

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА МАГИСТРАЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ СКАНДИНАВСКОГО РЕГИОНА

А. М. ХАСАНОВ

aydarhasanov99@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В этой работе предложен алгоритм расчета индексов геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) в скандинавском регионе. Данный алгоритм, основан на языке программирования Python. Предложенный алгоритм предоставляет нам полезный инструмент для обеспечения предварительной оценки риска космической погоды, связанной с деятельностью ГИТ в скандинавской энергетической сети.

Ключевые слова: ГИТ; космическая погода; временные ряды.

ВВЕДЕНИЕ

Магнитосферные и ионосферные электрические токи создают на поверхности Земли вариации геомагнитного и геоэлектрического поля, вызывающие так называемые геомагнитно-индуцированные (паразитные) токи (ГИТ) в длинных (многокилометровых) проводящих системах. Если в магнитоспокойное время эти вариации незначительны, то в магнитоактивные периоды ГИТ могут достигать десятки и даже сотни ампер, влияя на работу систем энергоснабжения, а также целого ряда других наземных технических систем, в которых длинные проводящие линии являются необходимым компонентом (трубопроводы, линии связи, железные дороги). Наиболее известной в этом смысле стала авария, вызванная магнитной бурей 13 марта 1989 г., в ходе которой 6 миллионов человек и большая часть промышленности канадской провинции Квебек на 9 часов остались без электричества.

Хорошо известно, что энергетические сети в высоких широтах уязвимы к воздействию космической погоды. Геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ) протекают в линиях электропередачи в результате «геоэлектрических» полей и связанных с ними вариаций геомагнитного поля по закону Фарадея. В этой статье исследуются и классифицируются ранее задокументированные проявления активности ГИТ из регионов по всему миру по их воздействию на близлежащие энергетические сети. Фильтр частотной области, который производит индекс, представляющий активность ГИТ, применяется к данным геомагнитного поля, записанным в местах вблизи документированной активности ГИТ, чтобы определить пороговые значения уровня риска «индекс ГИТ».

НАБОР ДАННЫХ

Данные, по которым мы будем строить полярное сияние мы будем брать с сервиса <https://space.fmi.fi>. Данный сервис расшифровывается как: Центр наблюдений за космосом и Землей. Этот сервис занимается исследованиями космоса и наблюдениями за Землей (ЕО), развитием космических технологий и использованием космических данных и данных ЕО для набора услуг.

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ

Для начала скачиваем данные магнитометров из 13 обсерваторий (ABK, AND, IVA, KEV, KIL, KIR, MAS, MUO, NOR, PEL, SOD, SOR, TRO), которые находятся на Скандинавском

полуострове. Данные магнитометров предоставлялись ежеминутно с 01.01.2015 по 31.12.2015 в виде временных рядов (в текстовых файлах). Перед работой с рядами, в них необходимо найти отклоняющиеся значения (99999.9 и т.д.), удалить эти значения и выполнить линейную интерполяцию.

Данные магнитометров из обсерваторий, расположенных вблизи наблюдаемого увеличения активности сети ГИТ, были обработаны для получения ассоциированных индексов ГИТ с использованием следующего фильтра частотной области, определенного Marshall et al.

$$Z(f) = \sqrt{\frac{f}{f_N}} e^{i\frac{\pi}{4}}$$

где f - частота, а f_N - частота Найквиста. Индексы ГИТ, полученные с помощью уравнения (1), представляют собой прокси для горизонтальных компонент геоэлектрического поля (предполагая горизонтальное плоское волновое поле, падающее на однородную проводящую Землю). Как правило, в течение полного дня 1 мин отбирались однокомпонентные (например, x -компонентные) данные вариометра геомагнитного поля, которые обрабатывались с использованием уравнения (1) для получения соответствующих индексов ГИТ для каждого дня в соответствии со следующим. Пусть $x(t)$ и $y(t)$ представляют данные временных рядов для геомагнитного поля регистрируется в географических направлениях север-юг (НС) и Восток-Запад (РЭБ) соответственно. Если $x(t)$ и $X(f)$, а также $y(t)$ и $Y(f)$ представляют собой пары преобразований Фурье, то

$$GIC_x(t) = |\text{FFT}\{Y(f)Z(f)\}^{-1}|$$

$$GIC_y(t) = |\text{FFT}\{X(f)Z(f)\}^{-1}|$$

где $\text{FFT}\{\}^{-1}$ представляет собой обратное преобразование Фурье величины внутри скобок, $Z(f)$ - фильтрующая функция уравнения (1), а $| \cdot |$ обозначает абсолютное значение комплексной величины, возвращаемой обратным преобразованием.

Далее считываем данные из станции АВК, в котором находятся временные ряды. Найдем производные по рядам X и Y .

Далее высчитываем индексы GIC_x и GIC_y , и построим графики индекса GIC_x и производной по ряду Y на одном полотне, а также индекса GIC_y и производной по ряду X на одном полотне. Потом находим корреляцию Пирсона между графиками производной по ряду X и GIC_y , а также Y и GIC_x . Корреляция получилась 0.99. Результаты на рис. 1.

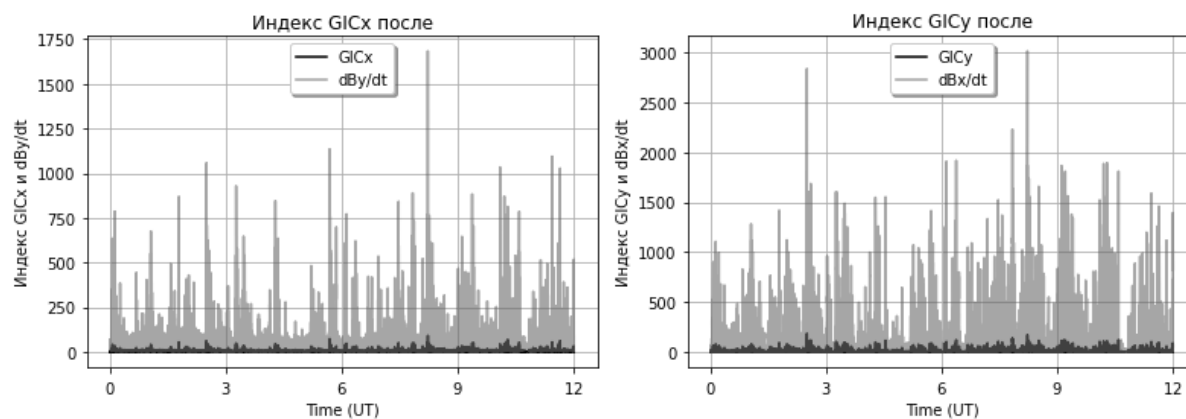


Рис. 1. Графики индексов GIC_x и GIC_y

Аналогичные действия проводим со всеми оставшимися обсерваториями.

Наконец, построим изолинии GIC_x и производной по Y , а также изолинии GIC_y и производной по X региона за время 23:15-23:19 17.03.2015 и сравним результаты. Результаты показаны на рис. 2-3.

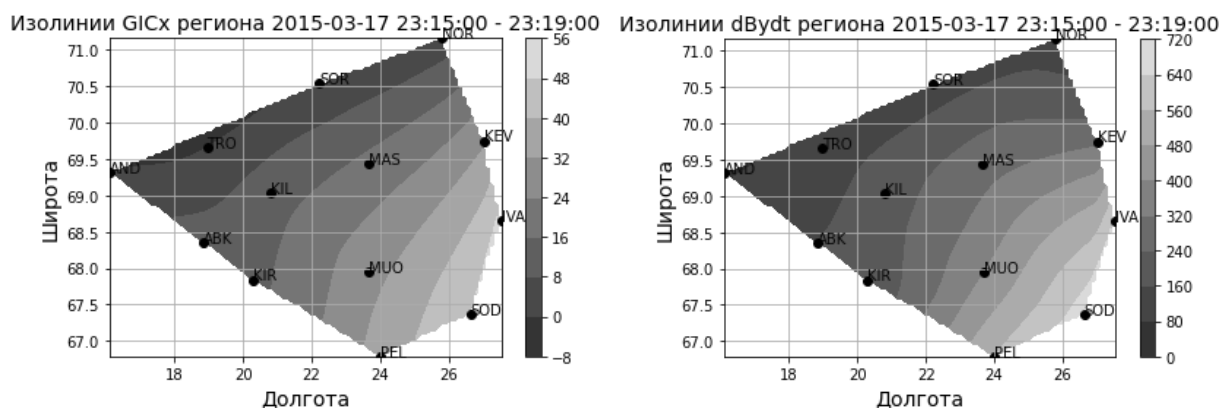


Рис. 2. График изолинии GICx и dB/dt

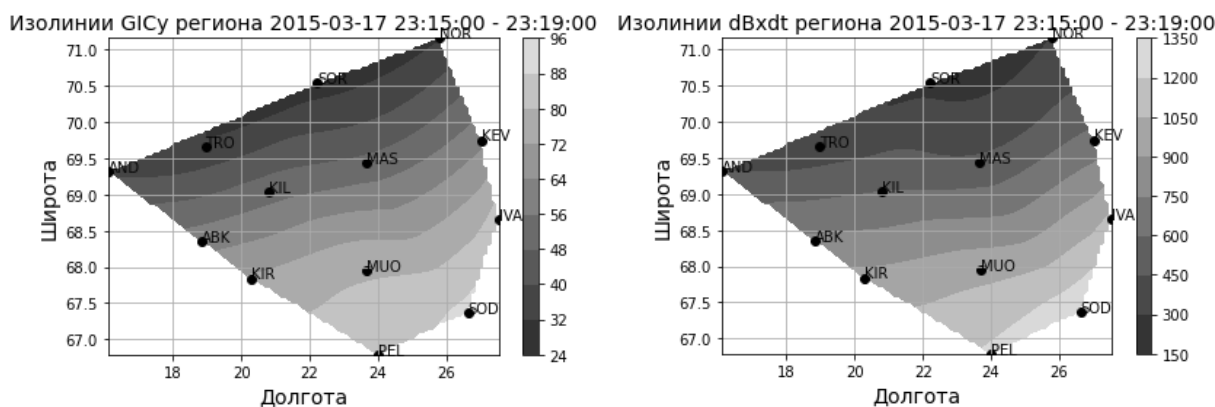


Рис. 3. График изолинии GICy и dBx/dt

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье были рассчитаны индексы GICx и GICy в скандинавском регионе, а также были приведены алгоритмы построения изолиний, показывающих распределение индексов по региону на языке программирования Python. Данные о геомагнитном поле с магнитометрических станций, расположенных рядом с задокументированными явлениями, обрабатывались с использованием «фильтра частотной области ГИТ» для получения соответствующего индекса ГИТ, обеспечивающего прямую связь между геофизическими явлениями и технологическими воздействиями. Анализ возникновения неисправностей и индекса ГИТ был использован для получения относительной вероятностной модели и связанных с ней уровней риска для электрических сетей в результате деятельности ГИТ. Оценка величин ГИТ в линиях электропередач разного класса напряжений позволит исследовать устойчивость систем электроснабжения при геомагнитных бурях различной интенсивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р., Христодуло О.И. Система динамической визуализации геомагнитных возмущений по данным наземных магнитных станций Научная визуализация. 2021. Т. 13. № 1. С. 162-176.
2. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Еникеев Т.А., Воробьева Г.Р. Геоинформационная система для анализа динамики экстремальных геомагнитных возмущений по данным наблюдений наземных станций Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 5. С. 782-790.
3. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети intermagnet Геомагнетизм и аэрономия. 2018. Т. 58. № 5. С. 648-652.
4. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций Научная визуализация. 2017. Т. 9. № 2. С. 94-101.
5. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н. Статистические взаимосвязи вариаций геомагнитного поля, аврорального электроджета и геоиндуцированных токов Солнечно-земная физика. 2019. Т. 5. № 1. С. 48-58
6. Воробьев А.В., Пилипенко В.А., Решетников А.Г., Воробьева Г.Р., Белов М.Д. Веб-ориентированная визуализация геофизических параметров в области аврорального овала Научная визуализация. 2020. Т. 12. № 3. С. 108-118.

7. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Визуализация геомагнитных вариаций в частотно-временной области информационного сигнала Научная визуализация. 2019. Т. 11. № 2. С. 143-155

ОБ АВТОРЕ

ХАСАНОВ Айдар Маратович, студент 3 курса.

METADATA

Title: The impact of space weather on the main power lines of the scandinavian region.

Author: A. M. Khasanov

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University, Russia

Email: aydarhasanov99@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (25), pp. 105-108, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: In this paper, an algorithm for calculating geomagnetic-induced current indices (GIC) in the Scandinavian region is proposed. This algorithm is based on the Python programming language. The proposed algorithm provides us with a useful tool for providing a preliminary assessment of the risk of space weather associated with the activities of GIC in the Scandinavian energy network.

Key words: GIC; space weather; time series.

About author:

KHASANOV, Aydar Maratovich, 3-year student.