

The interference of electronic implants in low frequency electromagnetic fields

Jiry SILNY

Research Center for Bioelectromagnetic Interaction (femu)
Aachen University, Allemagne

Abstract

Electronic implants such as cardiac pacemakers or nerve stimulators can be impaired in different ways by amplitude-modulated and even continuous electric or magnetic fields of strong field intensities. For the implant bearer, possible consequences of a temporary electromagnetic interference may range from a harmless impairment of his well-being to a perilous predicament. Electromagnetic interferences in all types of implants cannot be covered here due to their various locations in the body and their different sensing systems. Therefore, this presentation focuses exemplarily on the most frequently used implant, the cardiac pacemaker.

In case of an electromagnetic interference the cardiac pacemaker reacts by switching to inhibition mode or to fast asynchronous pacing. At a higher disturbance voltage on the input of the pacemaker, a regular asynchronous pacing is likely to arise. In particular, the first-named interference could be highly dangerous for the pacemaker patient. The interference threshold of cardiac pacemakers depends in a complex way on a number of different factors such as: electromagnetic immunity and adjustment of the pacemaker, the composition of the applied low-frequency fields (only electric or magnetic fields or combinations of both), their frequencies and modulations, the type of pacemaker system (bipolar, unipolar) and its location in the body, as well as the body size and orientation in the field, and last but not least, certain physiological conditions of the patient (e.g. inhalation, exhalation).

In extensive laboratory studies we have investigated the interference mechanisms in more than 100 cardiac pacemakers (older types as well as current models) and the resulting worst-case conditions for pacemaker patients in low-frequency electric and magnetic fields. The verification of these results in different practical everyday-life situations, e.g. in the fields of high-voltage overhead lines or those of electronic article surveillance systems is currently in progress.

In case of the vertically-oriented electric 50-Hz fields preliminary results show that per 1 kV/m unimpaird electrical field strength (rms) an interference voltage of about 400 μVpp as worst-case could occur at the input of a unipolar ventricularly controlled, left-pectorally implanted cardiac pacemaker. Thus, already a field strength above ca. 5 kV/m could cause an interference with an implanted pacemaker.

The magnetic fields induces an electric disturbance voltage at the input of the pacemaker. The body and the pacemaker system compose several induction loops, whose induced voltages rates add or subtract. The effective area of one representing inductive loop ranges from 100 to 221 cm^2 . For the unfavorable left-pectorally implantated and atrially-controlled pacemaker with a low interference threshold, the interference threshold ranges between 552 and 16 μT (rms) for magnetic fields at frequencies between 10 and 250 Hz.

On this basis the occurrence of interferences with implanted peacemakers is possible in everyday-life situations. But experiments demonstrate a low probability of interference of cardiac pacemakers in practical situations. This apparent contradiction can be explained by a very small band of inhibition in most pacemakers and, in comparison with the worst-case, deviating conditions.

Les interférences des implants électroniques avec les champs électromagnétiques de basses fréquences

Résumé

Les implants électroniques comme les stimulateurs cardiaques ou les stimulateurs nerveux peuvent être altérés de différentes manières par des champs à amplitude modulée et même électriques ou magnétiques continus à de fortes intensités. Pour le porteur implanter, les conséquences possibles d'une interférence électromagnétique provisoire peuvent s'étendre d'un inoffensif affaiblissement de son bien-être à une situation périlleuse fâcheuse. Les interférences électromagnétiques dans tous les types d'implants ne peuvent pas être ici couvertes en raison de leurs diverses localisations dans le corps et de leurs différents systèmes de sensibilité. Par conséquent, cette présentation se concentre exclusivement sur l'implant le plus fréquemment utilisé, le stimulateur cardiaque.

En cas d'interférence électromagnétique le stimulateur cardiaque réagit par un passage en mode d'inhibition ou de stimulation asynchrone rapide. Avec une tension plus élevée de perturbation sur l'entrée du stimulateur, une stimulation asynchrone régulière est susceptible de surgir. Le premier mode d'interférence nommé pourrait être particulièrement dangereux pour le patient. Le seuil d'interférence des stimulateurs cardiaques dépend d'une manière complexe d'un certain nombre de différents facteurs comme : l'immunité électromagnétique, le réglage du stimulateur, la composition des champs de basse fréquence appliqués (seulement champs électriques ou magnétiques ou combinaisons des deux), leurs fréquences et modulations, le type de stimulateur (bipolaire, unipolaire) et sa localisation dans le corps, aussi bien que la taille du patient, l'orientation dans le champ, et enfin, certains états physiologiques (par exemple inhalation, expiration).

Dans de larges études en laboratoire nous avons étudié les mécanismes d'interférence avec les champs électriques et magnétiques de basse fréquence de plus de 100 stimulateurs cardiaques (des modèles anciens comme des modèles actuels) dans les conditions les plus mauvaises pour des patients implantés. La vérification de ces résultats dans différentes situations pratiques de la vie courante, par exemple dans les domaines des lignes aériennes à haute tension ou de des systèmes électroniques de surveillance est actuellement en cours.

Avec des champs électriques 50-Hz orientés verticalement les résultats préliminaires montrent que, pour un champ électrique de 1 kV/m (RMS), une tension d'interférence d'environ 400 μ Vpp dans le plus mauvais cas pourrait se produire à l'entrée d'un stimulateur cardiaque implanté du côté gauche, contrôlé de façon unipolaire par le ventricule. Ainsi, déjà un champ au-dessus de 5 kV/m pourrait entraîner une interférence avec un stimulateur implanté.

Les champs magnétiques induisent une tension électrique de perturbation à l'entrée du stimulateur. Le corps et le système de stimulation composent plusieurs boucles d'induction, qui induisent des tensions qui s'ajoutent ou se soustraient. Le secteur efficace d'une boucle inductive de représentative s'étend de 100 à 221 cm². Pour le cas le plus défavorable : implantation à gauche et stimulateur commandé par l'oreillette avec un seuil bas d'interférence, les seuils d'interférences se situent entre 552 et 16 μ T (RMS) pour les champs magnétiques de fréquences entre 10 et 250 hertz.

Sur cette base, l'apparition d'interférences avec les stimulateurs implantés est possible dans des situations de la vie courante. Mais les expériences montrent une faible probabilité d'interférence des stimulateurs cardiaques dans des situations pratiques. Cette contradiction apparente peut être expliquée par une bande très petite d'inhibition dans la plupart des stimulateurs et, en comparaison des conditions les plus mauvaises dans les études.