

УДК 621.37

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО КОМПРЕССОРА С КОММУТИРУЮЩИМ РЕЗОНАТОРОМ В ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОМ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕ

*С. Н. Артёменко, Г. М. Самойленко **

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Исследованы процессы вывода излучения из сверхпроводящего накопительного резонатора через сверхпроводящий интерференционный переключатель на основе Н-тройника со сверхпроводящим коммутирующим резонатором, подключённым к боковому плечу тройника, при различных способах управления параметрами коммутирующего резонатора. Показано, что эффективное управление выводом излучения в таком переключателе может осуществляться путём изменения резонансной частоты или добротности коммутирующего резонатора, а также одновременного изменения этих параметров. Установлено, что при управлении резонансной частотой коммутирующего резонатора имеется оптимальный интервал изменения этой частоты, в пределах которого коэффициент полезного действия и эффективность вывода принимают максимальные значения. При изменении добротности коммутирующего резонатора зависимость коэффициента полезного действия и эффективности вывода от величины изменения добротности имеет монотонный характер. Исследован также смешанный режим управления выводом излучения. На основе рекуррентных соотношений между амплитудами волн в системе построены огибающие выходных импульсов компрессора для трёх режимов работы переключателя. Показано, что в режиме управления добротностью коммутирующего резонатора в системе возможно формирование импульсов с практически прямоугольной формой огибающей. Рассмотрен пример возможной реализации коммутирующего резонатора.

ВВЕДЕНИЕ

В статье [1] выполнен общий анализ работы сверхпроводящего резонансного сверхвысокочастотного (СВЧ) компрессора с выводом излучения через сверхпроводящий интерференционный переключатель с дополнительным (коммутирующим) сверхпроводящим резонатором (СПР), подсоединённым к четвертьволновому боковому плечу волноводного Н-тройника (рис. 1). В режиме накопления энергии излучение не выводится из накопительного резонатора благодаря сильной связи коммутирующего СПР с тройником (режим «закрыто»). Переключение системы в режим вывода излучения осуществляется быстрым (по сравнению с временем двойного пробега волны в накопительном резонаторе) изменением резонансной частоты этого резонатора или понижением его добротности. При этом инвертируется фаза отражённой от резонатора волны и, соответственно, происходит переход переключателя в режим «открыто», а накопительного резонатора — в режим вывода излучения. В статье [1] выполнены оценки основных энергетических характеристик — коэффициента полезного действия (КПД) и коэффициента усиления — такого компрессора.

Оценки указанных величин были проведены на основе расчётных параметров выходных импульсов компрессора, полученных из решений приближённых дифференциальных уравнений, которые описывают процессы накопления энергии излучения и вывода. Для длинных (в масштабе времени двойного пробега рабочей волны вдоль накопительного резонатора) СВЧ импульсов

* sgm@tpu.ru

такой подход вполне приемлем. Однако для оценки характеристик коротких импульсов с длительностью, сопоставимой с временем двойного пробега, он не является корректным, т.к. дифференциальные уравнения, описывающие этот процесс, получены разложением амплитуды волны в ряд по малому приращению времени, равному времени двойного пробега. Поэтому такие уравнения справедливы только для описания медленных по сравнению с этим временем процессов. Для процессов, длительность которых сопоставима с временем пробега, требуется более точный расчёт, основанный, например, на использовании рекуррентных соотношений между амплитудами волн в элементах системы. В статье [1] оценка на основе такого подхода выполнена только для частного случая, не отражающего в полной мере основные особенности работы переключателя с коммутирующим резонатором.

В данной работе приводятся результаты расчёта энергетических характеристик компрессора с коммутирующим СПР при переключении накопительного СПР в режим вывода излучения путём изменения резонансной частоты коммутирующего резонатора или его добротности, а также совместного изменения этих параметров. Расчёт проводится на основе рекуррентных соотношений между амплитудами волн в исследуемой системе.

1. РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА

Оценку характеристик компрессора выполним по результатам расчёта огибающих выходных импульсов при заданных коэффициентах передачи окон связи накопительного и коммутирующего резонаторов (k и h соответственно) для различных значений изменения резонансной частоты и добротности коммутирующего резонатора и в предположении, что время переключения в режим вывода мало по сравнению с временем пробега рабочей волны вдоль накопительного резонатора. Коэффициенты k и h для указанных окон определяются как отношение амплитуды волны, прошедшей через окно, к амплитуде подводимой волны. Расчёты выполним для тех же параметров системы, которые использовались в статье [1], а именно для рабочей частоты $f_0 = 2800$ МГц, собственной добротности $4 \cdot 10^8$ и времени двойного пробега $T_1 = 5$ нс накопительного СПР и соответствующих величин для коммутирующего СПР, равных $2 \cdot 10^8$ и $T_2 = 0,5$ нс; постоянных затухания волн при двойном пробеге в накопительном резонаторе $\alpha = 10^{-7}$, боковом плече тройника $\beta = 2 \cdot 10^{-8}$ и коммутирующем резонаторе $\gamma = 2 \cdot 10^{-8}$. Коэффициент входной связи накопительного резонатора, определяемый как $k^2/(2\alpha)$, принят равным 3,3, что близко к оптимальному значению для длительности входного импульса $t_{in} = 0,02$ с. При указанных значениях коэффициента входной связи и длительности входного импульса нагруженная добротность накопительного резонатора равна $9,3 \cdot 10^7$, а эффективность накопления составляет 0,43. Коэффициент передачи окна связи коммутирующего СПР h принят равным 0,6, что соответствует коэффициенту входной связи этого резонатора $h^2/(2\gamma) \approx 9 \cdot 10^6$. При собственной добротности коммутирующего резонатора $2 \cdot 10^8$ его нагруженная добротность примерно равна 20.

Огибающие импульсов рассчитаем с использованием рекуррентных соотношений между амплитудами волн в системе. Эти соотношения следуют из равенств, определяемых методом мат-

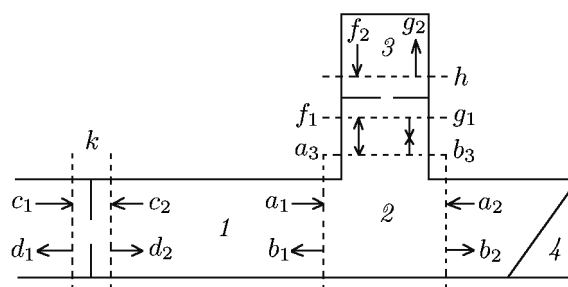


Рис. 1. Схема резонансного СВЧ компрессора с коммутирующим резонатором в интерференционном переключателе: 1 — накопительный СПР, 2 — Н-тройник, 3 — коммутирующий СПР, 4 — выходная согласованная нагрузка

рицы рассеяния [2]:

$$\begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sqrt{1-k^2} & jk \\ jk & -\sqrt{1-k^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sqrt{1-h^2} & jh \\ jh & -\sqrt{1-h^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} \\ 1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \\ a_3 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $d_1, d_2, c_1, c_2, g_1, g_2, f_1, f_2, b_1, b_2, b_3, a_1, a_3$ — амплитуды волн в различных узлах системы (см. рис. 1; $a_2 = 0$). Эти амплитуды с учётом взаимного запаздывания волн в системе в различные моменты времени связаны дополнительными соотношениями:

$$a_1(t) = d_2 \left(t - \frac{T_1}{2} \right) \exp(-\alpha/2), \quad c_2(t) = b_1 \left(t - \frac{T_1}{2} \right) \exp(-\alpha/2), \quad f_1(t) = j b_3 \left(t - \frac{T_2}{2} \right) \exp(-\beta/2),$$

$$a_3(t) = j g_1 \left(t - \frac{T_2}{2} \right) \exp(-\beta/2), \quad f_2(t) = -g_2(t - T_2) \exp(-\gamma - j\varphi). \quad (2)$$

где t — время, φ — фазовый набег волны в коммутирующем резонаторе.

Далее, используя принятые условия $T_1 = 10T_2$ и $\gamma = \beta$ и для простоты полагая время двойного пробега волны вдоль бокового плеча тройника равным времени пробега вдоль коммутирующего резонатора, с помощью (1) и (2) находим выражения, из которых следуют рекуррентные соотношения для амплитуд интересующих нас волн:

$$d_2 \left(i \frac{T_1}{10} \right) = \varepsilon d_2 \left[(i-10) \frac{T_1}{10} \right] - \kappa_0 d_2 \left[(i-11) \frac{T_1}{10} \right] - \xi g_2 \left[(2i-13) \frac{T_1}{20} \right] \quad (3)$$

— для волны в накопительном резонаторе,

$$g_2 \left(i \frac{T_1}{10} \right) = \gamma_0 d_2 \left[(2i-11) \frac{T_1}{20} \right] + \delta g_2 \left[(i-1) \frac{T_1}{10} \right] \quad (4)$$

— для волны в коммутирующем резонаторе,

$$b_2 \left(i \frac{T_1}{10} \right) = \mu d_2 \left[(i-5) \frac{T_1}{10} \right] + \nu d_2 \left[(i-6) \frac{T_1}{10} \right] + \chi g_2 \left[(2i-3) \frac{T_1}{20} \right] \quad (5)$$

— для волны на выходе системы, где $\varepsilon = 0,5 \sqrt{1-k^2} \exp(-\alpha)$, $\kappa_0 = 0,5 \sqrt{1-k^2} \sqrt{1-h^2} \exp(-\alpha - \beta)$, $\xi = 2^{-0,5} h \sqrt{1-k^2} \exp[-0,5(\alpha + \beta) - \gamma - j\varphi]$, $\mu = 0,5 \exp(-0,5\alpha)$, $\nu = 0,5 \sqrt{1-h^2} \exp(-0,5\alpha - \beta)$, $\chi = 2^{-0,5} h \exp(-0,5\beta - \gamma - j\varphi)$, $\gamma_0 = -2^{-0,5} h \exp[-0,5(\alpha + \beta)]$, $\delta = \sqrt{1-h^2} \exp(-\gamma - j\varphi)$, $i = 0, 1, 2, 3, \dots$

Начальные условия следуют из полученных в работе [1] выражений, которые описывают переходные процессы в резонаторах системы при накоплении энергии:

$$d_2(t) = A\tau_s [1 - \exp(-t/\tau_s)] \quad (6)$$

— для накопительного резонатора,

$$g_2(t) = - \frac{j h A \tau_s}{\sqrt{2} [1 - \sqrt{1-h^2} \exp(-\gamma)]} [1 - \exp(-t/\tau_s)] \quad (7)$$

— для коммутирующего резонатора. Поэтому согласно (6) и (7) начальные условия, соответствующие амплитудам волн $d_2(t)$ в накопительном и $g_2(t)$ в коммутирующем резонаторах в момент окончания накопления, записываются следующим образом:

$$d_2(0) = A\tau_s[1 - \exp(-t_{\text{in}}/\tau_s)], \quad g_2(0) = -\frac{j h A \tau_s}{\sqrt{2} [1 - \sqrt{1 - h^2} \exp(-\gamma)]} [1 - \exp(-t_{\text{in}}/\tau_s)], \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} \tau_s &= \frac{T_1 \left(1 - \sqrt{1 - k^2} \exp(-\alpha) \left\{ \Gamma(h, \beta, \gamma, 0) - \frac{h^2 \exp(-\beta - \gamma) T_2}{T_1 [1 - \sqrt{1 - h^2} \exp(-\gamma)]^2} \right\} \right)}{2[1 + \Gamma(h, \beta, \gamma, 0) \sqrt{1 - k^2} \exp(-\alpha)]}, \\ A &= \frac{2jk c_1 \exp[-(\alpha + \beta)/2]}{T_1 \left[\left(1 - \sqrt{1 - k^2} \exp(-\alpha) \left(\Gamma(h, \beta, \gamma, 0) - \frac{h^2 \exp(-\beta - \gamma) T_2}{T_1 [1 - \sqrt{1 - h^2} \exp(-\gamma)]^2} \right) \right) \right]}, \\ \Gamma &= f(h, \beta, \gamma, \varphi) = -\frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{(2 - h^2) \exp(-\beta - \gamma) \cos \varphi - \exp(-\beta) \sqrt{1 - h^2} [1 + \exp(-2\gamma)]}{1 - 2 \sqrt{1 - h^2} \exp(-\gamma) \cos \varphi + (1 - h^2) \exp(-2\gamma)} + \right. \\ &\quad \left. + j \frac{h^2 \exp(-\beta - \gamma) \sin \varphi}{1 - 2 \sqrt{1 - h^2} \exp(-\gamma) \cos \varphi + (1 - h^2) \exp(-2\gamma)} \right\}. \end{aligned}$$

Расчётные величины КПД компрессора θ и эффективности вывода излучения η определялись как отношение энергии выходного импульса к энергии входного импульса и энергии выходного импульса к энергии, запасённой в накопительном и коммутирующем резонаторе, соответственно.

При рассмотрении сверхпроводящего СВЧ компрессора представляют интерес только такие переключающие параметры φ и γ , при которых вывод излучения из СПР обеспечивает усиление выходного импульса, заведомо превышающее усиление при выводе из резонатора, изготовленного из обычного проводника (меди, алюминия и подобных металлов). В качестве значения такого усиления была выбрана величина 10^4 . Предварительные расчёты показали, что в этом случае при любом способе переключения в режим вывода длительность выходных импульсов становится сопоставимой с двойным или тройным временем двойного пробега волны вдоль накопительного СПР, т. е. составляет величину порядка $10 \div 15$ нс. В связи с этим при расчётах параметров θ и η можно ограничиться интервалом времени с длительностью порядка $(4 \div 5)T_1$, или $(40 \div 50)T_2$.

Тогда для входного импульса с амплитудой $c_1 = 1$ и временем пробега $T_1 = 10T_2$ формулы для КПД и эффективности вывода имеют вид

$$\theta \approx \frac{\sum_{i=1}^{50} |b_2(iT_1/10)|^2 T_1}{10t_{\text{in}}}, \quad (9)$$

$$\eta \approx \frac{\sum_{i=1}^{50} |b_2(iT_1/10)|^2 T_1}{10[|d_2(t_{\text{in}})|^2 T_1 + |g_2(t_{\text{in}})|^2 T_2]} \quad (10)$$

При этом по мере увеличения параметров φ и γ относительно их значений, при которых длительность формируемых импульсов по уровню -3 дБ становится сопоставимой с временем T_1 двойного пробега рабочей волны вдоль накопительного резонатора ($\varphi \approx 0,3$, $\gamma \approx 0,1$), пренебре-

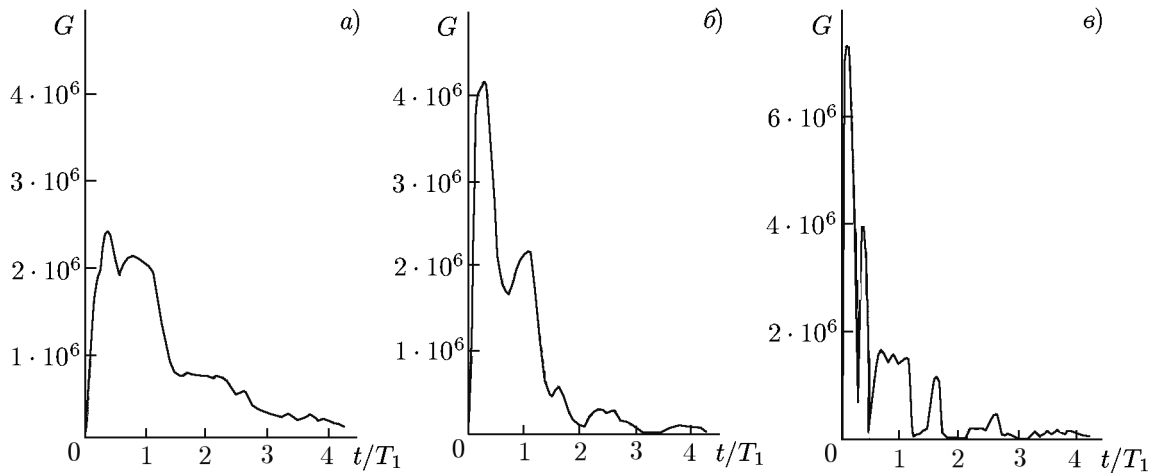


Рис. 2. Огибающие выходных импульсов, формируемых при выводе излучения путём изменения резонансной частоты коммутирующего резонатора, при различных сдвигах частоты, нормированных на ширину полосы пропускания резонатора δf : $\varphi = 0,4$; $\Delta f \approx \delta f$ (а); $\varphi = 0,75$; $\Delta f \approx 1,9\delta f$ (б); $\varphi = 3,14$; $\Delta f \approx 7,7\delta f$ (в)

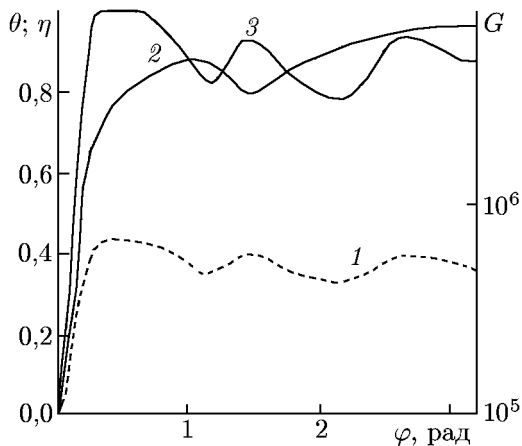


Рис. 3. Зависимости КПД θ (кривая 1), эффективности вывода η (кривая 2) и коэффициента усиления G (кривая 3) компрессора от набега фазы в коммутирующем резонаторе φ (без учёта потерь при переключении)

жение энергией, находящейся в «хвосте» импульса за пределами пятидесяти двойных пробегов волны вдоль коммутирующего резонатора, обуславливает величину погрешности расчёта КПД и эффективности вывода, не превышающую 10 %. Дальнейшее увеличение параметров φ и γ и соответствующее укорочение «хвоста» импульса ведут к уменьшению погрешности расчёта, и при максимальных параметрах она не превышает 1 %.

Для сопоставления изменения величины φ с шириной полосы пропускания коммутирующего резонатора δf далее будем использовать выражение, связывающее набег фазы и изменение резонансной частоты коммутирующего резонатора Δf :

$$\varphi = 2\pi T_2 \Delta f. \quad (11)$$

2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

2.1. Управление выводом излучения путём изменения резонансной частоты коммутирующего резонатора

Результаты расчётов, относящихся к исследованию управления выводом излучения путём изменения резонансной частоты коммутирующего резонатора, представлены на рис. 2 и 3. На рис. 2 приведено семейство кривых, иллюстрирующее временную динамику коэффициента усиления системы G и формы выходных импульсов для трёх фиксированных значений φ . На рис. 3 представлены зависимости параметров θ , η и G от φ .

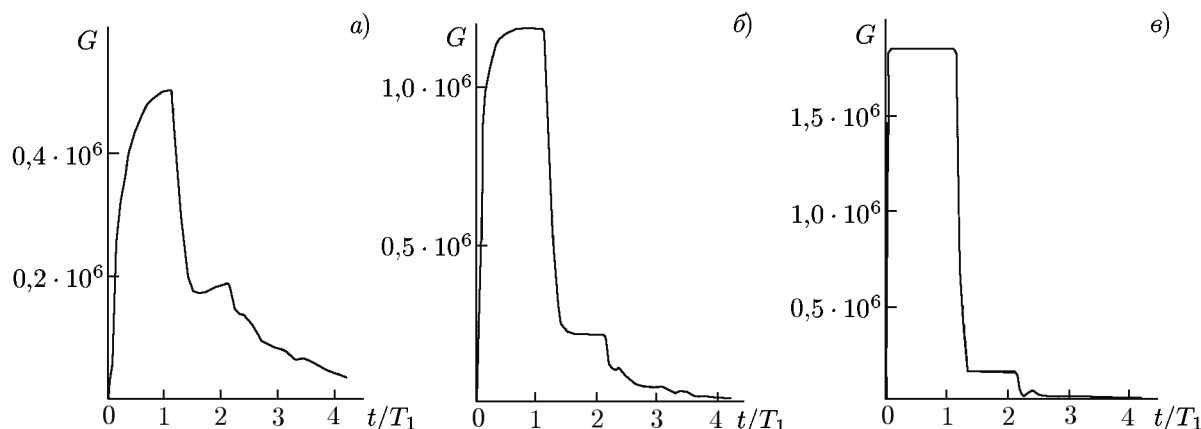


Рис. 4. Огибающие выходных импульсов, формируемых при выводе излучения путём понижения добротности коммутирующего резонатора ($\varphi = 0$): $\gamma = 0,2$ (а); $\gamma = 0,6$ (б); $\gamma = 10$ (в)

Из полученных зависимостей следует, что по мере увеличения сдвига частоты коммутирующего резонатора и соответствующего ему изменения фазы происходит укорочение импульса с одновременным ростом его амплитуды и значительным изменением формы огибающей. При этом импульсы с относительно гладкой огибающей, наиболее близкой к прямоугольной, формируются только в достаточно узком ($\varphi \approx 0,3 \div 0,5$ рад) интервале изменения фазы сдвига частоты резонатора. По мере увеличения сдвига частоты усиление компрессора растёт, а импульс в процессе вывода становится сильно модулированным по амплитуде. Такой характер усиления может являться следствием циклического изменения набега φ фазы волны в коммутирующем резонаторе, происходящего в процессе вывода излучения. При большом сдвиге частоты коммутирующего резонатора в отдельные моменты вывода этот набег может быть кратен π . В этом случае в результате суммирования волн из накопительного и коммутирующего резонаторов на выходе системы наблюдается либо эффект усиления, аналогичный усилению в системе SLED (Stanford Linear Energy Doubler), либо подавление сигнала. Можно предположить, что аналогичная форма огибающей выходного импульса может наблюдаться и в компрессорах с трансформацией рабочей волны накопительного резонатора на коническом переходе [3], где большой сдвиг частоты также может приводить к скачкам фазы отражённой волны и модуляции коэффициента преобразования рабочей волны этого резонатора.

Из рис. 3 следует, что в рассматриваемом варианте управления выводом излучения в указанном выше интервале изменения фазы КПД компрессора принимает максимальные значения, превышающие 0,4 и практически совпадающие с эффективностью накопления, а эффективность вывода близка к 100 %.

2.2. Управление выводом излучения путём изменения добротности коммутирующего резонатора

Результаты расчётов, относящиеся к исследованию управления выводом излучения путём изменения добротности коммутирующего резонатора представлены на рис. 4 и 5. На рис. 4 приведено семейство кривых, иллюстрирующее временную динамику параметров формируемых СВЧ импульсов в зависимости от постоянной затухания волны в коммутирующем резонаторе γ , определяющей его добротность. На рис. 5 представлены зависимости эффективности вывода, КПД и коэффициента усиления компрессора от постоянной затухания волны в коммутирующем резонаторе.

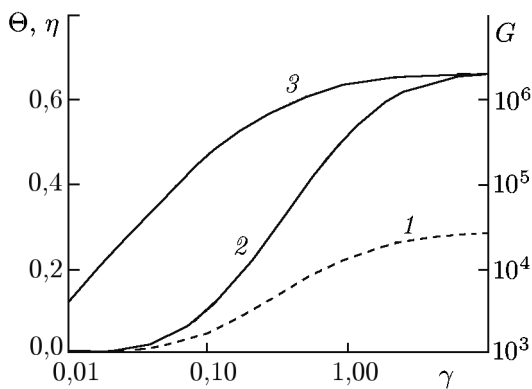


Рис. 5. Зависимости КПД θ (кривая 1), эффективности вывода η (кривая 2) и коэффициента усиления G (кривая 3) компрессора от постоянной затухания волны в коммутирующем резонаторе

резонаторе рассеивается $h^2/2 = 18\%$ запасённой в накопительном резонаторе энергии. Там же рассеивается энергия, запасённая в коммутирующем резонаторе, величина которой определяется формулой $|g_2(0)|^2 T^2/2$ и согласно (8) при $h \approx 0,6$ составляет около 40 % от энергии, запасённой в накопительном резонаторе.

2.3. Смешанный режим управления выводом излучения

В рассмотренных выше вариантах управления выводом излучения исследовалась реакция системы на изменение только одного параметра, φ или γ . На практике режим коммутации имеет смешанный характер, определяемый взаимным влиянием и совместным действием вариаций указанных параметров. Поэтому реальная динамика характеристик выходных импульсов системы в той или иной степени отличается от динамики, описанной выше.

На рис. 6 и 7 приведены формы выходных импульсов и зависимости энергетических парамет-

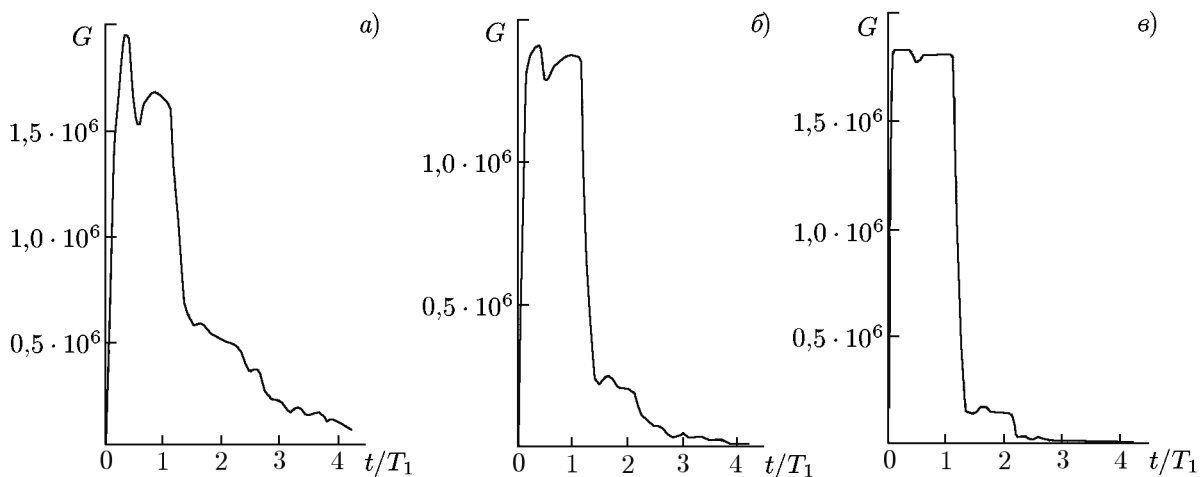


Рис. 6. Огибающие выходных импульсов, формируемых при выводе излучения путём понижения собственной добротности коммутирующего резонатора при фиксированном значении $\varphi = 0,4$ ($\Delta f \approx \delta f$): $\gamma = 0,06$ (а), $\gamma = 0,6$ (б), $\gamma = 6$ (в)

ров системы от γ для случая постоянного сдвига частоты коммутирующего резонатора, отвечающего $\varphi = 0,4$, т. е. при $\Delta f \approx \delta f$.

2.4. Варианты реализации коммутирующего резонатора

Возможные варианты практической реализации сверхпроводящего резонансного СВЧ компрессора с коммутирующим резонатором в интерференционном переключателе представлены на рис. 8.

В схеме на рис. 8а коммутирующий резонатор основан на Н-тройнике с предельно короткими входным и короткозамкнутым выходным плечами и СВЧ коммутатором, размещённом в боковом плече. В таком устройстве СВЧ коммутатор за $1 \div 2$ нс открывает тройник этого резонатора. Практически за это же время, равное времени двойного пробега этого резонатора (от его входного окна связи до короткозамыкателя его прямого плеча и обратно), частота коммутирующего резонатора изменяется на требуемую величину.

В схеме на рис. 8б может быть реализован вывод из компрессора путём понижения добротности коммутирующего резонатора, что обеспечивается заменой короткозамыкателя выходного плеча тройника 4 волноводным трактом, нагруженным на эквивалент антенны, т. е. организацией второго выходного тракта. По предварительным оценкам в этой схеме вывод излучения из накопительного резонатора проводится следующим образом: примерно 82 % энергии выводится через выход 1 системы и около 18 % ($100h^2/2$) — через выход 2.

Детальное рассмотрение предлагаемых схем вывода излучения будет предметом отдельной статьи.

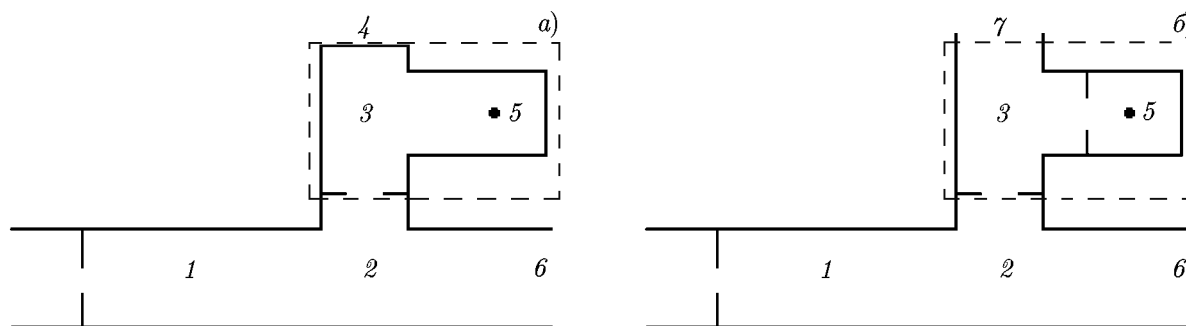


Рис. 8. Схема резонансного СВЧ компрессора с коммутирующим резонатором на основе Н-тройника. Панель а) соответствует управлению выводом излучения путём изменения φ , б) — изменением γ . 1 — накопительный СПР, 2 — основной Н-тройник, 3 — коммутирующий СПР, 4 — короткозамыкатель, 5 — электронная пушка, 6 — выход 1, 7 — выход 2

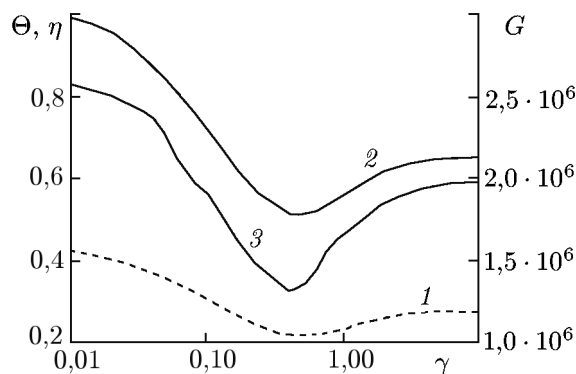


Рис. 7. Зависимости КПД θ (кривая 1), эффективности вывода η (кривая 2) и коэффициента усиления G (кривая 3) компрессора от постоянной затухания волны в коммутирующем резонаторе при фиксированном значении $\varphi = 0,4$ ($\Delta f \approx \delta f$)

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследованы процессы вывода излучения из сверхпроводящей системы активной компрессии СВЧ импульсов, в которой интерференционный переключатель выполнен в виде волноводного H-тройника с дополнительным сильно связанным резонатором в четвертьволновом боковом плече. Рассмотрены варианты управления выводом излучения из компрессора путём воздействия на резонансную частоту и добротность коммутирующего резонатора. Исследованы динамика усиления, КПД, эффективности вывода, а также формы огибающей выходных импульсов системы при изменении одного из управляющих параметров и при их совместном изменении. Определены интервалы значений управляющих параметров, позволяющие оптимизировать систему по усилению, КПД, эффективности вывода, а также по форме выходного импульса. Предложены возможные варианты практической реализации коммутирующего сверхпроводящего резонатора.

Авторы выражают искреннюю признательность профессору Ю. Г. Юшкову за ценные замечания и предложения, высказанные при подготовке рукописи.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко С. Н., Самойленко Г. М. // Изв. вузов. Радиофизика. 2014. Т. 57, № 1. С. 24.
2. Альтман Дж. Устройства СВЧ. М.: Мир, 1968. 487 с.
3. Вихарев А. Л., Горбачёв А. М., Иванов О. А. и др. // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33, вып. 18. С. 54.

Поступила в редакцию 22 июня 2015 г.; принята в печать 7 октября 2015 г.

GAIN AND EFFICIENCY OF A SUPERCONDUCTING MICROWAVE COMPRESSOR WITH A SWITCHING CAVITY IN AN INTERFERENCE SWITCH

S. N. Artemenko and G. M. Samoylenko

We study the processes of radiation output from a microwave storage cavity through a superconducting interference switch, which is based on a H-junction with a superconducting switching cavity connected to the side branch of the junction for various ways of controlling the parameters of the switching cavity. It is shown that efficient control over radiation output in such a switch can be achieved by varying the resonance frequency or Q-factor of the switching cavity, as well by varying these parameters simultaneously. It is found that in the case of controlling the resonance frequency of the switching cavity, there exists an optimal interval of the frequency variation, within which the total efficiency and extraction efficiency are maximum. When the Q-factor of the switching cavity changes, the dependence of the total efficiency and extraction efficiency on the value of the Q-factor variation has the monotonic character. The mixed regime of radiation output control is also studied. The envelopes of the output compressor pulses are plotted on the basis of recurrent relationships between the amplitudes of the waves in the system for three regimes of switch operation. It is shown that pulses with the almost rectangular shape of the envelope can be formed in the regime of controlling the switching cavity by varying the Q-factor. An example of possible realization of the switching cavity is considered.