

фактивным акцептором атома Н и обладает относительно высокой реакционной способностью по отношению к фенолам, гидрохинонам и другим ароматическим соединениям, содержащим лабильный атом Н. Наиболее характерны для радикала $O_2^{\cdot -}$ реакции электронного переноса [4,5].

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, прогнозирование способности природных вод к самоочищению от химических загрязнений имеет значение и для решения других задач. Те же подходы и методы исследования могут быть применены для проведения таких водоохранных мер как принудительная интенсификация процессов самоочищения дренажных вод, разработка химической доочистки сбросовых вод предприятий, совершенствование методов контроля состояния природных водоемов, разработка способов детоксикации природной воды.

Список литературы

1. **Барбье М.** Введение в химическую экологию. – М.: Мир, 1978. – 237с.
2. **Беспамятнов Г.П.** Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. – Л.: Химия, 1985. – 528с.
3. **Вигдорович В.И.** Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов / В.И. Вигдорович, Н.В. Шель. – М.: КАРТЭК, 2008. – 215с.
4. **Разумовский С.Д.** Озон и его реакции с органическими соединениями. – М.: Наука, 1974. – 213с.
5. **Уотерс У.** Механизмы окисления органических соединений. – М.: Мир, 1986. – 537с.

Рукопись поступила в редакцию 26.02.13

УДК 622.7.092: 542.86

В.П. ШУПОВ, канд.техн.наук, доц., Р.П. ШАЙДА, ст. преподаватель
ДВНЗ "Криворізький національний університет"

УЧЕТ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРОВ

Рассмотрена проблема конструирования и эксплуатации промышленных металлодетекторов с точки зрения необходимости учета контактных электромагнитных помех. Проведен анализ причин возникновения данной проблемы. Предложено направление повышения помехоустойчивости промышленных металлодетекторов к контактным электромагнитным помехам.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. На предприятиях горно-металлургической промышленности используются металлодетекторы для фиксации металлических предметов в транспортных потоках. Типичным случаем является применение конвейерных металлодетекторов для обнаружения металлических предметов опасных размеров в потоке транспортируемых сырьевых материалов. Актуальной и до сих пор не решенной в полном объеме является проблема выявления немагнитных металлических предметов в потоке ферромагнитной руды. Для снижения маскирующего влияния руды используют многочастотные электромагнитные детекторы, регистрирующие слабый сигнал, переизлученный металлическим предметом. В этом случае приходится отстраиваться от посторонних электромагнитных излучений.

Все электромагнитные помехи, влияющие на работу приемного тракта металлодетектора, работающего в условиях промышленного предприятия, насыщенного электрооборудованием, можно разделить на две группы: помехи от активно излучающих элементов и контактные помехи, возникающие в результате воздействия электромагнитного поля металлодетектора на контакты с переменным электросопротивлением различных изделий с высокой электропроводимостью, которые находятся вблизи датчика металлодетектора.

Знание основных характеристик этих помех необходимо для принятия решения по величине мощности и спектру излучения проектируемого металлодетектора.

Анализ исследований и публикаций. Помехи, создаваемые различным электрооборудованием и возможные методы их подавления достаточно широко описаны в литературе и всегда учитываются разработчиками средств контроля и управления. В то же время помехи, создаваемые механическим оборудованием не содержащим электрических цепей, редко принимаются во внимание. Причиной таких, так называемых «контактных», помех являются контакты с пе-

ременным электрическим сопротивлением, находящиеся в зоне электромагнитного поля, например поля излучения самого металлодетектора. Такими контактами являются соприкасающиеся металлические предметы, сопротивление между которыми изменяется по случайному закону. Под воздействием внешнего облучающего поля на металлических конструкциях наводится ЭДС со спектральной структурой облучающего поля. Спектр же тока в конструкциях содержит дополнительные спектральные составляющие, обусловленные изменением контактного сопротивления. Поэтому электромагнитное поле вторичного излучения переменного контакта будет существенно отличаться по спектральной структуре от первоначального облучающего поля.

Постановка задачи. По причине наличия дополнительных помех необходимо предложить направление повышения помехоустойчивости промышленных металлодетекторов к контактными электромагнитным помехам.

Изложение материала и результаты. В общем виде напряженность поля E вторичного излучения переменного контактного сопротивления подчиняется зависимости

$$E = \frac{f(\omega)}{f(R)} i(t) f(\gamma, \alpha),$$

где $f(\omega)$ - функция, учитывающая условия распространения электромагнитной волны; $f(R)$ - функция расстояния между излучателем металлодетектора и переменным контактом; $i(t)$ - функция изменения тока через контакт; $f(\gamma, \alpha)$ - функция направленности облучаемого контакта по азимутальному и зенитному углам.

Контактная проводимость, а следовательно и величина тока $i(t)$ зависит от индуктивности и емкости контактной зоны, ее активного сопротивления, степени проявления электрохимической и термо ЭДС, холодной и тепловой эмиссии.

Энергетический спектр поля помех, создаваемых контактами с трением качения и скольжения при его моногармоническом облучении и предположении, что характеристики контактного соединения флуктуируют по нормальному закону распределения, может быть описан известным выражением [1]

$$S(\omega) = \frac{\pi}{2} \cdot E_m^2 \cdot W_0^2(\omega) \cdot [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)] + E_m^2 \cdot \sigma^2 \cdot k \cdot \left[\frac{1}{k^2 + (\omega - \omega_0)^2} + \frac{1}{k^2 + (\omega + \omega_0)^2} \right].$$

Здесь E_m - амплитуда напряженности облучающего поля $e(t) = E_m \cdot \cos \omega_0 t$; ω_0 - частота облучения; W_0 - модуль передаточной функции $W(\omega, t)$ линейного четырехполосника, описывающего переменный контакт; k - коэффициент, характеризующий скорость изменения $W(\omega, t)$ во времени; $\delta(\omega)$ - дельта функция; σ^2 - дисперсия изменения $W(\omega, t)$.

Из этого выражения следует, что спектр электромагнитного поля постоянную составляющую на частоте облучения ω_0 и сплошной спектр излучений, затухающих по мере отклонения частот от центральной частоты ω_0 (рис. 1).

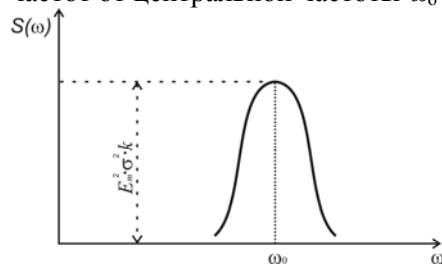


Рис. 1. Спектрограмма контактных помех при облучении линейных контактов моногармоническим излучением

Исследования [2] показали, что выявление металлических предметов в потоке ферромагнитных сырьевых материалов более эффективно при использовании двух или более разнесенных по спектру частот излучения, что позволяет уменьшить влияние маскирующих свойств этих материалов. В этом случае при излучении пачек двух частот ω_1 и ω_2 с одинаковой амплитудой E_m , чередующихся с частотой Ω , спектр поля вторичного излучения контакта подчиняется выражению [1]

$$S(\omega) = E_m^2 \cdot W_0(\omega) \cdot T \sum_{n \geq 1}^2 \left[\frac{e^{-2k_0 n(\omega_i + n\Omega)}}{1 + (\omega - \omega_i + n\Omega)^2 T^2} + \frac{e^{-2k_0 n(\omega_i - n\Omega)}}{1 + (\omega - \omega_i - n\Omega)^2 T^2} \right].$$

Здесь $T=1/\Omega$ - период переключения частотных посылок; k_0 - коэффициент ослабления гармонических составляющих облучающего поля ($H(\omega) = H_0(\omega) \cdot e^{-k_0 n \omega}$).

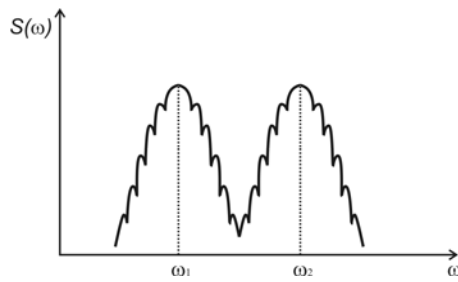


Рис. 2. Спектрограмма контактных помех при облучении линейных контактов двумя чередующимися гармоническими сигналами

Если же считать переменный контакт существенно нелинейным элементом, то картина спектра усложняется. В этом случае контактные помехи возникают не только вблизи основной частоты ω_0 , но также и около ее гармоник, убывая с ростом номера гармоники. Поэтому даже при гармоническом излучении на одной частоте спектро-

грамма резко расширяется по оси частот. При увеличении числа облучаемых частот, как и числа источников излучения, растет число комбинационных частот, порожденных контактными помехами.

Особенно велик уровень контактных помех в диапазоне частот излучения свыше 10^5 Гц. Уровень таких помех достаточен для их фиксации стандартными радиоприемниками чувствительностью порядка 1 мкВ в диапазоне метровых и дециметровых волн если в радиусе до 100 м расположен излучатель мощностью выше 1 кВт.

Выводы и направление дальнейших исследований. Традиционные методы уменьшения влияния помех за счет увеличения мощности излучения в данном случае не приемлемы. Более целесообразно рационально выбрать частоты излучения излучателя и ширину полосы пропускания приемного тракта металлодетектора. И если значения излучающих частот чаще всего приходится выбирать из условия обеспечения максимальной чувствительности к обнаруживаемым металлическим предметам в потоке ферромагнитного сырья, то следует максимально ограничить полосу пропускания для подавления высших гармоник переизлучаемого сигнала. Так, при конструировании конвейерного металлодетектора для железорудной промышленности, способного выявить металлические предметы, в том числе из немагнитных марганцовистых сталей, в потоке дробленой магнетитовой и гематитовой железной руды, приходится использовать излучение на двух частотах, нижняя из которых выбирается в пределах от 100 до 300 Гц, а верхняя от 3 до 7 кГц. Полоса пропускания приемного тракта по низкой и высокой частоте не должна превышать $\pm 10\%$ от основной частоты излучения.

В отдельных случаях возможно применение магнитного экранирования датчика с потенциально опасного направления при помощи стационарно установленного магнитного экрана. Магнитный экран можно выполнить как из ферромагнитных, так и немагнитных материалов. Экран из магнитомягкого ферромагнетика замыкает магнитное поле на себя и экранирует тем лучше, чем больше магнитная проницаемость материала экрана и толщина экрана. С ростом частоты магнитная проницаемость уменьшается, поэтому ферромагнитные экраны эффективны до частоты примерно 10 кГц.

Экран из немагнитного металла экранирует за счет индуцирования в нем вихревых токов и работает эффективно при увеличении электропроводимости металла, особенно на высоких частотах облучения.

В любом случае, по возможности следует при монтаже металлодетектора на объекте выявить и устранить все переменные механические контакты металлических частей оборудования вблизи датчика. Особенную опасность представляет опорный ролик конвейера, находящийся вблизи приемной антенны детектора, тем более, что радиальное биение этого ролика может вызвать модуляцию полезного информационного сигнала. Если позволяют условия эксплуатации, этот ролик лучше вообще демонтировать.

Список литературы

1. Клементенко А.Я., Панов Б.А. Свешников В.Ф. Контактные помехи радиоприему. – М.: Воениздат, 1979. – 116 с.
2. Шупов В.П., Бизин И.В. Крутов П.В. О поведении железных руд и металлов в высокочастотном электромагнитном поле // Обогащение полезных ископаемых. – М.: Техніка, 1986. – №36. – С. 84-87.

Рукопис подано до редакції 26.03.13