

## Studies on Annual Variations of African Storm Centre Using the Schumann Resonance Decomposition Method

Karol MARTYNSKI<sup>1,✉</sup>, Andrzej KULAK<sup>1</sup>, and Janusz MLYNARCZYK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronics AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

✉ karol.martynski@agh.edu.pl

Many studies have been conducted on thunderstorm activity in recent decades, one of them was started by W.O. Schumann (1952). He discovered a resonance phenomenon associated with ELF (Extremely Low Frequencies) electromagnetic waves propagating around the Earth. The Schumann resonance (SR) can be observed at frequencies close to 8, 14, 20, 26 Hz (Balser and Wagner 1960). These frequencies are associated with the existence of the Earth-ionosphere cavity, in which the ELF waves are excited mainly by atmospheric discharges. In 1992, E. Williams from Massachusetts Institute of Technology (Williams 1992) noticed a strong correlation between the amplitude of the first Schumann resonance mode, and a mean subtropical temperature. In the following years many scientist tried to map storm centres located in South America, Africa and Asia (e.g. Heckman *et al.* 1998, Nickolaenko *et al.* 1998, Shvets 2001, Ando *et al.* 2005).

Our team in the last 15 years developed the decomposition method, which allows us to obtain pure resonance parameters such as: amplitude of each resonance mode, its frequency, asymmetry and width (Kulak *et al.* 2006). Using the decomposition method we are able to measure global activity in regard of space and time. The method allows to separate a symmetrical part of the power spectrum which can be used to infer the distance from the source and its intensity. We apply the method to localise storm centres and to measure the dipole moment of lightning discharges in 5-minute time intervals. Observations of the Schumann resonance are conducted in Poland since 1992, which enables the study of climatological changes throughout the years. Since 2005 our observations have been automated. To conduct the analysis, we used the data from the Hylaty ELF station, located in the eastern part of the Bieszczady Mountains in Poland (Kulak *et al.* 2014). The station is equipped with two antennas and one of them is directly pointed at the African continent.

In this work, we present preliminary results of our study to analyse the distribution and the intensity of the African storm centre (ASC). We have used the data from January to December, due to Intertropical Convergence Zone (ITCZ) movement, which influences the source. Our main goal was to analyse annual changes, which occur in ASC. So far only the most active months had been studied – January and August (Dyrda *et al.* 2014). Available tools allow us conduct more complex studies, which shows changes throughout the year. In the presented case

we have chosen the data from 2015, because our new ELF station (ELA10) was already installed and well tested. Studies over ASC show that in NH winter the highest intensity of the African centre moves southward from the equator, and the opposite happens in the summer. In conclusion, position and intensity of the ASC is highly correlated with seasons in both hemispheres. Our studies show that its position might spread up to 20° in both directions.

Analysis of annual movement of ASC leads to better and deeper understanding of the processes, occurring in these systems. Furthermore, we plan to study annual variations in other storm centres to compare them and to analyse differences between them.

**Acknowledgments.** This work was supported by the National Science Centre, Poland, under Grant 2015/19/B/ST9/01710.

### References

- Ando, Y., M. Hayakawa, A.V. Shvets, and P. Nickolaenko (2005), Finite difference analyses of Schumann resonance and reconstruction of lightning distribution, *Radio Sci.* **40**, RS2002, DOI: 10.1029/2004RS003153.
- Balser, M., and C.A. Wagner (1960), Observations of Earth-ionosphere cavity resonances, *Nature* **188**, 638, DOI: 10.1038/188638a0.
- Dyrda, M., A. Kulak, J. Młynarczyk, M. Ostrowski, J. Kubisz, A. Michalec, and Z. Nieckarz (2014), Application of the Schumann resonance spectral decomposition in characterizing the main African thunderstorm center, *J. Geophys. Res.* **119**, 13338-13349, DOI: 10.1002/2014JD022613.
- Heckman, S.J., E. Williams, and B. Boldi (1998), Total global lightning inferred from Schumann resonance measurements, *J. Geophys. Res.* **103**, D24, 31775-31779, DOI: 10.1029/98JD02648.
- Kulak, A., J. Młynarczyk, S. Zięba, S. Micek, and Z. Nieckarz (2006), Studies of ELF propagation in the spherical shell cavity using a field decomposition method based on asymmetry of Schumann resonance curves, *J. Geophys. Res.* **111**, A10304, DOI: 10.1029/2005JA011429.
- Kulak, A., J. Kubisz, S. Klucjasz, A. Michalec, J. Młynarczyk, Z. Nieckarz, M. Ostrowski, and S. Zieba (2014), Extremely low frequency electromagnetic field measurements at the Hylaty station and methodology of signal analysis, *Radio Sci.* **49**, 6, 361-370, DOI: 10.1002/2014RS005400.
- Nickolaenko, A.P., G. Sàtori, B. Zieger, L.M. Rabinowicz, and I.G. Kudintseva (1998), Parameters of global thunderstorm activity deduced from the long-term Schumann resonance records, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* **60**, 3, 387-399, DOI: 10.1016/S1364-6826(97)00121-1.
- Schumann, W.O. (1952), On the free oscillations of a conducting sphere which is surrounded by an air layer and an ionosphere shell, *Z. Naturforsch. A* **7**, 2, 149-154, DOI: 10.1515/zna-1952-0202 (in German).
- Shvets, A.V. (2001), A technique of reconstruction of global lightning distance profile from background Schumann resonance signal, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* **63**, 1061-1074, DOI: 10.1016/S1364-6826(01)00024-4.
- Williams, E.R. (1992), The Schumann Resonance: a global tropical thermometer, *Science* **256**, 5060, 1184-1188, DOI: 10.1126/science.256.5060.1184.

## BADANIE ROCZNYCH ZMIAN AFRYKAŃSKIEGO CENTRUM BURZOWEGO PRZY UŻYCIU METODY DEKOMPOZYCJI REZONANSU SCHUMANNA

### Streszczenie

Wiele badań nad aktywnością burzową zostało przeprowadzonych w ostatnich dekadach, jedno z nich rozpoczął W.O. Schumann (1952). Przewidział teoretycznie, powiązane z falami elektromagnetycznymi ELF (Extremely Low Frequencies) propagującymi wokół Ziemi. Rezonans Schumanna (RS) obserwuje się przy częstotliwościach zbliżonych do 8, 14, 20, 26 Hz (Balsler i Wagner 1960). Te częstotliwości są powiązane z istniejącą wnęką Ziemia-Jonosfera, w której fale ELF są wzbudzane głównie przez wyładowania atmosferyczne. W 1992 roku E. Williams z Massachusetts Institute of Technology (Williams 1992) zauważył silną korelację pomiędzy amplitudą pierwszego modu RS, a średnią temperaturą w regionie subtropikalnym. W kolejnych latach wielu naukowców próbowało tworzyć mapy centrów burzowych, zlokalizowanych na kontynencie południowo-amerykańskim, afrykańskim oraz azjatyckim (Heckman i in. 1998, Nickolaenko i in. 1998, Shvets 2001, Ando i in. 2005). Nasz zespół w ostatnich 15 latach rozwinął metodę dekompozycji, która pozwala na otrzymanie czystych parametrów rezonansowych, takich jak: amplituda każdego piku rezonansowego, ich częstotliwość, asymetria czy szerokość (Kulak i in. 2006). Wykorzystując metodę dekompozycji jesteśmy w stanie mierzyć globalną aktywność burzową w ujęciu czasu i przestrzeni. Metoda pozwala na odseparowanie symetrycznej części widma mocy od reszty widma. Część symetryczna jest wykorzystywana do wyznaczania odległości pomiędzy stacją a źródłem oraz intensywności tych centrów. Metodę stosujemy do lokalizacji centrów burzowych i pomiaru momentu dipolowego wyładowań w pięciominutowych interwałach. Obserwacje RS są prowadzone w Polsce od 1992 roku, umożliwia to badanie zmian klimatycznych. Od 2005 roku nasze obserwacje są zautomatyzowane. Aby przeprowadzić analizę, użyliśmy danych ze stacji Hylaty, zlokalizowanej we wschodniej części polskich Bieszczadów (Kulak i in. 2014). Stacja jest wyposażona w dwie ortogonalne anteny, jedna z nich ustawiona prostopadle do kontynentu afrykańskiego, co pozwala na bezpośredni odbiór sygnałów z tamtego kierunku.

W tej pracy prezentujemy wstępne wyniki naszych badań. W celu zanalizowania rozkładu przestrzennego i intensywności afrykańskiego centrum burzowego (ACB), wykorzystaliśmy dane od stycznia do grudnia 2015 roku. Badanie tego okresu ma za zadanie pokazać wpływ Międzyzwrotnikowej Strefy Konwergencji (ITCZ) na przemieszczanie się centrum burzowego. Naszym głównym celem była analiza zmian rocznych, które zachodzą w ACB. Jak dotąd jedynie miesiące o największej aktywności zostały przebadane – styczeń oraz sierpień (Dyrda i in. 2014). Dostępne narzędzia, pozwalają nam przeprowadzić bardziej skomplikowane badania, które pozwalają śledzić zmiany w ciągu roku. W prezentowanym przypadku wybraliśmy rok 2015, ponieważ nasza najnowsza stacja ELF (ELA10) była już zainstalowana i przetestowana. Badania nad ACB pokazują, że zimą największa aktywność centrum afrykańskiego znajduje się na południe od równika, natomiast sytuacja odwraca się podczas lata na półkuli północnej. Podsumowując, położenie i intensywność ACB jest silnie skorelowana z porami roku na obu półkulach. Nasze badania pokazują, że położenie centrum zmienia się w zasięgu  $20^\circ$  w obu kierunkach.

Roczna analiza ruchu ACB prowadzi do lepszego i głębszego zrozumienia procesów zachodzących w tym systemie. Pozwoli to na ocenę wpływu zmian klimatu jakie ma na centrum burzowe. Ponadto, planujemy przebadać roczne zmiany w pozostałych centrach burzowych, aby móc porównać je ze sobą i ocenić różnice między nimi.