны в литературе уже 6 лет назад /32/ - это известные усилители со скачками потенциала. Механизм работы этих приборов основан в основном на использовании эффекта увеличения переменной составляющей скорости электронов при их резком торможении. Поскольку нам известно /21-24/ под действием силы пространственного заряда переменные составляющие скорости и плотности электронов периодически изменяется вдоль пучка с периодом

/9/

где - средняя скорость электронов, то усиление сигнала может быть достигнуто с помощью периодического электростатического поля с периодом

/10/

причем усиление на единицу длины примерно пропорциональна величине:

/11/

где / черта означает усреднение по периоду электростатического поля.

Для получения усиления на скачках потенциала, кроме /10/, должно выполняться определенное соотношение между "фазой" периодического электростатического поля и положением устройства задающего начальную модуляцию пучка - если, например,

The signal to be amplified is coupled through the resonator L_2C_2. In the first quadrupole section one part of the electrons, having the transverse velocities owing to the noise modulation, increases the radii of the helical paths, the other part decreases them.

In the second section the electrons, which have in the first section enlarged the transverse component of their velocities, will diminish it; the electrons, which have in the first section diminished their transverse velocity component, will enlarge it. Consequently the noise modulation on the exit end of the second section will be equal (neglecting the "cooling" in the resonator L_2C_2) to the noise modulation on the entrance end of the first section. The signal coupled to the resonator L_2C_2 in the favorable phase will be amplified. So the amplification of the signal is not equivalent to that of the noises, that can be used in the output device.

If the transit angle between the two gaps of the resonator L_1C_1 is equal ( ) , the noises won't be transfered to the resonator L_1C_1.

It is clear that by the suffisently great amplification coefficient the first gap of the resonator L_1C_1 is superfluous. The noise factor of this amplifier is approximately equal

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

модуляции пучка осуществляется в узком зазоре резонатора, то расстояние между этим зазором и первым тормозящим участком электростатического поля должно составлять :.

Характерным для усилителей на скачках потенциала, которые мы будем называть усилителями со "статической" модуляцией, является одновременное усиление быстрой и медленной волны пространственного заряда в потоке, которое происходит за счет постоянной составляющей кинетической энергии электронов. Поэтому в соответствии со сказанным выше в этих усилителях одновременно с усилением сигнала происходит и усиление шумов, их минимальный шумфактор определяется достижимой депрессией шумов в электронной пушке.

Ниже мы покажем, что анализ работы предложенных в последнее время гетеропараметрических усилителей с высокочастотной модуляцией /33/ может быть наиболее просто и физически наглядно произведен, если положить в основу механизм усиления в усилителях со статической модуляцией.[x]

Рассмотрим параметрический усилитель на электронном пучке, в котором периодическое изменение параметров пучка, например, скорости электронов осуществляется посредством бегущей волны /волны "накачки"/ с периодом и скоростью .Для простоты расчета допустим, что высокочастотный потенциал в этой волне изменяется по трапецеидальному закону /рис.4/.

x/ В период подготовки настоящей работы к печати была опубликована работа Адлера /34/, в которой также дается физическая трактовка механизма работы этих усилителей. Поскольку наш подход является иным и как нам кажется более общим, чем в этой работе, мы сочли целесообразным опубликовать его.

T_1 - the equivalent temperature of the noises in the electron stream at the entrance end of the first quadrupole section,

- the temperature of the signal to be amplified,
- the amplification coefficient.

It is clear that it is possible to develop the amplifiers, in which both the electron beam "cooling" and the "antiphase compensation rule" are used. For example in the amplifier, which is represented on fig.1, the noises on the fast space charge wave can be extracted from the beam by means of the resonator L_2C_2 or the other one located in front of the first quadrupole section in the same manner as it was described by Adler.

The scheme of the heteroparametrical amplifier based on the "antiphase compensation rule" is presented on fig.2. We shall not discuss the principle of its operation, because it is an logous to that just described.

The advantage of the amplifiers based on the "antiphase compensation rule" in the comparison with the beam "cooling" amplifiers is their less sensitiveness to the coupling of the beam to the field in the "cooling" system, to the matching of the latter, to the form of the electron stream, to the edge effects and other factors difficult for control in the lamps; the drawbacks of those elements

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

Для того, чтобы в такой системе выполнялось необходимое условие параметрического усиления – чтобы последовательные уплотнения или разряжения электронных сгустков происходили в одинаковых фазах поля накачки, должно вместо /10/ выполняться условие

/12/

поскольку для наблюдателя, движущегося с волной "накачки" плазменная частота трансформируется пропорционально допплеровскому множителю / /, где – средняя скорость электронов в поле волны "накачки".

Обозначив частоту накачки

получаем из /4/

/12[1]/

Однако, при уровне условие /4/ уже недостаточно для эффективного параметрического усиления. Действительно, поскольку начальная модуляция электронного потока осуществляется в неподвижном зазоре, а поле накачки движется с некоторой скоростью , то электроны вылетевшие из зазора в различные периоды высокочастотного колебания пройдут сечение , где переменная составляющая их скорости достигнет экстремальных значений в общем случае при различных фазах поля накачки.

Однако, для эффективного усиления необходимо, чтобы все электроны, получившие в модулирующем зазоре одинаковую по абсолютной величине модуляцию скорости, проходили через сечения при одинаковых значениях поля накачки. Поскольку период изменения абсолютной величины скорости электронов вдвое меньше

can be compensated by means of regulation of the relative amplitudes and phases of the pump signal in two sections.

Conclusion

We can conclude the following from what has been said above:

1. The usual electron beam amplifiers (klystrons, traveling wave tubes, backward wave amplifiers etc), as well as the recently proposed low noise electron beam amplifiers, can be treated as the parametrical devices, i.e. they can be described in terms of the circuit parameters variation.

2. The low noise amplification can be achieved:

a) by means of "cooling" of the electron beam and

b) by means of the application of the schems, based on the use of the "antiphase compensation rule".

3. The majority of efforts in lowering the noises of s.h.f. amplifiers up to day belong to finding the means of the beam cooling".

"The antiphase compensation rule" opens the new possibilities for the developing of the low noise amplifiers, all the more that it can be easily combined with the various means of the beam "cooling".

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

B I B L I O G R A P H Y

1. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., О явлениях резонанса λ -го рода, Журнал технич.физики, 2, 1932, стр. 775-811.
2. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., О возбуждении колебаний в электрической колебательной системе при помощи периодического изменения ёмкости, Журнал технич.физики, 3, 1933, стр.1141-1144.
3. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., О параметрическом возбуждении электрических колебаний, Журнал технич.физики, 4, 1934, стр.5-29.
4. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., Об установлении колебаний при резонансе λ -го рода, Журнал технич. физики, 4, 1934, стр. 1934.
5. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., К вопросу о параметрической регенерации, И.Э.С.Т., 1935, № 3, стр.1.
6. Папалекси Н.Д., Мартынов А.К., О возбуждении второго параметрического резонанса, ДАН СССР, 1946, 51, стр. 25-28.
7. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д., К теории параметрической генерации переменных токов в системах с малой нелинейностью и произвольной глубиной модуляции. Полное собрание трудов Л.И.Мандельштама. Изд.АН СССР, 1947, стр. 374-387.
8. Рубчинский Э.К., И.Э.С.Т., № 3, 1935, стр.7.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

9. Дивильковский М., Рытов С., К вопросу о самовозбуждении и резонансе в системе с периодически изменяющейся самоиндукцией, Ж Т Ф, 1936, т.6, № 3, стр.494.

10. Горелик Г.С., Резонансные явления в линейных системах с периодически меняющимися параметрами, Ж Т Ф, 1934, т.4, № 10; 1935, т.5, № 2,3.

11. Рытов С., Резонанс к -го рода в системах с двумя степенями свободы, Ж Т Ф, 1935, т.5, № 1, стр.3.

12. Лазарев В.А., Параметрическое возбуждение комбинационных колебаний, Ж Т Ф, 1937, т.7, № 6, стр.640.

13. Мигулин В.В., Резонансные явления в системах с двумя степенями свободы, Ж.Т.Ф., 1937, т.7, № 6, стр.627.

14. Лазарев В.А., Колебания в связанных системах с периодически меняющимися параметрами, Ж Т Ф, 1940, т.10, № 11, стр. 918.

15. Бронов М.В., О возможности применения теории параметрического возбуждения колебаний к анализу работы и расчёту магнетронных генераторов, Электросвязь, № 3, 1939.

16. Гуревич В.П., К теории клистрона, Ж Т Ф, 1941, т.XI, вып. 2-1.

17. Bridges T.J., A Parametric Electron Beam Amplifier, Proc.IRE, 1958, vol.46, No 2, p.494.

18. Heffner H., Wade G., Gain, Band-Width and Noise Characteristics of the Variable-Parameter Amplifier, J.Appl.Phys., 1958, vol.29, No 9, pp.1321-1331.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

19. Adler R., Parametric amplification of the fast electron wave, Proc.IRE, 1958, vol.46, No 6, pp.1300-1301.

20. Adler R., Hrbek G., Wade G., A low-Noise Electron-Beam Parametric Amplifier, Proc.IRE, 1958, vol.47, No 10, pp.1756-1757.

21. Базарев Е.Н., Хаботинский М.Е., Деление частоты на отражательном клистроне, Радиотехника и электроника, 1956, № 5.

22. Ashkin A., Parametric amplification of Space Charge Waves, J.Appl.Phys., 1956, vol.29, No 12, pp.1646-1651.

23. Louisell W.H., Quate C.F., Parametric amplification of Space Charge Waves, Proc.IRE, 1958, vol.46, No 4, pp.707-716.

24. Ashkin A., Bridges T.J., Louisell W.H., Quate C.F., Parametric Electron Beam Amplifiers, IRE Wescon Convention Record, 1958, Aug.,19-22, p.III E.D.

25. Wade G., Adler R., A New Method of Pumping a Fast Space-Charge Wave, Proc.IRE, 1959, vol.47, No 1,pp.79-80.

26. Field L.M., Tien P.K., Watkins D.A., Amplification by Acceleration and Deceleration of a Single-Velocity Stream Proc.IRE, 1951, vol.39, No 2, p.194.

27. Hahn W.C., Small signal theory of velocity modulated electron beams, Gen.Elec.Rev., June 1939, vol.42,pp.258-270.

28. Ramo S., Space charge and field waves in an electron beam, Phys.Rev., August 1939, vol.56, pp.276-283.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

29. Тютинский В.П., О фазовой скорости волн пространственного заряда, Радиотехника и электроника, сентябрь 1958 г., т. II, вып. 9.

30. Pierce J.R., A theorem concerning noise in electron streams, J.Appl.Phys., August 1954, vol.25,pp.931-933.

31. Haus H.A., Robinson F.N.H., The minimum noise figure of microwave beam amplifiers, Proc.IRE, August 1955, vol.43, pp.981-991.

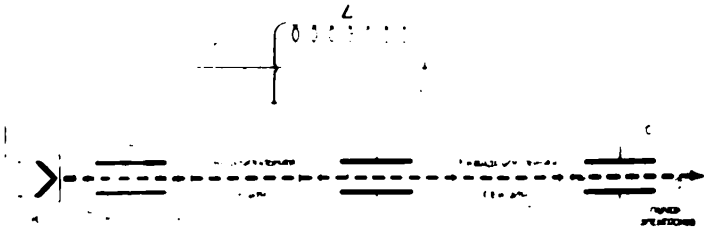
32. Тагер А.С., Исследование шумовых свойств ЛБВП с бегущей волной, Радиотехника и электроника, 1957, т.2, вып.2, стр.222-229.

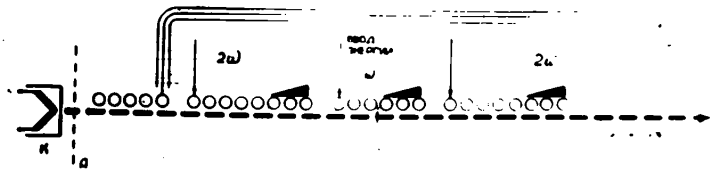
33. Siegman A.E., Watkins D.A., Heung-Sheng Hsieh Density-Function Calculations of Noise Propagation on an Accelerated Multivelocity Electron Beam, J.Appl.Phys., 1957, vol.28, No 10, pp.1136-1149.

34. Currie M.R., Forster L.C., New mechanism of noise reduction in electron beams, J.Appl.Phys., Jan.1959, vol.30, 1.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1





Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

[illegible] $T = \frac{2\pi}{\omega}$ [illegible]

[illegible] при [illegible] фазовых соотношениях между волной „накачки" и [illegible] усиливаемым потоком на частоте его сигнала, если

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\frac{2\pi}{\Omega}$$

или

$$\Omega = 2\omega \qquad /[illegible]/$$

Нетрудно убедиться, что условие может быть и при [illegible] более общего условия

$$\Omega = \frac{2}{2n+1}\,\omega . \qquad /[illegible]/$$

Подставляя /[illegible]/ в /[illegible]/, находим:

$$u^{r} = \frac{\bar{v}}{1 \pm \frac{\bar{\omega}_q}{\omega}} \qquad /[illegible]/$$

Согласно /[illegible]/ в параметрическом усилителе с [illegible] "накачки" скорость волны "накачки" должна [illegible] быстрой или медленной волн пространственного заряда на частоте усиливаемого сигнала. Условия [illegible] параметрического усиления /[illegible]/ и /[illegible]/ совпадают с соответствующими соотношениями, полученными более сложным путем в работе /[illegible]/ с той разницей, что [illegible] предполагалось, что волна "накачки" есть волна пространственного заряда в [illegible] потоке, что может быть просто электромагнитная волна, [illegible] здесь [illegible] быстрой [illegible] электронный поток, [illegible] на частоте сигнала. При этом в электронном потоке усиливается та волна пространственного заряда, в которой [illegible]

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

POOR ORIGINAL

[redacted]

[redacted] v_1 [redacted] v_2 [redacted]

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = E$$

[redacted] E [redacted]

[redacted] $v=0$ [redacted] E [redacted] $e\Delta U$ [redacted] ΔU [redacted] E [redacted]

$$E = \frac{e\Delta U}{\left|1 - \frac{u}{\bar{v}}\right|},$$

[redacted]

где $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} + \frac{\bar{v}_1 + \bar{v}_2}{2}$,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

$v_{01,02}$, $\tilde{v}_{1,2}$ – [redacted]

[redacted] /[redacted]/ [redacted]:

$$\mathcal{E} = \frac{e\Delta U}{\left|1-\frac{w}{\tilde{v}_0}\right|} - \frac{e\Delta U(\tilde{v}_1+\tilde{v}_2)}{2(\tilde{v}_0 - w)^2} w \qquad /[redacted]/$$

[redacted] /[redacted]/ [redacted] /[redacted]/ [redacted] /[redacted]/ [redacted]

$$\frac{\tilde{v}_2}{\tilde{v}_1} \cong \frac{v_{01}}{v_{02}} - \frac{e\Delta U}{m v_{02}^2}\left(\frac{\omega}{\omega_q}\right)^2\left(1 \pm \frac{\omega_q}{\omega}\right) \qquad /[redacted]/$$

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} \cong 1 - \frac{e\Delta U}{m v_{02}^2}\left(\frac{\omega}{\omega_q}\right)\left(1 \pm \frac{\omega_q}{\omega}\right) \qquad /[redacted]/$$

[redacted] /[redacted]/ [redacted] при $\frac{\omega_q}{\omega} \ll 1$

$$\frac{\tilde{v}_2 - \tilde{v}_1}{\tilde{v}_1} \cong \frac{d\tilde{v}}{\tilde{v}} \cong -\frac{1}{2}\frac{\Delta U}{U}\left(\frac{\omega}{\omega_q}\right)^2\left(1 \pm \frac{\omega_q}{\omega}\right) \qquad /[redacted]/$$

При $\Delta U < 0$ [redacted] $\Delta U > 0$ [redacted] /[redacted]/ [redacted] $\frac{2}{2n+1}$ [redacted] Λ_q [redacted]

$$G \cong -\frac{8.68}{2\pi(2n+1)}\frac{\Delta U}{U}\frac{\omega}{\tilde{v}_0}\frac{\omega}{\omega_q}\left(1 \pm \frac{\omega_q}{\omega}\right) \qquad /[redacted]/$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1

Формула /22/ близка к соответствующему выражению работы/ 33

В последней подушка скорости полагалась равной

/23/

и для коэффициента усиления было получено выражение

/24/.

Выражая из /22/ и /23/ и поставляя полученное соотношение в /24/ находим:

/25/

что отличается от /22/ лишь числовым коэффициентом.

Формулы /21/ - /22/ /также как соответствующие формулы работ №8,34/ справедливы при условии, что [illegible] скорости [illegible] обусловленные действием "[illegible]" /определяемое /20/ не превышает разности / [illegible] /. Используя /20/ и /16/ это условие можно записать в виде:

/26/

Таким образом усиление в рассматриваемой системе не может превышать величину

/27/

1/ она совпадает также с формулой, приведенной в /34/

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release @ 50-Yr 2014/03/05 : CIA-RDP81-01043R003800230019-1