

P. Cala, P. Bienkowski

Wroclaw University Of Technology, Wroclaw, Poland

EXPOSURE SYSTEMS USED IN THE ASSESSMENT OF EMF IMPACT ON LIVING ORGANISMS

The **subject** of the study in the article is the processes of analysis and exposure assessment of electromagnetic field on humans. The main goal is to optimize size of the exposure antenna systems, its electrical parameters and generated electromagnetic field (EMF) for different frequency range. **Objectives:** Electromagnetic field (EMF – Electromagnetic Fields) studies on living organisms are one of the important branches of biomedical research. Most of this type of research is conducted using dedicated exposures system with fixed and controlled EMF exposure conditions. The purpose of biomedical research is to determine the influence of electromagnetic fields on living organisms. For this purpose the exposure systems are designed. The main task of the exposure antenna system, is to produce the EMF with known and controlled parameters in a specific EMF area. Depending on the frequency and the component (E or H) of the electromagnetic field used, different types of systems are used. For low frequencies (for instance 50 Hz common frequency) and magnetic fields, Helmholtz solenoids or coils are used, and for electric fields - flat capacitors (E Field). For higher frequencies field E is used for systems with linear antennas or TEM lines. There are also dedicated probes for invasive tissue heating. Each solution has its advantages and limitations and usually there are no universal solutions for all cases. Results: For the generation of a low frequency magnetic field up to several hundred Hz, the Helmholtz solenoid or coil is generally used because of its relatively simple construction, the ability to obtain high intensity and good homogeneity of the field in a relatively large area relative to the dimensions of the whole system. The homogeneous field area can be determined analytically based on system geometry or measurement. Otherwise it looks for exposure system above few MHz. To create a homogeneous EMF in the field of radio frequencies, the exposure systems - usually the TEM lines (Crawford compartment) or sometimes the GTEM are very likely to be used. In both cases there are frequency and spatial limitations - the homogeneous field is assumed to be maximally present. At 1/3 the height between the plates of the chamber and at the same time the maximum frequency of operation of the TEM chamber can be described by the approximate dependence of $f_{max} [MHz] = 50 / d [m]$, resulting in a chamber operating at 1 GHz. The work piece does not exceed a height of about 1.5 cm with a diameter of about 4 cm. Larger working areas, but at the same time, a lower homogeneity of the field can be obtained in the GTEM chamber - but at the same time the GTEM chamber has much larger geometric dimensions. Another way is to produce PEM with the parameters in open space - in the vicinity of the antenna. In this case, it is very important to select an antenna so that the expected homogeneous area can be obtained at an acceptable distance from the antenna - in order to maintain high EMF intensity and to reduce the radiation of the antenna beyond the desired area. This can be achieved by limiting the emission area by, for example, shielding or using EMF absorbers. In addition authors simulate novel ablation antenna for ablation treatment. **Conclusions:** Assessing the impact of EMF on biological objects is an interdisciplinary studies that requires the involvement of biological or medical specialists, as well as the EMF standard field and metrology specialist. In this work we have taken the subject of correct selection and description used in the experience of exposure systems. The authors presented the most commonly used EMF emitters in the low frequencies and microwave bands, as well as new model of the ablation treatment antenna.

Keywords: antenna, exposure systems, frequency, electromagnetic field.

Introduction

Biomedical research related to the effects of electromagnetic fields (EMF) on organisms carried out since many years and research methods are still improving.

For the purpose of laboratory research is to develop appropriate systems exhibition, enabling to obtain stable and controlled conditions of exposure to the objects. Depending on the anticipated effects and the frequency range are used different solutions, eg. For low frequency magnetic fields are used solenoids or Helmholtz coils [1], for EMF within the higher frequency range such as TEM lines or systems of linear antennas or horn antennas.

The paper presents proposals antennas designed specifically for the exhibition system with popular radio systems - GSM900 / UMTS.

The main goal was to achieve a relatively homogeneous field in the area of approx. 10×10 cm in the smallest possible distance from the antenna - already about 10 cm.

Idea of exposure antenna

The information electromagnetic field of standard and controlled parameters. The key is to control the intensity of EMF, its spectral parameters and foremost to achieve high uniformity. Fig. 1 presents a block diagram of an exemplary exposition system. It includes: microwave power source, antenna operating in the selected frequency band and the system controlling the intensity based on feedback from the EMF probe based on EMF sensors and computer with dedicated software. The antenna is chosen to achieve the desired s to ensure constant, controlled conditions is used EMF control system parameters, usually working with dedicated control software [2]. Instead of measuring the field strength is also possible to monitor the power supply and the matching antenna. To ensure repeatability of biomedical research provide stable conditions of exposure. The most optimal solution would be to standardize testing procedures and as far as possible - exposure systems [3]. Example of that exposure system is presented on Fig. 2.

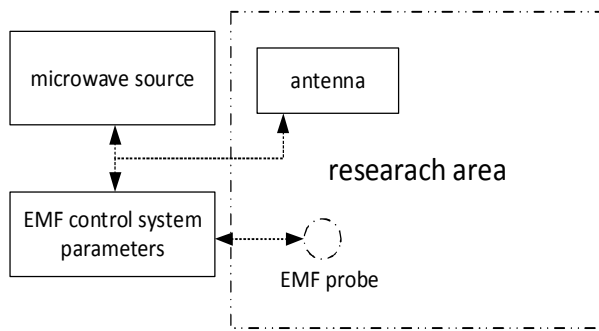


Fig. 1. Exposition block diagram

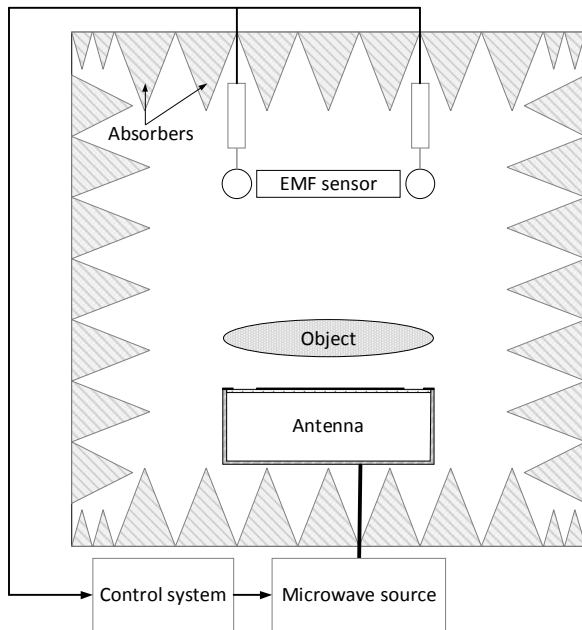


Fig. 2. Exposure system for high frequencies

Prototype antenna

Analyzing the parameters of the antenna used in exposure research were taken into account two main factors: the possibility of obtaining a uniform intensity with wide area above the antenna in order to its geometrical dimensions. Less important was the bandwidth of the antenna and gain. It is assumed that the frequency band of the antenna should coincide with the frequencies of the popular systems such as GSM900/UMTS and advantageous is if it works as a multiband antenna. As the best solution for proposed purposes are microstrip antennas. Although they are characterized by a relatively narrow bandwidth (up to tens of MHz), but it is possible to design a multi-band antenna with relatively small geometrical dimensions.

The primary disadvantage of conventional microstrip antennas is their high sensitivity to coupling with the environment and high levels of back lobe. These disadvantages can be minimized by using a layered antenna cavity, which is a modification of microstrip antenna. By using resonant cavity to reduce the back lobe, minimizes the sensitivity of the antenna and couplings with the environment (which is very desirable in laboratory exposure systems). In addition it extends the operating band of the antenna. Has been developed several models of antennas, the final results

presents dual band cavity microstrip antenna (CMA) for GSM 900 / UMTS band. Fig. 3 shows fabricated antenna.

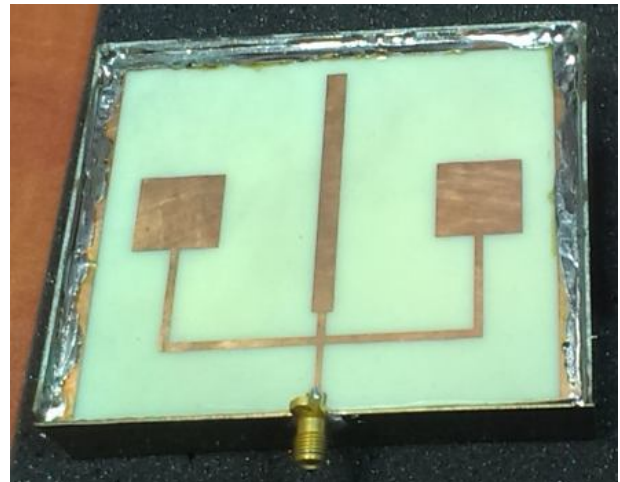


Fig. 3. Exposure system for high frequencies

Dual-band antenna CMA (Fig. 5) is designed as a system of three radiating patches - center patch is responsible for the GSM900 band and the side patches for UMTS. Circuits parameters of fabricated prototype has been tested and results are with the good agreement with the simulated ones. The reflection coefficient (S_{11}) of the antenna is shown in Fig. 4. The results translate into a VSWR ratio of less than 1.5 for a bandwidth of 8MHz in the range for GSM900 and 64 MHz bandwidth for UMTS. VSWR less than 1.5 provide losses less than 4 % of the reflected power.

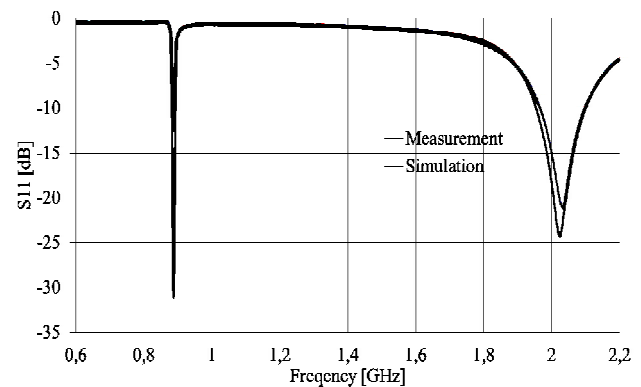


Fig. 4. Reflection coefficient for both, simulated and measurement results respectively

From the perspective of biomedical research, the most important is field distribution in selected area above the antenna in the possible small distance. It reduce the radiating area and achieve high intensity field at an acceptable power supply. This results from the test object is often located in near field area or the transition zone between the near field and far field. Analyzed antenna for far-field distance is based on the popular dependence and a far field for CMA GSM900 is 10cm and 20 cm antennas CMA UMTS. Numerical analysis showed that the field uniformity over the antenna is better than ± 2 dB in the area of 10x10cm and can be obtained at a height of approx. 10cm above the

antennas. EMF distribution experimentally measured for two different height of 5 cm and 10 cm above each of the proposed antennas. The measurements were made using an isotropic probe EMF EP600. The results obtained for the powered antenna by 23 dBm are shown in Table 1.

Table 1. The results obtained for the powered antenna by 23 dBm

Antenna	Frequency [MHz]	Inhomogeneity %
CMA _{GSM900}	888	8
CMA _{UMTS}	2034	17

Results

In Fig. 5 it can be seen that the uncertainty generated PEM antenna CMA 5 cm above the antenna is 1.6 dB ($\pm 23\%$), while for a 10 cm from the antenna is only 0.6 dB ($\pm 8\%$) for the GSM 900 and 1.2 dB ($\pm 17\%$) for UMTS. In the case of distribution PEM antenna CBSA obtained 1.5 dB ($\pm 21\%$) for 5 cm and 1 dB ($\pm 12\%$) for 10 cm. The obtained results provide a satisfactory EMF distribution at 10 cm above the antenna for the area of 10x10cm (Fig. 6).

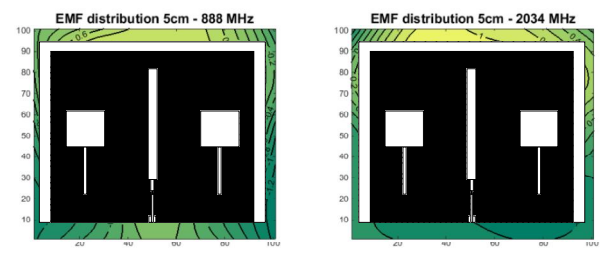


Fig. 5. Measured EMF distribution above 5 cm for both frequencies in dB

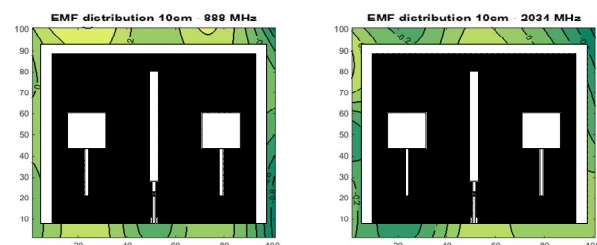


Fig. 6. Measured EMF distribution above 10 cm for both frequencies in dB

Schedules PEM studied two prototypes have a large convergence of results, so it is possible to use both types of antenna systems while maintaining the parameters exhibition field.

Conclusion

Fig. 7 present small microwave anechoic chamber with the proposed novel antenna used in biomedical research.

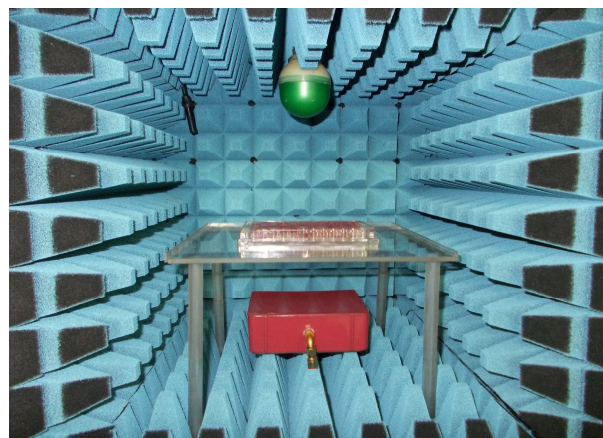


Fig. 7. Small microwave chamber used in biomedical research

Has been used a dedicated software to control the parameters of the incubator interior. It has been made by means EMF probe (green bulb), which is placed directly above the antenna along the EMF absorbers. Small sizes of the antenna with high gain (3-9dBi) provide higher intensity round about the petri dish with small amount of microwave source.

The paper presents optimized antennas used in systems for bio medical research. Especially exposure for small objects. (eg. Cell incubator showed of fig. 7) The results are satisfactory obtained homogeneous field area (with deviations of less than 1.6 dB) at 10cm above the antenna.

At the same time the system has a high energy efficiency, which can be described as ratio of "energy intensity".

Presented results are step to standard methods and exposure systems used in biomedical research.

REFERENCES

1. Bieńkowski, Paweł, Cała, Paweł, Wyszowska, Joanna and Zubrzak, Bartłomiej (2015), "Układy Ekspozycyjne PEM W Badaniach Biomedycznych. Przegląd Telekomunikacyjny", *Wiadomości Telekomunikacyjne*, R. 88 No. 4, pp. 510-514.
2. Bieńkowski, Paweł and Zubrzak, Bartłomiej (2011), "Algorytmy Ustalania Zadanych Wartości W Układzie Ze Sprzężeniem Zwrotnym Na Przykładzie Automatycznego Stanowiska Wzorcowego Pola Elektromagnetycznego Z Antenami Tubowymi", *Electrical Review*, R. 87 9a, pp. 160-165/
3. Vallauri, R. Bertin, G. Piovano, B. and Gianola, P. "Electromagnetic Field Zones Around An Antenna For Human Exposure Assessment", *Antennas And Propagation Magazine*, IEEE Vol. 57 (5), pp. 57-63.
4. Cała, Paweł and Słobodzian, Piotr (2013), "Cavity-Backed Slot Antenna For Wireless Sensor Integration", *23th Microwave And Radio Electronics Week* (Marew 2013), IEEE Nr Cfp1385b-Prt, Pardubice, Czechy, pp. 72-75.
5. Cała, Paweł and Słobodzian, Piotr (2013), "Zastosowanie Elementu Promieniującego Typu Cbsa W Układzie Antenowym Bezprzewodowego Sensora Naziemnego", *Przegląd Telekomunikacyjny I Wiadomości Telekomunikacyjne*, 6/2013, July 2013, pp. 400-403.

Received (надійшла) 14.02.2017

Accepted for publication (прийнята до друку) 30.05.2017

**Системы экспозиции,
що використовуються для оцінки впливу електромагнітного поля на живі організми**

П. Кала, П. Бієнковський

Предметом дослідження є процеси аналізу та оцінки впливу електромагнітного поля на людей. **Мета** - оптимізувати розмір антенних систем експонування, їх електричних параметрів і генералізованого електромагнітного поля (ЕМП) для різних частотних діапазонів. **Завдання:** дослідження дії електромагнітного поля на живі організми. Дане дослідження є однією з важливих галузей біомедичних досліджень. Велика частина цього типу досліджень проводиться з використанням спеціальної системи експозиції з фіксованими та контрольованими умовами експозиції ЕМП. Метою біомедичних досліджень є визначення впливу електромагнітних полів на живі організми. Для цього розроблені системи експозиції. Основна задача системи антенного експонування полягає в створенні ЕМП з відомими та контрольованими параметрами в конкретній області ЕМП. В залежності від частоти та компоненту використовуваного електромагнітного поля використовуються різні типи систем. Для низьких частот і магнітних полів використовуються соленоїди або котушки Гельмгольца, а для електричних полів – плоскі конденсатори. Для більш високих частот поля використовується система з лінійними антенами. Існують також спеціальні пробники для інвазивного нагрівання тканини. Кожне рішення має свої переваги та обмеження, та для всіх випадків немає універсальних рішень. **Результати.** Для генерації низькочастотного магнітного поля звичайно використовують котушки Гельмгольца із-за їхньої відносно простої конструкції, здатності отримувати високу інтенсивність та хорошу однорідність поля у відносно великій відносній площі до розмірів всієї системи. Область однорідного поля може бути визначена аналітично на основі геометрії або вимірювання системи. В протилежному випадку відбувається пошук системи експозиції вище декількох мГц. Існують частотні та просторові обмеження – припускається, що однорідне поле максимально присутнє. Дуже важливо обрати антену так, щоб очікувана однорідна область могла бути отримана на прийнятній відстані від антени – для підтримки високої інтенсивності ЕМП та зменшення випромінювання антенних сигналів за межами бажаної області. Це може бути досягнуто шляхом обмеження площі викидів, наприклад, шляхом екранізації або використання поглиначів ЕМП. Крім того, автори моделюють нову абляційну антенну для лікування абляції. **Висновки.** Оцінка впливу ЕМП на біологічні об'єкти є міждисциплінарним дослідженням, яке вимагає участі біологічних або медичних спеціалістів, а також спеціаліста з електромагнітних полів та метрології. В роботі розглядається питання правильного вибору та опису, використаного при експерименті систем експонування. Автори представили найбільш часто використовувані емітери ЕМП в низькочастотних та мікрорівневих діапазонах, а також нову модель антен обробки абляції.

Ключові слова: антена, системи експозиції, частота, електромагнітне поле.

**Системы экспозиции,
используемые для оценки воздействия электромагнитного поля на живые организмы**

П. Кала, П. Биенковский

Предметом исследования являются процессы анализа и оценки воздействия электромагнитного поля на людей. **Цель** - оптимизировать размер антенных систем экспонирования, его электрических параметров и генерируемого электромагнитного поля (ЭМП) для разных частотных диапазонов. **Задачи:** исследование электромагнитного поля на живых организмах. Данные исследования являются одной из важных отраслей биомедицинских исследований. Большая часть этого типа исследований проводится с использованием специальной системы экспозиции с фиксированными и контролируемыми условиями экспозиции ЭМП. Целью биомедицинских исследований является определение влияния электромагнитных полей на живые организмы. Для этой цели разработаны системы экспозиции. Основная задача системы антенн экспонирования заключается в создании ЭМП с известными и контролируемыми параметрами в конкретной области ЭМП. В зависимости от частоты и компонента используемого электромагнитного поля используются различные типы систем. Для низких частот и магнитных полей используются соленоиды или катушки Гельмгольца, а для электрических полей - плоские конденсаторы. Для более высоких частот поле E используются системы с линейными антеннами. Существуют также специальные зонды для инвазивного нагрева ткани. Каждое решение имеет свои преимущества и ограничения, и обычно для всех случаев нет универсальных решений. **Результаты.** Для генерации низкочастотного магнитного поля обычно используют катушки Гельмгольца из-за его относительно простой конструкции, способности получать высокую интенсивность и хорошую однородность поля в относительно большой относительной площади к размерам всей системы. Область однородного поля может быть определена аналитически на основе геометрии или измерения системы. В противном случае происходит поиск системы экспозиции выше нескольких мГц. Существуют частотные и пространственные ограничения - предполагается, что однородное поле максимально присутствует. Очень важно выбрать антенну так, чтобы ожидаемая однородная область могла быть получена на приемлемом расстоянии от антенны - для поддержания высокой интенсивности ЭМП и уменьшения излучения антенны за пределы желаемой области. Это может быть достигнуто путем ограничения площади выбросов, например, путем экранирования или использования поглотителей ЭМП. Кроме того, авторы моделируют новую абляционную антенну для лечения абляции. **Выводы.** Оценка влияния ЭМП на биологические объекты является междисциплинарным исследованием, которое требует участия биологических или медицинских специалистов, а также специалиста по электромагнитным полям и метрологии. В этой работе рассматривается вопрос правильного выбора и описания, использованного при эксперименте систем экспонирования. Авторы представили наиболее часто используемые эмиттеры ЭМП в низкочастотных и микроволновых диапазонах, а также новую модель антенны обработки абляции.

Ключевые слова: антенна, системы экспозиции, частота, электромагнитное поле.