

скольжения порядка единицы), величина инкремента ω_i достигает максимума и далее уменьшается. При $H > 400$ гс частота колебаний меняется скачком, что, видимо, связано с установлением другого типа колебаний, вероятнее всего магнитоакустических [3, 4, 13].

Поступила 26 XI 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Андропов В. Г., Лопатский Г. С., Петров Г. Д., Черныш В. И., Юрчук Э. Ф. Низкочастотные колебания плазмы, вращающейся в магнитном поле. ПМТФ, 1969, № 5, стр. 141.
2. Широков М. Ф., Ваулин Е. П. Течения неизотермической плазмы с большими скоростями. В сб. «Исследования при высоких температурах», М., «Наука», 1967.
3. Saito S., Sato N., Hattai Y. Low-frequency oscillations in a weakly ionized plasma in crossed electric and magnetic fields. J. Phys. Soc. Japan., 1966, vol. 21, No. 12, p. 2695.
4. Веденов А. А., Велихов Е. П. Проблемы использования плазмы с горячими электронами в МГД генераторах. Electricity from MHD, Vienna, 1966, vol. 2, p. 395.
5. Елисеев Б. В. Неустойчивость пондеромоторной силы в слабо ионизированной плазме. Теплофизика высоких температур, 1964, т. 2, № 6, стр. 852.
6. Velikhov E. P., Dykhe A. M. Plasma turbulence due to ionization instability in a strong magnetic field. Compt. rend. 6-e Conférence Internat. Phénom. Ionisat. dans Gaz, vol. 4, Paris, 1963.
7. Kerrebrock J. L. Nonequilibrium ionization due to electron heating. II. AIAA Journal, 1964, vol. 2, No. 6, p. 1072.
8. Шипук И. Я., Пашкин С. В. Ионизационная неустойчивость плазмы в скрещенных полях. Докл. АН СССР, 1967, т. 176, № 6.
9. Рожков А. М., Степанов К. Н., Супруненко В. А., Фареник В. И., Власов В. В. Резонансное возбуждение ионно-циклотронных колебаний во вращающейся плазме. Письма в ЖЭТФ, 1969, т. 10, вып. 2.
10. Настоящий А. Ф. Устойчивость тока в поперечном магнитном поле. Теплофизика высоких температур, 1964, т. 2, № 3, стр. 321.
11. Лопатский Г. С., Андропов В. Г. Экспериментальное исследование характеристик дугового разряда в поперечном магнитном поле. Electricity from MHD, Vienna, 1966, vol. 2, p. 133.
12. Биберман Л. М., Воробьев В. С., Якубов И. Т. К теории неравновесной низкотемпературной плазмы. Сб. «Магнетогидродинамический метод получения электроэнергии», М., «Энергия», 1968, стр. 209.
13. Trigher S. A. The theory of the stability of sound on a nonhomogeneous plasma. Electricity from MHD, Vienna, 1966, vol. 2, p. 409.

УДК 537.529

О СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НЕКОТОРЫХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ И ПЛОСКИХ ЗАДАЧ

А. П. Шаталов (Челябинск)

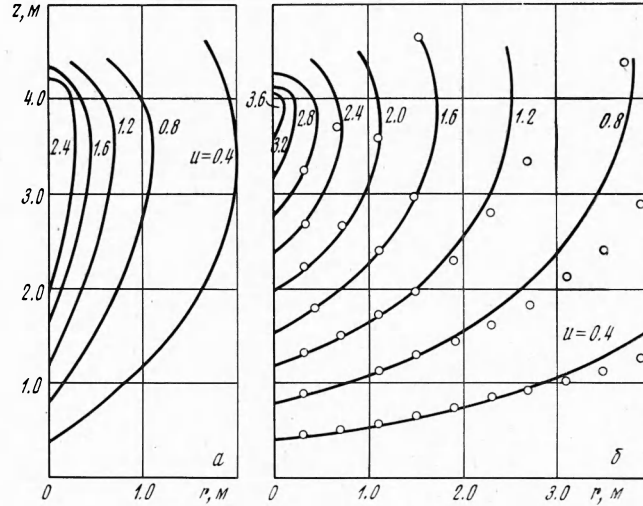
Приводятся результаты расчета на ЭЦВМ БЭСМ-6 электрического поля стержня и пластины, а также искажений внешнего поля штыревой антенной.

В ряде случаев возникает задача определения осесимметричных и плоских электрических полей, создаваемых цилиндрическим стержнем конечных размеров с заданным распределением напряжения по его длине, а также полей пластины, диска и полосковой линии. К расчету таких полей приводят анализ полей взрывающейся проволоки [1], реостатного делителя напряжения при измерении больших напряжений генераторов импульсных напряжений, определение искажений внешнего поля измерительной антенной и искажений поля атмосферы вблизи стержневого молниеотвода, а также задача создания однородного поля в ограниченном объеме при моделировании действия внешнего равномерного поля [2]. В последнем случае важно рассчитать искажения поля внесенным объектом исследования.

В квазистатическом приближении расчет поля сводится к интегрированию уравнения Лапласа с заданными граничными условиями. Ввиду специфичности области

аналитический расчет затруднителен. Иногда это затруднение разрешается упрощением области задачи. Например, в работе [3] анализ поля линейного вибратора ведется в допущении тонкой антенны.

Целый класс задач, включая расчеты электрического поля указанных выше осесимметричных и плоских задач, можно решать методом, описанным в работе [4].



Фиг. 1

В качестве примера рассмотрим структуру электрического поля стержня и пластины внутри заземленной оболочки (внешней границы области). Расчет проводился при следующих исходных данных: длина стержня 4 м, радиус 0.1 м; распределение напряжения по длине стержня линейное с единичным градиентом ($u_m = 4$); шаг сетки $h = l = 0.2$ м; радиус оболочки $a = 10.7$ м, высота $b = 16.2$ м. Характерные размеры в плоском случае такие же, как и в осевом.

На фиг. 1, а, б показаны эквипотенциальные линии поля стержня (а) и пластины (б), построенные с шагом изменения потенциала $\Delta u = 0.4$. На картине поля пластины приведены также эквипотенциальные точки из аналогового решения задачи с бесконечно удаленной внешней границей [5]. Как видно, обе картины поля хорошо совпадают при удалении точек от пластины $r < 3$ м. Далее сказывается влияние внешней границы (стен помещения). В осевом случае это влияние будет меньше.

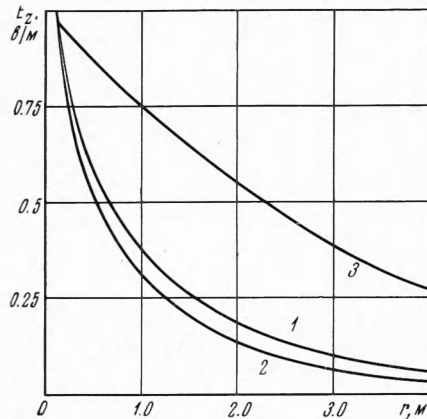
Рассмотрим более подробно закономерности изменения поля стержня. На фиг. 2 приведена зависимость $E_z = E_z(r)$ при $z = 0.2$ м (кривые 1, 2). Кривая 3 относится к полю пластины на высоте $z = 0$. Как видно, с удалением от стержня вертикальная компонента напряженности поля существенно ослабляется. Понятно, что в случае пластины поле в окружающем пространстве больше и его спад происходит медленнее, чем в случае стержня.

Наибольшие величины E_z на поверхности земли ($z = 0$). С высотой E_z убывает, меняя полярность примерно на уровне конца стержня.

Вблизи стержня радиальная напряженность E_r поля растет по закону $E_r \sim z$, а с удалением в радиальном направлении убывает ($E_r \sim 1/r$). Величина E_r может в несколько раз превышать вертикальную компоненту E_z на стержне.

Расчеты поля производились также при разных радиусах стержня r_c . Радиальные напряженности E_r на поверхности стержня приведены в таблице.

Как правило, уменьшение радиуса стержня приводит к ослаблению E_z около стержня и к возрастанию E_r на его поверхности. По расчету E_r может превышать E_z в десятки раз. Реальность существования больших значений E_r показана в [4] на упрощенном модельном примере — коаксиальной системе двух проводов.

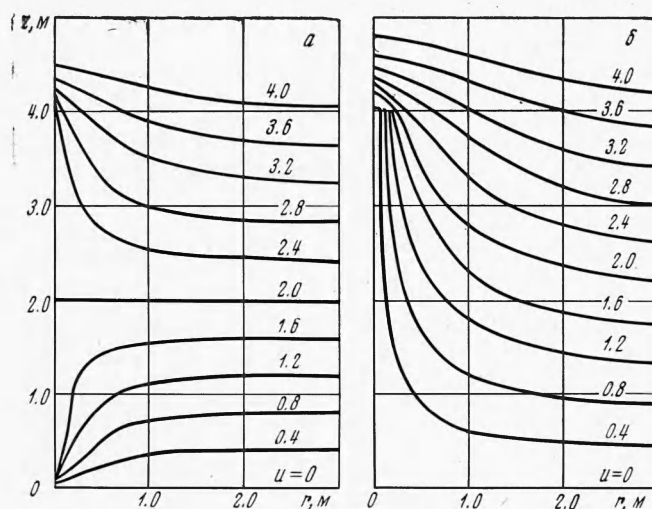


Фиг. 2

$r_0, \text{ м}$	$z, \text{ м}$									
	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
0.1	0.85	1.71	2.58	3.48	4.42	5.42	6.53	7.85	9.74	15.2
0.025	1.69	3.40	5.12	6.89	8.71	10.0	12.7	15.0	18.2	25.9
0.01	3.84	7.70	11.6	15.4	19.5	23.5	27.9	32.7	38.7	52.9

Обратим внимание на возможное проявление больших радиальных градиентов поля при электрическом взрыве проволоочки. Последние могут приводить к электрической ионизации окружающего воздуха и расширению канала разрядного тока, причем лучшие условия для ионизации существуют на большей высоте взрывающейся проволоочки. В свою очередь, в зависимости от величины динамического сопротивления проволоочки этот процесс может влиять на распределение напряжения по ее длине и приводить к тому, что это распределение будет отличаться от линейного.

Эти же рассуждения относятся также к случаю измерения больших напряжений генераторов импульсных напряжений с помощью реостатного делителя напряжения.



Фиг. 3

на фиг. 3, а, б показана картина искажений внешнего однородного поля при внесении электрически короткой штыревой антенны в двух предельных режимах нагрузки: а — антенна не нагружена и б — антенна короткозамкнута. Как следует из фигуры, наибольшее искажение поля наблюдается при внесении антенны с большей нагрузкой, что физически правдоподобно.

Картина поля (фиг. 3, б) дает представление также об искажении электрического поля атмосферы вблизи стержневого молниеотвода. Результаты расчета могут быть полезны при определении зоны попадания грозового разряда в молниеотвод.

Автор признателен В. А. Енальскому и А. В. Лучинскому за ценные обсуждения работы.

Поступила 30 VI 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрический взрыв проводников. М., «Мир», 1965.
2. Енальский В. А., Шаталов А. П. Расчет электрического поля для одной трехмерной области. Изв. СО АН СССР, Сер. техн. н., 1968, № 13, вып. 3, стр. 69—74.
3. Леонтович М. А., Левин М. Л. К теории возбуждения колебаний в вибраторах антенн. Ж. техн. физ., 1944, т. 14, вып. 9, стр. 481—506.
4. Шаталов А. П. К расчету электрического поля некоторого класса осесимметричных и плоских задач. Численные методы механики сплошной среды. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1971, т. 2, № 2.
5. Рязанов Г. А. Опыты и моделирование при изучении электромагнитного поля. М., «Наука», 1966.