

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ ВИДОВ НОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ТЕРРОРИЗМА

Т.Р. Газизов, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник,
зав. кафедрой ТУ, гл. науч. сотрудник НИЛ «БЭМС РЭС»

г. Томск, ТУСУР, *talgat@tu.tusur.ru*

Рассматривается защита от одной из угроз электромагнитного терроризма: преднамеренного кондуктивного воздействия мощного сверхкороткого импульса. Впервые сравнены два вида новых устройств для защиты от такого воздействия: модальный фильтр и меандровая линия. Сравнение наглядно выявило ряд достоинств и недостатков каждого вида защиты. Результаты могут быть полезны для дальнейших исследований и конкретных применений такой защиты.

Ключевые слова: электромагнитный терроризм, сверхкороткий импульс, модальный фильтр, меандровая линия задержки.

Электроника все шире проникает в жизнь общества, делая её всё более комфортной, но это ведет к росту зависимости общества от электроники. Между тем такая зависимость может быть очень опасной, особенно для критичной аппаратуры. Это обусловлено ростом уровней потенциальных воздействий на электронику, особенно преднамеренных силовых электромагнитных воздействий (ПДЭМВ), часто называемых электромагнитным терроризмом [1]. Поэтому необходимо совершенствовать защиту электроники от ПДЭМВ, и такая защита должна быть как можно более эффективной, надежной, простой и дешевой. Поскольку излучаемые ПДЭМВ, преобразуясь в наводки, становятся, в конечном счете, кондуктивными, особенно важно совершенствовать защиту именно от кондуктивных ПДЭМВ. В этой связи, примечательны два вида новых устройств для защиты от такого воздействия: модальный фильтр (МФ) и меандровая линия (МЛ), схемы которых, для простейшего случая связанных линий, показаны на рис. 1 [2].

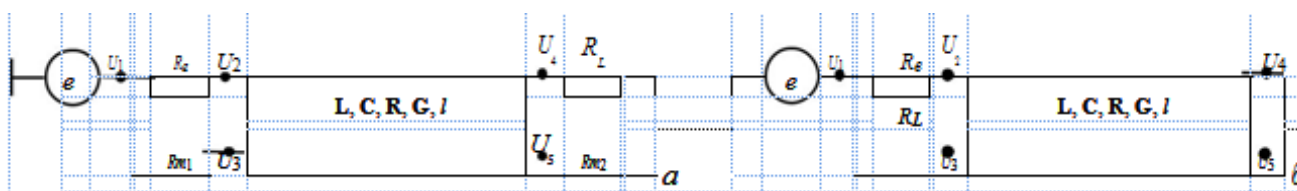


Рис. 1 – Принципиальные схемы МФ (а) и МЛ (б)
для простейшего случая связанных линий

Эти устройства и их варианты активно исследуются в ТУСУРе, в т.ч. и в проектах ГПО: ранее в двух отдельных, посвященных соответственно каждому из них, а сейчас – в проекте ГПО ТУ-1801 – Защита силовой шины электропитания от помех. В этом проекте исследуются различные возможности защиты, в том числе и два этих новых вида. Особое внимание уделяется защите шины электропитания космического аппарата, выявившей новые требования к реализации этих видов защиты. Поэтому полезно выполнить сравнение их возможностей. Между тем такое сравнение, даже качественное, не выполнялось ранее. Цель данной работы – восполнить этот пробел.

Результаты качественного сравнения МФ и МЛ по ряду признаков сведены в табл. 1, а под ней приведены комментарии к каждому признаку.

Таблица 1 – Сравнение МФ и МЛ. Обозначения: (+) очень пригоден или наиболее выгоден; (0) средне пригоден или нейтрален; (–) непригоден или наименее выгоден

№	Признак	МФ	МЛ
1.	Возможность отсутствия резисторов	0	+
2.	Способность разложения без диэлектрика	–	0
3.	Способность разложения воздействующего импульса на несколько импульсов	0	+
4.	Возможность уменьшения длины структуры	0	+
5.	Способность пропускать все частоты	–	+
6.	Возможность увеличения длительности разлагаемого импульса	0	–
7.	Возможность отсутствия пассивных проводников	–	+
8.	Возможность уменьшения массы проводников	+	0

1. В МФ желательны, хотя и не обязательны, резисторы, а в МЛ их нет.

2. В МФ без диэлектрика разложения не будет, а в МЛ будет разложение даже без диэлектрика, хотя разложения за счет разности погонных задержек не будет.

3. В МФ число импульсов разложения на один меньше, чем в МЛ, за счет первого импульса перекрестной наводки, присутствующего только в МЛ.

4. В МФ импульсы мод проходят путь длиной l , а в МЛ – $2l$, т.е. МЛ может быть в 2 раза короче при том же интервале времени между импульсами разложения.

5. Без учета потерь, воздушная МЛ имеет единичный коэффициент передачи на всех частотах, а МФ – нет.

6. В МФ интервал между импульсами определяется разностью задержек мод на длине l , а в МЛ – интервал между первым и последующими импульсами определяется задержкой самой быстрой моды на длине $2l$, а

интервалы между последующими импульсами определяются разностью задержек мод на длине $2l$.

7. В МФ пассивные проводники необходимы, а в МЛ их нет.

8. В МФ по пассивным проводникам не течет постоянный ток, поэтому к ним нет соответствующего требования по площади сечения, и их можно делать полыми или очень тонкими для уменьшения массы, тогда как сечение всей МЛ должно соответствовать максимальному току.

Таким образом, в работе сделана попытка сравнить два вида новых устройств для защиты от преднамеренного кондуктивного воздействия мощного сверхкороткого импульса: модальный фильтр и меандровую линию. Несмотря на первый опыт сравнения и его качественный характер, оно наглядно выявило ряд достоинств и недостатков каждого вида защиты, и такое сравнение полезно продолжать, выявляя новые факторы, поскольку его результаты могут быть полезны для дальнейших исследований и применений этих видов защиты. Полезно сравнить характеристики при равных параметрах.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ
по проекту RFMEFI57417X0172.

Литература

1. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / под ред. Т.Р. Газизова. – Томск: Томск. гос. ун-т, 2002. – 206 с.
2. Gazizov A.T., Zabolotsky A.M., Gazizov T.R. UWB pulse decomposition in simple printed structures // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. 2016. – Vol. 58, no. 4, pp. 1136–1142, DOI: 10.1109/TEMC.2016.2548783. Scopus:2-s2.0-84964501696.