

УДК 621.372.414

ЗАХАРОВ А. В., ИЛЬЧЕНКО М. Е., ПИНЧУК Л. С.

## МИКРОПОЛОСКОВЫЕ П-ОБРАЗНЫЕ РЕЗОНАТОРЫ

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37*

**Аннотация.** Проведен анализ влияния параметров П-образных микрополосковых резонаторов и параметров диэлектрической подложки на резонансные частоты и ненагруженную добротность этих резонаторов. Рассмотрены три вида П-образных резонаторов, которые отличаются друг от друга режимами работы на двух его концах — холостой ход или короткое замыкание. Установлено, что при малых зазорах между двумя ветвями П-образных резонаторов распределение их резонансных частот существенно отличается от соответствующего полуволнового или четвертьволнового резонаторов и приводит к уменьшению полосы заграждения полосно-пропускающих фильтров на их основе. Экспериментально установлено, что сокращение зазора между ветвями П-образных микрополосковых резонаторов приводит к уменьшению их добротности на 20–30%. Экспериментальные образцы резонаторов выполнены на подложках с  $\epsilon_r = 92$  и  $\epsilon_r = 38$

**Abstract.** Influence analysis of U-shaped microstrip resonators' parameters and parameters of dielectric substrate on resonant frequencies and unloaded quality-factor of resonators is conducted. Three kinds of U-shaped resonators are considered which differ in operation modes at the resonator's ends: short-circuit or no-load. It is revealed that in cases of small spacing between the arms of U-shaped resonators distribution of their resonant frequencies significantly differs from the corresponding quarter-wavelength or half-wavelength resonators and leads to decreased stop-band in pass-band filters based on them. Experimental research shows that decreasing the spacing between the arms of U-shaped resonators leads to decrease in quality-factor by 20–30%. Experimental samples were manufactured on substrates with  $\epsilon_r = 92$  and  $\epsilon_r = 38$

**Ключевые слова:** П-образный резонатор, шпилечный резонатор, резонансная частота, резонансная электрическая длина, ненагруженная добротность, U-shape resonator, hairpin resonator, left and right arms, resonant frequency, resonant electrical length, unloaded quality

## ВВЕДЕНИЕ

Микрополосковые П-образные резонаторы находят широкое практическое применение в полосно-пропускающих фильтрах [1–5]. Эти резонаторы имеют две ветви, расположенные параллельно друг другу на расстоянии  $S$ . Будем различать три вида П-образных резонаторов, которые отличаются друг от друга режимами работы на концах каждой ветви (холостой ход или короткое замыкание). У резонатора первого вида концы ветвей разомкнуты [1, 2], у резонатора второго вида они коротко-

замкнуты [3], у резонатора третьего вида конец одной ветви разомкнут, а другой — короткозамкнут [4, 5]. Существует общая тенденция уменьшения размеров фильтров за счет сокращения расстояния  $S$  между параллельными ветвями П-образных резонаторов. Резонаторы первого вида с малым зазором  $S$  получили специальное название — «шпилечные» резонаторы (hairpin). При уменьшении  $S$  в большинстве случаев игнорируется возрастающее электромагнитное взаимодействие между ветвями П-образного резонатора, которое должно влиять на распределение его резонансных частот.