Генерация электрических полей и токов в ионосфере Земли в модели планетарного генератора.

А.О. Солдаткин, Ю.В. Чугунов

Институт прикладной физики РАН, Н. Новгород

Сравнительно недавно в работах (Малов и Чугунов, 1997; Bespalov, Chugunov, Davydenko, 1996) было обращено внимание на существование дополнительного источника атмосферного электричества в виде планетарного электрического генератора, обусловленного нетвердотельным характером вращения плазменной оболочки планеты. Рассмотрение ряда осесимметричных стационарных электродинамических задач о вращении планеты, обладающей дипольным магнитным полем, совместно с дифференциально вращающейся неоднородно проводящей плазменной оболочкой (Солдаткин и Чугунов, 2000) позволило сформировать представление о структуре распределенной ЭДС, возникающей вследствие дифференциальности вращения, в различных условиях. Эта ЭДС приводит к генерации тока проводимости, распределение которого зависит от профиля проводимости в плазмосфере.

В данной работе рассмотрена модель процесса генерации тока в земной ионосфере в приближении резкого изменения проводимости на ионосферных высотах. Направление протекания тока в случае анизотропии проводимости должно определяться направлением, которому соответствует наибольшая проводимость. В земной плазмосфере на высотах $h > 100$ км продольная проводимость $\sigma_{||}$ много больше поперечной проводимости $\sigma_{\perp}$ и проводимости Холла σ_H, но протекание тока вдоль линии магнитного поля в данной системе невозможно в силу симметрии задачи, поэтому замыкание петли тока, в основном, должно осуществляться за счет $\sigma_{\perp}$ и σ_H. В соответствие с этим модель ионосферы с изотропной проводимостью, экспоненциально спадающей с высотой подобно $\sigma_{\perp}$ и σ_H, должна качественно отражать основные закономерности в генерации полей и токов в реальной анизотропной системе.

Представлено решение задачи о генерации электрических полей и токов в модели планетарного генератора при дифференциальном вращении неоднородно проводящей плазменной оболочки совместно с намагниченной планетой. Угловая скорость вращения $\omega_p(r, \Theta)$ и профиль проводимости $\sigma(r)$ в оболочке задавались с учетом экспериментальных данных об ионосфере Земли. Показано, что токовая система, обусловленная действием планетарного генератора, в этих условиях представляет собой одиночную токовую петлю, которая локализована преимущественно в области высокой проводимости на высоте $h_1 \sim 100$ км в слое толщиной порядка масштаба неоднородности проводимости. Возмущение униполярного поля $\mathbf{E_B} = -[\mathbf{V}/, \mathbf{B}]$, возникающее вследствие дифференциальности течения, оказывается слабым. В то же время, оно обеспечивает значительный ток проводимости. Значение суммарного тока через планету определяется, в первую очередь, проводимостью приповерхностного слоя атмосферы вследствие того, что выходное напряжение планетарного генератора приложено, в основном, к этому промежутку, как к участку глобального электрического контура с наибольшим сопротивлением.

В рамках рассматриваемой модели сделаны оценки полного тока, циркулирующего в ионосфере, и тока, протекающего через планету. Вычислены характерные значения генерируемых электрических полей. Произведенное сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными позволяет заключить, что рассматриваемый механизм генерации тока может оказаться важным при анализе токовых систем в нижних слоях ионосферы Земли.

Аналогичные процессы генерации полей и токов могут происходить в магнитосферах других планет и атмосферах звезд.

Литература.

1. Д.Е. Малов, Ю.В. Чугунов, Изв. ВУЗов РАДИОФИЗИКА, том XL 1-2, 1997.
2. Bespalov P. A., Chugunov Yu. V., Davydenko S. S. J. Atm. Terr. Phys., Vol. 16, No. 2, pp. 69-79, 1996.
3.А.О. Солдаткин, Ю.В. Чугунов, Генерация электрических полей и токов в модели планетарного генератора в зависимости от характера дифференциальности вращения плазменной оболочки. I. Плавная неоднородность скорости вращения плазменной оболочки. Изв. ВУЗов РАДИОФИЗИКА (в печати).
4. А.О. Солдаткин, Ю.В. Чугунов, Генерация электрических полей и токов в модели планетарного генератора в зависимости от характера дифференциальности вращения плазменной оболочки. II. Наличие резкого градиента скорости вращения плазменной оболочки. Изв. ВУЗов РАДИОФИЗИКА (в печати).