Проявление ленгмюровских колебаний в численной модели плазменной антенны

1,2Н.Н. Богачев, 2,3И.Л. Богданкевич, 2,3Н.Г. Гусейн-заде

1МГТУ МИРЭА, Москва, Россия, [bgniknik@yandex.ru](mailto:bgniknik@yandex.ru)  
2ИОФ РАН, Москва, Россия, [ira.bogdankevich@mail.ru](mailto:ira.bogdankevich@mail.ru)  
3ГБОУ ВПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия, [ngus@mail.ru](mailto:ngus@mail.ru)

Помимо разработок связанных с плазменной кремниевой антенной PSiAN (Plasma Silicon Antenna) наиболее перспективной для использования является плазма в газоразрядных трубках, благодаря её свойствам малой радиолокационной заметности, быстрого включения и безынерционного изменения параметров. Одной из важных задач исследования работы таких антенн является подбор режимов прием-передачи, при которых не происходит заметных искажений сигнала антенны [1, 2]. В работах [3,4] обнаружены три режима (неизлучательный, нелинейный и линейный) работы плазменной антенны, связанные с условиями распространения поверхностной волны на плазменном цилиндре радиуса *r0*. Эти режимы определяются соотношением плазменной *ωp* и частоты электромагнитной волны *ω0*.

В данной работе в численном коде КАРАТ [5] исследуется задача распространения импульса гауссовой формы длительностью *τи*=15 нс, с частотой несущей *f0*=1,7 ГГц (*ω0*=1,07∙1010 рад∙с-1) в плазменной несимметричной вибраторной антенне (ПНВА) (длиной *l=4* см и радиусом *r*=0,5 см). Рассматривались две модели плазмы - модель Друде и PIC (Particle-In-Cell), для случая «бесстолкновительной» плазмы (*νe<ω0*) получены спектральные и временные характеристики сигнала в различных режимах работы антенны.

При исследовании ПНВА в модели Друде проявляются только искажения, определяемые диэлектрической проницаемостью плазмы. В «нелинейном» режиме работы антенны искажения выражаются в увеличении длительности излученного импульса относительно исходного, увеличении побочных гармоник несущей частоты в спектре сигнала.

PIC модель антенны подтвердила связь полученных в модели Друде трех режимов работы плазменной антенны с условиями распространения поверхностной волны. Также она позволила изучить влияния плазменных колебаний на сигнал антенны. В представленной работе впервые показано, что при подаче электромагнитной волны на антенну внутри плазмы возбуждаются ленгмюровские колебания с частотой *fp* во всех режимах работы антенны и высокочастотные гармоники входного сигнала. Внутри плазмы амплитуда поля на плазменной частоте превышает амплитуду на частоте *f0*. В излучаемом сигнале наибольшая амплитуда спектра наблюдается на частоте несущей *f0*, но при этом имеются высокочастотные шумы в полосе от *f0* до *fp*. Потери энергии входного сигнала обусловлены возбуждением ленгмюровских колебаний в плазме. Спектральные характеристики демонстрируют неизотропность плазмы по радиусу.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 14-08-31336. Авторы выражают благодарность Игнатову А.М. и Рухадзе А.А. за обсуждение работы и полезные замечания.

Литература.

1. Беляев Б.А., Лексиков Ан.А., и др.// Известия вуз. Физика. 2013. Т. 56. № 8/2. С. 88.
2. Коновалов В.Н., Кузьмин Г.П., Минаев И.М., Тихоневич О.В..// XLI Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС, сборник тезисов, Звенигород, 2014. С.274.
3. Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Гусейн-заде Н.Г.// Прикладная физика. 2014. № 4.
4. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Operation modes and characteristics of plasma dipole antenna, Acta Polytechnica, Prague, V. 55, N 1, 2015 (in published).
5. Tarakanov V.P., User's Manual for Code KARAT. Springfield: VA, 1992.