

которые входят в состав медицинского комплекса или биотехнической системы и т.п. Функции коммутации и передачи потоков измерительной информации в таких системах возлагаются на межблочный интерфейс, что приводит к его усложнению путем введения в состав интерфейса микропроцессорных узлов с соответствующим программным обеспечением. В большинстве существующих в настоящее время медицинских системах различного назначения используются нестандартные (специализированные) интерфейсы. На используемые специализированные интерфейсы отсутствуют ГОСТы, нормативные документы, методики проведения метрологического анализа [1]. Поэтому вопросы синтеза и метрологического анализа межблочного интерфейса сложных медицинских комплексов являются актуальными [2, 3].

Список литературы

1. Авдеюк О.А. Общие подходы к проектированию специализированных высоко-эффективных интерфейсов для многофункциональных медицинских систем / О.А. Авдеюк, Р.А. Холопкин // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 4. – С. 39-43.
2. Авдеюк О.А. Структурный подход к проектированию специализированных высокоэффективных интерфейсов для многофункциональных медицинских комплексов / О.А. Авдеюк, Р.А. Холопкин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроника. – 2002. – № 8. – С. 44-47.
3. Авдеюк О.А. Разработка платы сбора данных медицинского диагностического комплекса на базе аппарата теории категорий / О.А. Авдеюк, Ю.П. Муха // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 5. – С.12-17.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ БЕЗЭЛЕКТРОДНОГО ИНДУКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА

Вертинский А.П.

Иркутский государственный технический университет, Иркутск, e-mail: vertin@bk.ru

В 1996 году в Государственном докладе «Об охране окружающей среды в Иркутской области» в разделе «Научные исследования» было объявлено, что в ИрГТУ применили индукционные токи для очистки промышленных сточных вод [1].

Этим сообщением было официально отмечено продуктивное начало научно-исследовательских работ на кафедре ПЭ и БЖД ИрГТУ по изучению воздействия индукционных токов на электропроводящие жидкости.

С тех пор до настоящего времени было разработано и запатентовано несколько специальных индукционных электрокоагуляторов:

1. Патент № 2061659 РФ Электрокоагулятор.
2. Патент № 2076074 РФ Электрокоагулятор.
3. Патент № 2077964 РФ Многофазный индукционный электрокоагулятор.
4. Патент № 2098357 РФ Плавающий индукционный электрокоагулятор.
5. Патент № 2146229 РФ Проточный индукционный электрокоагулятор.

6. Патент №2211573 РФ Способ и устройство для электрокоагуляции молока.

7. Патент № 2264992 РФ Устройство для электрохимического обеззараживания природных вод.

8. Патент № 2272825 РФ Способ и устройство электрохимической переработки углей.

9. Патент № 2405134 РФ Устройство спектрофотометрического мониторинга природных вод.

Общие свойства и характеристики индукционных электрокоагуляторов

Не смотря на значительные конструктивные отличия перечисленных выше индукционных электрокоагуляторов они обладают общими свойствами, параметрами и характеристиками:

1. Теоретические предпосылки к созданию безэлектродного индукционного электрокоагулятора.

Первым и главным общим свойством всех индукционных электрокоагуляторов является их принцип действия – электромагнитная индукция в электропроводящей среде.

Теоретическими предпосылками к созданию безэлектродного индукционного электрокоагулятора явились следующие накопленные факты:

Электролиты характеризуются высоким электрическим сопротивлением [2]. Электропроводность их на 5-6 порядков ниже, чем металлических проводников. По этой причине до сих пор не предпринимались попытки индукционирования токов в них.

Анализируя закон Ома для участка цепи переменного тока:

$$I = U/z \quad (1)$$

можно сделать вывод, что повышение тока в электролите с высоким z возможно путем повышения напряжения.

Широко распространенные на практике трансформаторы основаны на известном законе электромагнитной индукции Фарадея:

$$\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t, \quad (2)$$

при этом предполагается, что магнитный поток распределен равномерно во всем объеме трансформатора.

Глубокий анализ механизма электромагнитной индукции, показал нелинейную зависимость величины ЭДС индукции во вторичной обмотке, от расстояния до первичной обмотки. Эта зависимость имеет вид:

$$\varepsilon = a \cdot I \cdot r \cdot \Delta I / \Delta t + b \cdot I \cdot r^2 \cdot \Delta r / \Delta t, \quad (3)$$

где a и b – некоторые постоянные коэффициенты; I – величина первичного тока по обмотке; r – расстояние от обмотки до областей электролита, в которых индуцируются вторичные токи.

Если в выражении закона электромагнитной индукции Фарадея раскрыть величину магнитного потока:

$$\Phi = B \cdot S, \quad (4)$$

где $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H,$ (5)

то в силу закона Био-Савара-Лапласа:

$$H = I/2\pi r, \quad (6)$$

можно общее выражение закона Фарадея переписать

$$\varepsilon = A \cdot \Delta(I/r)/\Delta t, \quad (7)$$

где A вбирает в себя все постоянные коэффициенты предыдущих промежуточных выражений.

Правомочность применения закона Био-Савара-Лапласа обусловлена тем, что рассматривается область электролита непосредственно вблизи обмотки, когда пренебрежимо малое расстояние до обмотки позволяет считать участок любого ее витка за участок прямого провода (рис. 1).

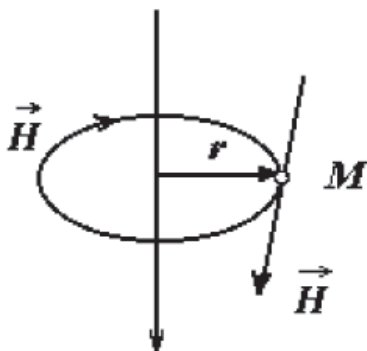


Рис. 1. Схема ориентации магнитного поля вблизи прямого провода

Дифференцируя уравнение (7) получаем:

$$\varepsilon = -(A \cdot 1/r \cdot \Delta I/\Delta t + A \cdot I \cdot 1/r^2 \cdot (\Delta r/\Delta t)), \quad (8)$$

ЭДС

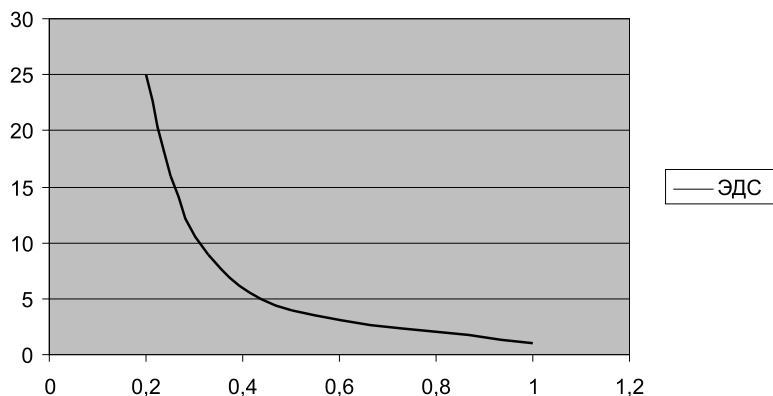


Рис. 2. Зависимость ЭДС индукции от расстояния r до первичного тока

т.е. величина ЭДС индукции является суммой двух составляющих. Первая часть:

$$\varepsilon_1 = -A \cdot 1/r \cdot \Delta I/\Delta t \quad (9)$$

возникает при изменении тока в первичной обмотке и порождает в электролите вторичный ток. Взаимодействие же вторичного индукционного тока в электролите с первичным током в обмотке приводит к образованию второй части ЭДС:

$$\varepsilon_2 = A \cdot I \cdot 1/r^2 \cdot (\Delta r/\Delta t). \quad (10)$$

Таким образом, рассматривая систему двух обмоток, из которых одна – первичная обмотка трансформатора, погруженная в электролит, а вторая – короткозамкнутый виток электролита вокруг первичной обмотки, можно сделать вывод о том, что в близлежащих областях к виткам первичной обмотки индуцируется высокая ЭДС, так как $r \rightarrow 0$ (практически r равна толщине изоляции провода).

Экспериментально установлено, что индуцирование токов в электролите возможно при больших значениях вторичного тока, при этом вследствие конвекции в ванне электролита и диффузионных процессов происходит перемешивание электролита, что позволяет подвергать его обработке индукционными токами во всем объеме, эта идея реализована в патентах РФ [3-11].

Как известно из теоретических и экспериментальных исследований [12,13], переменный электрический ток оказывает окислительно-восстановительное действие на электролиты, в результате которого компоненты примесей и молекулы воды после диссоциации имеют возможность образовывать гидроксиды, оседающие в шлам.

Таким образом:

$$\text{ЭДС} = K \cdot 1/r. \quad (11)$$

Это выражение наглядно можно представить графически (рис. 2).

Гиперболический характер зависимости величины ЭДС индукции в электропроводящей среде от расстояния до первичного тока позволяет сделать нам вывод, что заметное значение ЭДС в проводящей среде возникает вблизи первичного тока. Поскольку электропроводность жидкостей на много порядков меньше электропроводности металлов, то гиперболический характер зависимости ЭДС от расстояния до первичного тока в электролитах позволял скрывать эту зависимость со времен открытий Фарадея. Действительно, на практике все электротехнические устройства, имеющие обмотки, размещают вдали от жидких сред, избегают контакта любых обмоток с водой и др жидкостями. Ясно, что заметить какие-либо э.д.с в таких условиях невозможно.

2. Электрохимический механизм воздействия индукционных электрокоагуляторов на компоненты электропроводящей среды.

Вторым общим свойством индукционных электрокоагуляторов является электрохимический механизм воздействия на компоненты электропроводящей среды. Поскольку индукционные токи в проводящей среде являются короткозамкнутыми на себя, то электролиз сплошной среды осуществляется локально в каждой точке занимаемого средой объема.

В результате такого электролиза подвергаются ионизации все молекулы растворимых компонентов и самого растворителя. В наших исследованиях мы использовали в качестве растворителя воду, поэтому говорить здесь о поведении других растворителей под действием индукционных токов нельзя.

В результате электролиза среды повышается интенсивность всех химических реакций: окисления и восстановления, замещения и разложения и др. Особенно здесь необходимо отметить изменение под действием электролиза кислотности и щелочности водных сред.

Данное обстоятельство расширяет воздействие индукционных токов на биологические объекты – высокая кислотность и щелочность избирательно действуют на микроорганизмы, разлагают высокомолекулярные соединения и др

Общим свойством индукционных электрокоагуляторов при воздействии на различные процессы является проведение многофакторного и многопараметрического процесса в многокомпонентных системах. Действительно, в результате электролиза электропроводящей среды в ней образуются и исчезают компоненты, изменяется температура, электропроводность, другие физические и химические параметры.

Поэтому, математическая обработка экспериментальных результатов в наших исследованиях оказалась возможной только с применением методики математического моделирования многофакторных и многопараметрических процессов в многокомпонентных системах, разра-

ботанной профессором Вертинской Н.Д. Подробнее это изложено в [14].

3. Конструктивные и эксплуатационные особенности индукционных электрокоагуляторов.

1. Патент № 2061659 РФ Электрокоагулятор позволяет обрабатывать индукционными токами высокотоксичную жидкость, пропуская ее по трубчатой обмотке между 2 сосудами, изолированными от внешней среды. Естественно, трубчатый канал обладает высоким гидравлическим сопротивлением, снижая производительность электрокоагулятора.

С целью увеличения производительности такого электрокоагулятора возможна параллельная работа большого числа таких устройств, что сразу ухудшает массово-габаритные показатели этого устройства. Кроме того, обмотка с сердечником обладает высокой индуктивностью, поэтому данный электрокоагулятор имеет большую реактивную мощность, снижая $\cos \phi$. С целью повышения $\cos \phi$ возможно использование реактивных компенсаторов емкостного типа, что снова приводит к дополнительному ухудшению массово-габаритных показателей.

2. Патент № 2076074 РФ Электрокоагулятор позволяет обрабатывать сточные воды, пропуская их через емкость, в которой размещен сердечник индуктора, наличие входной и выходной трубы этой емкости повышает гидравлическое сопротивление устройства, снижая его производительность. Кроме того, индуктор с магнитным сердечником приводит к высокой реактивной мощности, требуя применение компенсаторов. Таким образом данный электрокоагулятор, обладая способностью обрабатывать высокоагрессивные среды, имеет плохие массово-габаритные показатели и низкую производительность.

3. Электрокоагулятор по патенту № 2077964 РФ Многофазный индукционный электрокоагулятор для обработки слабых электролитов в сосудах, обладая высокой реактивной мощностью, также имеет плохие массово-габаритные показатели и низкую производительность. Этот электрокоагулятор был использован нами в лабораторных условиях для исследовательских целей.

4. Патент № 2098357 РФ представляет электрокоагулятор плавающего типа. Его можно использовать в открытых водоемах, что исключает применение трубопроводов и сосудов, увеличивая производительность обработки. Однако, высокая реактивная мощность индукторов этого устройства приводят к плохим массово-габаритным показателям.

5. Патент № 2146229 РФ Проточный индукционный электрокоагулятор – это электрокоагулятор проточного типа без магнитного сердечника. Эта конструктивная особенность повышает $\cos \phi$, но небольшие зазоры между обмотками создают высокое гидравлическое сопротивление, снижая производительность

устройства. Обеспечить заданную производительность такими электрокоагуляторами можно путем параллельной работы большого их количества. Опытно-конструкторский образец данного электрокоагулятора был разработан по техническому заданию ОАО «Востсибэлемент». К сожалению, по ряду экономических обстоятельств данное предприятие прекратило свое существование в конце 90-х годов.

Проточный индукционный электрокоагулятор по патенту № 2146229 состоит из цилиндрического корпуса 1 с входом 2 и выходом 3

(рис. 3). Внутри корпуса 1 установлены коаксиально друг в друге стаканы 11 с катушками 12 и боковыми отверстиями 13. Все катушки 12 соединены между собой электрически согласно направлениям своих магнитных потоков. Вывод 14 первой катушки 12 и вывод 15 последней катушки 12 подключены к сети электропитания с помощью типовой коммутационной аппаратуры. Количество стаканов 11 с катушками 12 может быть произвольным, и определяется заданной степенью очистки, и производительностью электрокоагулятора.

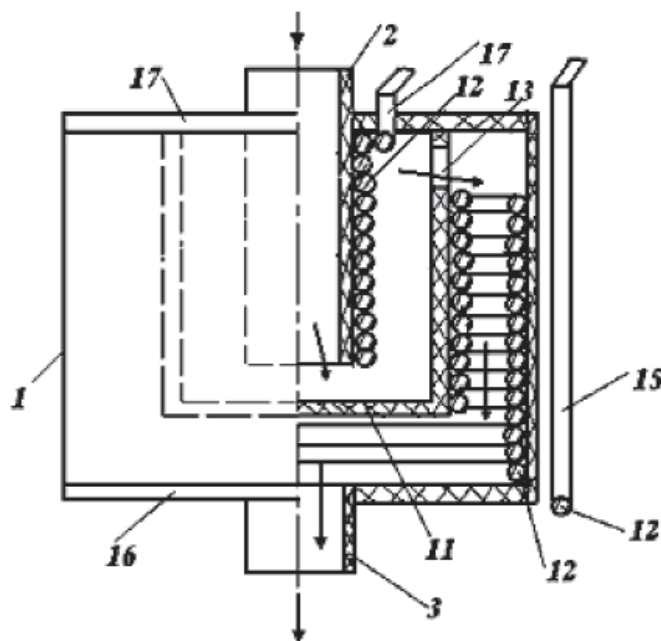


Рис. 3. Проточный индукционный электрокоагулятор. Соединение половины вида с половиной разреза:
1 – корпус; 2 – штуцер входа; 3-штуцер выхода; 11 – стакан; 12 – катушка;
13 – боковое отверстие; 15 – вывод; 16 – днище; 17 – крышка

При протекании переменного тока по катушкам 12, в сточных водах, протекающих по стаканам 11, индуцируются вторичные токи, воздействие которых вызывает коагуляцию компонент стоков, которые уносятся ими через патрубков 3.

6. Патент № 2211573 РФ Способ и устройство для электрокоагуляции молока, в нем реализована способность электрохимического воздействия индукционных токов повышать кислотность водной среды. В данном устройстве за счет повышения кислотности обеспечивается свертываемость молочных белков без предварительного сквашивания, так как в период работы над данным электрокоагулятором в ИрГТУ не проводились никакие исследования по пищевым технологиям, то патент оказался невостребованным.

7. Патент № 2264992 РФ Устройство для электрохимического обеззараживания природных вод. Он реализует отмеченное в разделе II бактерицидное действие индукционных токов

в водных средах. Вместе с тем, эффективность такого бактерицидного действия можно указывать только после сравнения количества микроорганизмов на входе и выходе устройства. Так как в ИрГТУ не проводятся никакие микробиологические исследования, то работы по проектированию и применению данного патента без специалистов по микробиологии невозможны.

8. Патент № 2227825 РФ Способ и устройство электрохимической переработки углей реализует отмеченную выше в разделе II способность индукционных токов создавать высокощелочную среду, в которой при высоких температурах протекает разложение высокомолекулярных соединений (сапропелитов) на газообразные, жидкие и твердые фрагменты углеводов. Малые зазоры в индукторе по данному патенту создают высокое гидравлическое сопротивление. Поэтому, достижение высокой производительности возможно путем параллельной работы большого числа данных устройств.

9. Патент № 2405134 РФ Способ и устройство спектрофотометрического мониторинга природных вод реализует свойство индукционных токов ионизировать в процессе электролиза все компоненты водного раствора. В результате такого возбуждения компонент водных растворов повышается интенсивность спектров поглощения соответствующих элементов. Этот эффект положен в основу определения содержания примесей по месту нахождения датчика с таким индуктором.

Выводы

1. Главным общим свойством всех индукционных электрокоагуляторов является их принцип действия – электромагнитная индукция в электропроводящей среде.

Как известно из теоретических и экспериментальных исследований, переменный электрический ток оказывает окислительно-восстановительное действие на электролиты, в результате которого компоненты примесей и молекулы воды после диссоциации имеют возможность образовывать гидроксиды, оседающие в шлам. Гиперболический характер зависимости величины ЭДС индукции в электропроводящей среде от расстояния до первичного тока, позволяет заключить, что заметное значение ЭДС в проводящей среде возникает вблизи первичного тока.

2. Вторым общим свойством индукционных электрокоагуляторов является электрохимический механизм воздействия на компоненты электропроводящей среды. В результате электролиза среды под действием индукционных токов повышается интенсивность химических реакций. В особенности под действием электролиза изменяется pH обрабатываемой среды. Отмеченное обстоятельство расширяет воздействие индукционных токов на биологические объекты – высокая кислотность и щелочность избирательно воздействуют на микроорганизмы.

3. В процессе исследований по теме автором разработаны различные устройства индукционных электрокоагуляторов, в зависимости от конкретных условий эксплуатации. Практическая разработана опытно-конструкторская модель проточного индукционного электрокоагулятора по патенту № 2146229 РФ для промышленного предприятия ОАО «Востсибэлемент», к сожалению оно прекратило свое существование в силу экономических обстоятельств. Поэтому мы не располагаем реальными сведениями о практической работе этой модели.

4. Поскольку устройство для электрохимического обеззараживания природных вод по патенту № 2264992 РФ основано на изложенных выше принципах, то для его реализации также необходима опытно-конструкторская модель на базе конкретного промышленного предприятия, для работы в конкретных эксплуатационных условиях.

5. Как указано выше, многофакторный и многопараметрический характер электрохи-

мических процессов в многокомпонентных системах во всех упомянутых индукционных электрокоагуляторах требует в процессе НИ-ОКР применения методики профессора Вертинской Н.Д.

Список литературы

1. О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 1996 году: Государственный доклад. – Иркутск, 1997. – С. 230.
2. Рогов В.М. Электрохимическая технология изменения свойств воды. – Киев: Наукова думка, 1989. – 237 с.
3. Электрокоагулятор: Патент РФ №; №2061659, МКИ С 02 F 1/463 / Вертинский А.П. опубл. 27.03.97. Бюл. № 9.
4. Электрокоагулятор: Патент РФ № 2076074 МКИ С 02 F 1/463 / Вертинский А.П. опубл. 27.03.97. Бюл. № 9.
5. Многофазный индукционный электрокоагулятор: Патент РФ № 2077964 МКИ С 02 F 1/463 / Вертинский А.П. опубл. 27.04.97. Бюл. № 12.
6. Плавающий индукционный электрокоагулятор: Патент РФ № 2098357 МКИ С 02 F 1/463 / Вертинский А.П. опубл. 10.02.97. Бюл. № 34.
7. Проточный индукционный электрокоагулятор: Патент РФ № 2146229. МКИ С 02 F 1/463 / Вертинский А.П. опубл. 10.03.2000.
8. Способ и устройство для электрокоагуляции молока: Патент РФ № 2211573 МКИ А 23 С 9/00. 9/14 / Вертинский А.П. опубл. 10.09.2003. Бюл. №25.
9. Устройство для электрохимического обеззараживания природных вод: Патент РФ № 2264992 МКИ С 02 F 1/48 / Вертинский А.П. опубл. 27.11.05 Бюл. №33.
10. Способ и устройство для электрохимической переработки углей: Патент № 2272825 / Вертинский А.П. опубл. 27.03.06 Бюл. №9.
11. Устройство спектрофотометрического мониторинга природных вод: Патент РФ № 2405134 МПК G01N 21/27 / Вертинский А.П. опубл. 27.11.10 Бюл. № 33.
12. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.М. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
13. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод // Химия. – 1983. – 376 с.
14. Вертинская Н.Д. Математическое моделирование многофакторных и многопараметрических процессов в многокомпонентных системах. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. – 287 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ КАУЧУКА ВВЕДЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СТАДИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Пугачева И.Н., Никулин С.С.

Воронежская государственная технологическая академия, Воронеж, e-mail: eco-inna@yandex.ru

В настоящее время в резинотехнической промышленности используются наполнители различного типа. Перспективный способ ввода наполнителей в композиты, базируется на вводе их в полимерные матрицы на стадии производства синтетических высокомолекулярных соединений. Данный способ позволяет получить наполненные композиты с равномерным распределением наполнителя в полимере. С научной и практической точки зрения представляет интерес изучить, влияние волокнистых и порошкообразных наполнителей, введенных в полимерную матрицу на процесс сушки получаемой крошки каучука.

Для исследований в качестве наполнителей выбраны волокнистые – хлопок, вискоза,