

**Эффект модуляции собственного радиоизлучения
электрического разряда механическими колебаниями и
внешним электромагнитным полем**

Тимошевич В.Б.

Белорусский национальный технический университет

Радиоизлучение технологических процессов и объектов, вызываемое разрядными явлениями различной физической природы (вследствие трибоэлектричества, стекания зарядов, разрывы электрических цепей и пр.) несет информацию о параметрах и режимах работы вышеуказанных процессов. Эта информация содержится главным образом в спектрах различного вида модуляций собственного радиоизлучения.

Плазма электрических разрядов является источником широкополосного электромагнитного излучения [1,2]. Оно возникает вследствие формирования в плазме флюктуирующего электрического диполя, обусловленного колебаниями зарядов в двойных электрических слоях приэлектродных областей и волновыми процессами в плазме. В системе «отрицательное острие - положительная плоскость» происходит образование отрицательных ионов в прикатодной области, что обуславливает возникновение разрядов Тричеля [2]. Частота следования в зависимости от тока разряда, радиуса кривизны острия катода и давления может составлять 10^2 - 10^6 Гц.

Были проведены исследования амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) электрического разряда и установлено, что частота и форма разрядных импульсов, а также спектральные характеристики радиоизлучения существенно зависят от величины давления и тока разряда.

Разряд поджигался в вакуумной камере в системе «отрицательное острие-положительная плоскость». Electroды стальные, расстояние между ними 10 мм, диаметр иглы 0,5 мм, радиус закругления острия 0,036 мм. Ток регулировался в пределах 1-500 мкА изменением напряжения источником питания. Электромагнитные излучения плазмы наводила ЭДС на расположенной в камере магнитной антенне, сигнал с которой подавался на измеритель радишумов с нормированным коэффициентом усиления и регулируемой

полосой пропускания. Далее усиленный и протектированный сигнал поступал на вход самопишущего потенциометра. Одновременно фиксировались форма импульсов и АЧХ разрядного тока, а также спектр модуляций радиоизлучения на частоте около 140 кГц. С этой целью сигнал подавался на входы электронного осциллографа и анализатора спектра. Измерения проводились в воздухе при давлениях $33\text{-}10^5$ Па.

В диапазоне давлений $(1,3\text{-}10)10^4$ увеличения напряжения на разрядном промежутке до 1,5-2,5 кВ приводит к возникновению темнового, а затем и коронного разрядов. Разряд носит импульсный характер. С увеличением среднего тока возрастает частота следования разрядных импульсов, форма же их при данном давлении сохраняется практически неизменной. При дальнейшем увеличении тока возникает существенная нестабильность частоты повторения, а затем и полное исчезновение разрядных импульсов. На спектре радиоизлучения отчетливо проявляются максимумы с частотами, кратными частоте следования импульсов Тричеля, причем удается зафиксировать 3-6 гармоник, амплитуда которых падает с возрастанием номера.

Увеличение среднего тока разряда свыше 40 мкА для давления 4×10^4 Па вызывает модуляцию разрядных импульсов высокой частоты. Для давления $2,6 \times 10^4$ такое увеличение тока приводит к резкому возрастанию частоты и добротности резонансных пиков. Однако частота их нестабильна и скачкообразно изменяется. Для давления $1,3 \times 10^4$ Па и токов до 200 мкА характерно уменьшение амплитуды и добротности резонансных пиков, однако при токах до 400 мкА наблюдается стабилизация частоты. При токах более 600 мкА разрядные импульсы следуют пачками, как при амплитудно-импульсной модуляции. Для давления $6,7 \times 10^3$ Па при токах 10-120 мкА наблюдаются регулярные импульсы, при чем частота стабильна и возрастает с увеличением тока. Спектр радиоизлучения при 100 мкА представляет собой ряд резонансных пиков в полосе частот 0,3-5 МГц с разнесением по частоте 300 кГц.

При давлениях $1,3 \times 10^4$ и $6,7 \times 10^3$ по мере увеличения тока происходит скачкообразный переход к тлеющему разряду. Он характеризуется более низкой (до 700 Гц) частотой следования и иной, существенно зависящей от тока и давления, формой

разрядных импульсов. При дальнейшем уменьшении давления тлеющий разряд занимает все больший объем камеры. При давлении 67 Па и ниже пропадают разрядные импульсы, радиоизлучение теряет мощность и резонансный характер. При давлении $2,6 \times 10^3$ Па и ниже и тока больше 50 мкА спектральной характеристики радиоизлучения свидетельствуют о наличии одно-, двух-, трех частотной амплитудно-импульсной модуляции (1-5, 10-20, 40-60 кГц).

С целью экспериментальной проверки эффекта модулирующих воздействий механических колебаний на электромагнитные излучения было проведено лабораторное моделирование, при котором в вакуумной камере при давлении $1,3 \times 10^2$ Па зажегся электрический разряд в системе «отрицательное «острие-положительная плоскость» и возбуждались механические колебания острия относительно плоскости. В спектре радиоизлучения появлялись резонансные пики на комбинационных частотах, равных сумме и разности несущей частоты импульсов Тричеля и частоты модулирующих механических воздействий. Аналогичный результат наблюдался при облучении плазмы в разрядном промежутке переменным электромагнитным полем. Звуковые же колебания, создаваемые в камере, модулирующего влияния на радиоизлучение не оказывали. Т.о. было подтверждено, что механические и электромагнитные колебания модулируют собственное радиоизлучение электрических разрядов.

Наличие эффектов модуляции собственного радиоизлучения механическими колебаниями позволяет проводить диагностику и контроль параметров процессов и объектов по спектрограммам собственного электромагнитного излучения дистанционно и без вмешательства в технологический процесс.

Литература

1. Гречихин, Л.И., Тимошевич, В.Б. Аппаратура и методы измерений флюктуационных характеристик радиосигналов, возникающих в различных технологических процессах // Приборостроение.- Мн., 1989.-Вып.11.-С.121-124.
2. Мик, Дж. Крэгс, Дж. Электрический пробой в газах.//Иностранная литература- М., 1960.-600с.