



УДК 537.874.4

## Особенности источников для электромагнитной терапии пневмонии животных

И.А. Черепнев<sup>1</sup>, Г.В. Фесенко<sup>2</sup>, А.Н. Сологуб<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
 им. П. Василенка (г. Харьков, Украина)

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет городского хозяйства  
 им. А.Н. Бекетова, (г. Харьков, Украина),

В работе предложена эффективная реализация источников последовательности электромагнитных импульсов для лечения воспалительного процесса (пневмонии) у животных. Источник представляет собой модификацию магнитокумулятивных генераторов Сахарова, реализованных на основе искусственной линии с переменной структурой, осуществляющейся не движением взрывной волны, а электронными переключениями отрезков кабеля, обеспечивающими падающую индуктивность линии и, следовательно, рост амплитуды генерируемых импульсов. В качестве переключателей используются магнитные ключи, обеспечивающие возможность достижения больших токов. Такие генераторы могут обеспечивать формирование электромагнитных полей, необходимых для терапии с использованием тороидальных антенн.

**Ключевые слова:** электромагнитная терапия, тороидальные антенны, генератор, пневмония, животные

**Введение.** Как известно, на животноводство приходится 40 процентов валовой продукции мирового сельского хозяйства. Оно обеспечивает средства к существованию и продовольственную безопасность для почти миллиарда человек на планете. Это одна из наиболее динамичных отраслей сельского хозяйства. Ее развитию способствуют рост доходов, технологический прогресс и структурные изменения. Рост животноводческой отрасли, ее преобразование открывают возможности для аграрного развития, сокращения бедности, укрепления продовольственной безопасности. К сожалению, в Украине животноводство в значительной степени утратило те лидирующие позиции, которые оно занимало до 1992 года.

В последнее время наблюдается ясно выраженная динамика снижения поголовья крупного рогатого скота (КРС). Данные за 2009 - 2013 года представлены на рис. 1 [1]. В этом же источнике приводятся основные причины для уменьшения поголовья КРС, а именно:

- отсутствие поддержки производства со стороны государства;
- увеличение стоимости кормов;
- устаревшие технологии содержания жи-

вотных, а для внедрения новых у фермеров нет денег;

- увеличения количества иностранного сырья на украинском рынке, цена на которое ниже, а его качество лучше.

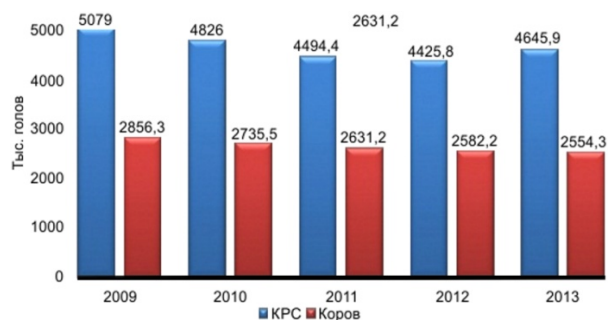


Рис. 1. Динамика поголовья КРС в Украине (2009 – 2013 года)

Перечисленные выше причины, безусловно, важные, однако, среди них отсутствует фактор влияния на численность КРС неинфекционных заболеваний. Цитируется по работе [2]: «Огромный экономический ущерб животноводству наносят неинфекционные болезни, на долю кото-

рых приходится более 90% от всех регистрируемых заболеваний скота.

Среди этих болезней наибольшее распространение имеют острые желудочно-кишечные и легочные болезни молодняка, болезни обмена веществ и эндокринных органов (кетоз, остеодистрофия, гиповитаминоз, микроментозы и др.), болезни печени и сердечно-сосудистой системы (непатодистрофия, микрокардиодистрофия), акушерско-гинекологические заболевания и многие другие. В Крыму и на юге Украины животные часто подвергаются перегреванию, вследствие чего нарушаются важнейшие функции организма, отягощается работа сердца и органов дыхания. Массовые желудочно-кишечные и легочные болезни молодняка наблюдаются в зимне-весенний период, когда ими переболевает почти каждый родившийся теленок, поросенок, ягненок. Потери от падежа и вынужденного убоя телят во многих общественных хозяйствах Крыма достигают 20-30 % и более от числа родившихся. Подобные потери от болезней молодняка отмечаются на свиноводческих и овцеводческих фермах». Наряду с традиционными методами лечения, которые базируются на использовании широкого спектра лекарств, и прежде всего антибиотиков, в последние годы все чаще используется для терапии низкоэнергетические электромагнитные излучения.

#### Анализ результатов последних исследований и публикаций.

В настоящее время, накоплено достаточно много фактического материала, свидетельствующего не только о конкретном влиянии КВЧ – излучения на функции ряда организмов – от простейших до многоклеточных, но и о значимом терапевтическом эффекте КВЧ – воздействия при многих заболеваниях человека и животных [3 - 5].

В работах [6, 7] показано, что для повышения эффективности электромагнитной терапии необходимо использовать управляемую последовательность импульсов. В настоящее время существует достаточно генераторов импульсного излучения, позволяющих обеспечить необходимый диапазон частот повторения и длительность импульсов. Построенная в работе [8] модель, приводит к выводу о том, что для транспортировки поля в область воспаления вглубь тела животного наиболее эффективны не высокие потенциалы, а импульсы токов и актуальной является задача разработки таких источников. Таким образом, из анализа процессов электромагнитной терапии животных следует максимальная эффективность использования источников управляемой последовательности токовых импульсов. Интересно, что аналогичные источники излучения используются в рамках

работ по созданию электромагнитного оружия [9,10]. Однако для практического использования в терапии непосредственно такие источники, естественно, не подходят (требуется выполнение дополнительных условий: небольшая средняя мощность, возможность использования достаточно длительного времени). В данной статье предложены модификация токовых импульсных источников, приводящие их к виду оптимальной для терапии животных.

#### Изложение основного материала.

Магнитокумулятивные источники были разработаны Сахаровым для генерации мощных магнитных полей, а затем были предложены модификации для генерации радиочастотных широкополосных импульсов [9,10]. Самая простая из возможных эквивалентных схем этих генераторов показана на рис. 2.

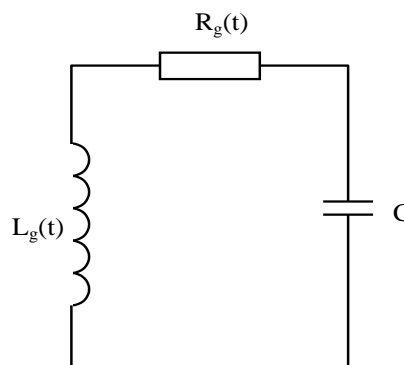


Рис. 2. Схема генераторов импульсов на основе нестационарных элементов

В оригинальных вариантах этих генераторов изменение индуктивности осуществлялось взрывом, и эти приборы были одноразовыми. В данной статье представлена реализация подобных устройств на основе электронного переключения звеньев генератора. Преимуществом генераторов с изменением индуктивности является рост тока в импульсе, однако, это преимущество вступает в противоречие с электронным переключением элементов генератора, так как электронные элементы не выдерживают больших токов. В работе предложено использование магнитных ключей с электронным управлением. Это предложение позволяет сочетать все преимущества управляемой последовательности импульсов с высокими токами и гибкость, необходимую для терапии, электронного управления параметрами последовательности.

Схема генератора с переменной структурой.

Основой генераторов Сахарова, которые являются прототипами предложенных в статье источников излучения, является переменная индуктивность. Ясно, что уменьшающаяся ин-

дуктивность цепи генератора приводит и к росту частоты генерации, и к росту амплитуды тока за счет сжатия начального магнитного потока. Наиболее простой схемой, гармонично сочетающей как простоту исполнения, так и удобство управления параметрами является источник электромагнитных колебаний с нестационарной индуктивностью, а точнее источник с изменяющейся структурой цепи.

Прибор состоит из нескольких колебательных звеньев, ток от которых суммируется в последнем звене. Колебательные звенья образованы из секций общей индуктивности и отдельной для каждой секции емкости.

Особенностью данного прибора является разделение индуктивности обмотки на секции и включении между ними конденсаторов. Такое выполнение конструкции позволяет изменять схему прибора в различные моменты времени с помощью ключей. Начальные параметры последовательного контура и нагрузки изменяются в процессе работы прибора с помощью последовательного включения ключей и последовательного отключения ключей.

После выполнения цикла отключений схема снова восстанавливается и готова для следующего цикла изменения структуры схемы. Упрощенная эквивалентная схема устройства расширения спектра последовательности импульсов, поступающих на его вход, представлена на рис. 3 и фактически представляет собой, связанные через ключи отрезки линии передачи импульсов.

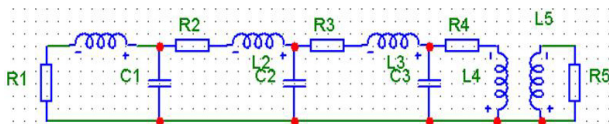


Рис. 3. Эквивалентная схема устройства расширения спектра последовательности импульсов

Собственные частоты контуров для выбранных параметров имеют значения около 1, 3, 9, 15 МГц, а волновые сопротивления всех контуров приблизительно одинаковы. При этом, индуктивность в генераторе меняется по закону, изображенному на рис. 4.

Эту принципиальную схему можно реализовать, как показано на рис. 5.

Анализ работы генератора на основе принципиальной схемы.

Для анализа работы такого прибора целесообразно выделить четыре характерных последовательных временных интервала времени  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и  $t_4$ , по числу секций. Первый временной интервал от нуля до  $t_1$  начинается с момента

замыкания индуктивности  $L_1$  и оканчивается в момент замыкания конденсатора  $C_1$ .

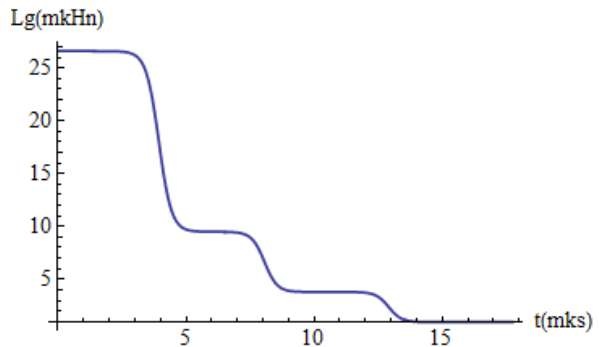


Рис. 4. Изменение индуктивности генератора со временем

Индуктивность обмотки является суммой индуктивностей секций  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  и  $L_4$ . В результате этого образуется активный высокочастотный колебательный контур  $L_1C_1$ . Следующие звенья линии являются нагрузкой этого контура. В контуре  $L_1C_1$  возбуждаются колебания вблизи собственной частоты этого контура.

Уравнения Кирхгофа для цепи на этой стадии процесса имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(L_1(t)I_1) + R_1I_1 + U_1 &= 0; \\ C_1 \frac{dU_1}{dt} &= I_1 - I_2; \\ L_2 \frac{dI_2}{dt} + R_2I_2 + M_{23} \frac{dI_3}{dt} + U_2 - U_1 &= 0; \\ C_2 \frac{dU_2}{dt} &= I_2 - I_3; \\ M_{23} &= k_{23}\sqrt{L_2L_3}; \\ L_3 \frac{dI_3}{dt} + R_3I_3 + M_{23} \frac{dI_2}{dt} + M_{34} \frac{dI_4}{dt} + U_3 - U_2 &= 0; \\ C_3 \frac{dU_3}{dt} &= I_3 - I_4 - \frac{U_3}{R_{load}}; \\ M_{34} &= k_{34}\sqrt{L_3L_4}; \\ L_4 \frac{dI_4}{dt} + M_{34} \frac{dI_3}{dt} + M_{45} \frac{dI_5}{dt} + R_4I_4 &= U_3; \\ L_5 \frac{dI_5}{dt} + M_{45} \frac{dI_4}{dt} + I_5R_5 &= 0; \\ M_{45} &= k_{45}\sqrt{L_4L_5} \end{aligned} \quad (1)$$

Увеличение тока обеспечивает соответствующее увеличение амплитуды колебаний в высокочастотном контуре.

На следующем этапе ключ отключает индуктивности  $L_1$  и емкости  $C_1$ . Образуется новый высокочастотный контур с индуктивностью  $L_2$  и емкостью  $C_2$ . Импульсный ток размыкания и колебания, уже возбужденные в линии, образу-

ют начальные условия для колебаний в оставшейся цепи. До момента отключения второй емкости ( $t < t_{2max}$ ) колебания удовлетворяют следующим уравнениям:

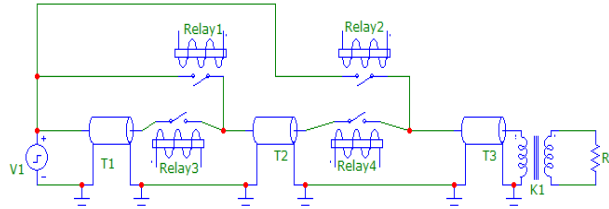


Рис. 5. Вариант схемы генератора, при которой он реализован на коммутации отрезков коаксиальной линии разной длины

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(L_2 I_2) + R_2 I_2 + U_2 &= 0 \\ C_2 \frac{dU_2}{dt} &= I_2 - I_3 \\ L_3 \frac{dI_3}{dt} + R_3 I_3 + M_{34} \frac{dI_4}{dt} + U_3 - U_2 &= 0; \\ C_3 \frac{dU_3}{dt} &= I_3 - I_4; \\ L_4 \frac{dI_4}{dt} + M_{34} \frac{dI_3}{dt} + M_{45} \frac{dI_5}{dt} + R_4 I_4 &= U_3; \\ L_5 \frac{dI_5}{dt} + M_{45} \frac{dI_4}{dt} + I_5 R_5 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

После того, как ключ отключит вторую емкость, динамика токов на интервале  $t_{2max} < t < t_{3max}$  описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(L_3 I_3) + R_3 I_3 + U_3 &= 0; \\ C_3 \frac{dU_3}{dt} &= I_3 - I_4 - \frac{U_3}{R_{load}} \\ L_4 \frac{dI_4}{dt} + M_{45} \frac{dI_5}{dt} + R_4 I_4 &= U_3; \\ L_5 \frac{dI_5}{dt} + M_{54} \frac{dI_4}{dt} + I_5 R_5 &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

На последнем этапе после отключения третьей емкости токи в остаточной индуктивности и нагрузке (антенне) описываются уравнениями:

$$\begin{aligned} L_4 \frac{dI_4}{dt} + M_{45} \frac{dI_5}{dt} + R_4 I_4 &= 0; \\ L_5 \frac{dI_5}{dt} + M_{45} \frac{dI_4}{dt} + I_5 R_5 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Дальнейшее повторение последовательного включения ключей обеспечивает генерацию управляемой последовательности приведенных выше сверхширокополосных импульсов. Совмещенные вместе графики решения уравнений для последовательных стадий изменения структуры генератора изображены на рис. 6.

Как видно, работа генератора приводит к коротким импульсам тока в несколько сотен ампер, поэтому в практической реализации прямое использование полупроводниковых ключей невозможно. Для решения этой проблемы предлагается использование магнитных ключей, которые хорошо проявляют себя даже в сильноточной технике [8].

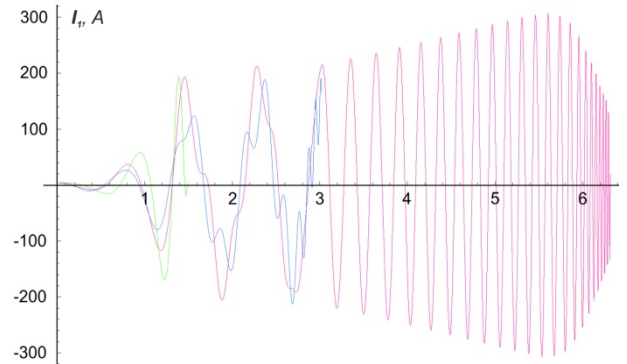


Рис. 6. Зависимость тока импульса (в А) от времени в микросекундах: форма одного импульса тока из последовательности (показаны формы импульса на каждом этапе переключения)

Работа магнитного ключа основана на использовании ферритов с достаточно прямоугольной петлей гистерезиса (см. рис. 7 на котором изображена типичная петля гистерезиса для феррита 2000НН).

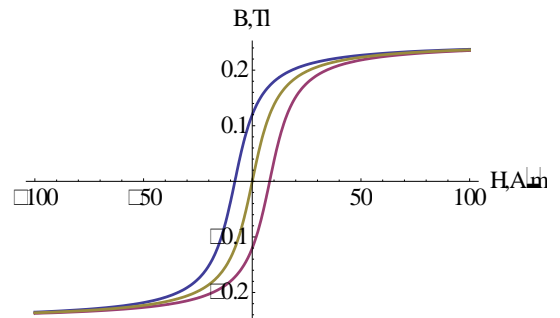


Рис. 7. Кривая намагничивания феррита 2000НН

Существенно для использования в ключах то, что, как видно из графика, для этого феррита достаточно большая индукция насыщения ( $B_s = 0.25$  Тесла) достаточно большое значение индукции, после которого режим становится нелинейным ( $B_r = 0.12$  Тесла) и достаточно малое значение напряженности магнитного поля, которое соответствует началу переключения феррита в режим насыщения ( $H_c = 8$  А/м).

Работа переключателя основана на использовании небольшого тока подмагничивания феррита (соответствующего значению  $H_c =$



8 А/м). Петля гистерезиса прямоугольного типа показывает, что малыми токами (малым изменением напряженности магнитного поля), как это хорошо видно из рисунка 8(а, б), можно на порядок изменить магнитную проницаемость. Простым подмагничиванием обмотки можно на 3 порядка изменять магнитную проницаемость и, соответственно, проводимость за короткое время порядка нескольких наносекунд.

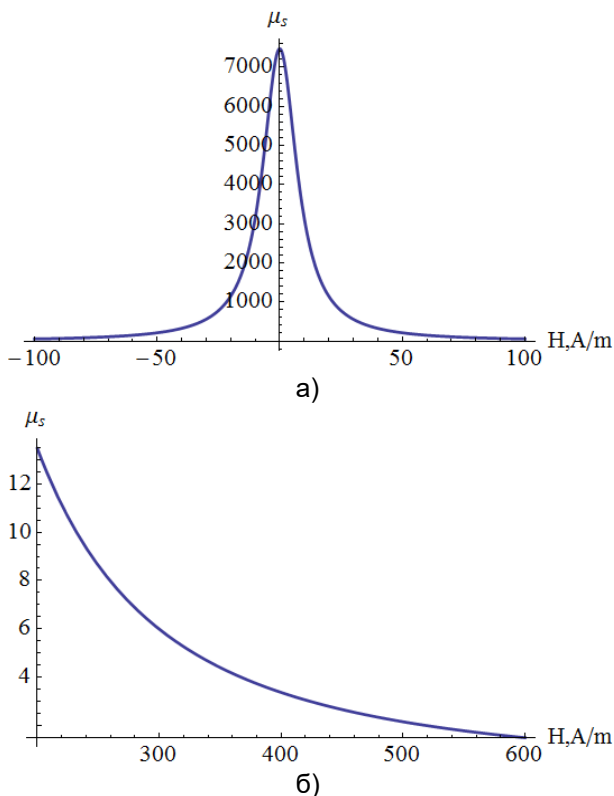


Рис. 8. Относительная проницаемость  $\mu_s$  феррита 2000НН от величины магнитного поля во всем диапазоне магнитных полей (а) и часть кривой в области магнитных полей глубокого насыщения, когда относительная проницаемость уже близка к единице (б)

Используя управляющую последовательность малых токов можно генерировать последовательность токовых импульсов (с амплитудой тока вплоть до уровня в килоамперы), которая при этом формирует итоговый сигнал с очень широким спектром частот колебаний, слабо изменяющийся в интервале от 0 до 100 мегагерц.

**Выводы.** В работе предложена реализация генератора импульсов на отрезках кабеля, переключаемых с помощью магнитных ключей, который позволяет генерировать широкополосную последовательность токовых импульсов оптимальных для использования в электромагнитной терапии.

## Литература

1. Сербя И. Украине катастрофически уменьшилось поголовье крупного рогатого скота [Электронный ресурс] / И. Сербя // Интернет-издание «AtmAgro. Агропромышленный вестник». – Режим доступа: <http://atmagro.ru/2013/10/17/v-ukraine-katastroficheski-umenshilos-pologove-krupnogo-rogatogo-skota>.

2. Кондрахин И.П. Биологические основы высокой продуктивности и здоровья скота [Электронный ресурс] / И.П. Кондрахин. – Режим доступа: [http://www.info.crimea.edu/crimea/ac/kant/2\\_10.html](http://www.info.crimea.edu/crimea/ac/kant/2_10.html).

3. Лебедева Н.Н. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн (обзор, часть 1) [Текст] / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 3 (15). – С. 3-14.

4. Лебедева Н.Н. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн (обзор, часть 2) [Текст] / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 4 (16). – С. 3 - 9.

5. Черепнев И.А. Продовольственная безопасность Украины и использование электромагнитных технологий и животноводстве и ветеринарии [Текст] / И.А. Черепнев, В.А. Василенко // Системи управління навігації та зв'язку. – 2010. – Вип. 2 (14). – Київ, 2010. – С.164 -175.

6. Черепнев И.А. Некоторые аспекты использования широкополосных сигналов в сельском хозяйстве [Текст] / И.А. Черепнев, А.С. Черепнев // Вестник Международного Славянского университета. «Технічні науки». – 2008. – Т. XI. – № 2. – С.20 - 24.

7. Черепнев И.А. Использование импульсного трансформатора Тесла для электромагнитной терапии [Текст] / И.А. Черепнев, Г.В. Фесенко, А.В. Артюшенко // Системи обробки інформації. – 2015. – № 12 (137). – С. 161-164.

8. Черепнев И.А. Изучение влияния электромагнитных полей на развитие воспалительных процессов живых организмов на основе неравновесной термодинамике [Текст] / И.А. Черепнев, А.Н. Мороз // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». – Харків, 2011. – Вип. 12. «Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов». – С. 163 -168.

9. Черепнев И.А. Электромагнитное оружие и перспективные направления электромагнит-

ных импульсных технологий / И.А. Черепнев, А.С. Черепнев, А.С. Новиков, Е.В. Хоменко // Арсенал XXI. – 2007. – №2. – С.44 - 50.

10 Кравченко А.С. Работа магнитокумулятивного генератора на емкостную нагрузку. /

А.С. Кравченко, Р.З. Людаев, М.А. Мальков и др.. – М.: Наука, 1981. – № 5. – С. 122 -127.

11 Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника / Г.А. Месяц. – М.: Наука, 2004. – 704 с.

## Анотація

### Особенности джерел для електромагнітної терапії пневмонії тварин

И.А. Черепнев, Г.В. Фесенко, О.М. Сологуб

В роботі запропонована ефективна реалізація джерел послідовності електромагнітних імпульсів для лікування запального процесу (пневмонії) у тварин. Джерело являє собою модифікацію магнітно-кумулятивних генераторів Сахарова, реалізованих на основі штучної лінії зі змінною структурою, яка здійснюється не рухом вибухової хвилі, а електронними перемикачними відсіками кабелю, що забезпечують падаючу індуктивність лінії і, отже, зростання амплітуди генерованих імпульсів. В якості перемикачів використовуються магнітні ключі, що забезпечують можливість досягнення великих струмів. Такі генератори можуть забезпечувати формування електромагнітних полів, необхідних для терапії з використанням тороїдальних антен.

**Ключові слова:** електромагнітна терапія, тороїдальні антени, генератор, пневмонія, тварини

## Abstract

### Features of sources for animals pneumonia electromagnetic therapy

I.A. Cherepnev, H.V. Fesenko O.M. Solohub

The paper proposes the effective implementation sources of electromagnetic pulses sequences to treat the inflammatory process (pneumonia) in animals. Source is a modification of magnetic cumulative generators Sakharov based on the artificial line with a variable structure, which is achieved not by movement of the blast wave, and by the electronic switching of cable sections, providing the falling inductance of the line and, therefore, the growth of the amplitude the generated pulses. As switches we can use magnetic keys, ensuring attainment of high currents. These generators can provide the formation an electromagnetic field required for treatment using a toroidal antenna.

**Key words:** electromagnetic therapy, toroidal, antenna, generator, pneumonia, animals.

Представлено від редакції: І.А. Фурман / Presented on editorial: I.A. Furman

Рецензент: Г.А. Ляшенко / Reviewer: G.A. Lyashenko

Подано до редакції / Received: 10.05.2015