

Торшин В. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ЮТКИНА

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/7/71.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 7 (14). С. 197-203. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

привели к питтинговой коррозии оборудования, но датчик уже сигнализирует об опасности ее возникновения.

МОНИТОРИНГ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЕЙ

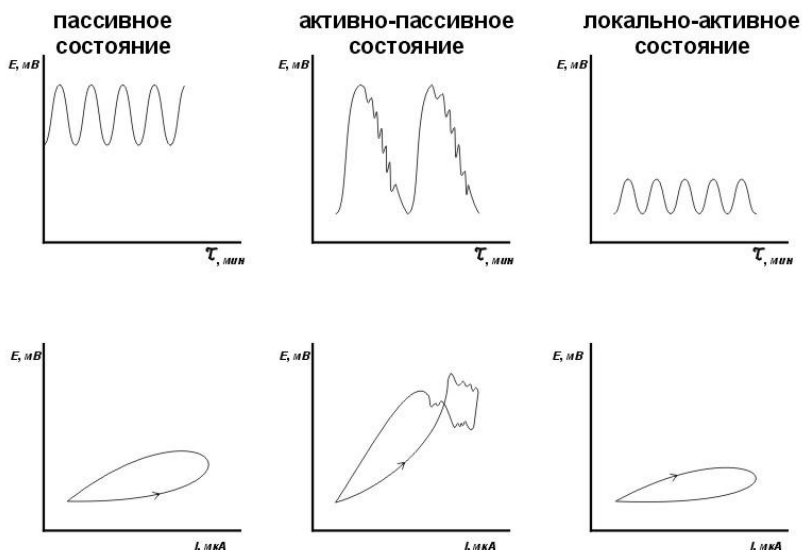


Рис. 2. Мониторинг коррозионного состояния поверхности сталей

Наши исследования показали, что большой запас питтингостойкости по потенциалу не всегда сопровождается таким же большим запасом по плотности тока, хотя известно, что именно плотность тока отражает изменения агрессивности коррозионной среды. Поэтому, на наш взгляд, корректнее использовать другой параметр - запас питтингостойкости по плотности тока, или учитывать оба запаса.

Поскольку запас питтингостойкости по потенциалу определяется в нестационарных условиях, то вследствие инкубационного периода в развитии процесса питтинговой коррозии, реальный запас может быть значительно ниже. Для исключения этой неопределенности разработан иной подход. Для получения более надежных данных о запасе питтингостойкости предлагается периодически на образце свидетеле определять потенциал питтинговой коррозии (в соответствии с ГОСТ 9.912-89) и в качестве запаса питтингостойкости рассматривать основной базис питтингостойкости. В качестве критерия опасности питтинговой коррозии в данном случае используется снижение основного базиса питтингостойкости до заранее заданной величины.

Список использованной литературы

1. Кайдриков, Р. А. Мониторинг питтинговой коррозии технологического оборудования / Р. А. Кайдриков, Б. Л. Журавлев, Л. Р. Нуруллина // Защита металлов. - 1999. - Т. 35. - № 2. - С. 244-245.
2. Ломовцев, В. И. Выбор критерия и метода оценки питтингостойкости промышленного оборудования / В. И. Ломовцев, А. П. Городничий, А. Б. Быков // Защита металлов. - 1993. - Т. 29. - № 1. - С. 36-43.
3. Розенфельд, И. Л. Новые методы исследования локальной коррозии / И. Л. Розенфельд, И. С. Данилов. - М.: Наука, 1973. - С. 193-201.
4. Розенфельд, И. Л. Коррозия и защита металлов / И. Л. Розенфельд. - М.: Металлургия, 1969. - 448 с.
5. Таранцева, К. Р. Мониторинг питтинговой коррозии / К. Р. Таранцева. - Пенза, 1996. - 17 с. - Деп. в ВИНТИ РАН. - № 988-В96.
6. Ткачева, В. Э. Мониторинг коррозионного состояния хромоникелевых сталей / В. Э. Ткачева, Л. Р. Назмиева, Б. Л. Журавлев, Р. А. Кайдриков // Вестник Казанского технологического университета. - 2006. - № 3. - С. 150-153.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ЮТКИНА

Торшин В. В.
Институт проблем управления РАН

Применение электрического разряда в жидкости (эффекта Юткина [1]) давно зарекомендовало себя как одно из эффективных средств получения значительных механических усилий непосредственного преобразования электрической энергии в механическую энергию. Такой способ преобразования позволяет избежать дополнительных передаточных устройств и механизмов, что в конечном итоге сказывается на коэффициенте полезного действия техники. Мгновенное усилие, прикладываемое к минимальному объему жидкости, позволяет достигать огромных импульсных мощностей, что с успехом используется в промышленности.

Если использовать методы *логической электродинамики* то можно выделить такие компоненты, которые

непосредственно влияют на условия выполнения электрогидравлического эффекта. На основе анализа *теоретической* функциональной модели может быть получена *объединенная функция или обобщенный закон* для электрогидравлического эффекта, составляющие которого могут указать *направления научного поиска* для совершенствования существующих и проектирования новых машин и механизмов.

При этом не важно, какие и сколько законов мы включим в такую совокупность (систему) законов. Точно также, не имеет значения, какие параметры (элементы) могут быть отобраны и в самих законах, главное чтобы они имели какое-то, пусть косвенное и не всегда явное, отношение к выполнению некоего *обобщенного* закона, на основе которого будет или уже реализован электрический разряд в жидкости.

Формально, мы можем включать в число параметров выбранных законов любое разумное множество параметров из других законов, возможно и не столь явно влияющих на его выполнение. Однако из всего множества законов и параметров этих законов, всегда найдутся такие, для которых можно определить некоторое *минимальное* количество, без наличия которых рассматриваемый эффект не сможет произойти.

На основе методики, которая была изложена в предыдущих статьях, рассмотрим процесс создания *абстрактной функционально-логической модели* и построение *обобщенного закона* для электрогидравлического эффекта.

В работе [2] в Таблице 1 под номером 63, электрогидравлический эффект трактуется следующим образом. Для создания поля постоянной механической напряженности (ПМО) достаточно, чтобы существовало два других поля: поле, изменяющее электрическое (ПИЭ) и поле постоянное гидравлическое (ППГ). Математически формально это условие можно записать в следующем виде:

$$ПИЭ * ППГ \rightarrow ПМО \quad (A)$$

Этот же эффект через течения может быть формально записан в виде:

$$ТИЭ * ТПГ \rightarrow ТМО, \quad (B)$$

где *ТИЭ* - переменный (изменяющийся) электрический ток, *ТПГ* - течение жидкости, *ТМО* - механическое перемещение постоянное.

Посмотрим, как может выглядеть абстрактная *функционально-логическая модель*, для электрогидравлического эффекта представленная в функциях алгебры логики [3].

Итак, в процессе электрического разряда жидкости участвуют три составляющие: z_1 - поле, изменяющее электрическое (ПИЭ), z_2 - поле постоянное гидравлическое (ППГ), z_3 - поле постоянной механической напряженности (ПМО). Тогда *обобщенную функцию общего закона* для получения *электрогидравлического эффекта* $\varphi_{эз}$ можно записать в виде:

$$\varphi_{эз} = f(z_1, z_2, z_3), \quad (1)$$

В логической форме условие выполнения этого общего закона можно представить в виде конъюнкции трех составляющих электрогидравлического эффекта:

$$\varphi_{эз} = \left[\bigwedge_{i \in K} P_z z_k \right] = z_1 \cdot z_2 \cdot z_3, \quad (2)$$

Каждая составляющая выражения (2) представляет в свою очередь обобщенные компоненты - условно обозначенные как поля, требующие особого детального пояснения. В целом выражение для конъюнкции электрогидравлического эффекта (2) представляет собой то необходимое условие, которое требуется создать, чтобы произошел динамический электрогидравлический удар в жидкости. Покажем, как можно использовать представленную методику логического проектирования для усиления электрогидравлического эффекта Юткина.

Как известно, для снижения поверхностного натяжения жидкости, вводятся поверхностно-активные химические вещества, адсорбирующиеся на поверхностях разделов жидкость - воздух и уменьшающие поверхностную энергию, такие как мыла, жирные кислоты и др. Как известно, поверхностное натяжение σ мыльной воды, меньше чем обычной воды (соответственно 0,04 против 0,0725 у воды [4]). Следовательно, разбить такую поверхность легче. Это связано с одним из свойств воды - *адсорбцией*.

Это свойство воды можно трактовать особым образом, учитывая выражение алгебры логики (2). В этом случае мы добавляем в электрогидравлический эффект еще одно поле - поле химической реакции. Поле химической реакции z_4 , войдет в формулу *обобщенной функции общего закона электрогидравлического эффекта* $\varphi_{эз}$ в качестве дизъюнкции. Тогда *обобщенный закон электрогидравлического эффекта с учетом поля химической реакции* можно записать следующим образом:

$$\varphi_{эз} = z_4 \vee \left[\bigwedge_{i \in K} P_z z_k \right] = z_4 \vee z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 = \left[z_4 \vee z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \right], \quad (3)$$

где z_4 - логическая функция поля химической реакции.

Для экспериментальной проверки возможности выполнения логической функции $\varphi_{\text{эз}}$ при введении дополнительного поля - *поля химической реакции* Z^4 и доказательства увеличения мощности гидравлического удара, был поставлен следующий опыт. В воду, предназначенную для опытов с электрическим разрядом, было добавлено мыло. Концентрация мыльного раствора составляла 15%. Раствор заливался в трубку диаметром 12 мм и длиной 100 мм. Внутри трубки располагались электроды, к которым подводилось высокое напряжение до 18 кВ. На конце трубки размещался стальной шар диаметром 10 мм и массой 50 г. Условно схема эксперимента изображена на Рис. 1.

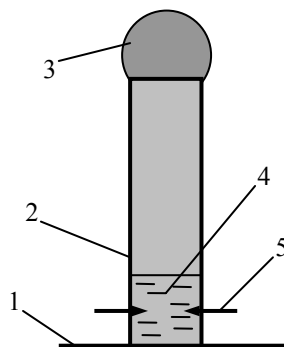


Рис. 1. Установка для проведения опытов со стальным шаром: 1-основание, 2-стальная трубка, 3-стальной шар, 4-жидкость, 5-разрядники

После электрического разряда стальной шар вследствие выброса жидкости вылетал из трубки на определенную высоту. По показаниям высоты выброса шара делалось заключение о мощности гидравлического удара жидкости. При одинаковых уровнях жидкости в трубке и одинаковых параметрах энергетической установки (напряжении, емкости конденсатора, воздушных зазорах, уровне залитой жидкости), стальной шар поднимался на двойную высоту с мыльным раствором по сравнению с обычной водой.

График зависимости высоты подъема стального шара H в зависимости от уровня налитой жидкости в трубке l для воды и мыльного раствора представлен на Рис. 2. Полет стального шара записывался на видеокамеру, поэтому высота полета при покадровом просмотре фиксировалась достаточно точно (в пределах 2 см).

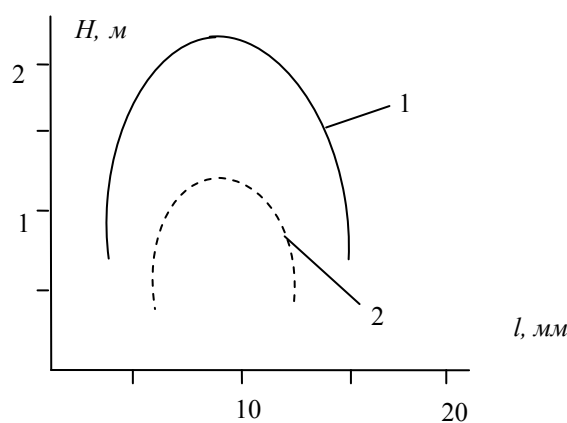


Рис. 2. Зависимость высоты подъема шара от уровня жидкости в трубке: 1 - мыльный раствор, 2 - обычная вода

Как известно, при электрическом разряде навстречу потокам электронов движутся и положительные потоки ионов. Благодаря фотоионизации, образуется светящийся канал, в диапазоне ультрафиолетового излучения. Отметим, что с усилением процесса фотоионизации увеличивается и количество ионизированных частиц, участвующих в электрическом разряде а, следовательно, и увеличивается мощность разряда.

Этот эффект можно объяснить тем, что в выражение для логической функции обобщенного закона электрогидравлического эффекта $\varphi_{\text{эз}}$ (см. выражение 2) добавляется в качестве дизъюнкции еще одно поле - *поле фотоионизации* Z^5 . Тогда с учетом этого обобщенная функция в этом случае будет выглядеть следующим образом:

$$\varphi_{\text{эзэ}} = z_5 \vee \left[\bigwedge_{i \in K, P_i} z_k \right] = z_5 \vee z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 = \left| z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \right|, \quad (4)$$

где z_5 - логическая функция поля фотоионизации.

Выполнение такой логической функции для повышения мощности выброса жидкости подтверждается экспериментом. Чтобы проверить экспериментально выполнение обобщенной функции $\varphi_{\text{эзэ}}$ (4) в зазор между электродами были введены две зеркальные поверхности (Рис. 3). Образующиеся при электрическом разряде лавины нагоняют друг друга, сливаются вместе, образуя проводящий канал стримера [4], [5]. Поэтому, с вводом зеркальных отражающих поверхностей в зону максимальной напряженности электрического поля, т. е. в рабочий междуэлектродный зазор мы добиваемся еще большей фотоионизации молекул и отдельных ионов, действуя по принципу фотоумножителя напряжения при фотоэффекте.

Таким образом, энергия, которая образуется в результате фотоионизации, прямо пропорциональна частоте и постоянной Планка, т. е. известному выражению $W = h\nu$. Поскольку при электрическом разряде выделяется достаточно широкий спектр частот, и ультрафиолетовый в том числе, то по световому потоку, образующемуся после разряда можно судить о мощности электрического разряда. Именно таким образом было доказано экспериментально действие дополнительного поля фотоионизации z_5 . Схема установки для проведения эксперимента с зеркальными плоскостями изображена на Рис. 3.

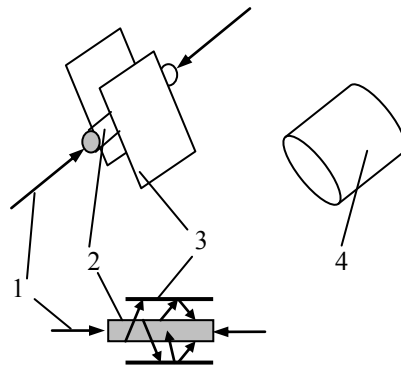


Рис. 3. Электрический разряд с зеркальными плоскостями: 1 - разрядник, 2 - канал основного разряда, 3 - отражающие зеркальные плоскости, 4 - зеркальная трубка

О действии поля фотоионизации z_5 на мощность разряда можно судить по фотографиям, представленным на Рис. 4-6.



Рис. 4. Электрический разряд в жидкости без зеркальных элементов

На Рисунке 4 изображен фрагмент видеосъемки без зеркальных плоскостей. На Рис. 5 фотография фрагмента с плоскими светоотражающими зеркальными пластинами. На Рис. 6 представлена фотография (вырезанный фрагмент из видеосъемки), когда в качестве светоотражающей поверхности вместо плоскостей использовалась зеркальная трубка (4 на Рис. 3), помещенная в канал электрического разряда.

Как видно из Рисунка 6 максимальное свечение можно наблюдать тогда, когда весь канал охвачен отражающей зеркальной поверхностью (трубка). Расстояние между зеркальными плоскостями и каналом разряда варьировалось от 1 до 5 мм. Диаметр трубки также изменялся от 3 до 6 мм. Чем ближе отражающие поверхности находились к каналу разряда, тем разряд был мощнее.

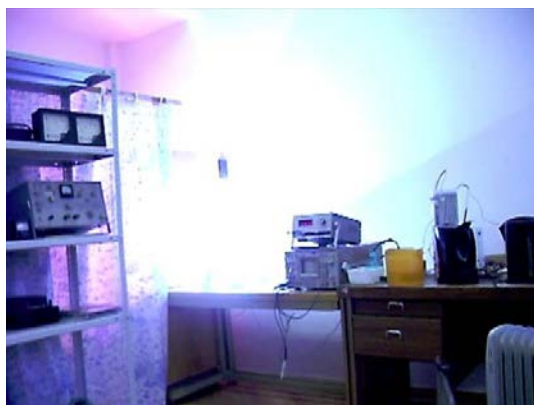


Рис. 5. Электрический разряд в жидкости с использованием плоских светоотражающих зеркальных поверхностей

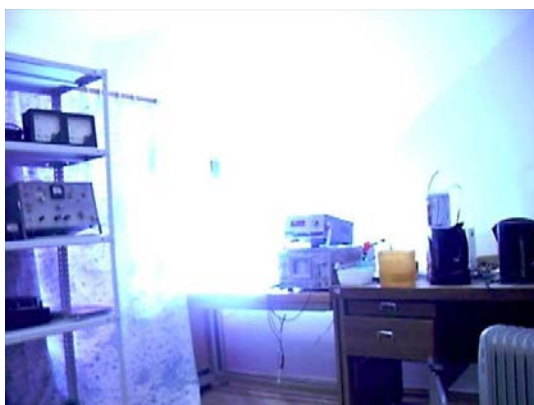


Рис. 6. Электрический разряд с использованием зеркальной трубки

Параметры энергетической установки были следующими. Напряжение разряда $U_p = 20$ кВ, емкость конденсаторной батареи 1мкФ, рабочий зазор в жидкости 12 мм. В качестве зеркальных поверхностей использовалась полиэтиленовая пленка с зеркальной поверхностью. Опыты с обычными зеркалами заканчивались их полным разрушением. Полиэтиленовая пленка позволила проводить многократные опыты, поскольку была установлена на гибких пластиковых держателях и от взрыва не разрушалась.

Еще одним методом увеличения мощности выброса жидкости после электрического разряда в жидкости можно назвать способ, основанный на *наложении ударных волн*. Как известно, при столкновении волн от двух источников колебаний с одинаковой частотой, а, следовательно, и имеющие одинаковую длину волны, может возникать своеобразное явление, называемое *интерференцией*. Если в каком-то месте в данный момент сойдутся гребни обеих волн, т. е. обе волны придут в одинаковой фазе, то в этой точке *образуется усиленное колебание*. И наоборот, если волны придут в противоположной фазе, то произойдет взаимное ослабление волн. Таким образом, образуется *интерференционная картина*.

Использование явления интерференции для усиления мощности взрыва, также можно трактовать с точки зрения *логической электродинамики* как добавление в обобщенную функцию для электрогидравлического эффекта $\Phi_{эзэ}$ (2) еще одного поля - *поля распространения ударной волны* Z_6 .

Ввиду этого обобщенную логическую функцию $\Phi_{эзэ}$ с учетом поля распространения ударной волны Z_6 можно записать как:

$$\Phi_{эзэ} = Z_6 \vee \left[\bigwedge_{i \in K P_z} Z_k \right] = Z_6 \vee Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 = \left| Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \right|, \quad (5)$$

где Z_6 - логическая функция поля распространения ударной волны.

Чтобы экспериментально доказать выполнение полученной логической функции, была создана установка по использованию явления интерференции при электрическом разряде в жидкости, в которой одновременно происходил разряд одновременно в двух разрядных промежутках. Сложность заключалась не только в обеспечении одинаковых межэлектродных зазоров, но и в синхронном проведении разряда, поскольку сам электрический разряд происходит случайным образом и зависит от многих факторов.

Изменяя расстояние между разрядниками d можно было получать усиление мощности выброса жидкости за счет наложения ударных волн от двух источников. Такое наложение было получено в результате многочисленных экспериментов. Однако получить 100% результат, т. е. одновременный разряд и наложение

двух волн пока все же не удалось. Но эффект, когда это условие соблюдалось, был весьма впечатляющим. Так, при напряжении источника 17 кВ результат опыта показал результат (объем выброшенной жидкости из испытательной емкости) значительней, чем при одном разряднике при напряжении 24 кВ. Условно схема для получения интерференционных волн, показана на Рис. 7.

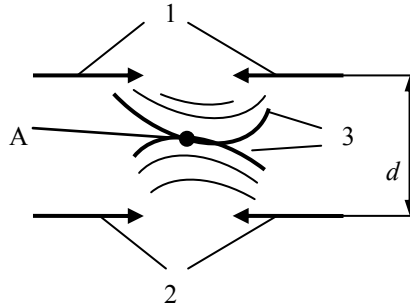


Рис. 7. Интерференционная картина при электрическом разряде от двух разрядников: 1 - первый разрядник, 2 - второй разрядник, 3 - ударные волны от первого и второго разрядников, А - точка встречи ударных волн

Если учитывать все вышеприведенные в качестве примеров поля, т. е. поле химической реакции Z_4 , поле фотоионизации Z_5 и поле распространения ударной волны Z_6 , то выражение для обобщенного закона электрогидравлического эффекта $\varphi_{эз}$ (2) можно записать в следующем виде:

$$\varphi_{эз} = Z_4 \vee Z_5 \vee Z_6 \vee Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 = \left| \begin{array}{c} Z_4 \\ Z_5 \\ Z_6 \\ Z_1 \quad Z_2 \quad Z_3 \end{array} \right|, \quad (6)$$

Напомним, что в выражении (6) Z_1 - поле, изменяющее электрическое (ПИЭ), Z_2 - поле постоянное гидравлическое (ППГ), Z_3 - поле постоянной механической напряженности (ПМО). Тогда обобщенную функцию общего закона для получения электрогидравлического эффекта $\varphi_{эз}$ с учетом еще трех полей поля химической реакции Z_4 , поля фотоионизации Z_5 и поля распространения ударной волны Z_6 можно записать в виде:

$$\varphi_{эз} = f (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6), \quad (7)$$

Кроме указанных полей, существуют еще большое множество, которое можно добавлять в обобщенную логическую функцию $\varphi_{эз}$ (7). Например, магнитное поле Z_7 . В тот момент, когда начнется процесс фотоионизации в канале разряда, а, следовательно, начнется движение заряженных частиц, воздействие магнитного поля обязательно скажется на мощности взрыва. Дальнейшие исследования в этом направлении могут дать ответ на этот вопрос.

Таким образом, логическая электродинамика позволяет записывать обобщенные функции для различных законов, эффектов и закономерностях и на их основе проектировать новые механизмы и аппараты. В частности, такая обобщенная функция была получена для электрогидравлического эффекта $\varphi_{эз}$ (6), которая логическим образом показывает возможность увеличения мощности взрыва. Это с успехом было проверено в ходе экспериментальных исследований. При одновременном использовании трех дополнительных полей: поля химической реакции Z_4 , поля фотоионизации Z_5 и поля распространения ударной волны Z_6 мощность взрыва, безусловно, увеличится еще значительней.

Рассмотренные примеры повышения мощности взрыва после электрического разряда могут быть внедрены в новые машины, устройства и механизмы, в основе которых лежит электрический разряд в жидкости. Более подробно применение рассмотренной методики для других областей науки и техники рассматривается в литературе [3]. Использование логической электродинамики позволило получить целый ряд патентов на новые технические устройства [7-12].

Список использованной литературы

1. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. - М.-Л.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1955. - С. 50.
2. Прангишвили И. В., Пашенко Ф. Ф., Бусыгин Б. П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. - М.: Наука, 2001. - С. 525.
3. Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Пашенко Ф. Ф. Логические методы в электродинамике. - М.: ЦП ВАСИЗДАСТ, 2007. - 350 с.
4. Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике. - М.: Наука, 1964. - С. 246.
5. Торшин В. В., Аверьянова В. В., Бусыгин Б. П., Пашенко Ф. Ф. Эксперименты с электрическим разрядом в жидкости. - М.: Издательство «Карпов», 2005. - 31 с.
6. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Бусыгин Б. П. Физические процессы в жидкости под воздействием электрического разряда. - М.: Издательство «Карпов», 2005. - 122 с.
7. Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Круковский Л. Е., Пашенко Ф. Ф. Высоковольтный разрядник (варианты). - Патент на изобретение № 2296404, опубликован 27.03.07, бюллетень изобретений № 9.
8. Торшин В. В., Круковский Л. Е., Пашенко Ф. Ф. Способ генерирования пара и импульсный парогенератор для осуществления этого способа. - Патент на изобретение № 2293913, опубликован 20.02.07, бюл. изобр. № 5.
9. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е., Кабанов Д. А. Устройство для пуска дизельного двигателя. - Патент на изобретение № 2301353, бюл. из. № 17 20.06.07.
10. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е. Поршневой компрессор с электрогидравлическим разрядом. - Патент на изобретение № 2306455, бюл. из. № 26 от 20.09.07.
11. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е. Способ извлечения пакера. - Патент на изобретение № 2311523, бюл. из. № 33 от 27.11.07.
12. Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е. Универсальный импульсный электрогидравлический ударник для скважин. - Патент на изобретение № 2318982, бюл. из. № 7 от 10.03.08.

ЛОГИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Торшин В. В.

Институт проблем управления РАН

Современное развитие человечества не возможно без развития отраслей, связанных с добычей, производством и переработкой полезных ископаемых природы. Альтернативные источники либо имеют очень низкий КПД, либо производство таких источников слишком дорого до настоящего времени.

Получение энергии в конечном итоге сводится к выработке электрической энергии, преобразование которой в другие виды энергии основывается на известных законах электрического и магнитного взаимодействия, т.е. на законах электродинамики. Найти наиболее подходящий, альтернативный источник энергии, создать совершенно новое устройство, действующее на иных принципах, базирующихся на известных и новых, пока еще не открытых эффектах и закономерностях, без знания направлений поиска, практически невозможно. Предлагаемая методика как раз и направлена на решение такой сложной задачи.

Покажем, как можно на практике воспользоваться такой методикой с целью получения новых эффектов и закономерностей при исследовании магнитных и электрических полей. Для этого чтобы использовать предлагаемую методику нам придется взять на вооружение *методы алгебры логики Буля* [1], [2]. Эта математическая наука умеет формальным образом увязывать далекие друг друга понятия из разных областей наук и позволяет логическим путем объединять взаимодействия, казалось бы, несовместимых явлений. Любой закон электродинамики может быть представлен через логические функции алгебры. *Использовать универсальность законов алгебры логики для создания новых физических законов и закономерностей, и является основной задачей данной статьи.* Естественно в рамках отдельной статьи невозможно показать весь материал, однако принципы использования алгебры логики для «проектирования» законов электродинамики будут показаны на примере закона Ампера, как одного из основополагающих законов электродинамики.

При исследовании сложных технических систем используются различные способы описания условий работы этих систем. Недостатком многих существующих методов исследования технических систем является именно *невысокая степень формализации объектов исследования.* А если это касается физических законов и закономерностей, то вопрос формализации вообще становится практически фантастичным. Тем не менее, в литературе известны работы по этой сложной тематике. Так, в работе [3] представлены таблицы, в которые сведены более трехсот закономерностей, описанных в работе [4]. Анализ и обобщение этих закономерностей показал, что большинство известных законов, эффектов и опытов, касающихся взаимодействия различных полей, можно свернуть (сократить количество основных параметров, определяющих эти законы и закономерности) в таблицы. В строчках таких таблиц находятся некоторые поля, характеризующие эти законы. Например, для закона Ампера отдельная строка такой таблицы 1[3] представлена в следующем виде:

Закон Ампера: ППМ * ППЭ \rightarrow ПМО. (А)

где ППМ - поле постоянное магнитное, ППЭ - поле постоянное электрическое, ПМО - поле механической напряженности, * - математический знак суперпозиции.

Это так называемый прямой закон Ампера. Простой перестановкой составляющих можно получать и обратные законы. Однако если бы это было все так просто! Во-первых, не для каждого закона в Таблицах 1-3