Разработка и использование сверхширокополосных антенн для регистрации радиоизлучений высоковольтного лабораторного атмосферного разряда

Байдин И.С*.*1*,*Агафонов А.В.1, Родионов А.А.1,2, Огинов А.В.1, Шпаков К.В.1

1Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт  
 им. П.Н. Лебедева Российской академии наук  
2Московский физико-технический институт (государственный университет)

Процессы, протекающие в начальной фазе сильноточных импульсных атмосферных разрядов, приводящие к генерации различных излучений (рентгеновское, СВЧ, нейтронное) уже долгое время изучаются. Например, Станкевичем и Калининым в 1961 [1] были зафиксированы вспышки рентгеновского излучения. Радиочастотное излучение от молнии на частотах более 500 МГц были впервые зарегистрированы Такаги и Такеути в 1963 [2], а затем Брук и Китагава 1964 году [3]. В лабораторных условиях исследованием данной проблемы занимаются и в наши дни. В работах Марча и Монтанья 2015 и 2016 г. [4,5] авторам удалось зарегистрировать импульсы радиоизлучения частотой 2,4 ГГц.

Для регистрации радиоизлучений на установке ЭРГ нами был разработан комплекс сверхширокополосных антенн с расширяющейся щелью (антенны Вивальди). Это позволяет регистрировать импульсы с частотами от 500 МГц до 6 ГГц с коэффициентом стоячей волны (КСВ) не превышающим 2. Конструктивно антенны выполнены в виде печатных проводников на стеклотекстолите. Влияние диэлектрика несколько понижает частоту и входное сопротивление. Согласование последнего на волновое сопротивление в 50 Ом осуществляется за счет четвертьволновой линии.

Характерной особенностью радиоизлучений разряда является одномоментность их генерации с тормозным рентгеновским излучением. Мы предполагаем, что процессы, порождающие эти явления, имеют схожие, аналогичные механизмы. Измеренное излучение может быть связано с ускорением электронов в стримерах. Нами также было отмечено, что радиоизлучение формируется в виде последовательных импульсов, число которых совпадает с числом импульсов мягкого рентгеновского излучения. И СВЧ, и рентгеновское излучение регистрируются в предпробойной стадии развития разряда, достигая максимума мощности во время предымпульса тока.

Литература.

1. Stankevich Y. L., Kalinin V. G. Fast electrons and X-ray radiation during the initial stage of growth of a pulsed spark discharge in air //Soviet Physics Doklady. – 1968. – Т. 12. – С. 1042.
2. Takagi M., Takeuti T. Atmospherics radiation from lightning discharges. – 1963.
3. Brook M., Kitagawa N. Radiation from lightning discharges in the frequency range 400 to 1000 Mc/s //Journal of Geophysical Research. – 1964. – Т. 69. – №. 12. – С. 2431-2434.
4. Kochkin P., Montanya J., March V. X-rays from long laboratory sparks in air //Generation of Runaway Electron Beams and X-Rays in High Pressure Gases, Volume 1: Techniques and Measurements. – 2016. – С. 157.
5. Montanyà, J., Fabró, F., March, V., van der Velde, O., Solà, G., Romero, D., & Argemí, O. (2015). X-rays and microwave RF power from high voltage laboratory sparks. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 136, 94-97.
6. Agafonov A. V. et al. Observation of hard radiations in a laboratory atmospheric high-voltage discharge //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2017. – Т. 50. – №. 16. – С. 165202.