# ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

*Торшин В. В.*
*Институт проблем управления РАН*

Покажем более подробно, как с помощью представленной методики использования алгебры логики в электродинамике [1], могут быть созданы неизвестные ранее законы, эффекты и закономерности, на основе которых можно реализовать совершенно новые машины, устройства и механизмы. Для этого рассмотрим примеры построения законов, *используя алгебру логики для анализа внутренних составляющих самого закона.* Рассматривая обобщенную функционально-логическую зависимость (9), представленную в предыдущей статье [1], составим *дополнительные логические функции* $X_i$, которые способны адекватно описать взаимодействия электрического и магнитного поля с целью получения некоторых компонентов из числа присутствующих в выражении (9) [1].

Иными словами, поставим себе целью ответить на вопрос: *каким образом можно получить электрическое поле (электрический ток) или магнитное поле (магнитную индукцию) используя математический аппарат алгебры логики*? После этого сопоставив полученные логические функции с теми устройствами, механизмами, которые уже осуществлены на практике, и тогда можно будет определить такие логические функции, которые еще не используются в действительности. Подобная последовательность действий даст возможность найти возможные направления дальнейших исследований с целью последующей материализации логических функций в конкретные машины, механизмы и устройства, которые пока еще не созданы и не встречаются на практике.

*Такой подход* обнаруживает не только реальность применения предлагаемой методики, ее действенность и эффективность, но и *показывает пути развития новых направлений исследований* при создании и проектировании *абсолютно новых машин и механизмов*. Посмотрим, каким образом из отдельных логических функций обобщенного закона (10) [1], можно получать *синтезированные дополнительные логические функции*, варьируя отдельными элементами.

Если проанализировать выражение (10) [1], то можно получить и обратные зависимости. Например, если в качестве выходного параметра выбрать электрическое поле, то под логической функцией следует понимать $X_{электр}$. При выборе этого параметра необходимо учитывать не только характер изменения электрического поля (постоянное или переменное), но и знак (положительный или отрицательный). С учетом вышесказанного дополнительные логические функции (законы) для электрического поля формально можно представить в виде выражения (1).

$$\left\{\begin{array}{ll}
1. & X_{электр_{пер}} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{мех_{пер}};\\
2. & X_{электр_{пер}} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{мех_{пост}};\\
3. & X_{электр_{пер}} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{мех_{пер}};\\
4. & X_{электр_{пер}} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{мех_{пост}};\\
5. & X_{электр_{пост}} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{мех_{пер}};\\
6. & X_{электр_{пост}} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{мех_{пост}};\\
7. & X_{электр_{пост}} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{мех_{пер}};\\
8. & X_{электр_{пост}} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{мех_{пост}};
\end{array}\right\} \qquad (1)$$

В выражении (1) сосредоточены *дополнительные законы*, которым можно поставить в соответствие как известные законы и закономерности, так и реальные электрические машины и механизмы.

Почти каждый номер логической функции (1-3, 5-8) выражения (1) соответствует известному закону электромагнитной индукции, явлению самоиндукции, правилу Ленца для однородных, неоднородных и изменяющихся полей и т. д. По сути, они основаны на той теоретической базе, которую впервые заложили Ампер, Фарадей, Максвелл и многие другие известные ученые. Главное состоит в том, *что для любого случая движения замкнутого контура, как в однородном*, *так и в неоднородном магнитном поле, а также для случаев деформирующегося контура и неподвижного контура, площадь которого пронизывается изменяющимся потоком магнитной индукции, всегда возникает электрический ток в контуре* (*проводнике), а значит и электрическое поле*.

Электрические машины, базирующиеся на этих законах, хорошо известны теоретически и практически проработаны. Это, прежде всего, электрические генераторы различного типа и назначения: генераторы постоянного и переменного тока, синхронные генераторы, генераторы для измерения частоты вращения двигателей и других вращающихся механизмов, наконец, измерительные приборы и многие другие устройства.

Логической функции под номером 4 можно сопоставить явление магнитострикции. Как известно, под этим явлением понимается изменение формы и объема ферромагнетика при его намагничивании.

Обратное явление, т. е. изменение намагниченности при деформациях, используется в ультразвуковых магнитострикционных вибраторах. Логическая функция под номером 8 реализована на практике в виде униполярного генератора с жидкокристаллическим токосъемом. Этот особый тип генератора постоянного тока используется для получения токов большой величины (до 100000 А) при низких напряжениях до 100 В.

До сих пор мы рассматривали логическую функцию (1) как источник, из которого выбирались элементы для построения дополнительных «выходных» логических функций или законов с целью получения поля механической напряженности $X_{мех}$ (10) [1], и электрического поля $X_{электр}$ (1). Однако возможности алгебры логики на этом не ограничиваются. *Попробуем записать логическую функцию для получения электрического поля без использования механической составляющей*. Как и прежде будем считать, что электрическое поле может быть как постоянным, так и переменным. Если в качестве второй компоненты выбрать магнитное поле $X_{маг}$, которое также может быть как постоянным, так и переменным, то можно представить обобщенную функцию $Z_{эл,маг}$ для этого случая в виде конъюнкции, подчеркивая тем самым неразрывность электрического и магнитного полей:

$$Z_{эл,маг} = \begin{vmatrix} X_{маг_{пер}} \\ X_{маг_{пост}} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X_{электр_{пер}} \\ X_{электр_{пост}} \end{vmatrix}, \tag{2}$$

Тогда условия для выполнения данной логической функции могут быть записаны в виде дополнительных функций:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{эл,маг_1} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{электр_{пер}}, \\ Z_{эл,маг_2} = X_{маг_{пер}} \cdot X_{электр_{пост}}, \\ Z_{эл,маг_3} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{электр_{пер}}, \\ Z_{эл,маг_4} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{электр_{пост}}, \end{array} \right\} \tag{3}$$

Рассматривая условия выполнения функций (3), нельзя не заметить, что каждую из этих функций можно ассоциировать с полями различного вида и назначения. Можно ли эти функции использовать для получения поля механической напряженности $X_{мех}$? Конечно да, и мы это уже показали (10) [1]. Зададимся вопросом: можно ли, например, функцию $Z_{эл,маг_4}$ применить для получения электрического поля? Ответ будет положительный. Это, например, эффект Холла. Как известно, эффектом Холла называется возникновение *поперечного электрического поля* и разности потенциалов в металле или полупроводнике, по которым проходит электрический ток, *при помещении их в магнитное поле*, *перпендикулярное к направлению тока.* В этом случае учитываются электроны внутри проводника, движущиеся со скоростью ***v*** в магнитном поле, которые под действием силы Лоренца отклоняются в определенную сторону, образуя на поперечных сторонах проводника так называемую э.д.с. Холла.

С точки зрения алгебры логики этот эффект можно формально записать в виде следующего выражения:

$$Z_{эл,маг_4} = X_{электр} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{электр_{пост}}, \tag{4}$$

Из этого выражения следует интересный вывод: *для получения электрического поля во внешней среде* ***не всегда есть необходимость присутствия механической составляющей****, иногда достаточно иметь только магнитную и электрическую компоненту*. Для эффекта Холла другие логические функции, входящие в выражение (3) могут быть записаны подобным образом. Входит ли выражение (4) в противоречие с законом электромагнитной индукции? Конечно, нет, поскольку в роли *поля механической напряженности* выступают движущиеся электроны *внутри проводника*.

Однако *сам проводник в реальности неподвижен. В этом случае используется взаимодействия внутренних полей проводника с внешними полями. На это не всегда обращали и обращают внимание*, считая, что для получения электрического тока необходимы условия, описанные выше (10) [1]. Итак, формально составленная логическая функция для электрического поля, $X_{электр} = X_{маг_{пост}} \cdot X_{электр_{пост}}$ может выполняться в реальности, например, в виде закона Холла.

*Особенность логических функций, формализовать и создавать необычные комбинации элементов, входящих в некоторую общую функцию, дает широкие возможности для описания и синтеза законов электродинамики различного типа.*

Используем логическую функцию «дизъюнкция» для записи логической функции $X_{электр}$ для электрического поля. Будем учитывать знак электрического поля. Тогда для взаимодействия, например, двух электрических полей можно составить следующие логические функции (5).

$$\left.\begin{aligned}
&1.\ X_{электр} = \begin{vmatrix} X^{+}_{1элект} \\ X^{+}_{2элект} \end{vmatrix} = X^{+}_{1элект} + X^{+}_{2элект} + X^{+}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект} + 0 \\
&2.\ X_{электр} = \begin{vmatrix} X^{-}_{1элект} \\ X^{-}_{2элект} \end{vmatrix} = X^{-}_{1элект} + X^{-}_{2элект} + X^{-}_{1элект} \cdot X^{-}_{2элект} + 0 \\
&3.\ X_{электр} = \begin{vmatrix} X^{+}_{1элект} \\ X^{-}_{2элект} \end{vmatrix} = X^{+}_{1элект} + X^{-}_{2элект} + X^{+}_{1элект} \cdot X^{-}_{2элект} + 0 \\
&4.\ X_{электр} = \begin{vmatrix} X^{-}_{1элект} \\ X^{+}_{2элект} \end{vmatrix} = X^{-}_{1элект} + X^{+}_{2элект} + X^{-}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект} + 0
\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

где - $X^{+}_{1элект}$, $X^{+}_{2элект}$ соответственно логические функции первого и второго электрических полей положительной полярности, $X^{-}_{1элект}$, $X^{-}_{2элект}$ - логические функции первого и второго полей отрицательной полярности.

Как видно из выражения (5), композитная логическая функция совместного взаимодействия двух электрических полей $X_{электр}$ может принимать различные значения в зависимости от знака первого или второго электрического поля, т. е. должны выполняться четыре дизъюнкции 1-4. Например, дизъюнкция логической функции $X_{электр}$ под номером 1 может выполняться в следующих случаях:

- когда существует только первое электрическое поле положительной полярности $X^{+}_{1элект}$, а второе поле положительной полярности $X^{+}_{2элект}$ отсутствует;

- когда существует только второе электрическое положительной полярности $X^{+}_{2элект}$, а первое поле положительной полярности $X^{+}_{1элект}$ отсутствует;

- когда существуют первое и второе электрические поля положительной полярности и соблюдается конъюнкция $X^{+}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект}$;

- когда отсутствуют и первое, и второе электрическое поле.

Известно, что электрическое поле одинаковой полярности испытывают силу отталкивания, а разной полярности - силу притяжения. Если внимательно рассмотреть третий член уравнения в обобщенной логической функции под номером 1 выражения (5), то нельзя не заметить, что *конъюнкция* $X^{+}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект}$ *представляет собой* направление взаимодействия первого и второго электрического поля, т. е. - *градиент поля*!

Кроме этого, эта логическая функция представляет собой поле механического напряженности или силу взаимодействия между зарядами, а это ничто иное, как *одна из частных составляющих закона Кулона*, выраженная в логической форме!

Учитывая это, и тот факт, что электрическое поле может быть как положительной, так и отрицательной полярности, выражение (5) можно классифицировать как *обобщенный закон Кулона* $Z_{Кэлект}$, *записанный в логической форме*. В полном виде обобщенный закон Кулона в логической форме и с учетом преобразований можно представить в следующем виде:

$$Z_{Кэлект} = X_{мех} = X_{электр} = \begin{Vmatrix} \begin{Vmatrix} X^{+}_{1электр} \\ X^{+}_{2электр} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{-}_{1электр} \\ X^{-}_{2электр} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{+}_{1электр} \\ X^{-}_{2электр} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{-}_{1электр} \\ X^{+}_{2электр} \end{Vmatrix} \end{Vmatrix} = \begin{vmatrix} X^{+}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект} \\ X^{-}_{1элект} \cdot X^{-}_{2элект} \\ X^{+}_{1элект} \cdot X^{-}_{2элект} \\ X^{-}_{1элект} \cdot X^{+}_{2элект} \end{vmatrix}, \qquad (6)$$

Конъюнкции в выражении (6) представляют собой те *минимальные кратчайшие пути функционирования*, без которых закон Кулона не может быть выполнен. По аналогии с законом Кулона для электрических полей, можно записать точно такой же закон Кулона в логической форме и для магнитных полей, а точнее для магнитных полюсов. Хотя понятие магнитного полюса чисто условное, но для практических расчетов магнитных цепей, такое воззрение на магнитное поле используется довольно широко.

Учитывая, что в любом магнитного поле можно выявить два полюса: северный N и южный S, *обобщенный закон Кулона* $Z_{Кмаг}$ *для* полюсов двух *магнитных полей в логической форме* можно записать в виде выражения (7).

Конъюнкции логических функций в выражении (7) характеризуют как направление взаимодействия двух магнитных полюсов (силу притяжения и отталкивания), так и выражают сам факт этого взаимодействия.

$$Z_{Кмаг} = X_{мех} = X_{маг} = \begin{Vmatrix} \begin{Vmatrix} X^{N}_{1маг} \\ X^{N}_{2маг} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{S}_{1маг} \\ X^{S}_{2маг} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{N}_{1маг} \\ X^{S}_{2миг} \end{Vmatrix} \\ \begin{Vmatrix} X^{S}_{1маг} \\ X^{N}_{2маг} \end{Vmatrix} \end{Vmatrix} = \begin{vmatrix} X^{N}_{1маг} \cdot X^{N}_{2маг} \\ X^{S}_{1маг} \cdot X^{S}_{2маг} \\ X^{N}_{1маг} \cdot X^{S}_{2маг} \\ X^{S}_{1маг} \cdot X^{N}_{2маг} \end{vmatrix}, \qquad (7)$$

где $X_{мех}$ - логическая функция поля механической напряженности между двумя магнитными полями, $X_{маг}$ - логическая функция взаимодействия двух магнитных полей, $X^{N}_{1маг}$, $X^{N}_{2маг}$ - логические функции наличия северных полюсов первого и второго магнитного поля, $X^{S}_{1маг}$, $X^{S}_{2маг}$ - логические функции наличия южных полюсов первого и второго магнитного поля.

Эти конъюнкции также как и в случае с законом Кулона для электрического поля выражают *кратчайшие пути функционирования*, без наличия которых закон Кулона для магнитных полей не может быть выполнен.

Как следует из этого закона, чтобы получить поле механической напряженности *необязательно* иметь в наличии электрическое поле, а можно в определенных обстоятельствах оперировать, например, только магнитными полями.

*Рассмотренные примеры использования алгебры логики для анализа, синтеза и моделирования законов и эффектов электродинамики показывают общую методику комбинирования отдельными элементами некоторой обобщенной формулы для совершенно разных законов*. Первоначально в качестве примера был взят известный закон электродинамики - закон Ампера. Выделив в этом законе основные логические параметры, мы получили *обобщенный закон Ампера* (9) [1]. После этого мы начали последовательно исключать логические параметры из обобщенного закона, поставив своей целью получить тот минимальный набор логических элементов, с помощью которого можно было бы получить другие из оставшихся элементов (10) [1]. И, наконец, подошли к такому минимальному набору элементов (6), (7) без наличия которых, уже невозможно функционирование или выполнение одного из основополагающих законов электродинамики - закона Кулона. *Это и есть ответ на вопрос о релевантности методики* выделения законов, поставленный в статье [1].

Отметим еще одно немаловажное обстоятельство. В ходе научного анализа ***впервые был получен закон Кулона в функциях алгебры логики, как для электрического, так и магнитного поля***.

Рассмотренная *методика проектирования законов* электродинамики с помощью алгебры логики или просто *логическая электродинамика* применима не только к взаимодействиям магнитного, электрического и механического полям. Действие алгебры логики можно распространить и на другие законы электродинамики, включающие поле гидравлики, например на известный *электрогидравлический эффект Юткина [2], но это может быть темой уже другой статьи.* Более подробные сведения использования логической электродинамики для практического применения можно найти в [3].

*Список использованной литературы*

**1. Торшин В. В.** Логическая электродинамика (см. выше).
**2. Юткин Л. А.** Электрогидравлический эффект. - М.-Л.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1955. - С. 50.
**3. Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Пащенко Ф. Ф.** Логические методы в электродинамике. - М.: ЦП ВАСИЗДАСТ, 2007. - С. 352.


## О ВЫЧИСЛЕНИИ ПОТОКА ТЕПЛА МЕЖДУ КОНЦЕНТРИЧЕСКИМИ СФЕРАМИ В МОЛЕКУЛЯРНОМ ГАЗЕ


*Тюлькина Е. Ю.*
*ГОУ ВПО «Орловский государственный университет»*


Проблема вычисления потока тепла между концентрическими сферами вызывает интерес, как с теоретической точки зрения, так и в плане практического приложения. Впервые математически корректное решение аналогичной задачи для атомарного газа приведено в [1]. Данная статья посвящена случаю молекулярного газа.

Итак, рассмотрим слой газа, заключенный между двумя концентрическими сферами с радиусами $R_1 < R_2$, на поверхности которых поддерживается постоянная температура $T_s^1 > T_s^2$. Перепад температур $\Delta T_s = T_s^1 - T_s^2$ будем считать достаточно малым, чтобы линеаризовать задачу. Введем сферическую систему координат с началом в центре сфер. Следуя [4], для описания состояния газа примем уравнение Ван Чанга - Уленбека [5]:

$$\mathbf{V}\frac{\partial f_l}{\partial \mathbf{r}} = J_{st}[f_l] \tag{1}$$

Здесь $\mathbf{V}$ - тепловая скорость поступательного движения молекул газа, $f_l$ - функция распределения, $J_{st}$ - интегральный оператор столкновений.

В силу линейности поставленной задачи решение уравнения (1) представим в виде

$$f_l = f_l^0(1+\varphi_l),$$

где

$$f_l^0 = n_0\left(\frac{m}{2\pi k T_0}\right)^{3/2}\frac{1}{\Theta}\exp\left(-C^2-\varepsilon_l\right),$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{V}\sqrt{\frac{m}{2kT_0}},\quad \varepsilon_l = \frac{E_i}{kT_0},\quad \Theta = \sum_l \exp\left(-\varepsilon_l\right).$$

Поправка $\varphi_l$ к равновесной функции распределения определяется из соответствующего (1) линеаризованного уравнения, которое с учетом сферической симметрии имеет вид:

$$C_r\frac{\partial \varphi_l}{\partial r} + \frac{C^2 - C_r^2}{r}\frac{\partial \varphi_l}{\partial C_r} = I_{st}[\varphi_l] \tag{2}$$

В качестве граничных условий примем закон диффузного отражения молекул газа от поверхности каждой из сфер, что эквивалентно

$$\varphi\big|_{r=R_k} = \Phi_r^k = \frac{n_r^k - n_0}{n_0} + \left(C^2 - \frac{3}{2} + \varepsilon_l - G\right)\frac{\Delta T}{T_0},\quad \Delta T = T_1 - T_2,\quad k = 1, 2.$$

Значения перепада концентрации определяются требованием отсутствия массового движения газа.

Конкретные расчеты проведем для модельного интеграла столкновений в форме Хансона-Морзе [3]:

$$I_{st}[\varphi] = \sum_{m=1}^{6}\psi_m A_m - \varphi_l. \tag{3}$$

Здесь: $\psi_1 = \rho_1$, $\psi_2 = \frac{2}{3}\rho_2\left(1 - \frac{2}{3}\frac{G}{Z}\right) + \frac{2}{3Z}\rho_3$, $\psi_3 = \frac{2}{3Z}\rho_2 + \frac{1}{G}\left(1 - \frac{1}{Z}\right)\rho_3$,

$\psi_4 = \frac{4}{9}\rho_4\left(1 - \frac{G}{Z}\right) + \frac{2}{3Z}\rho_5$, $\psi_5 = \rho_4\frac{2}{3Z} + \left(1 - F\right)\frac{2}{G}\rho_5$, $\psi_6 = 2\rho_6$,

$$A_m = \frac{1}{\pi^{3/2}\Theta}\sum_l\int \varphi_l\rho_m\exp\left(-C^2-\varepsilon_l\right)d^3C,$$

$\rho_1 = 1$, $\rho_2 = C^2 - \frac{3}{2}$, $\rho_3 = \varepsilon_l - G$, $\rho_4 = C_r\left(C^2 - \frac{5}{2}\right)$, $\rho_5 = C_r(\varepsilon_l - G)$, $\rho_6 = C_r$,