

3. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах (утверждена 17 февраля 2015 г. заместителем директора ФСТЭК России).
4. Казарин О.В. Особенности анализа рисков утечки конфиденциальной информации по технически каналам при создании радиоэлектронных средств. / О.В. Казарин // Вопросы кибербезопасности Специальная техника. – 2015. – № 4. – С. 62–69.
5. Троицкий И.И., Репин М.М. Организация работы по защите информации на этапе испытаний опытного образца радиоэлектронной техники // Безопасные информационные технологии: сборник трудов Второй всероссийской научно-технической конференции / под ред. Матвеева В.А. – М: Изд-во НИИ радиоэлектроники и лазерной техники, – 2011 – С. 136–138.
6. Феер К. Беспроводная цифровая связь: методы модуляции: пер. с англ. / под. ред. В. И. Журавлёва. – М.: Радио и связь, 2000.
7. Машкина И.В., Рахимов Е.А., Васильев В.И. Методика построения модели комплексной оценки угроз информации, циркулирующей на объекте информатизации / И.В. Машкина, Е.А. Рахимова, В.И. Васильев // Известия ТРТУ. Материалы VIII научно-практической конференции «Информационная безопасность». – Таганрог: ТРТУ, 2006. – С. 70–76.

УДК 621.317.328:621.372.8

ДАТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ЩЕЛЕВЫХ ВОЛНОВОДНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ С ЖК ЗАПОЛНЕНИЕМ

Гончаренко И.А., Ильюшонок А.В., Рябцев В.Н.
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси
 Минск, Республика Беларусь

Современные промышленные технологии сопровождаются побочным возникновением электростатических полей при работе электротехнического оборудования, а также целенаправленной их генерацией для технологических процессов. Систематическое воздействие на организм человека сверхдопустимых уровней электрического поля отрицательно воздействует на здоровье человека, может привести к необратимым изменениям в организме. Определение величины напряженности электростатических полей требуется в нефтяной, химической, текстильной и электронной промышленности (т.е. там, где возникает вероятность появления электрических зарядов, приводящих к взрыву или пожарам), а также в области изучения атмосферного электричества, экологии, медицине и др. В связи с этим приобретают большое значение проблемы, связанные с разработкой новых средств обнаружения и получения информации о параметрах электростатических полей.

Сравнительный анализ показывает, что актуально измерение напряженности электростатического поля в диапазоне от 0,3 до 3000 кВ/м.

В традиционных датчиках электрического поля используются антенны, проводящие электроды или металлические соединения. Наличие металлов в датчиках может приводить к искажениям измеряемых полей. В отличие от них волноводные оптические датчики практически не вызывают возмущение электрического поля, а оптические волокна, соединяющие сенсорное устройство с измерительным блоком, естественным образом устойчивы к электромагнитному воздействию [1].

В данной работе приведена структура, принципы функционирования и измерительный диапазон датчика электрических полей на базе микрокольцевых резонаторов на основе щелевых волноводов с ЖК заполнением.

Мы рассматриваем две структуры микрокольцевого резонатора на основе волноводов с вертикальной и горизонтальной щелью с ЖК заполнением, показанные на рис. 1. Кольцевой микрорезонатор имеет набор резонансных длин волн. Излучение, распространяющееся по входному волноводу на длинах волн, совпадающих с резонансными, поступает в кольцевой волновод. Оставшаяся часть излучения на других длинах волн распространяется дальше, практически не ответвляясь в микрорезонатор. Ответвленное в кольцевой волновод излучение переходит из него в выходной волновод. Таким образом, в выходной волновод поступает излучение узких спектральных диапазонов, центральные длины волн которых соответствуют резонансным длинам волн микрорезонатора. Ширина этих диапазонов задается коэффициентом связи кольцевого и прямых волноводов, а также параметрами самого микрорезонатора.

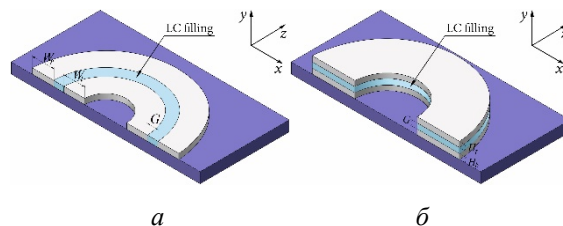


Рисунок 1 – Структуры микрокольцевого резонатора на основе волноводов с вертикальной (а) и горизонтальной (б) щелью с ЖК заполнением

Если щелевой волновод с ЖК заполнением внести во внешнее электрическое поле, показатель преломления ЖК, заполняющего щель, изменится пропорционально величине электрического поля. Это в свою очередь приведет к изменению эффективного показателя преломления щелевого волновода. В результате изменится оптическая длина кольцевого резонатора и сместится его

резонансная длина волны. Это приведет к изменению интенсивности выходного сигнала на несущей длине волны, совпадающей с резонансной длиной волны невозмущенного резонатора. Таким образом, измеряя интенсивность выходного оптического сигнала на выходе резонатора, можно определять напряженность электрического поля, воздействующего на резонатор.

С помощью метода линий [2], модифицированного для исследуемой структуры, мы произвели расчет эффективного показателя преломления и распределение полей мод изогнутых щелевых волноводов с ЖК заполнением.

На рис. 2 представлена зависимость сигнала на выходе резонатора на базе изогнутого волновода с вертикальной щелью с ЖК заполнением с радиусом изгиба 32 мкм от напряженности внешнего электрического поля при различной ширине щели. Наклон кривых, описывающих зависимость выходного сигнала от интенсивности воздействия электрического поля, характеризует чувствительность датчика.

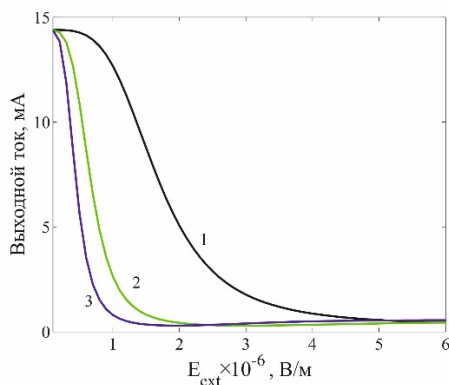


Рисунок 2 – Зависимость сигнала на выходе резонатора на основе волновода с вертикальной щелью с ЖК заполнением от напряженности электрического поля. Радиус изгиба волновода 32 мкм, ширина щели 100 (кривая 1), 200 (2) и 300 (3) нм

Как видно из рисунка, чувствительность микрорезонатора к электрическому полю зависит от ширины щели и, соответственно, от величины ЖК заполнения. Кроме того, чувствительность датчика увеличивается при увеличении радиуса резонатора (его оптической длины). При этом уменьшается диапазон измерения. Датчики на основе вертикальных щелевых волноводов с ЖК заполнением могут быть использованы для измерения внешних электрических полей в пределах от 0 до 3×10^6 В/м с точностью до 20 нА/(В/м). Поскольку темновой ток фотоприемника имеет примерно такой же порядок, очевидно, что такой датчик не позволяет отслеживать изменения напряженности внешнего электрического поля в пределах 1 В/м. Таким образом, датчик на основе волновода с вертикальной щелью может быть использован для измерений напряженности электрического поля с точностью до 10 В/м.

На рис. 3 показана зависимость сигнала на выходе кольцевого микрорезонатора на базе волновода с горизонтальной щелью, заполненной ЖК, от напряженности внешнего электрического поля. Как видно из рисунка, датчики на основе горизонтальных щелевых волноводов более чувствительны к электрическому полю, чем вертикальные щелевые волноводы. Возможной причиной этого могут быть большие размеры горизонтальной щели и, следовательно, большее количество заполняющего ее ЖК.

Чувствительность датчика примерно равна 150 нА/(В/м), что позволяет отслеживать изменение интенсивности электрического поля в пределах 1 В/м. Однако диапазон измерений значительно уже (порядка 10^5 В/м). При этом диапазон измерений может быть смещен выбором параметров резонатора или несущей длины волны оптического излучения. В качестве примера, начальное значение диапазона измерений на рис. 3 смещено на величину 2×10^6 В/м. Таким образом, волноводы с вертикальной щелью можно использовать для грубого определения напряженности электрического поля, а резонаторы с горизонтально-щелевыми волноводами – для более точного ее измерения.

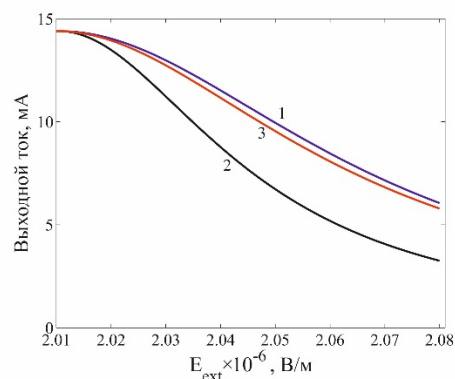


Рисунок 3 – Зависимость сигнала на выходе кольцевого микрорезонатора резонатора на основе волновода с горизонтальной щелью с ЖК заполнением от напряженности электрического поля. Радиус резонатора 32 мкм, высота щели 150 (1), 250 (2) и 400 (3) нм

Таким образом, предложена структура датчика внешних электрических полей на базе кольцевых микрорезонаторов на основе волноводов с горизонтальной и вертикальной щелями, заполненными ЖК. Использование резонансных свойств позволяет значительно повысить чувствительность датчика. Горизонтально-щелевые волноводы более чувствительны к напряженности электрического поля, чем волноводы с вертикальной щелью. Однако они позволяют определять электрические поля в большем диапазоне величин. Таким образом, датчик может быть сконструирован одновременно из резонаторов на базе вертикально- и горизонтально-щелевых волноводов. Волноводы с вертикальной щелью

можно использовать для грубого определения напряженности электрического поля (десятичные разряды), а резонаторы с горизонтально-щелевыми волноводами – для более точного ее измерения (единичные разряды).

1. V.M.N. Passaro, F. Dell'Olio, F. De Leonardis. Electromagnetic field photonic sensors. Progress in Quantum Electronics. 2006. Vol. 30. P.45–73.
2. R. Pregla. The method of lines for the analysis of dielectric waveguide bends // J. Lightwave Technol. –1996. – Vol. 14, No 4. – P.634–639.

УДК 621.397

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Гавриленко В.В., Зайцева Е.Г.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Шумом называется всякий неприятный, нежелательный звук или совокупность звуков, мешающих восприятию полезных сигналов и нарушающих тишину, оказывающих вредное или раздражающее воздействие на организм человека, снижающих его работоспособность [1]. В качестве звука человек воспринимает упругие колебания, распространяющиеся в среде, которая может быть твердой, жидкой или газообразной. В зависимости от источника генерирующего колебания, различают шумы механического, аэродинамического, гидродинамического, электромагнитного происхождения. По времени действия шумы подразделяются на: постоянные (уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяются по времени не более чем на 5 дБ при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187-71); непостоянные, при изменении уровня звука более 5 дБ. Непостоянные шумы, в свою очередь, делятся на: колеблющиеся по времени (уровень звука которых непрерывно изменяется во времени); прерывистые (уровень звука которых резко падает до уровня фонового шума, с интервалом в 1 с и более); импульсные (состоящие из 1-го или нескольких звуковых сигналов с длительностью более 1 с и уровнем звука более 10 дБ) [2].

Шум в производстве и в быту отрицательно влияет на организм человека, приводит к снижению производительности труда.

Устойчивый постоянный шум оказывает меньшее влияние на организм человека, чем нерегулярно возникающий высокочастотный. Шум способствует быстрому наступлению у человека чувства усталости. Шум с уровнем интенсивности более 60 дБ тормозит нормальную пищеварительную деятельность желудка. При шуме 80-90 дБ число сокращений желудка в минуту уменьшается на 37%. Установлено, что при интенсивности шума более 60 дБ выделение слюны и отделение желудочного сока понижается на 44%. Временное, а иногда и постоянное повышение кровяного давления, повышенная раздражительность, понижение работоспособности, душевная депрессия и т.п. являются следствием действия шума. Неопределенные шумы, не доходящие до сознания, также

вызывают истощение центральной нервной системы, в результате чего они могут служить причиной незаметных до поры нарушений в организме.

У человека, находящегося в течение 6-8 часов под воздействием шума интенсивностью 90 дБ, наступает умеренное понижение слуха, исчезающее примерно через 1 ч после его прекращения. Шум, превышающий 120 дБ, очень быстро вызывает у человека усталость и заметное понижение слуха. В каждом отдельном случае степень потери слуха и длительность периода восстановления пропорциональны уровню интенсивности и длительности воздействия.

При большой интенсивности шум не только влияет на слух, но и оказывает другое воздействие (головная боль, плохая восприимчивость речи), порой чисто психологическое воздействие на человека.

Действуя на центральную нервную систему, шум оказывает влияние на деятельность всего организма человека: ухудшается зрение, деятельность органов дыхания и кровообращения, повышается кровяное давление. Шум ослабляет внимание и затормаживает психологические реакции. По этим причинам шум способствует возникновению несчастных случаев и ведет к снижению производительности труда [3].

Шум, как и звук в целом, возможно оценивать как объективно, так и субъективно.

Для объективной оценки используют давление, поверхностную плотность мощности и соответствующие логарифмические оценки, называемые уровнями шума. Наименьшая сила звука, которая воспринимается слуховым аппаратом человека, называется порогом слышимости данного звука и составляет при частоте колебаний 1000 Гц $2 \cdot 10^{-5}$ Па или 10 – 12 Вт/м² [4].

Для оценки уровня интенсивности используется сравнение измеряемого звука с эталонным звуком частотой в 1000 Гц. Единицей измерения громкости является фон. Если какой-либо звук окажется на слух таким же громким, как звук частотой 1000 Гц и с уровнем силы 1 дБ, то уровень громкости данного звука принимается равным 1 фону. Различие между уровнем силы звука и уровнем громкости заключается в том, что