

МЕДИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР ХОЛОДНОЇ ПЛАЗМИ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА

Вступ. Плазмова медицина є доволі новою галуззю і базується на біофізичних та біохімічних механізмах взаємодії холодної плазми та живої матерії. Завдяки можливості керувати фізичними параметрами плазми, вона може мати широкий діапазон лікувальних властивостей. Велика кількість експериментів доводить, що холодна (нерівноважна) плазма володіє доволі цінними властивостями з великим потенціалом застосування в медицині – бактерицидною дією, впливом на згортання крові, імунну систему, ракові клітини. Інтерес сучасної медицини до використання генераторів холодної атмосферної плазми пояснюється їх відносною простотою і високою ефективністю. Використання подібних генераторів в розвинутих країнах розпочалося близько десяти років тому і зараз набуває все ширшого розповсюдження.

На сьогоднішній день основним способом отримання холодної плазми є газовий розряд. Відомо багато конструкцій пристроїв для досягнення цієї мети, але, на нашу думку, в даній галузі на особливу увагу заслуговує пристрій, який використовувався для отримання високої напруги чи не найпершим – трансформатор Тесла (далі скорочено ТТ). Сам по собі ТТ являє собою дві індуктивно зв'язані обмотки на пустотілому циліндрі. Але його здатність виробляти високу напругу в широкому діапазоні частот обумовлена в першу чергу особливістю схеми «накачки» – спеціального генератора вхідного сигналу.

Конструкція трансформатора Тесла та схеми накачки. Конструкція трансформатора Тесла надзвичайно проста (рис. 1, а). Він складається з первинної обмотки, яка містить, як правило, не більше 10–20 витків товстого дроту, і мотається зі значними проміжками між витками; та вторинної обмотки, яка намотується тонким дротом щільно виток до витка в один шар на пустотіле осердя з діелектрику. Кількість витків у вторинній обмотці може сягати кількох тисяч. Дана система є резонансним трансформатором з сильно нелінійною амплітудно-частотною характеристикою. Для запуску трансформатора використовуються різноманітні системи накачки, основою яких є розрядник або генератор прямокутних імпульсів (як правило, це блокінг-генератор). При роботі на резонансній частоті у ТТ не виконується звичне співвідношення кількості витків в якості коефіцієнту трансформації, а вихідна напруга може досягати десятків і сотень кіловольт.

Внаслідок того, що ТТ, по суті, не має осердя, він є абсолютно безінерційною системою і в принципі може працювати на будь-якій частоті. Раніше ми дослідили характер розподілу електромагнітного поля навколо трансформатора Тесла [1] – рис. 1, б.

Для запуску трансформатора використовуються різноманітні системи накачки, серед яких виділяють три групи: на розряднику (SGTC – Spark Gap Tesla Coil), лампові (VTTC – Vacuum Tube Tesla Coil) та напівпровідникові (SSTC – Solid State Tesla Coil). В [2] були розглянуті особливості реалізації кожного виду схем накачки та приведені формули для розрахунку первинних параметрів ТТ (власної індуктивності первинної та вторинної обмоток, резонансної частоти, паразитної ємності вторинної обмотки, добротності коливального контура).

Особливості використання ТТ для генерації холодної плазми медичного призначення. Важливо відзначити, що магнітні поля, які утворюються навколо ТТ, виштовхують плазму газового розряду в напрямку від ТТ – внаслідок діаманітності плазми. Ця особливість ТТ дає можливість направляти плазмовий струмінь («джет») без використання систем продування газу, які традиційно використовуються в медичних генераторах холодної плазми типу “pin-hole”.

Для стерилізації медичного інструменту та обладнання частота газового розряду особливого значення не має, проте для стерилізації відкритих ран вона має першочергове значення. Глибина проникнення електромагнітного поля в середовище (скін-ефект) визначається за формулою

$$\delta = \frac{1}{\alpha}, \quad (1)$$

де α – коефіцієнт затухання хвилі, який залежить від електропровідності середовища σ та основної частоти поля f :

$$\alpha = \left[\frac{4\pi^2 f^2 \varepsilon_a \mu_a}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{2\pi f \varepsilon_a} \right)^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

де ε_a та μ_a – відповідно абсолютні діелектрична та магнітна проникності середовища. Для чисельної оцінки глибини проникнення поля в живу тканину побудуємо графік функції (1) з урахуванням виразу (2). Результат представлений на рис. 2. На графіку δ представлено в мм, а f – у Гц. З цього графіку видно, що на частоті електромагнітного поля 1 МГц глибина проникнення зменшується до 0,4 мм. З подальшим підвищенням частоти глибина проникнення поля в живу тканину ще зменшується. Проте підвищувати частоту нескінченно не можна, оскільки геометричні розміри ТТ обернено пропорційні частоті і виготовлення ТТ з робочою частотою понад 10 МГц являє складну конструктивну задачу.

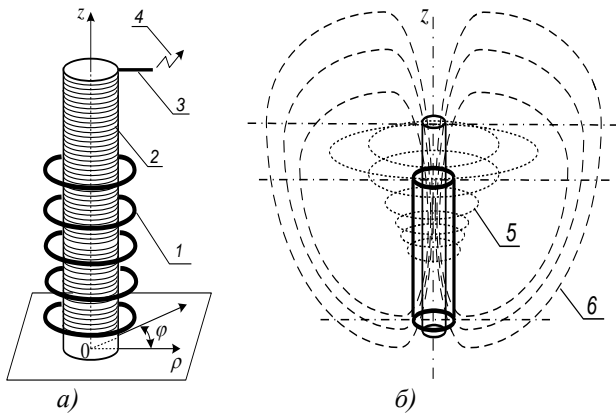


Рис. 1. Розподіл електромагнітного поля навколо трансформатора Тесла.

а) схематична будова трансформатора Тесла; б) якісний розподіл E - та H -складових поля

1 – первинна обмотка; 2 – вторинна обмотка;

3 – стержінь, з якого розвивається газовий розряд;

4 – газовий (плазмовий) розряд; 5 – силові лінії електричного поля (E -складова) у площині z - r ;

6 силові лінії магнітного поля (H -складова) у площині φ .

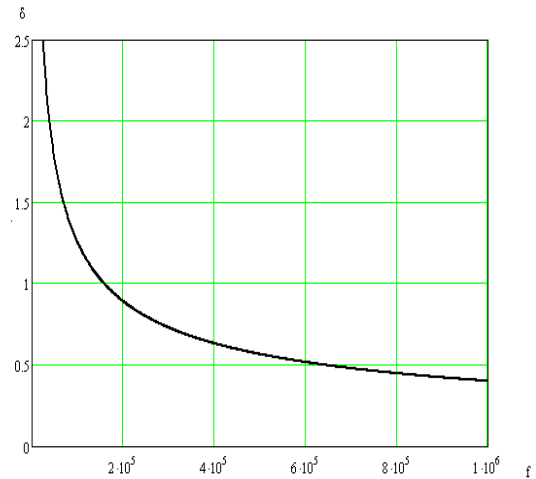


Рис. 2. Залежність глибини проникнення електромагнітного поля в живу тканину від частоти

Висновки. Обґрунтована можливість використання трансформатора Тесла як генератора холодної плазми для медичного використання. Вказано на його головну перевагу в такому використанні – виштовхування холодної плазми магнітними полями трансформатора Тесла внаслідок її діамагнітності. Проведено оцінку потрібної робочої частоти трансформатора Тесла з метою забезпечення мінімального впливу на живу тканину.

Список використаної літератури:

1. Бенедицький В.Б. Дослідження електромагнітного поля імпульсного генератора на основі трансформатора Тесла / В. Б. Бенедицький, О. А. Горобець, Р. О. Коломієць, Д. С. Морозов // Тези міжвузівської науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки, ЖДТУ (2012), Т.1. – с. 97-98.
2. Коломієць Р.О. Розрахунок установок на основі трансформаторів Тесла / Р.О. Коломієць // Вісник ЖДТУ. Технічні науки, № 2 (73), 2015. – с. 134–141.