



ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ЭФФЕКТА КОМПФНЕРА В РЕЖИМЕ ПОДАВЛЕНИЯ БОЛЬШИХ СИГНАЛОВ И ПРИ НАЛИЧИИ МОЩНОЙ ВСТРЕЧНОЙ ВОЛНЫ

В.Я. Явчуновский

Показана принципиальная возможность создания мощных широкополосных электронных развязывающих устройств на основе ЛБВ, работающих в режиме подавления, обеспечивающих устойчивую работу широкополосных усилительных схем. Отраженный на предусилитель сигнал попутен электронному пучку и взаимодействует с ним при скоростях электронов, меньших скорости распространения сигнала в замедляющей системе развязывающего устройства. Выходной сигнал предусилителя распространяется навстречу электронному пучку развязывающего устройства с минимальным затуханием, соответствующим собственным потерям электродинамической системы развязывающего устройства. Исследуются полосовые характеристики эффекта подавления мощных СВЧ-сигналов (нелинейного эффекта Компфнера); изучается негативное влияние на взаимодействие в развязывающем устройстве распространяющейся в нем навстречу электронному пучку сформированной извне мощной волны и предлагаются конкретные меры по снижению этого влияния.

Введение

Одним из наиболее популярных усилителей СВЧ-диапазона является изобретенная Р.Компфнером в 1943 году [1] лампа бегущей волны (ЛБВ), в которой распространяющийся однонаправленно с электронным потоком и взаимодействующий с ним СВЧ-сигнал обуславливает торможение электронов, в результате чего кинетическая энергия электронов переходит в энергию высокочастотного сигнала. Известен и обратный эффект – Kompfner dip condition [2], заключающийся в том, что взаимодействие с СВЧ-сигналом приводит к ускорению электронов, при этом СВЧ-сигнал отдает им свою энергию и полностью подавляется. Этот эффект до последнего времени считался принципиально узкополосным и использовался специально в таких электродинамических измерениях, где его ярко выраженный резонансный характер позволяет добиться высокой точности измерений.

В настоящей работе делается попытка показать, что реализация нелинейных свойств упомянутого выше эффекта подавления СВЧ-сигналов делает этот эффект чрезвычайно широкополосным и позволяет использовать его для создания сверхширокополосных невзаимных развязывающих устройств, работающих при высоких уровнях проходящей и рассеиваемой мощности, получив при этом параметры, принципиально недостижимые на существующих ферритовых вентилях и циркуляторах [3,4].

1. Анализ полосовых свойств эффекта подавления

Полное подавление малого СВЧ-сигнала при его взаимодействии с электронным пучком, как уже указывалось во введении, имеет место при строго заданных условиях взаимодействия (Kompfner dip condition). Однако, если можно ограничиться подавлением 7÷10 дБ, то, как показано в [5], зоны изменения параметров Φ_0 и CN (соответственно, невозмущенного относительного угла пролета электронов и безразмерной длины пространства взаимодействия), в которых такое подавление реализуется, достаточно широки (рис. 1). Это видно и из представленных в [5] зависимостей коэффициента подавления B от геометрической длины пространства взаимодействия l (рис. 2).

Для определения полосовых свойств эффекта подавления в режиме больших сигналов необходимо учитывать возникающие при этом нелинейные эффекты и возможность возникновения бигармонического взаимодействия [6]. Последнее связано с использованием описываемых устройств (ЛБВ-подавителей, далее ЛБВП) в широкополосных усилительных схемах с высоким уровнем второй временной гармоники, которая, безусловно, будет присутствовать и в подавляемом СВЧ-сигнале. Кроме того, собственная широкополосность ЛБВП способствует появлению в сгруппированном электронном токе достаточно высокого уровня второй гармоники (особенно с учетом взаимодействия при скоростях электронов, существенно меньших скорости волны).

Анализ полосовых характеристик подавления проводился по нелинейным уравнениям ЛБВ, записанным аналогично полученным в [7]. При этом представлялось чрезвычайно важным исследовать амплитудные характеристики ЛБВП и установить динамику изменения ширины полосы подавления от уровня входного сигнала этих устройств. При очень малых сигналах ($P_{вх}/P_0 \leq 10^{-4}$, P_0 — мощность электронного пучка) результаты взаимодействия, рассчитанные по нелинейным уравнениям, достаточно хорошо совпадают с результатами расчета в линейном приближении (см. рис. 2); минимальное в октавной полосе частот значение коэффициента подавления B составляет всего 6÷8 дБ.

Однако уже из этих кривых видны и причины относительной узкополосности эффекта частичного подавления и перспективы получения существенно большей полосы рабочих частот. Основной причиной узкополосности

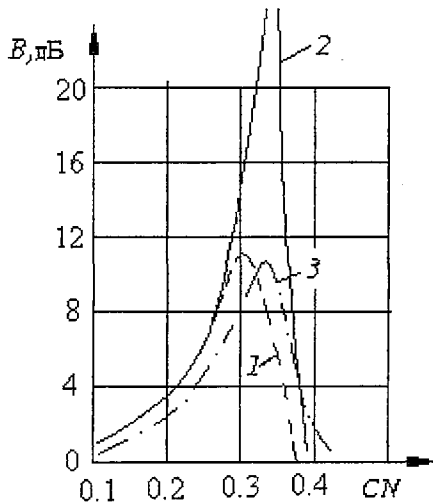


Рис. 1. Зависимость коэффициента подавления B от величины CN при фиксированных значениях параметра Φ_0 : 1 — 0.8π ; 2 — π ; 3 — 1.2π

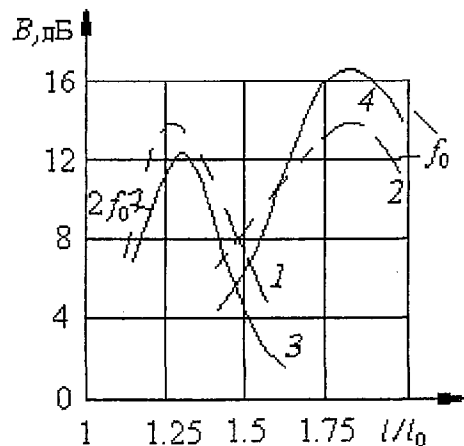


Рис. 2. Зависимости коэффициента подавления B от относительной геометрической длины пространства взаимодействия для двух крайних частот октавного диапазона f_0 (кривые 2,4) и $2f_0$ (кривые 1,3) и двух различных соотношений скоростей электронов v_e и волны v_ϕ (для кривых 1,2 это соотношение по диапазону частот изменяется от 0.85 до 0.88; для кривых 3,4 — от 0.87 до 0.91) [5]

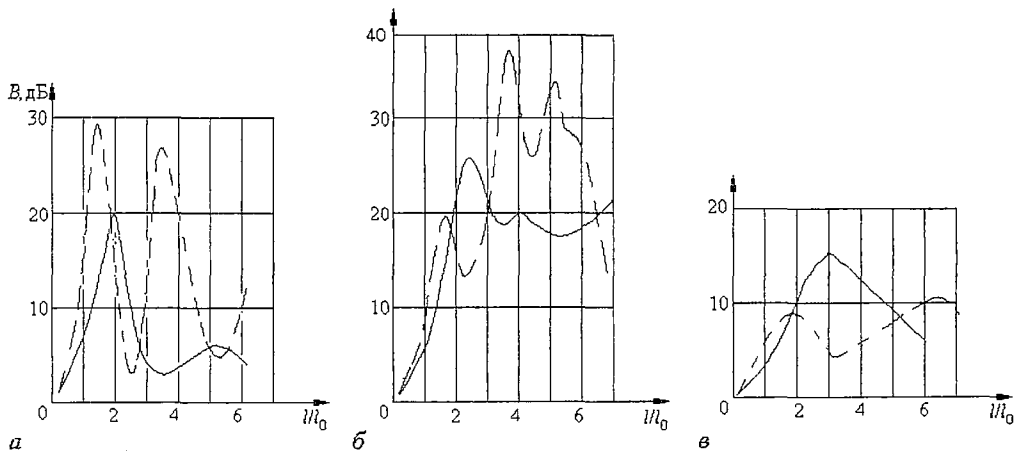


Рис. 3. Зависимость коэффициента подавления B от относительной геометрической длины пространства взаимодействия для двух крайних частот октавного диапазона f_0 (здесь и далее – сплошная линия) и $2f_0$ (здесь и далее – штриховая линия) и для различных соотношений входной ВЧ-мощности и постоянной мощности пучка $P_{вх}/P_0$: а – 0.05; б – 0.2; в – 0.5; $v_{ф0}/v_{ф2f_0}=1.06$

эффекта является различие достаточно ярко выраженных длин максимального подавления. Физически это обусловлено тем, что в этой точке (для каждой частоты сигнала – своей) сгруппированный в процессе взаимодействия и практически не разрушенный электронный сгусток, получив дополнительную энергию от волны, переходит из ускоряющей фазы поля в тормозящую, и начинается процесс достаточно эффективного и быстрого усиления сигнала.

Можно предположить, что широкополосность эффекта будет возрастать с увеличением соотношения $P_{вх}/P_0$. По опыту усилительных ЛБВ, работающих с большими входными сигналами [8], известно, что с ростом величины $P_{вх}/P_0$ растет различие длин, соответствующих насыщению первой гармоники высокочастотного тока электронного пучка и насыщению по выходному сигналу (коэффициенту усиления). Физически это означает, что в пике усиления сгусток уже достаточно разрушен и не пригоден для дальнейшего взаимодействия любого типа. Насыщение при этом не ярко выраженное, после точки максимума резкого спада кривой не наблюдается. Расчеты, проведенные по указанной выше математической модели для больших входных сигналов ($P_{вх}/P_0=0.05, 0.2$ и 0.5), полностью подтвердили эту гипотезу (рис. 3), что и позволяет получать требуемые полосовые характеристики.

Следует отметить, что полосовые характеристики эффекта подавления весьма существенно связаны с электродинамическими характеристиками замедляющей системы (ЗС) ЛБВП, поскольку дисперсия фазовой скорости в ней определяет (при заданном ускоряющем напряжении электронного пучка) весьма значимое для эффективности реализации описываемого эффекта соотношение скоростей электронов и электромагнитной волны. Однако, в отличие от усилителей, оптимальной, с точки зрения полосовых свойств, является не anomальная дисперсия (при которой фазовая скорость волны с ростом частоты увеличивается), а нормальная дисперсия, так как при отношениях $v_e/v_{ф}<1$, необходимых для реализации эффективного подавления, постоянство соотношения $v_e/v_{ф}$ по диапазону частот обеспечивается именно при нормальной дисперсии. Это можно проиллюстрировать зависимостями (рассчитанными по упомянутым выше нелинейным уравнениям) коэффициента подавления на краях октавного диапазона от скорости электронного пучка (соответствующего ему ускоряющего напряжения $U_{зс}$) для ЗС с различной дисперсией, из которых следует, что при нулевой дисперсии (рис. 4, а) оптимальные напряжения ЗС существенно различны для частот f_0 и $2f_0$. Для случая $v_{ф0}/v_{ф2f_0}=1.04$ (рис. 4, б) максимальные значения B на частотах f_0 и $2f_0$ достигаются при практически одинаковых $U_{зс}$. Для $v_{ф0}/v_{ф2f_0}=1.1$ (рис. 4, в) наблюдается сдвиг оптимальных ускоряющих напряжений, обратный сдвигу при нулевой дисперсии.

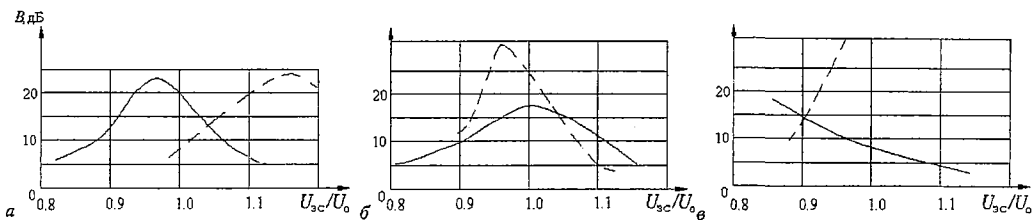


Рис. 4. Зависимость коэффициента подавления B на краях октавного диапазона частот от ускоряющего напряжения $U_{зс}/U_0$ для трех различных величин дисперсии ЗС $v_{ф1}/v_{ф2}$: $a - 1.0$; $b - 1.04$; $c - 1.1$; $P_{вч}/P_0=0.2$; геометрическая длина в каждом случае оптимальная

2. Оценка влияния встречной волны на взаимодействие электронного пучка с ВЧ-полем в ЛБВ-подавителе

Описанный выше нелинейный эффект может найти широкое применение в усилительной технике СВЧ-диапазона. Одним из возможных путей получения высоких уровней мощности усиливаемого СВЧ-сигнала в широкой полосе частот является создание усилительных цепочек ЛБВ [9]. Такие схемы при их многочисленных достоинствах (высоких КПД, недостижимых в моноусилителях уровнях мощности и т.д.) имеют практически единственный недостаток — относительно низкий уровень устойчивости к самовозбуждению в отсутствие входного сигнала и возбуждению паразитных колебаний в режиме усиления полезного сигнала. Последнее связано с малыми потерями отраженного от общей нагрузки усилительной цепочки сигнала в оконечном усилителе, в результате чего на выход предусилителя приходит отраженный сигнал, сравнимый с уровнем его собственного выходного сигнала.

Представленные выше результаты исследований позволяют предположить, что описанный эффект подавления сигнала может быть использован для создания широкополосного развязывающего устройства, в котором (рис. 5) отраженный от оконечного усилителя сигнал будет направлен попутно с электронным пучком ЛБВП и существенно снижен по амплитуде за счет взаимодействия с ним. Прямой же сигнал, который будет распространяться при этом навстречу электронам, пройдет через ЛБВП практически без потерь и, на первый взгляд, не оказывая существенного влияния на подавление отраженного сигнала.

Однако сделанное выше предположение, что движущаяся в ЛБВП навстречу электронному пучку прямая волна не взаимодействует с ним, справедливо лишь отчасти. Действительно, если рассматривать исключительно прямую волну, то сколь-либо существенных изменений ее параметров за счет воздействия на нее потока электронов не наблюдается. Тем не менее, сами электроны, проходя через ускоряющие и тормозящие фазы поля движущейся ему навстречу волны, испытывают модуляцию по скорости. При этом в результате действия сил пространственного заряда и за счет того, что каждый электрон может пройти через поле нецелого числа длин волн, может иметь место кумулятивный модуляционный эффект, оказывающий влияние на взаимодействие с электронным пучком попутной ему встречной волны.

Исходной посылкой, на которой строилось исследование влияния встречной волны на электронный пучок и на его взаимодействие с попутной волной, являлось утверждение, что под действием встречной волны электроны пучка подвергаются дополнительной модуляции по скорости, амплитуду которой можно записать в виде



Рис. 5. Схема включения ЛБВП в качестве невязанного развязывающего устройства в усилительную цепочку между предусилителем (ПУ) и оконечным усилителем (ОУ); стрелками показаны направления скоростей движения электронов v_e во всех элементах усилительной схемы

$$\Delta v_e = -v_\Sigma + (v_\Sigma^2 + 4\eta E_{0z} v_\Sigma / \omega)^{1/2}, \quad (1)$$

где $\eta = e/m$ – удельный заряд электрона; $v_\Sigma = v_e + v_\phi$ – начальная скорость перемещения электронов относительно встречной волны; E_{0z} , ω – амплитуда и частота встречной волны.

В предположении малости Δv_e , выражение (4) можно переписать в виде

$$\Delta v_e / v_e \approx 2\eta E_{0z} / (\omega v_e). \quad (2)$$

Оценки, проведенные для ЛБВ–подавителей 10–сантиметрового диапазона с уровнем мощности встречной волны 23÷27 дБ·Вт, показали, что амплитуда дополнительной модуляции составляет 4÷5 % от начальной скорости электронов.

Методика эксперимента по определению влияния встречной волны на спектр скоростей электронов основана на сравнении зависимостей тока коллектора ЛБВП от ее напряжения в отсутствие входного сигнала и при подаче ВЧ–сигнала большой амплитуды в направлении, противоположном движению электронов. Сравнение интегральных распределений электронов по энергиям позволяет определить изменение скорости электронов под действием встречной волны. При таких измерениях существует опасность регистрации дополнительного изменения коллекторного тока под действием и других факторов, например динамической расфокусировки, отраженных волн и т.п. Наиболее существенным из них представляется влияние волны, отраженной от ввода энергии ЛБВ, распространяющейся в одном направлении с электронами и модулирующей электронный пучок по скорости. Для предотвращения эффективного взаимодействия электронов с отраженным сигналом необходимо выбирать такое ускоряющее напряжение, при котором взаимодействие значительно слабее, чем в синхронных режимах, а фокусировка пучка еще не нарушается.

Дифференциация эффекта изменения продольной компоненты скорости электронов (под действием движущейся во встречном направлении электромагнитной волны) от результатов действия остальных возмущающих факторов основана на квазипериодической зависимости регистрируемой в эксперименте величины Δv_e от частоты сигнала. Действительно, регистрируемое изменение скорости электронов не является, в общем случае, максимально достижимым под действием встречной волны, а зависит от фазовой длины пространства взаимодействия на данной частоте сигнала. Для случая произвольной длины участка взаимодействия l выражение (1) запишется в виде

$$\Delta v_e = v_\Sigma + (v_\Sigma^2 + \alpha)^{1/2}, \quad (3)$$

где

$$\alpha = 2\eta \int_0^l E_{0z} \sin \beta z dz = 2\eta (E_{0z} / \beta) (\cos \beta l - 1). \quad (4)$$

Из (3), (4) видно, что максимальное изменение скорости будет зарегистрировано при $\beta l = (2n+1)\pi$, где $n=1, 2, 3, \dots$, $\beta = \omega / v_\Sigma$. В этом случае часть электронов пройдет кроме целого числа периодов всю тормозящую фазу встречной волны, и их скорость уменьшится на максимально достижимую для данной амплитуды ВЧ–поля величину Δv_e , что приведет к максимальному изменению интегральной кривой распределения электронов по энергиям. И наоборот, при $\beta l = 2\pi n$ никакого изменения интегрального распределения электронов по энергиям на выходе из пространства взаимодействия по сравнению со случаем отсутствия встречного сигнала зарегистрировано не будет.

Если найти две соседние частоты ω_1 и ω_2 , для которых эффект не регистрируется, то для них можно записать

$$\omega_1 l / (v_{\phi 1} + v_e) = 2n\pi, \quad \omega_2 l / (v_{\phi 2} + v_e) = 2(n+1)\pi. \quad (5)$$

Отсюда находим

$$\Delta f = (v_{\phi} + v_e) / l. \quad (6)$$

Таким образом, получена квазипериодическая (ввиду наличия слабой дисперсии фазовой скорости $v_{\phi 1} \approx v_{\phi 2}$ в спиральной ЗС) зависимость от частоты эффективности влияния встречной волны на скорость электронов. Регистрация подобной зависимости в эксперименте свидетельствовала бы о наличии эффекта влияния встречной волны на параметры электронного пучка.

Экспериментальное исследование влияния встречного сигнала на параметры электронного пучка и величину коэффициента подавления ЛБВП проводилось на установке, высокочастотная часть которой представлена на рис. 6. Сигнал с генератора 4, проходящий через усилитель 5 и ЛБВП 6, потери в котором минимальны, подается на вход ЛБВП 12. Мощность на входе P_1 и выходе P_2 ЛБВП 12 измеряется с помощью градуированных направленных ответвителей 7, 11. По соотношению измеренных значений мощности определяется коэффициент подавления

$$B = 10 \lg(P_1/P_2). \quad (7)$$

Встречный сигнал подается на ЛБВП 12 с генератора 8 и усилителя 9 и измеряется на входе усилителя с помощью направленного ответвителя 10. ЛБВП 6 предназначен для защиты усилителя 5 от мощного встречного сигнала, распространяющегося практически без потерь через устройство 12. В боковой канал направленного ответвителя 11, с помощью которого измеряется выходная мощность ЛБВП 12, попадает часть мощности встречного сигнала, отраженная от вывода энергии и следующих за ним ВЧ-элементов, и часть мощности с ответвителя 11, что обусловлено его неидеальной направленностью. Подавленный в ЛБВП 12 сигнал P_2 значительно меньше по амплитуде, чем встречный сигнал P_1 , поэтому погрешность измерений может оказаться значительной. В целях получения более точных результатов встречный сигнал подавался на частоте, отличной от частоты основного сигнала, а в канал, в котором измерялась P_1 , вводился резонансный фильтр, настроенный на частоту основного сигнала и не пропускающий сигнал на частоте встречной волны. Изложенная методика представляется вполне правомерной, так как степень воздействия встречной волны на параметры ЛБВП практически не должна зависеть от частоты.

Вначале снималась зависимость токооседания от частоты встречной волны при фиксированной ее амплитуде. При подаче ВЧ-сигнала в направлении, противоположном направлению движения электронов, ток на ЗС увеличивался, причем его величина изменялась периодически с изменением частоты сигнала. Период изменения величины токооседания по частоте составлял $5.4 \div 5.6\%$ по отношению к частоте f_1 , что достаточно близко к расчетным результатам (около 5.8%). Некоторое расхождение экспериментального и теоретического значений периода изменения величины

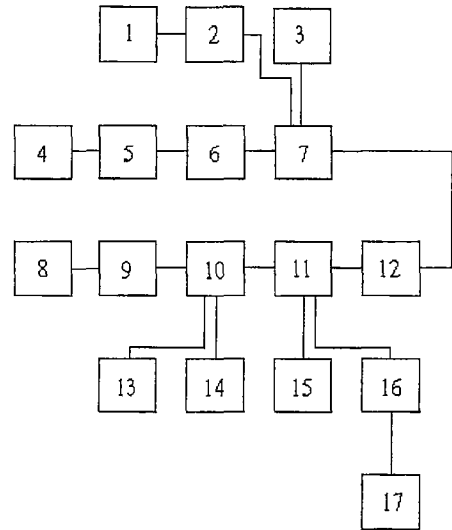


Рис. 6. Схема измерительной установки для оценки влияния встречного сигнала на параметры ЛБВП: 1, 13, 17 – измерители мощности; 2 – фильтр низких частот; 3, 14, 15 – согласованные нагрузки; 4, 8 – генераторы сигналов; 5, 9 – ЛБВ-усилители; 6 – ЛБВП, предназначенный для защиты ЛБВ-усилителя 5; 7, 10, 11 – направленные ответвители; 12 – испытуемый ЛБВП; 16 – резонансный фильтр

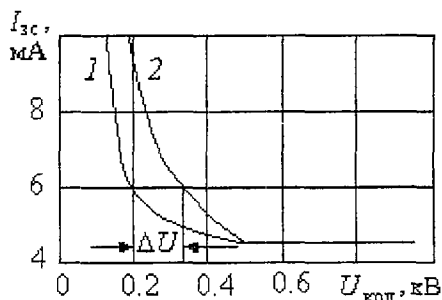


Рис. 7. Зависимости токооседания на ЗС от напряжения коллектора в отсутствие (кривая 1) и при наличии (кривая 2) встречной волны мощностью 20 дБ·Вт

ΔU) самых медленных электронов, отнесенная к начальной энергии электронов, составляет (для уровня встречной волны 20 дБ·Вт) $6 \div 7\%$, то есть примерно 3% по скорости, что хорошо согласуется с приведенными выше теоретическими оценками.

В отсутствие встречного сигнала коэффициент подавления исследуемого ЛБВП в октавном диапазоне частот составлял не менее 10 дБ в достаточно широком диапазоне изменения напряжений; оптимальное значение ускоряющего напряжения составляло примерно 3.9 кВ. Зависимость подавления в ЛБВП от уровня встречного сигнала исследовалась как для оптимального $U=3.9$ кВ (в отсутствие встречной волны), так и для неоптимальных ускоряющих напряжений. Из анализа полученных кривых (рис. 8, а) следует, что при оптимальном (в отсутствие встречной волны) ускоряющем напряжении наблюдается значительное (на $5 \div 7$ дБ) снижение коэффициента подавления ЛБВП с ростом амплитуды встречной волны. При отличных от оптимального ускоряющих напряжениях зависимость коэффициента подавления от уровня встречной волны становится слабее. Из рис. 8, б, в частности, видно, что при наличии встречного сигнала коэффициент подавления становится менее критичным к выбору ускоряющего напряжения. Это, очевидно, объясняется тем, что в случае эффективного взаимодействия при оптимальном ускоряющем напряжении электронный сгусток в конце пространства взаимодействия выходит к границе ускоряющей фазы поля. В этом случае при колебаниях по скорости под действием встречной волны большая часть электронов попадает в тормозящую фазу, что приводит к резкому снижению коэффициента подавления. В случае же менее эффективного взаимодействия при

Δv_e можно объяснить неточностью измерения частоты и величины ускоряющего напряжения. Полученная квазипериодическая зависимость величины тока ЗС от частоты позволяет сделать вывод о справедливости выдвинутых предположений о характере действия встречной волны. Для определения величины Δv_e строились экспериментальные зависимости величины токооседания $J_{ЗС}$ от напряжения коллектора в отсутствие и при наличии встречной волны (рис. 7). Разница в энергиях (тормозящих потенциалах —

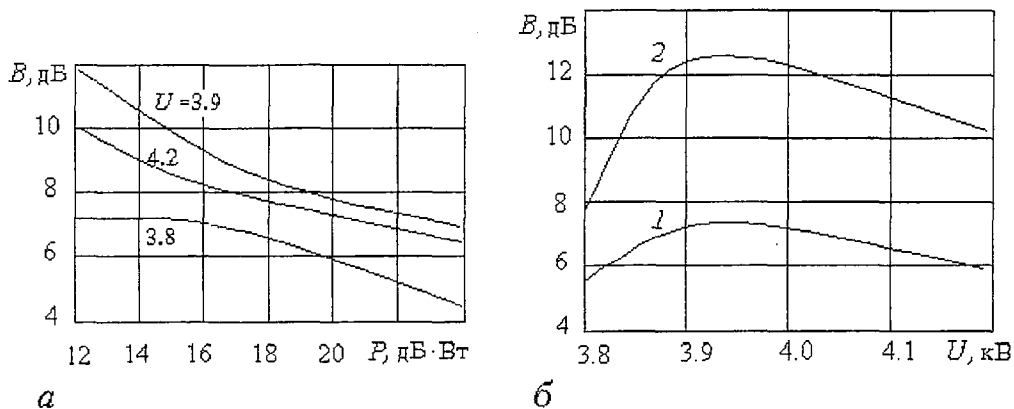


Рис. 8. Зависимости коэффициента подавления B от величины встречного сигнала при различных значениях ускоряющего напряжения U , кВ (а) и от ускоряющего напряжения ЛБВП (б) при наличии встречной волны мощностью $P=24$ дБ·Вт (кривая 1) и в ее отсутствие (кривая 2)

неоптимальном ускоряющем напряжении большая часть электронов находится в середине ускоряющей фазы поля, и колебания под действием встречной волны приводят к переходу в тормозящую фазу поля лишь очень небольшой доли электронов.

Заключение

Полученные результаты однозначно свидетельствуют о принципиальной возможности создания электронных развязывающих устройств, широкая полоса подавления отраженных сигналов в которых обеспечивается нелинейными свойствами в режимах, когда мощность взаимодействующего сигнала сравнима с мощностью электронного пучка. При расчете и проектировании таких устройств необходимо учитывать влияние (на взаимодействие электронного пучка с попутной ему волной) мощной встречной волны, существенно изменяющей спектр скоростей электронов и достижимые значения коэффициента подавления. Одной из наиболее эффективных мер, снижающих негативное влияние встречной волны, может являться отстройка ускоряющего напряжения от его значений, оптимальных в отсутствие встречной волны.

Библиографический список

1. *Kompfner R.* On operation of the travelling wave tube at low level // J.Brit. IRE. 1950. Vol. 10, №7. P.283.
2. *Jonson H.R.* Kompfner dip condition // Proc.IRE.1955.Vol. 43, № 7. P. 874.
3. *Карбовский С.Б., Шахгеданов В.Н.* Ферритовые циркуляторы и вентили. М.: Сов.радио, 1970. 219 с.
4. *Серебряков А.Е. Свириденков В.С.* Результаты разработки широкополосных коаксиальных вентилей и дальнейшее совершенствование их технических характеристик. Радиоизмерения. Т.1. Измерения параметров СВЧ трактов // Труды IV Всесоюзной научно-технической конференции. Каунас, 1977. С. 116.
5. *Гаврилов М.В., Явчуновский В.Я., Якунин А.Н.* Поиск компромиссных решений при проектировании и разработке современных ЛБВ // Лекции по электронике СВЧ и радиофизике (8-я зимняя школа-семинар инженеров). Кн. 3. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. 152 с.
6. *Кудряшов В.П.* Оптимизация выходных параметров широкополосных ЛБВ // Лекции по электронике СВЧ (3-я зимняя школа-семинар инженеров). Кн. 3. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 1974. С.70.
7. Возможность улучшения частотных свойств ЛБВ / *Е.М.Ильина, А.М. Кац, В.П. Кудряшов, В.И. Миркин* // Электронная техника. Сер.1. Электроника СВЧ. 1976. Вып.1. С.8.
8. *Калинин Ю.А., Кац А.М., Песин Б.В.* Исследование работы ЛБВ при больших входных сигналах // Электронная техника. Сер.1. Электроника СВЧ. 1973. Вып.6. С.52.
9. *Ильина Е.М., Калинин Ю.А., Кац А.М. и др.* Улучшение параметров усилительной цепочки, состоящей из входной ЛБВ с большим усилением и выходной ЛБВ без поглотителя с малым усилением // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1974. Вып. 8. С.34.

Корпорация «Диполь», Саратов

Поступила в редакцию 27.04.2000
после доработки 12.05.2000

INVESTIGATION OF NONLINEAR PROPERTIES OF THE KOMPNER EFFECT IN THE MODE OF HIGH LEVEL SIGNAL REDUCTION IN THE PRESENCE OF POWERFUL OPPOSITE WAVE

V.Y. Yavchunovsky

The possibility of the powerful wide-band decoupler creation is shown, which provides stable operation of wide-band amplifying schemes. Reflected to the preamplifier microwave signal passes the decoupler in the same direction with the electron beam and interacts with it, when the electron rate is lower than the rate of signal propagation in the slow-wave structure and when the preamplifier output signal moves in opposite to electron beam direction with minimum attenuation, corresponding to own loss of electromagnetic system of the decoupler. Band characteristics of the Kompfner effect are investigated, negative influence to interactions in decoupler is studied of powerful wave which entered the decoupler and moved in opposite to electron beam direction. Specific ways to this effect reduction are proposed.