

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РАСПАДА КОЛЬЦЕВОГО ТОКА СУПЕРБУРИ 20 НОЯБРЯ 2003 г.

Ю.А. Караваев, Ю.В. Кузьминых, В.М. Мишин

ESTIMATION OF DECAY TIME OF THE NOVEMBER 20, 2003 SUPERSTORM RING CURRENT

Yu.A. Karavaev, Yu.V. Kuz'minykh, V.M. Mishin

Время распада DR-тока τ_T вычислено с шагом 5 мин по данным супербури 20.11.03. Использовалось известное уравнение Десслера–Паркера–Скопке и индексы SYM-H. Значения Q_{DR} мощности DR-тока определены на основе нового подхода, где $Q_{DR} = \epsilon' - Q_i$. Входная мощность ϵ' и мощность бури Q_i , выделяемая в ионосфере, вычислены с помощью техники инверсии магнитограмм ТИМ-2. Значения τ_T сопоставлены со значениями τ_0 и τ_G , вычисленными на основе двух основных известных эмпирических моделей. Время τ_T изменяется в ходе супербури от ~10 мин до ~2 ч коррелированно с наблюдаемыми изменениями шести ранее выделенных режимов супербури. Значения τ_0 и τ_G отличаются от τ_T в несколько раз, еще сильнее они различаются между собой, и их изменения в ходе супербури (особенно τ_0) не коррелируют с наблюдаемыми изменениями режимов суббури.

Впервые получена эмпирическая шкала τ для семи различных режимов магнитосферного возмущения.

The decay time of DR-current τ_T has been calculated in discrete 5-min steps using 20.11.2003 superstorm data. The well-known Dessler–Parker–Scopke equation and SYM-H indices are used. Q_{DR} values of DR current power are determined on the basis of new method in which $Q_{DR} = \epsilon' - Q_i$. Input power ϵ' and storm power Q_i in the ionosphere are calculated using the magnetogram inversion technique (TIM-2). The τ_T values are compared with τ_0 and τ_G values calculated from two basic known empirical models. The time τ_T varies from ~10 min to ~2 h during the superstorm and correlates with the observed variations of superstorm six regimes selected before. Values of τ_0 and τ_G differ from τ_T a few times. They differ still more between themselves and their variations during the storm (especially τ_0) do not correlate with the observed variations of substorm regimes.

The empirical scale τ for seven different regimes of magnetospheric disturbance was first obtained.

Введение

Время распада кольцевого тока τ – один из основных параметров энергетики магнитосферы. Известны две основные эмпирические модели изменений τ в ходе бури. В модели 1 используют $\tau = \tau_0$ – функцию электрического поля солнечного ветра [1]. В модели 2 используется $\tau = \tau_G$ – функция интенсивности кольцевого тока $D_{st}/SYM-H$ [2]. В модели 1 выполняется $4 \leq \tau_0 \leq 20$ ч. В модели 2, в основном диапазоне для суббури, $0.25 \leq \tau_G \leq 4$ ч. Модель 1 не учитывает влияние на τ процессов внутри магнитосферы и, следовательно, суббури. Модель 2, в свою очередь, игнорирует двойственную природу кольцевого тока, который контролируется как процессами суббури, так и параметрами солнечного ветра.

В настоящем сообщении по данным супербури 20 ноября 2003 г. (0–14 UT) опробован новый подход, в котором время распада DR-тока $\tau = \tau_T$ вычисляется как функция входного потока Пойнтинга ϵ' и выделяемой в ионосфере мощности Q_i , контролируемой процессами суббури. Для вычисления мощности Q_{DR} кольцевого тока использовались техника инверсии магнитограмм ТИМ-2 и уравнение $Q_{DR} = 0.5(\epsilon' - Q_i)$ с поправками за λ и β [3–6]. Значения τ_T вычислены на основе уравнения $Q_{DR} = 2 \cdot 10^{13} (dS/dt - \langle S \rangle / \tau_T)$, где S – известный индекс SYM-H, $\langle S \rangle$ – значение S , приведенное к среднему уровню динамического давления солнечного ветра P_d [6].

Режимы супербури

Графики на рис. 1 показывают, как изменялись граничные условия и индекс AE в ходе рассматриваемой супербури. Вертикальные штриховые линии

отмечают границы следующих семи режимов возмущения, которые были таймированы и описаны Мишиным и др. [4]:

- 1) слабая ($AE < 500$ нТл) изолированная суббури (03:00–04:17 UT);
- 2) умеренные (AE до ~800 нТл), скорее управляемые, чем спонтанные, возмущения (04:17–08:02 UT);
- 3) переходный режим быстрого усиления P_d – динамического давления солнечного ветра при южном ММП (08:02–08:24) UT;
- 4) стационарный режим высокого P_d (08:24–10:30 UT);
- 5) режим «нулевого отклика магнитосферы» на поворот ММП на север и одновременного сильного (на порядок величины) уменьшения P_d (10:30–11:12 UT) [7];
- 6) инициированный резким ростом поступающей в магнитосферу мощности ϵ режим перераспределения ϵ между ионосферой и кольцевым током (11:12–12:10 UT);
- 7) режим управляемой супербури с наложением спонтанных суббур при экстремальных значениях $\epsilon \sim 10^{13}$ Вт (12:10–14:00 UT).

Результаты и обсуждение

Графики τ_T и промежуточные данные показаны на рис. 2. Видно, что значения τ_T отчетливо изменяются на границах всех перечисленных выше семи режимов супербури, таймированных независимо. При переходах от режима 1 к режимам 1–7 характерные значения τ_T в часах составляют ~0.7, 1.5, 0.15, 0.3, 0.6, 0.2, 0.3 при уровне шумов ~ 20 % от средних значений τ_T в каждом режиме.

С другой стороны, значения τ_0 и τ_G отличаются от τ_T в несколько раз, еще сильнее они различаются

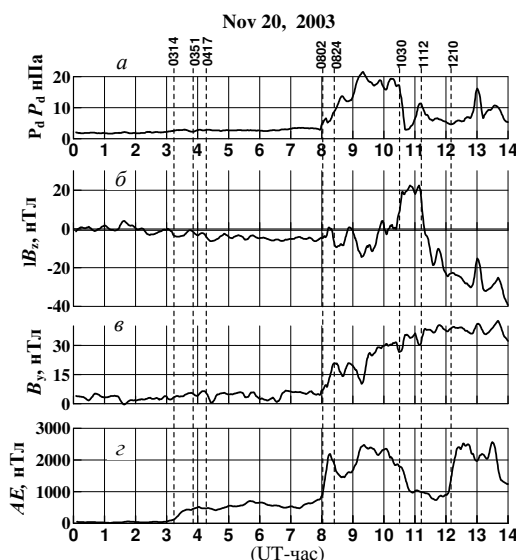


Рис. 1. Исходные параметры для супербури 20.11.2003 г., интервал 00:00–14:00 UT. Сверху вниз: графики изменения параметров динамического давления $P_d = n m_p V^2 \cdot 10^6$ (нПа) (а); компонент ММП B_z и B_y (нТл) по данным АСЕ (б, в); индексы авроральной активности AE (г). Вертикальными линиями отмечены границы отдельных режимов супербури (см. текст).

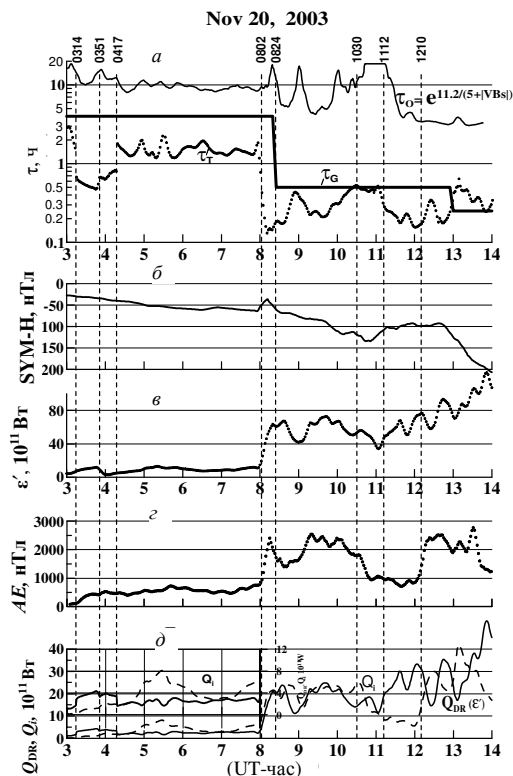


Рис. 2. Время распада DR-токов τ : по [1], τ_0 – тонкая линия; по [2] и др., τ_G – толстая линия; по новой модели, τ_T – точки (а); индекс SYM-H, исправленный за динамическое давление СВ [6] (б); изменение потока вектора Пойнтинга из солнечного ветра в магнитосферу ϵ' [8] (в); индексы авроральной активности AE (г); полная мощность, рассеиваемая в ионосфере $Q = 2Q_i(1 + 0.33)$, и мощность кольцевого тока $Q_{DR} = 0.5(Q - Q_i)$ (д).

между собой, и их изменения в ходе супербури (особенно τ_0) не коррелируют с наблюдаемыми изменениями режимов суббури.

Заключение

Впервые получена эмпирическая шкала τ для всех семи рассмотренных различных режимов магнитосферного возмущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. O'Brian T.P., McPherron R.L. An empirical space analysis of ring current dynamics: Solar wind control of injection and decay // J. Geophys. Res. 2000. V. 105. P. 7707–7719.
2. Gonzalez W.D., Tsurutani B.T., Gonzalez A.L.C., et al. Solar wind magnetosphere coupling during intense magnetic storms (1978–1979) // Ibid. 1989. V. 94, N A7. P. 8835–8851.
3. Mishin V.M., Shirapov D.S., Golovkov V.P., Forster M. Field-aligned currents of region 0 as an electric shield of the polar cap ionosphere / Auroral phenomena and solar-terrestrial relations // Proceedings of the Conference in memory of Yuri Galperin. 3–7 February 2003. CAWSES Handbook-1. P. 121–127.
4. Мишин В.М., Ферстер М., Сайфуудинова Т.И. и др. Спонтанные суббури и упорядоченный тип магнитосферных возмущений во время супербури 20 ноября 2003 г. // Геомагнетизм и аэрономия. 2007. Т. 47. С. 457–469.
5. Караваев Ю.А., Сапронова Л.А., Базаржапов А.Д. и др. Энергетика магнитосферной супербури 20 ноября 2003 г. // Солнечно-земная физика. 2006. Вып. 9. С. 34–40.
6. Turner N.E., Baker D.N., Pulkkinen T.I., et al. Energy content in the storm time ring current // J. Geophys. Res. 2001. V. 106, N A9. P. 19,149–19,156.
7. Lyons L.R., Lee D.-Y., Wang C.-P., et al. Global auroral responses to abrupt solar wind changes: dynamic pressure, substorm, and null events // Ibid. 2005. V. 110, N A08208. doi:10.1029/2005JA011089.
8. Mishin V.M. The magnetogram inversion technique and some applications // Space Sci. Rev. 1990. V. 53. P. 83–163.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск