

РЕЗОНАНС ФАНО В МИКРОВОЛНОВЫХ ФИЛЬТРАХ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КАНАЛАМИ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Живков А.П., Романов А.И., Камарали Р.В., Сайченко И.О., Лутчак А.В.

Институт телекоммуникационных систем КПИ им. Игоря Сикорского

E-mail: zhivkovalex@gmail.com, theromarioagro@gmail.com

Fano resonance in microwave filters with parallel channels of energy transmission

The report discusses the characteristics of bandpass and bandstop filters with parallel energy transmission channels. The characteristics of individual energy transmission channels and total characteristics with parameters corresponding to Fano resonance are presented.

В докладе рассмотрены характеристики полосовых и режекторных фильтров с параллельными каналами передачи энергии. Представлены характеристики отдельных каналов передачи энергии и суммарные характеристики с параметрами, соответствующими резонансу Фано.

Резонанс Фано и его основные свойства и характеристики в соответствии с можно классифицировать следующим образом [1]:

- Асимметрия резонансной кривой;
- Несколько независимых каналов передачи энергии;
- «Ноль» передачи (бесконечное затухание) в точке «резонанса Фано»;
- Резонансная частота «резонанса Фано» расположена между резонансными частотами двух других колебаний;
- Разные добротности резонаторов.

Исследование амплитудно-частотных характеристик двухрезонаторных микрополосковых фильтров с параллельными каналами передачи энергии [2] позволило выявить проявление этих свойств резонанса Фано при формировании амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) режекторных фильтров и полюсов затухания полосовых фильтров. Рассмотрим представленные на рис. 1 характеристики подобных фильтров с учетом того, что в подобных структурах коэффициенты передачи и отражения ПФ и РФ дуальны [2]. На рис. 1. представлены рассчитанные по формулам из [2], дополненным параметром « v » (соотношение между добротностями парциальных колебаний) АЧХ полосовых и режекторных фильтров. Зеленым цветом представлены парциальные АЧХ «противофазных» резонаторов, красным пунктирным – «синфазных» резонаторов, синим – суммарные АЧХ фильтра в целом. Расстройки между «парциальными» резонансами выбраны таким образом, чтобы сформировать

АЧХ типа «резонанса Фано» - «ноль» передачи (бесконечное затухание) в точке резонанса.

Строго говоря, резонанс Фано определяется для режекторных микроволновых фильтров (верхний ряд характеристик рис. 1). Однако и в полосовых микроволновых фильтрах он проявляется в виде полюсов затухания за пределами полосы пропускания (нижний ряд характеристик рис. 1).

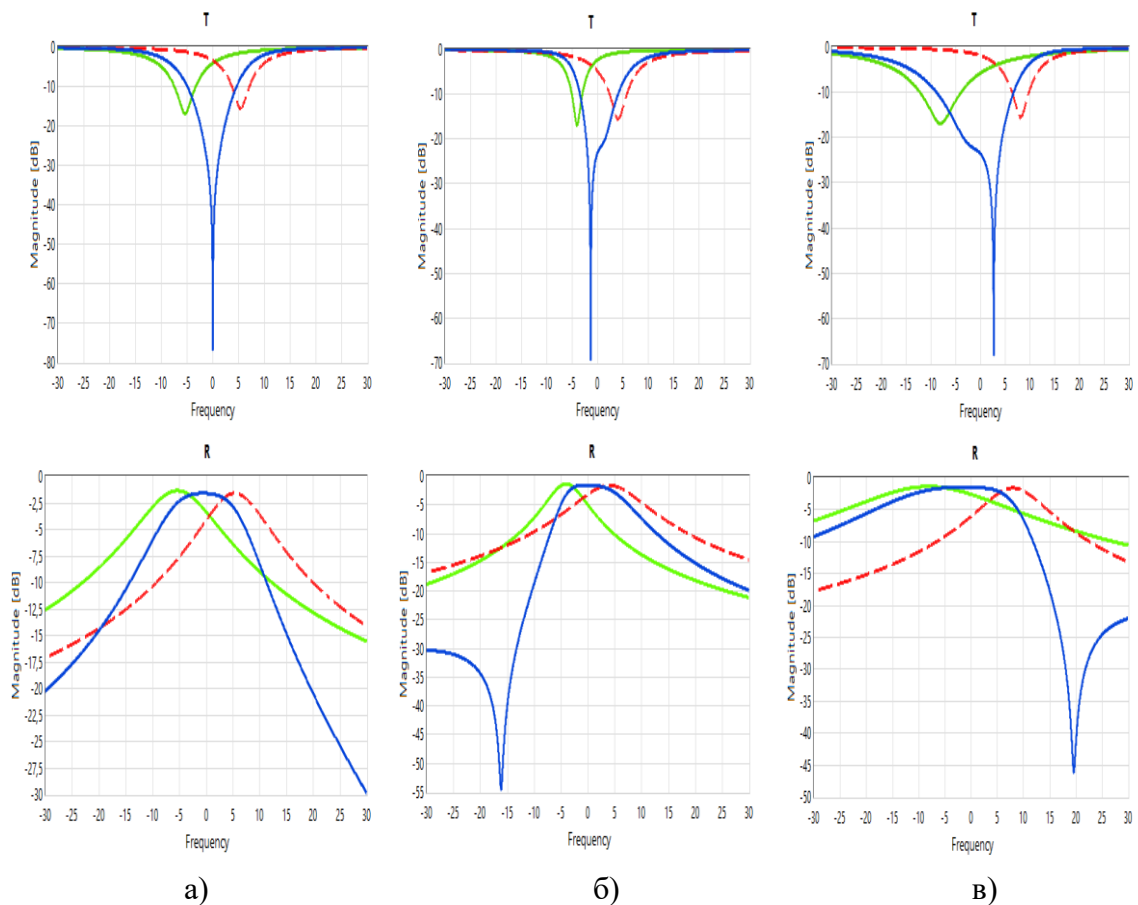


Рис. 1. Коэффициенты передачи и отражения двухрезонаторных микроволновых фильтров при разных соотношениях добротностей резонаторов. Рис а) $v=1$, б) $v=2$, в) $v=0,5$.

То, что в реальных полосовых фильтрах затухания в области полюсов не равны бесконечности (рис. 2) объясняется наличием третьего, нерезонансного канала передачи энергии [2]. При этом более «острые» полюса связаны с резонансом Фано», а менее острые – с влиянием нерезонансных каналов прохождения энергии и их типом реактивности («индуктивный» или «емкостной»). В зависимости от типа реактивности нерезонансного канала и соотношения добротностей «синфазного» и «противофазного» колебаний разного рода полюса могут формироваться на низкочастотном и высокочастотном склонах АЧХ фильтра для оптимального выполнения

требований технического задания.

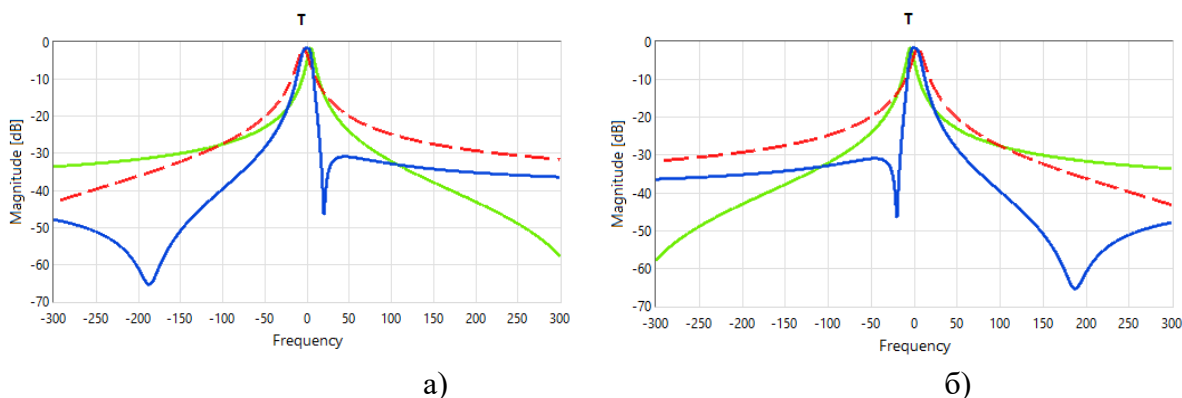


Рис. 2. «Парциальные» (зеленая и красная пунктирные линии) и суммарная АЧХ ПФ при различных значениях внеполосной развязки и соотношениях добротностей резонаторов.

В [3] отмечено, что диэлектрический резонатор (ДР) в виде куба или сферы в области круговой поляризации волновода (Рис. 3 а)) имеет АЧХ в виде двугорбой кривой (синяя кривая). Интересно отметить наличие двух «полюсов» на АЧХ коэффициента отражения (красная кривая). «Высокочастотный» полюс связан с резонансом Фано, а «низкочастотный» - с нерезонансной диэлектрической неоднородностью в волноводе

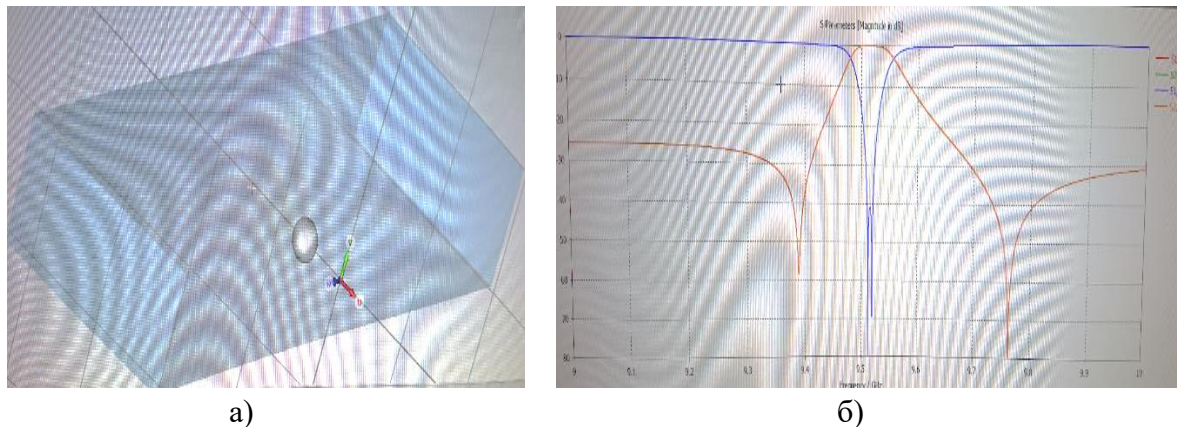


Рис. 3. а) – сферический ДР в области круговой поляризации, б) коэффициенты передачи (синяя кривая) и отражения (красная кривая) фильтра.

References

1. E. Kamenetskii, A. Sadreev, A. Miroshnichenko. Fano Resonances in Optics and Microwaves. Springer, 2018.
2. M.E. Ilchenko and A.P. Zhivkov, “Microwave Filter based on the Structures with Resonators in parallel Channels as metamaterial Cells”, *Naukovi Visti NTUU “KPI”*, vol. 122, no. 6, pp. 7—21, 2018
3. Ilchenko, M.E., Zhivkov, A.P., Orlov, A.T. (2016). Filters based on resonators with frequency-like modes as metamaterial cells. *Naukovi Visti NTUU “KPI”* (1), 7—14.