

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ МОДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В СИНФАЗНОМ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ РЕЖИМАХ

Лакоза А.М., Костелецкий В.П., Заболоцкий А.М.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Представлены зависимости вносимого затухания в двух вариантах расположения проводников с модальным резервированием (МР) до и после переключения. МР вар. 1 подразумевает неодинаковость электрических характеристик структуры. МР вар. 2 подразумевает, что электрические характеристики этой структуры до и после переключения одинаковы. Применение МР вар. 1 полезно при прогнозировании деградации каналов в результате старения компонентов или их износа, возможно заранее выявить тенденцию отклонения его характеристик в синфазном и дифференциальном режимах. МР вар. 2 необходим для обеспечения идентичности резервируемых каналов до и после переключения.

Ключевые слова: модальное резервирование, модальная фильтрация, синфазный режим, дифференциальный режим, импульсная помеха.

DOI: 10.61527/APFFE-2023.176-178

Современным электронным системам и устройствам необходимы актуальные методы защиты, повышения эффективности и надежности [1]. Среди большого количества способов наиболее простым и эффективным является модальное резервирование (МР) [2]. МР является способом, при котором резервирующие цепи применяются одновременно с резервными цепями, повышая надежность устройства, одновременно с этим обеспечивая модальную фильтрацию (МФ) [3, 4]. Однако существует проблема вариативности переключений, которые приводят к различию характеристик резервируемых и резервных цепей. Также имеет место деградация электрических цепей, которые могут обладать неодинаковыми наборами электрических параметров [5]. Следствием этого является неконтролируемое качество обеспечения МР. Поэтому крайне важно выполнить предварительную оценку электрических цепей на устойчивость работы при использовании вариантов МР с одинаковыми и неодинаковыми характеристиками до и после переключения [6, 7]. Целью данной работы является изучение влияния вариантов МР с одинаковыми и неодинаковыми характеристиками до и после переключения на вносимое затухание в дифференциальном и синфазном режимах.

В работе рассматриваются два наиболее эффективных варианта МР: с неодинаковым (вар. 1, рис. 1 (а)) и одинаковыми (вар. 2, рис. 1 (б)) характеристиками структуры до и после переключения. В узлах

V_1 и V_2 наблюдают напряжение на выходе схемы. В качестве входного воздействия для источников ЭДС E_{r1} и E_{r2} использована трапециевидная импульсная помеха общей длительностью 300 пс.

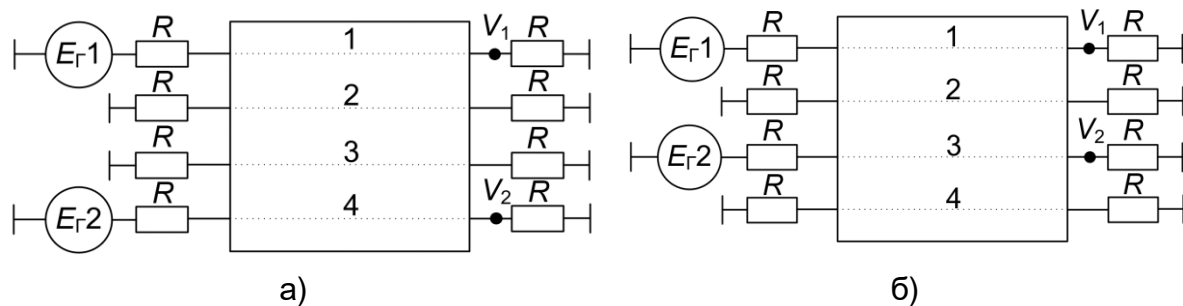


Рис. 1. Схема электрических соединений: МР вар. 1 (а) с различными характеристиками, МР вар. 2 (б) с одинаковыми характеристиками

МР вар. 1 реализуется переключением источников ЭДС E_{r1} и E_{r2} от наиболее удаленной друг от друга пары резервируемых проводников 1 и 4 к наиболее приближенной резервной паре 2 и 3. МР вар. 2 реализуется переключением E_{r1} и E_{r2} с резервируемой пары проводников 1 и 3 на резервную пару 2 и 4, при этом расстояние между линиями и их электрические характеристики остаются неизменным.

Получено, что МР вар. 1 при переключении от пары проводников 1 и 4 на проводники 2 и 3 обеспечивает ухудшения вносимого затухания на 12,8% для синфазного и 21,1% для дифференциального режима работы при окончных нагрузках на свободных проводниках ХХ–КЗ. При окончных нагрузках КЗ–ХХ – 12,8% и 20,5% соответственно. Для МР вар. 2 переключение с пары проводников 1 и 3 на 2 и 4 при варианте окончных нагрузок свободных линий ХХ–КЗ изменение уровней вносимого затухания отсутствует и составляет минус 15 дБ в синфазном режиме и минус 14,6 дБ в дифференциальном. Вариант окончных нагрузок КЗ–ХХ обеспечивает на полпроцента меньшее вносимое затухание относительно варианта ХХ–КЗ. Стоит отметить, что применение МР вар. 1 может быть полезно при прогнозировании деградации каналов в результате старения компонентов или их износа, возможно заранее выявить тенденцию отклонения его характеристик в синфазном и дифференциальном режимах. Зная тенденцию изменения характеристик по мере деградации элементов, в нужный момент возможно переключение на требуемый канал, что позволит скомпенсировать изменение его характеристик. МР вар. 2 может использоваться, когда требуется их идентичность резервируемых каналов до и после переключения.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 19-19-00424, <https://rscf.ru/project/19-19-00424/> в ТУСУРе.

1. Shao J. et al. Environmental worthiness prediction method for electronic product based on physics-of-failure // 2016 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chengdu). – 2016. – P. 1-4.
2. Алхадж Хасан, А. Обзор исследований по модальному резервированию / А. Алхадж Хасан, Т. Р. Газизов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 54–67.
3. Gazizov T. R., Zabolotsky A. M. New approach to EMC protection // 18th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility. – 2007. – P. 273–276.
4. Алхадж Хасан А., Газизов Т.Р. Ensuring the reliability and EMC by modal reservation: A brief history and recent advances // Symmetry. – 2022. – Vol. 14, no. 2466. – P. 1–27.
5. Introduction to printed circuit board failures / D. Slee, J. Stepan, W. Wei, J. Swart // IEEE Symposium on Product Compliance Engineering. – 2009. – P. 1–8.
6. Zhechev Y. S., Medvedev A. V. and Gazizov T. R. Signal Integrity Analysis of the Structure with Single Modal Reservation Before and After Failures // IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine. – 2023. – V. 12, no. 1. – P. 69–73.
7. Medvedev A. V., Gazizov T. R. and Zhechev Y. S. Evaluating modal reservation efficiency before and after failure // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V. 1488, no. 1. – P. 012015.

RESEARCH OF MODAL REDUNDANCY METHODS IN COMMON AND DIFFERENTIAL MODES

Lakoza A.M., Kosteletskii V.P., Zabolotsky A.M.

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Dependences of the insertion attenuation in two variants of conductor arrangement with modal redundancy (MR) before and after switching are presented. MR var. 1 implies unequal electrical characteristics. MR var. 2 implies that the electrical characteristics of this structure before and after switching are the equal. The application of MR var. 1 is useful, when predicting the degradation of channels as a result of aging of components or their wear, it is possible to identify in advance the tendency of deviation of its characteristics in common and differential modes. MR var. 2 is necessary to ensure the identity of redundant channels before and after switching.

Keywords: modal redundancy, modal filtering, common mode, differential mode, interference pulse.