

УДК 621.396, 621.3.049

ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВОЙ 24-КАНАЛЬНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ Ku-ДИАПАЗОНА С МАЛЫМИ ПОТЕРЯМИ

М. Ю. ОМЕЛЬЯНЕНКО, О. В. ТУРЕЕВА

Аннотация. Предложен и разработан 24-канальный делитель мощности Ku-диапазона для активной фазированной антенной решетки. Делитель построен по древовидной схеме и имеет структуру $1 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2$, а все его элементы выполнены на основе волноводно-щелевой линии. Благодаря этому вносимые дополнительные потери в изготовленном образце составили 1,8 дБ, что соответствует значению КПД $\approx 66\%$. Измеренная развязка выходов делителя составила не менее 16 дБ для любой пары каналов при неравномерности деления мощности между каналами не более 0,3 дБ в рабочем диапазоне частот 9–14 ГГц.

Ключевые слова: ???

Разработка многоканальных делителей мощности с малыми вносимыми дополнительными потерями в коротковолновой части сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн связана с разработкой многоэлементных активных фазированных решеток в этих диапазонах частот. В частности, для многоэлементных решеток, каждый из элементов которых содержит трансивер, делители мощности должны обеспечить равномерное распределение мощности гетеродинов преобразователей частоты и высокую развязку выходов. При этом собственные потери в них должны быть сведены к минимуму. Желательно также, чтобы конструкция делителя была планарной, что обеспечит повторяемость характеристик, исключит настройку и снизит его стоимость.

Делители мощности, реализующие перечисленные требования, можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся делители мощности, представляющие собой бинарную древовидную структуру и реализуемые на базе каскадного соединения микрополосковых делителей мощности Уилкинсона

или их модификаций [1]. Существенным недостатком такого построения является быстрый рост дополнительных потерь с увеличением каскадов деления, в результате чего КПД устройства уменьшается как $1/L^K$, где $K = \log_2 N$ — число каскадов деления, L — потери на один каскад, N — число выходов делителя.

Кроме того, при расчете ожидаемого значения КПД необходимо учитывать потери в межсекционных линиях связи, размеры которых для исключения взаимного влияния секций должны быть значительными [2].

При использовании в качестве подложки микрополосковой линии (МПЛ) современных полимерных материалов величину L на частотах Ku-диапазона частот не удастся снизить ниже уровня менее 1,2 дБ. Таким образом, уже 16-канальный делитель имеет дополнительные потери около 5 дБ и КПД $\approx 30\%$. Эти цифры соответствуют полученным авторами экспериментальным данным, согласно которым 16-канальный микрополосковый делитель на материале Rogers RT5880 (толщина подложки

DOI: [10.20535/S002134701806002X](https://doi.org/10.20535/S002134701806002X)

© М. Ю. Омеляненко, О. В. Туреева, 2018

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Burdin, F.; Podevin, F.; Ferrari, P. "Flexible and miniaturized power divider," *Int. J. Microwave Wireless Technol.*, Vol. 8, No. 3, P. 547-557, 2016. DOI: [10.1017/S1759078715000252](https://doi.org/10.1017/S1759078715000252).
2. Zhou, J.; Morris, K. A.; Lancaster, M. J. "General design of multiway multisection power dividers by interconnecting two-way dividers," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 55, No. 10, P. 2208-2215, 2007. DOI: [10.1109/TMTT.2007.906541](https://doi.org/10.1109/TMTT.2007.906541).
3. Fathy, A. E.; Lee, S.-W.; Kalokitis, D. "A simplified design approach for radial power combiners," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 54, No. 1, P. 247-255, 2006. DOI: [10.1109/TMTT.2005.860302](https://doi.org/10.1109/TMTT.2005.860302).
4. Ghanadi, M. "A new compact broadband radial power combiner," *Dissert. Doktor der Ingenieurwissenschaften Dr.-Ing. Elektrotechnik und Informatik der Technischen Universität Berlin*, 2012. 102 p.
5. De Villiers, D. I. L.; Van Der Walt, P. W.; Meyer, P. "Design of a ten-way conical transmission line power combiner," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol.

55, No. 2, P. 302-308, 2007. DOI: [10.1109/TMTT.2006.890065](https://doi.org/10.1109/TMTT.2006.890065).

6. Song, K.; Fan, Y.; Zhou, X. "Broadband radial waveguide power amplifier using a spatial power combining technique," *IET Microwaves, Antennas Propag.*, Vol. 3, No. 8, P. 1179-1185, 2009. DOI: [10.1049/iet-map.2008.0299](https://doi.org/10.1049/iet-map.2008.0299).

7. Li, L.; Wu, K. "Integrated planar spatial power combiner," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol.

54, No. 4, P. 1470-1476, 2006. DOI: [10.1109/TMTT.2006.871360](https://doi.org/10.1109/TMTT.2006.871360).

8. Klopfenstein, R. W. "A transmission line taper of improved design," *Proc. IRE*, Vol. 44, No. 1, P. 31-35, 1956. DOI: [10.1109/JRPROC.1956.274847](https://doi.org/10.1109/JRPROC.1956.274847).

9. Ruxton, J.; Vahldieck, R. "A wideband finline power divider in a metallized plastic housing: design and performance," *MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, 9 May-11 Jun. 1987, Palo Alto, CA, USA. IEEE, 1987, P. 215-218. DOI: [10.1109/MWSYM.1987.1132366](https://doi.org/10.1109/MWSYM.1987.1132366).

Поступила в редакцию 14.06.2016

После переработки 13.05.2018
