

УДК 621.391.825

Б.Е. Нурхан, И.Е. Сагиева

Влияние температуры на характеристики микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху

Проведено моделирование влияния температуры на характеристики микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху. Выявлено, что влияние температуры как отдельно на каждый из параметров поперечного сечения линии, так и совместно на все параметры линии в довольно широком диапазоне оказывается незначительным.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, микрополосковая линия, погонная задержка, волновое сопротивление, температура.

В настоящее время применение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) находит во многих областях жизнедеятельности, поэтому она должна работать в особенно сложных и зачастую жестких климатических условиях, которые могут оказывать на нее негативное влияние. В связи с этим при создании РЭА необходимо учитывать условия эксплуатации и параметры окружающей среды, а также соблюдать нормы стандартов, определяющие особенности конструкции при сборке и производстве. Одной из известных организаций, разрабатывающих подобные стандарты, является ИРС [1–2]. В соответствии с ИРС, «надежность – это восприимчивость оборудования безотказно работать в течение заданного интервала времени при требуемых условиях, без переизбытка прогнозируемых отказов». Исследования влияния температуры (T) на работоспособность компонентов РЭА, а также использование принятой информации на этапе проектирования позволяют повысить надежность оборудования, сократить количество отказов. Например, стационарная аппаратура работает в нормальных условиях, обычно в закрытых помещениях при 25 ± 10 °С. Однако есть и более сложные условия, когда работоспособность переносной аппаратуры должна сохраняться при температурах от -50 до $+50$ °С [3]. Поэтому изменение температуры от номинальной может привести к ухудшению работы аппаратуры, в связи с тем, что возникает деформация материалов, из которых изготовлены компоненты РЭА.

Например, в печатных платах (ПП) на базе стеклотекстолита пропитывающий компаунд переходит в текучее состояние при температуре стеклования, а плата начинает деформироваться из-за сильной неоднородности тепловых коэффициентов расширения по разным осям. Данные изменения могут привести к отслаиванию проводников и ухудшению изоляционных свойств ПП. Рассчитанная компоновка ПП с правильным распределением наиболее греющихся элементов дает возможность достичь отличных результатов без дополнительных затрат. Применение медных полигонов для отвода тепла от компонентов, а также использование металлизированных отверстий и сплошных медных слоев способствуют снижению теплового сопротив-

ления, которые в свою очередь могут сыграть роль для получения стабильных характеристик линий, таких как погонная задержка (τ) и волновое сопротивление (Z). В связи с этим это исследование актуально.

Самой наиболее часто реализуемой на ПП линией передачи (ЛП) является микрополосковая линия (МПЛ) [4]. Влияние температуры на характеристики простой МПЛ ранее были исследованы [5]. Однако исследование влияния температуры на получение стабильных значений характеристик τ и Z более сложных МПЛ остается открытым. Поэтому целью данной работы является исследование влияния температуры на характеристики τ и Z на примере МПЛ с боковыми заземленными проводниками сверху.

На рис. 1 представлено поперечное сечение МПЛ с боковыми заземленными проводниками сверху, параметры линии выбраны аналогичными работе [6].

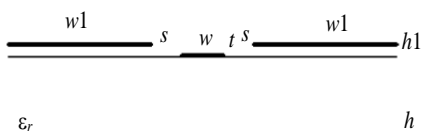


Рис. 1. Поперечное сечение МПЛ с боковыми заземленными проводниками сверху

Вычислены значения в системе TALGAT [7] на основе математической модели и формул для расчетов τ и Z , представленных в работе [5], при изменении T от -150 до $+150$ °С с шагом 25 °С и $s = 0,1-0,9$ мм для $h1 = 0,1$ мм. Рассмотрены два случая влияния T : отдельно на h (рис. 2) и одновременно на все параметры (рис. 3).

Анализ результатов рис. 2 показал, что влияние T на τ и Z (из-за температурного изменения h) для всех s слабо выражено. Аналогичные зависимости получены и при изменении w , $w1$, t , d .

Анализ результатов рис. 3, показал, что при изменении всех параметров одновременно влияние T на τ и Z также слабо выражено. Так, при рассмотрении частного случая, когда $s = 0,1$ мм (рис. 4), влияние T на отдельные параметры таково, что отклоне-

ния τ малы при изменении t (0,02%), w (0,05%), h (0,04%), при $w1$ (0,002%), d (0%), а при одновременном изменении всех параметров отклонение составляет 0,11%. Касательно значения Z также изменение слабое при изменении t (0,076%), w (0,3%), h (0,12%), при $w1$ (0,002%), d (0%), а при одновременном изменении всех параметров отклонение со-

ставляет 0,26%. Также касательно рис. 4 видно, что все параметры пересекаются при температуре 25 °С.

Таким образом, влияние T на w , t , h и d в довольно широком диапазоне температур незначительно изменяет τ и Z исследуемой линии. Однако влияние температуры на ϵ_r в данной работе не исследовано, но исследования будут продолжены.

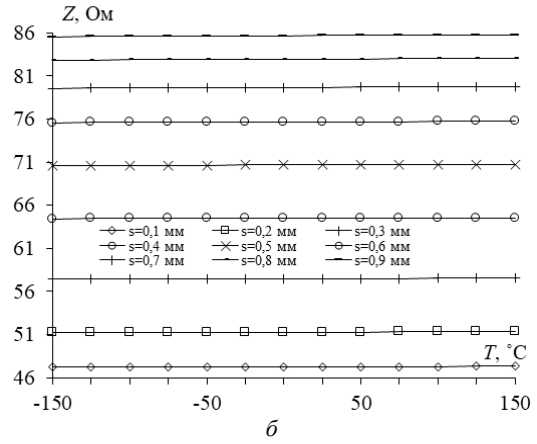
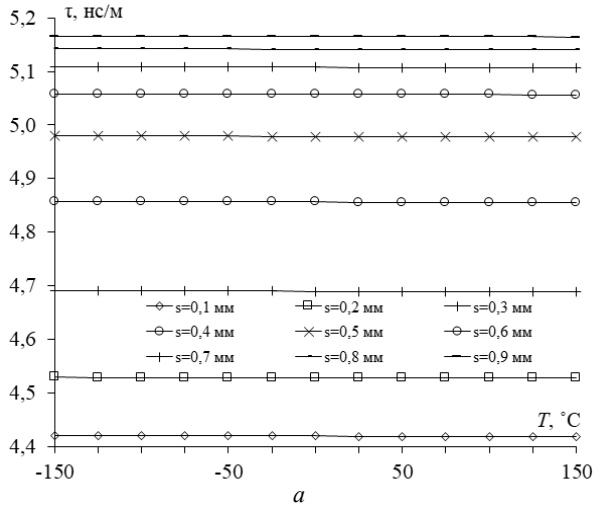


Рис. 2. Зависимости τ (а) и Z (б) от T при температурном изменении только h для $h1 = 0,1$ мм

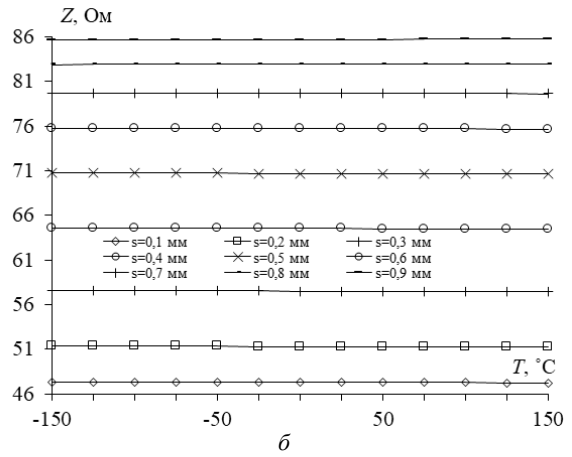
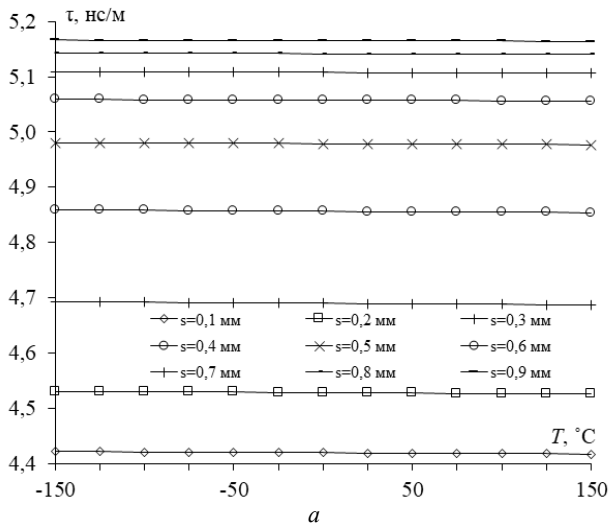


Рис. 3. Зависимости τ (а) и Z (б) от T при одновременном изменении w , $w1$, h , t , d для $h1=0,1$ мм

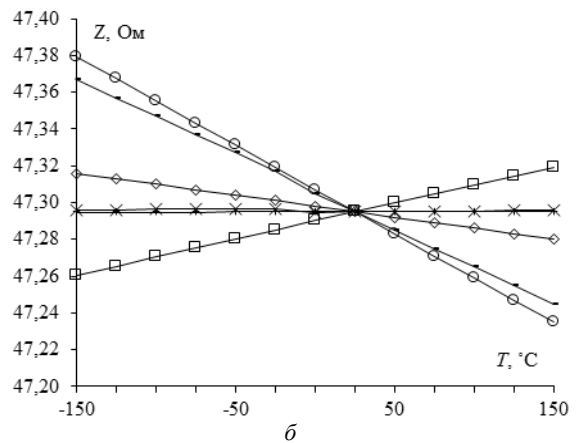
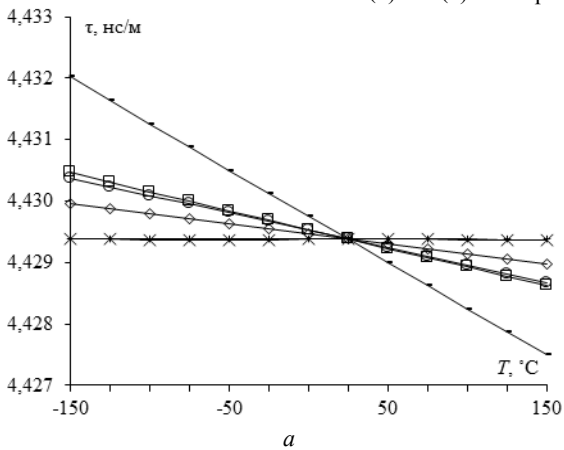


Рис. 4. Зависимости τ (а) и Z (б) от T при изменении w (\circ), $w1$ (\times), h (\square), t (\diamond), d ($+$) и их при одновременном изменении ($-$) для $s = 0,1$ мм и $h1 = 0,1$ мм

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-19-00424).

Литература

1. Влияние температуры и влажности на электронное оборудование. – URL: <https://tomsk.terraelectronica.ru/news/5526> (дата обращения: 20.09.2020).

2. ГОСТ Р 56252-2014. Платы печатные. Контроль влияния химических факторов и воздействия окружающей среды. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200114719> (дата обращения: 20.09.2020).

3. Воздействие внешних условий на работоспособность РЭА. – URL: https://sinref.ru/000_uchebniki/04600radio/008_regulirovshik_radioaparaturi_gorodilin/054.htm (дата обращения: 20.09.2020).

4. Maloratsky L.G. Using modified microstrip lines to improve circuit performance // High Frequency Electronics. – 2011. – Vol. 10, No. 5. – P. 38–52.

5. Sagiyeva I.Y. The influence of temperature on microstrip transmission line characteristics / I.Y. Sagiyeva, A.V. Nosov, R.S. Surovtsev // 21st International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices EDM. – Erlagol, Altai, June 29 – July 3, 2020. – P. 191–194.

6. Сагиева И.Е. Моделирование характеристик микрополосковой линии с боковыми заземленными проводниками сверху // Матер. докл. междунар. науч.-практ.

конф. «Электронные средства и системы управления». – Томск, 2017. – С. 19–20.

7. Куксенко С.П. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 2(36). – С. 45–50.

Нурхан Бахтияр Ельжасулы

Магистрант каф. телевидения и управления (ТУ)
Томского государственного ун-та систем управления
и радиоэлектроники (ТУСУР)
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7-996-938-53-28
Эл. почта: baha99@list.ru

Сагиева Индира Ериковна

Аспирант каф. ТУ ТУСУР
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
ORCID: 0000-0001-7119-0583
Тел.: +7-913-801-19-89
Эл. почта: indira_sagieva@mail.ru