

т.е. имеет место простое запаздывание сигнала без потерь, при этом $\tau_z = z/v$; $v = 1/\sqrt{\mu\epsilon_3}$.

4. Случай, когда токами смещения можно полностью пренебречь, и существуют только токи проводимости. Тогда уравнение (3) принимает вид

$$\frac{\partial^2 \tilde{\psi}}{\partial z^2} - \mu p \sigma \tilde{\psi} = 0. \quad (13)$$

Его решение

$$\tilde{\psi}(z, p) = \tilde{\psi}(p, 0) e^{-kz} = \tilde{\psi}(p, 0) e^{-\alpha\sqrt{p}}, \quad (14)$$

где $k = \sqrt{\mu p \sigma}$, $\alpha = z \sqrt{\mu \sigma}$, $\tilde{\psi}_0(p) = \tilde{\psi}(p, 0)$.

Решение можно представить в виде

$$\tilde{\psi}(z, p) = [p \tilde{\psi}_0(p) - \psi_0(0)] \frac{e^{-\alpha\sqrt{p}}}{p} + \psi_0(0) \frac{e^{-\alpha\sqrt{p}}}{p}. \quad (15)$$

Оригинал выражения (15) равен

$$\psi(z, t) = \int_0^t \psi_0'(t-\tau) \operatorname{erfc} \frac{\alpha}{2\sqrt{t}} d\tau + \psi_0(0) \operatorname{erfc} \frac{\alpha}{2\sqrt{t}}, \quad (16)$$

где

$$\operatorname{erfc} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-u^2} du = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du = 1 - \operatorname{erf} x.$$

При больших t , если $\frac{\alpha}{2\sqrt{t}} = \frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} < 0,04$, величина $\operatorname{erfc} \frac{\alpha}{2\sqrt{t}} \approx 1$, поэтому $\operatorname{erfc} \frac{\alpha}{2\sqrt{t}}$ в (16) можно вынести за знак интеграла, тогда

$$\psi(z, t) \approx \psi_0(t) \operatorname{erfc} \left(\frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} \right). \quad (17)$$

Если $z \neq 0$, то выражение (17) справедливо и при малых t , и если при этом $\frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} > 1,83$, то ошибка составляет менее 1%. В этом легко убедиться, если заменить $\operatorname{erfc} x$ на $1 - \operatorname{erf} x$ и проделать аналогичные выкладки, предполагая $\operatorname{erf} x$ близким к единице. Если функция $\psi_0(t)$ — экспоненциальная, т.е.

$$\psi_0(t) = \psi_m e^{-at},$$

то, как несложно показать,

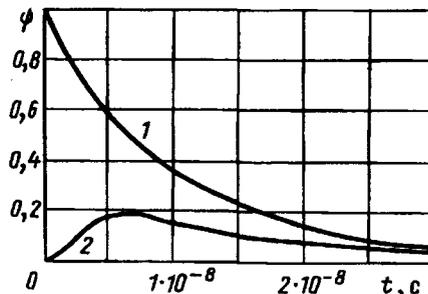
$$\psi(z, t) \approx \psi_m e^{-at} \operatorname{erfc} \frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}}. \quad (18)$$

На рисунке показано, как трансформируется функция $\psi(z, t)$ на глубине z на примере показательной функции

$$\psi_0(t) = \psi_m e^{-at}.$$

Видно, что амплитуда уменьшается, а максимум сдвигается в сторону больших значений времени.

Поведение функции $\operatorname{erfc} x$ можно исследовать с помощью асимптотического ряда



Деформация импульса на глубине z : 1 — $\psi_0(t) = e^{-10^8 t}$ — импульс на поверхности; 2 — $\psi(z, t)$ — импульс на глубине z при $z=1$ м и $\sigma=0,01$ Сим/м

$$\operatorname{erfc} x \approx \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{e^{-x^2}}{x} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m 2m!}{m! (2x)^{2m}},$$

где $x = \frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}}$.

При малых x , что соответствует большим значениям t , $\operatorname{erf} x \approx x$, а $\operatorname{erfc} x \approx 1 - x$, выражение (18) еще больше упрощается и

$$\psi(z, t) \approx \psi_0(t) \left(1 - \frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} \right). \quad (19)$$

Выражения (18) и (19) справедливы с ошибкой менее 5% при $\frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} < 0,04$ и с ошибкой менее 10% при $\frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} < 0,1$. Если допустимая ошибка не более 1%, то должно выполняться неравенство $\frac{z}{2} \sqrt{\frac{\mu\sigma}{t}} < 0,008$.

В диапазоне времени $10^{-8} \div 10^{-6}$ с токами смещения можно пренебречь, только если $\sigma \geq 10^{-2}$ Сим/м. Полагая $z=1$ м, найдем, что при $\sigma \geq 10^{-2}$ Сим/м и допустимой ошибке не более 10% формулой (19) можно пользоваться при $t > 3 \cdot 10^{-7}$ с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олендорф Ф. Токи в земле. — М.; Л.: ГОНТИ, 1932.
2. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. — М.: ИЛ, 1955.
3. Рязин П.А. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. — Тр. ФИАН СССР, 1946, 3, 47.
4. Новиков В.В. Обзор работ по распространению импульсных электромагнитных сигналов в проводящих сферах и над земной поверхностью. — Сб. «Проблемы дифракции и распространения волн». Т. II. Распространение радиоволн. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1962, вып. 2.
5. Стреттон Дж.А. Теория электромагнетизма. — М.; Л.: ОГИЗ — Гостехиздат, 1948.
6. Теплотехнический справочник / Под ред. Юренина и Лебедева. Т. 1, 2. — М.: Госэнергоиздат, 1975

[24.07.95]

Авторы: Соколов Станислав Александрович окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института в 1956 г. В 1991 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Защита установок связи от импульсных электромагнитных воздействий» Профессор Московского технического университета связи и информатики.

Ускоренный поиск вынужденных периодических режимов в цепях с магнитопроводами

ЧАБАН В.И.

Предложен единый алгоритм расчета переходных и установившихся режимов электрических цепей, содержащих массивные магнитопроводы. Решается задача Коши: для переходного процесса — при заданных начальных условиях; для установившегося — при определенном образом вычисленных с использованием матрицы чувствительности к начальным условиям.

Ключевые слова: массивный магнитопровод, переходный и установившийся процессы, цепь, матрица чувствительности, алгоритм

Электромагнитные цепи электротехнических устройств, имеющих массивные магнитопроводы, описываются дифференциальными уравнениями смешанного типа — в обыкновенных и частных производных. Массивные магнитопроводы обычно проектируются с учетом вихревых токов, которые выполняют непосредственно рабочие функции. Шихтованные магнитопроводы, наоборот, должны максимально подавлять вихревые токи, как вредные. Это порождает различные подходы к описанию физического процесса. В первом случае требуется использование методов теории квазистационарного электромагнитного поля, во втором с достаточной точностью могут быть использованы методы теории квазистационарного электромагнитного поля, во втором с достаточной точностью могут быть использованы методы теории электромагнитных цепей.

Ускоренный поиск вынужденных периодических режимов является одним из четырех взаимосвязанных этапов задачи анализа наряду с расчетом переходных процессов, определением статической устойчивости и вычислением параметрических чувствительностей. В этих условиях ускоренный поиск вынужденных периодических режимов фактически сводится к задаче построения модели чувствительности к начальным условиям. В цепях с массивными магнитопроводами, несмотря на всю актуальность, эта задача не нашла до сих пор своего решения. Ниже предлагается один из методов ее решения.

Возможны два вида математических моделей устройств с массивными магнитопроводами. В первом из них используются понятия индуктивностей рассеяния обмоток. К ним относятся в первую очередь электромеханические устройства. Их обмотки имеют достаточно большие лобовые части. К индуктивностям рассеяния лобовых частей добавляются и индуктивности дифференциального рассеяния при эквивалентировании зубчатых структур сплошными анизотропными средами. Кроме того, обмотки могут быть размещены на шихтованном

The common algorithm of computation of transient and steady-state processes in electric circuits with massive magnetic conductors is proposed. There is solved initial-value problem. The transient process is solved by given initial conduction. The steady-state process is solved by the initial induction, which are calculated by help of sensitivity matrix to initial conduction.

Key words: massive magnetic conductor, transient and steady-state processes, circuit, sensitivity matrix, algorithm

магнитопроводе. Во втором виде моделей понятия индуктивностей рассеяния упраздняются и токи обмоток находятся из уравнений, составленных непосредственно по основным законам электромагнитных явлений. К ним относят обычно электромагнитные устройства — трансформаторы, реакторы и др. В данной статье будем рассматривать первый вид моделей. С целью упрощения изложения материала будем рассматривать простейший пример резистивно-индуктивного контура и массивного магнитопровода.

Уравнение электромагнитного состояния контура запишем в виде

$$d\Psi/dt = e - ri; \quad i = \alpha(\Psi - w\Phi), \quad (1)$$

где Ψ , Φ , e , i — полное потокосцепление, основной поток, ЭДС и ток; r — сопротивление; α — обратная индуктивность рассеяния катушки.

Алгебро-дифференциальные уравнения квазистационарного электромагнитного поля, описывающие электромагнитный процесс в теле магнитопровода, запишем таким образом:

$$\partial \underline{B}/\partial t = -\nabla \times (P \nabla \times \underline{H}); \quad \underline{H} = N' \underline{B}; \quad \underline{E} = P \nabla \times \underline{H}, \quad (2)$$

где \underline{B} , \underline{H} , \underline{E} — векторы магнитной индукции, напряженностей магнитного и электрического полей; P — матрица удельных электрических сопротивлений (принимаяем $P = \text{const}$); N' — матрица обратных статических магнитных проницаемостей.

В результате пространственной дискретизации (2) имеем:

$$dB_0/dt = C_1 H_0 + C_2 H_{r0}; \quad H_0 = N'_0 B_0; \\ E_0 = C_3 H_0 + C_4 H_{r0}, \quad (3)$$

где B_0 , H_0 , E_0 , H_{r0} — матрицы-столбцы векторов \underline{B} , \underline{H} , \underline{E} и граничных условий; C_1 , C_2 , C_3 , C_4 — матрицы пространственной дискретизации, включающие P ; N'_0 — матрица, образованная элементами матрицы N' .

Закон непрерывности магнитного поля

$$\nabla \cdot \underline{B} = 0 \quad (4)$$

накладывает ограничения на пространственное распределение вектора \underline{B} , поэтому матрица-столбец B_0 должна содержать лишь независимые переменные. Зависимые определяются дискретизированным уравнением (4).

Выразим поток магнитопровода через интеграл вектора магнитной индукции:

$$\Phi = \int_S \underline{B} dS, \quad (5)$$

где S — площадь сечения.

В результате пространственной дискретизации (5) получаем зависимость $\Phi = \Phi(B_0)$.

Образуем матрицу-столбец неизвестных $x = (\Psi, B_0)_t$. Начальные условия $x(0)$, исключая переходную реакцию, должны удовлетворять уравнению периодичности

$$F(x(0)) = x(0) - x(x(0), T) = 0, \quad (6)$$

где T — период.

Решаем (6) итерационным методом Ньютона:

$$F'(x(0)^k) (x(0)^k - x(0)^{k+1}) = F(x(0)^k), \quad (7)$$

где

$$F'(x(0)) = 1 - z(T); \quad z(T) = \partial x(x(0), T) / \partial x(0). \quad (8)$$

Матрицу монодромии составляем в виде

$$z = (\chi, \xi)_t, \quad (9)$$

где

$$\chi = \partial \Psi / \partial x(0), \quad \xi = \partial B_0 / \partial x(0). \quad (10)$$

Первое вариационное уравнение получаем дифференцированием выражений (1) по $x(0)$. Согласно (3), (10) имеем

$$d\chi/dt = -r\alpha(\chi - w\partial\Phi/\partial B_0\xi). \quad (11)$$

Дифференцируя (3) по $x(0)$ согласно (10), (11) получаем второе вариационное уравнение:

$$d\xi/dt = +C_1 N_0'' \xi - C_2 \partial H_{\text{то}} / \partial i r^{-1} d\chi/dt, \quad (12)$$

где N_0'' — матрица, образованная элементами матрицы обратных дифференциальных магнитных проницаемостей N'' .

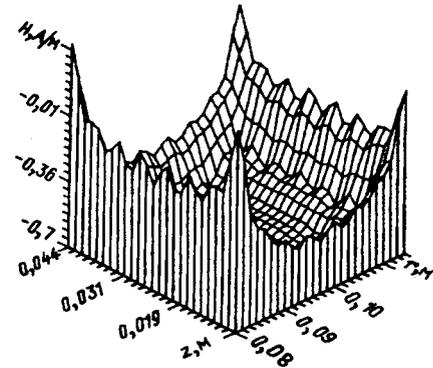
На k -й итерации формулы (7) совместному интегрированию подлежит система обыкновенных дифференциальных уравнений (1), (3), (11), (12).

Алгоритм расчета:

1. Располагая текущими (на первом шаге начальными) значениями проекций вектора магнитной индукции (B_0), согласно (3) вычисляем значения H_0 , E_0 и производные dB_0/dt .

2. Располагая текущими (на первом шаге начальными) значениями матрицы z , согласно (5), (11), (12) вычисляем производные $d\chi/dt$ и $d\xi/dt$. Начальное значение $z(0)=1$, что является следствием второго выражения (8).

3. Располагая текущими (на первом шаге на-



чальными) значениями полного потокосцепления Ψ и матрицы-столбца B_0 , согласно (1), (5) вычисляем производную $d\Psi/dt$.

4. Интегрируем одним из численных методов систему обыкновенных дифференциальных уравнений (1), (3), (11), (12) на интервале одного периода $[0-T]$ и запоминаем значения $x(x(0)^k, T)$ и $z(T)^k$.

5. Согласно (6), (8) определяем функцию $F(x(0)^k)$ и ее производную $F'(x(0)^k)$.

6. Согласно (7) вычисляем уточненное значение неизвестных $x(0)^{k+1}$.

7. Процесс вычислений продолжаем с п. 1 до выполнения с заданной точностью условия периодичности (6).

На рисунке приведено пространственное распределение расчетных значений установившейся напряженности магнитного поля $H(r, z, T)$ в массивном тороиде прямоугольного сечения, возбуждаемого магнитодвижущей силой $wi=500 \times \sin(31,4t + \pi/6)$ А. Геометрические размеры тороида: внутренний радиус $R_1=0,07$ м, внешний радиус $R_2=0,12$ м, осевой размер $h=0,05$ м, причем $R_1 \leq r \leq R_2$, $0 \leq z \leq h$. Установившийся процесс достигнут за две итерации формулы (6).

Вывод. Предложен принцип построения алгоритмов ускоренного поиска вынужденных периодических режимов цепей с массивными магнитопроводами, который впервые дает возможность производить расчет переходных и установившихся процессов на основе сходного математического аппарата общей теории нелинейных дифференциальных уравнений. Это пока что единственный путь получения периодического решения с заданной точностью.

Автор: Чабан Василь Йосипович окончил электромеханический факультет Львовского политехнического института (ЛПИ) в 1965 г. В 1987 г. защитил в Московском энергетическом институте докторскую диссертацию на тему: «Разработка методов анализа переходных процессов электромашиных систем и электрических машин переменного тока». Профессор кафедры теоретической и общей электротехники Государственного университета «Львівська політехніка» (Украина).

К обоснованию метода узловых потенциалов

КОЛЕЧИЦКИЙ Е.С.

Метод узловых потенциалов является одним из широко распространенных методов расчета сложных схем и используется в различных пакетах прикладных программ. В современных учебниках по теоретическим основам электротехники он вводится весьма сложным способом. В то же время легко показать, что, во-первых, этот метод предложен по сути дела еще Максвеллом, а, во-вторых, он не требует каких-то дополнительных обоснований.

Известна физическая и формальная (математическая) аналогия электростатического поля и поля постоянного тока и проводящей среде. Формулы электростатики сохраняются для поля постоянного тока, если заменить полный заряд электрода на полный ток, стекающий с него, поверхностную плотность заряда на плотность тока, диэлектрическую проницаемость на проводимость.

В соответствии с этой аналогией системе уравнений Максвелла, связывающей полные заряды электродов Q и их потенциалы U , соответствует система уравнений, связывающая полные токи, стекающие с электродов I , и их потенциалы U .

В матричной форме эти системы записываются следующим образом:

для электростатики

$$A \times Q = U; \quad B \times U = Q$$

и для поля постоянного тока

$$A^{-1} \times I = U; \quad (1)$$

$$B^{-1} \times U = I. \quad (2)$$

Здесь A — матрица потенциальных коэффициентов; B — матрица коэффициентов электростатической индукции. Матрицы A^{-1} и B^{-1} совпадают с матрицами A и B , если в выражениях для их элементов заменить диэлектрическую проницаемость на проводимость. Другими словами все, что связано с описанием геометрии системы для электростатики и поля постоянного тока, сохраняется.

Система уравнений $E^{-1} \times U = I$ и есть, собственно, система уравнений метода узловых потенциалов для общего случая.

По аналогии с определениями частичных емкостей можно ввести определения частичных проводимостей. Собственной частичной проводимостью электрода в системе других назовем отношение тока, стекающего с этого электрода, к его потенциалу в предположении, что все электроды системы имеют одинаковый потенциал. Взаимной частичной проводимостью между двумя электродами, входящими в систему тел, назовем отношение тока, стекающего с одного из рассматриваемых электродов, к потенциалу другого электрода в предположении,

что все электроды, кроме последнего, имеют потенциал, равный нулю. Эти определения практически совпадают с используемыми в теории цепей.

Если необходимо рассчитывать распределение потенциалов по заданным токам в узлах (что и является предметом метода узловых потенциалов) для общего случая, то основная трудность состоит в том, что не представляется возможным непосредственно определить частичные проводимости. Поэтому обязательным этапом является полный расчет поля. Далее рассчитываются потенциальные коэффициенты, путем обращения матрицы A^{-1} находят элементы матрицы B^{-1} , и, наконец, решается система уравнений (2). Самым трудоемким этапом этого стандартного алгоритма является расчет поля, так как для его реализации необходимо решать (при использовании любого численного метода) системы линейных уравнений гораздо более высокого порядка чем (1) или (2).

В случае реальной цепи постоянного тока проводящее пространство между электродами сводится к объему, занятому проводами. Длина проводов много больше их радиуса, их боковые поверхности являются непроницаемыми для тока. В силу очевидных соображений поле в проводах является однородным (или принимается таковым) независимо от формы осевой линии провода и его сечения. Поэтому проводимость провода, соединяющего два электрода, зависит только от проводимости его материала, длины и площади сечения. Отсюда и возникает возможность непосредственного определения взаимных проводимостей и формирования матрицы B^{-1} , минуя этап расчета поля. По-видимому, это обстоятельство и привело к сегодняшней ситуации, при которой метод узловых потенциалов в сознании электротехников абсолютно оторван от его, если так можно выразиться, «полевых» корней.

Заключение. Метод узловых потенциалов выражает связь между полными токами, стекающими с электродов, и их потенциалами посредством системы уравнений, полностью аналогичной Максвелловской системе уравнений, связывающей полные заряды и потенциалы электродов в электростатике. Аналогия названных систем уравнений вытекает из аналогии электростатического поля и поля постоянного тока в проводящей среде.

Автор: Колечицкий Егор Сергеевич окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института (МЭИ) в 1957 г. Защитил докторскую диссертацию в 1984 г. в МЭИ по специальности «Техника высоких напряжений». Профессор кафедры инженерной экологии МЭИ.

Новые научно-технические журналы стран Балтии

В Риге выпущен первый номер журнала Baltic Electronics для инженеров, исследователей, техников и студентов. Главным редактором является доц. Э.П. Бекерис, до недавнего прошлого декан факультета радиотехники и связи Рижского технического университета (РТУ).

Во вступительной статье определены задачи журнала — публиковать информацию об электронной и электротехнической промышленности в регионе Балтийского моря и в странах, с которыми Литва, Латвия и Эстония сотрудничают в области электроники. Состав авторов не ограничивается работающими в этих трех государствах; важно, чтобы публикации способствовали совместной работе и развитию региона.

Адрес редакции: 29 Raina blv. 103, Riga, LV-1459, Latvia. Тел. 222544, факс 371-7-242397.

Новый научно-технический журнал Baltic Electrical Engineering Review по теоретической и прикладной электротехнике начал издавать Вильнюсский электротехнический центр.

Основатель и издатель журнала — дипл. инж. Ионас Ванагас. Членами редколлегии являются ведущие специалисты электротехники Эстонии, Латвии и Литвы. В первом выпуске 12 публикаций на английском, 4 на немецком и одна на русском языке. Аннотации всех статей даны только на эстонском, латышском и литовском языках.

Цель журнала (по формулировке редколлегии) — публиковать достижения Балтийских стран по научным и практическим исследованиям в области электротехники, в частности, силовой электронике, электрическим машинам, автоматизированному электроприводу, отдельным вопросам энергетики, информировать о новинках и ценах продукции, возможностях бизнеса, сертификации и технических характеристиках продукции, национальных стандартах и патентах.

Информацию представил Ницецкий Л.В., хаб. доктор наук Латвийской Республики.

Вниманию предприятий, организаций, НИИ, вузов стран СНГ и зарубежных фирм!

Журнал «Электричество» предоставляет свои страницы для

РЕКЛАМЫ ИЗДЕЛИЙ отечественных предприятий и зарубежных фирм в области энергетики, электротехники, электроники, автоматики

ПУБЛИКАЦИИ ОБЪЯВЛЕНИЙ о научных симпозиумах, конференциях, совещаниях, семинарах

ДРУГОЙ ИНФОРМАЦИИ, соответствующей тематике журнала

Сообщаем, что журнал поступает к зарубежным подписчикам во многих странах мира на русском и английском языках. Реклама в черно-белом изображении может быть помещена на страницах журнала или на его обложке. Напоминаем наш адрес: 103012 Москва, К—12, Б. Черкасский пер., 2/10 или 101000 Москва, Главпочтамт, абонементный ящик № 648. Телефоны для справок: 924-24-80, 928-88-69.

Хуго К. Мессерле. Магнитогидродинамический метод преобразования энергии, 1995

(Hugo K. Messerle. Magneto-hydrodynamic electrical power generation, John Wiley & Sons, 1995)

Книга известного австралийского ученого Хуго К. Мессерле посвящена одной из грандиозных проблем XX в. — непосредственному преобразованию тепловой энергии в электрическую. Сама идея МГД-преобразования зародилась в 30-е годы, однако наиболее интенсивно она начала разрабатываться в начале 60-х годов. Интересно отметить, что к началу 70-х годов трудно было назвать хотя бы одну высокоразвитую страну, которая не приступила бы к теоретическим или экспериментальным исследованиям в этой области. Одно из первых мест по праву принадлежало СССР, в котором на основании широкого спектра теоретических функциональных работ были сооружены уникальные по своим экспериментальным возможностям МГД-установки У-001 и У-25.

Заметную роль в развитии этой проблемы играли работы автора рецензируемой книги проф. Хуго К. Мессерле.

Сложность написания книги по проблеме непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую в том, что автор должен быть не только знаком с такими фундаментальными областями науки, как физика плазмы, термодинамика, электродинамика, теория электрических систем, но и быть специалистом в этих областях, чтобы осмысленно и плодотворно работать по этой широкой проблеме. Именно таким специалистом и предстает перед нами автор рецензируемой книги. Не меньшая его заслуга в умении транспонировать теоретические и экспериментальные сведения к уровню восприятия вплоть до студенческой аудитории.

Теперь непосредственно о книге. Книга состоит из предисловия десяти глав и двух приложений.

В предисловии ставятся цели написания книги и дается краткий анализ всех глав.

Глава 1 посвящена введению в проблему и краткой исторической справке.

В главе 2 рассматриваются свойства плазмы в МГД-канале. Автор раскрывает суть равновесной температурной ионизации рабочего тела, описываемой уравнением Саха, причин возникновения эффекта Холла и явления проводимости полностью не ионизированной плазмы.

В главе 3 уделено внимание распределению электрического поля в канале МГД-генератора и, как следствие, вопросам коммутации электродов,

что позволяет провести электродинамический анализ трех типов МГД-генераторов: Фарадея, Холла и диагонального.

В главе 4 приведены газодинамические уравнения МГД-генератора, основными из которых являются уравнения момента, энергии и непрерывности. После принятия традиционных допущений уравнения приведены к одномерному виду, то позволяет провести элементарный анализ характеристик МГД-генератора. В этой же главе автор обращает внимание на пограничные эффекты и термодинамические циклы МГД-генератора.

В главе 5 рассматриваются вопросы выбора параметров МГД-генератора: скорости рабочего тела в МГД-канале, числа Маха, температуры, давления, распределения проводимости вдоль канала. Автор показывает значимость правильного выбора этих параметров, что отражается, в первую очередь, на формировании потока рабочего тела в МГД-канале и, конечно, на эффективности преобразования энергии. В этой же главе автор уделяет внимание описанию жидкометаллического МГД-генератора, у которого вместо газообразного рабочего тела используется жидкий металл.

Глава 6 посвящена дисковому МГД-генератору, который конструктивно отличается от ранее рассматриваемых линейных генераторов. Автор показывает некоторые преимущества дисковых генераторов перед линейными в отношении габаритов и эффективности преобразования энергии. Он подробно анализирует множество различных факторов, влияющих на основные характеристики дисковых МГД-генераторов. В качестве одного из преимуществ можно отметить возможность получения больших электрических мощностей при сравнительно малых габаритах.

В главе 7 обсуждаются вопросы неравновесной ионизации. Их решение могло бы в значительной степени облегчить температурные условия работы материалов и способствовать увеличению эффективности преобразования. Речь идет о возможности получения температуры электронов значительно большей, чем температура остального рабочего газа. Автор обращает внимание на особенности работы поверхностей электродов при неравновесной плазме в МГД-канале.

Глава 8 представляет наибольший интерес для специалистов электриков. В ней обсуждаются вы-

бор и работа электротехнического оборудования совместно с каналом МГД-генератора. К нему относятся трансформаторы, инверторные преобразователи, устройства сопряжения электродов канала с инверторными преобразователями (так называемые сумматоры тока), внешняя сеть, включающая генераторы, и другое традиционное оборудование электрических станций и сетей. Автор большое внимание уделяет описанию моделей электротехнических устройств и особенно модели плазмы в канале МГД-генератора в виде цепочечных схем. Именно эквивалентные цепочечные схемы позволяют провести анализ приэлектродных эффектов, установить требуемый характер распределения токов электродов в сумматорах тока, выбрать параметры устройств сопряжения электродов канала с силовыми преобразователями и др.

Глава 9 посвящена различным термодинамическим циклам.

В главе 10 обсуждаются вопросы эффективности преобразования энергии в открытом (линейные, дисковые МГД-генераторы) и закрытом циклах.

В приложении приведена историческая справка развития работ и даны краткие описания национальных программ в области МГД-преобразования энергии США, Японии, Италии и Китая, а также помещен список физических констант, требуемых для анализа процессов в МГД-устройствах.

В качестве несомненного достоинства рецензируемой книги и ее преимущества по отношению к другим книгам по МГД тематике нужно отметить большое количество примеров, которыми заканчивается каждая глава. Это придает книге большую конкретность и позволяет использовать ее как учебное пособие в процессе преподавания.

Книга профессора Хуго К. Мессерле написана четким профессиональным языком. Несмотря на небольшой объем, она отражает все основные проблемы МГД-преобразования энергии в доступной форме. Каждый, кто интересуется этой проблемой, сможет по достоинству оценить теоретическую основательность и адекватность изложения этой своевременно появившейся книги.

Пищиков В.И., проф., Строев В.А., проф.

ВНИМАНИЮ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОБЪЕДИНЕНИЙ, НИИ и КБ, ВУЗОВ

Редакция журнала «Электричество» предлагает услуги по подготовке и выпуску на договорных условиях специальных (тематических) номеров журнала

Справки по телефону 928-88-69

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ!

Каждый автор имеет право бесплатно получить 1 экз. журнала с его статьей.

Экземпляры номеров журнала «Электричество» за последние годы можно приобрести в редакции журнала (Б. Черкасский пер., 2/10, тел. 924-24-80).

Памяти академика И.Е. Тамма

В прошлом году научная общественность отметила знаменательное событие — 100-летие со дня рождения академика Игоря Евгеньевича Тамма. К этой дате вышло третье издание книги воспоминаний современников о выдающемся русском ученом¹.

Редакция публикует краткий отзыв на эту интересную книгу, а также личные впечатления об Игоре Евгеньевиче автора отзыва проф. Б.А. Векленко и старейшего члена редколлегии «Электричества» проф. А.В. Нетушила.

* * *

В этой волнующей книге собраны воспоминания в первую очередь учеников и соратников ученого. От каждого воспоминания веет не только уважением, но и любовью, что является прямым свидетельством обаяния и душевных качеств Игоря Евгеньевича.

Столетию со дня рождения И.Е. Тамма посвящен также специальный выпуск (№ 7, 1995) журнала «Природа», и быть может следовало бы говорить об этих двух изданиях совместно. И.Е. Тамм оставил о себе память в первую очередь как физик. С его именем связано, в частности, предсказание о природе ядерных сил, переносчиками которых являются частицы конечной массы. Развитие идей этой работы принесло японскому физика Х. Юкава Нобелевскую премию. Совместно со своим учеником С.А. Алтшулером Игорь Евгеньевич предсказал наличие магнитного спинового момента у нейтральной частицы — нейтрона. Работа вызвала бурную критику, в частности, Н. Бора. Время показало правоту Игоря Евгеньевича. В 1937 г. совместно с И.М. Франком И.Е. Тамм пишет работу, объяснившую природу эффекта Вавилова — Черенкова. За эту работу И.Е. Тамм, И.М. Франк и П.А. Черенков были удостоены Нобелевской премии. Читателям журнала «Электричество» хорошо известна монография И.Е. Тамма «Основы теории электричества». Впервые увидевшая свет в 1929 г., эта книга по сей день — небывалое долголетие — наряду с «Теорией поля» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица является основным учебником.

В сборниках воспоминаний немало места отведено научной деятельности ученого. Но в то же время, что является несомненным достоинством, очень выпукло отражены иные сферы деятельности Игоря Евгеньевича, а также его богатые личные качества. Из опубликованных писем И.Е. Тамма узнаем о его целенаправленности уже в молодые годы. Вплоть до 1917 г. Игорь Ев-

геньевич активно занимался политикой, был делегатом I съезда Советов в Петрограде от фракции меньшевиков-интернационалистов. На все события жизни Игорь Евгеньевич имел свое особое мнение. Он был единственным из небольшевиков, кто голосовал против нового военного наступления, чем заслужил одобрение руководителя другой фракции — В.И. Ленина. После 1917 г., прекрасно осознавая происходившее, Игорь Евгеньевич отходит от политической деятельности. Его первая научная статья по физике увидела свет, когда ему исполнилось 28 лет. Прекрасно владея немецким, английским и французским языками, он был знаком почти со всеми выдающимися физиками своего времени, а с П. Дираком его связывала дружба.

Книги, подобные этой, представляют особую ценность для людей, не имевших возможности знать того или иного ученого лично, и главным образом для молодежи и грядущего поколения.

Третье издание «Воспоминаний» выгодно отличается от предыдущих включением материалов, опубликование которых ранее было невозможно по цензурным соображениям. Только в этом издании появляется имя любимого ученика Игоря Евгеньевича академика А.Д. Сахарова и его воспоминания об учителе. Читатель узнает о совместных основополагающих работах И.Е. Тамма и А.Д. Сахарова по теории термоядерных реакторов. Мы узнаем о работах Игоря Евгеньевича и его научной группы над созданием термоядерного оружия и о том, что сотрудниками этой группы были внесены кардинальные предложения, в том числе инженерного плана.

Мы узнаем здесь также о принципиальной гражданской позиции И.Е. Тамма и всевозможных унижениях перед властью имущими в сталинские времена. В настоящем издании восстановлены купюры, имевшиеся во многих статьях предыдущих выпусков.

Издание книги поддержано Российским фон-

¹ Воспоминания о И.Е. Тамме. — М.: Изд. АТ, 1995.

дом фундаментальных исследований и средствами Российской Академии наук. Ее тираж, к сожалению, составил всего 1000 экз., так что оз-

накопиться с книгой можно только в государственных библиотеках.

* * *

Мне не довелось разговаривать с Игорем Евгеньевичем. Но, присутствуя на руководимом им семинаре, я мог наблюдать его, если можно так сказать, с близкого расстояния. Поэтому могу считать себя неким хронологическим звеном, связывающим учеников Игоря Евгеньевича, написавших воспоминания, с людьми, знакомыми с ним понаслышке.

Первые впечатления обычно оставляют яркий след. И хотя речь идет о событиях тридцатилетней давности, они запечатлелись в моей памяти достаточно четко. Шел 1961 г. К ним в страну должен приехать Н. Бор. Можно представить волнение среди физиков, особенно молодежи. Всем хотелось посмотреть на живого гения. Понимали, что другого случая может не быть. Н. Бор выступал в Физическом институте АН. Всеми правдами, а в основном неправдами, удалось достать пропуск. Теперь надо представить актовый зал ФИАН на триста — четыреста мест, заполненный до начала встречи полностью, включая проходы. Публика сидит, переговариваясь. Временами поглядывает назад. Входная дверь сзади. Вдруг шеи вытягиваются, зал дружно отворачивается от сцены, все встают, в дверях появляется Н. Бор. Вокруг люди, но такое впечатление, что он один. Н. Бор высок, в то время достаточно грузен, медлителен в движениях, ему уступают дорогу. Он, медленно пересекая зал, идет к сцене. Только теперь замечаем — он не один, его сопровождает очень подвижный человек ростом ниже среднего. Это И.Е. Тамм. Впечатление такое, что пока Н. Бор делает шаг, Игорь Евгеньевич успевает побывать то позади, то впереди его, с кем-то поздороваться, кому-то кивнуть. За Н. Бором и И.Е. Таммом следует свита великих. Пройдя зал, Н. Бор и И.Е. Тамм поднимаются на сцену. Больше на ней никого нет. Н. Бор выходит на трибуну. Игорь Евгеньевич одиноко остается за столом президиума. Н. Бор начинает говорить. До сих пор звучат первые его слова: «Many years ago...» Говорит он медленно, вспоминает минувшие дни. И.Е. Тамм переводит характерной для него скороговоркой. Н. Бор не замолкает. Он как бы не замечает переводчика. Замолкает И.Е. Тамм. Н. Бор говорит долго. За это время можно забыть начало его речи. И.Е. Тамм начинает нервничать,

быстро хлопает себя по карманам. Зал комментирует: ищет клочок бумаги, но не найдет. Действительно, через некоторое время Игорь Евгеньевич жестами обращается к залу с просьбой о помощи. Но в первых рядах сидят великие — у них бумаги нет. Внимание зала явно раздваивается. На И.Е. Тамма глядят с симпатией. Позже мне объяснили, что такое отношение к нему неизменно. Наконец, через головы передают бумагу. И.Е. Тамм начинает писать, согнувшись над столом президиума. Так это и продолжалось до конца встречи. Н. Бор замолк, давая тем самым понять, что пора переводить. И.Е. Тамм, поминутно заглядывая в бумагу, скороговоркой переводит. Затем опять говорит Н. Бор и опять долго. Опять И.Е. Тамм переводит и так далее. Н. Бор вспоминает свою дискуссию с А. Эйнштейном и, наконец, подходит к ее кульминации — роли гравитационных явлений в квантомеханическом соотношении неопределенностей. И.Е. Тамм на секунду замолкает. Такое впечатление, что он сбился. Зал замер, И.Е. Тамм продолжает. По залу прокатывается гул одобрения. Впечатление такое, что двое выступающих и зал представляют одно целое. Это — собрание единомышленников, затаив дыхание взирающих на своих кумиров, одинаково любимых.

Впоследствии доводилось видеть И.Е. Тамма на семинарах. Его семинары наряду с семинарами Л.Д. Ландау, имели общемосковское звучание и представляли собой уникальное явление. В настоящее время их преемником является семинар академика В.Л. Гинзбурга, по обширности тематики и числу участников единственный в международной практике. На семинаре И.Е. Тамм неизменно садился во второй ряд около прохода. Любой человек мог сесть рядом с ним, однако этого никогда не случалось. В конце семинара Игорь Евгеньевич подводил итоги. Нередко можно было услышать: «Я не смог во всех деталях проследить за дискуссией, но дело в том, что...». Надо сказать, что такая манера обращения лишь усиливала симпатию и доверие к Игорю Евгеньевичу.

Векленко Б.А., проф.

* * *

К сожалению, мне не довелось в отличие от моих друзей альпинистов хорошо знать Игоря Евгеньевича, но воспоминания о двух встречах с ним прочно запечатлелись в памяти и сохранились как яркие и жизнерадостные.

Поступив в 1932 г. в Московский энергетический институт, я сразу же попал в область притяжения кафедры высшей математики, возглавляемой другом Игоря Евгеньевича чл.-корр. АН, проф. Яном Николаевичем Шпильрейном. Это был удивительно жизнерадостный, широко образованный ученый, очень тесно связанный с преподаванием физики, высшей математики и практически всех профилирующих специальных инженерных дисциплин.

В 1934 г. в МЭИ проф. Я.Н. Шпильрейном была организована конференция Студенческого научного общества. Он был также редактором студенческих научных журналов «ФизЭН» и «Вопросы электрофизики»¹. Обзорный доклад «О поведении электрона в электрических и магнитных полях» было предложено делать мне. Доклад иллюстрировался демонстрационными экспериментами с помощью трубки Брауна. Ассистировал студент первого курса Игорь Полетаев, впоследствии прославившийся своей дискуссией с И.Г. Эренбургом о физиках и лириках и первой популярной книгой о кибернетике «Сигнал».

Научный доклад «О строении материи» делал приглашенный из Академии наук проф. Игорь Евгеньевич Тамм, книга которого «Основы теории электричества» вышла из печати и была известна студентам. Доклад Игоря Евгеньевича протекал в очень быстром темпе и был насыщен информацией, разъясняющей содержание его книги, впервые в учебной литературе освещающей электронную теорию вещества, значение новых открытий в физике элементарных частиц. На докладе присутствовали В.А. Фабрикант и К.М. Поливанов (в то время доценты).

Реакция слушателей на доклад был различной. Студенты испытывали радость приобщения к современным проблемам науки, а преподаватели не могли не задуматься о господствующих феноменологических представлениях о свойствах вещества, «магнитных зарядах» (магнитных монополях), значении физических электронных его моделей и формальном характере аналогии между

воздействием электрического и магнитного полей на поляризацию и намагничивание вещества.

Доклад Тамма стал событием в общественно-педагогической жизни МЭИ и стимулом для пересмотра некоторых определений в теории электромагнитного поля, отраженного позже в общесоюзном стандарте и учебной литературе по физическим основам электротехники.

После конференции в кабинете заведующего кафедрой физики МЭИ, проф. П.Н. Беликова состоялась беседа с участием докладчиков. Запомнился рассказ о максимальной скорости речи лектора и о введении в МГУ шуточной единицы скорости речи «один микро-Тамм». Непринужденность общения ведущих ученых нашей страны со студентами и моя первая встреча с Игорем Евгеньевичем Таммом запомнились надолго.

В то время Игорь Евгеньевич был научным консультантом Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ), тесно сотрудничавшего с МЭИ. Работа Игоря Евгеньевича в ВЭИ почти не освещена в литературе, а между тем здесь И.Е. Тамм работал вместе с такими учеными, как Я.Н. Шпильрейн и П.А. Флоренский. Дочь Яна Николаевича Марианна Яновна Родионова, известная специалистка по художественной гимнастике, так вспоминает об этом: «Друзья Яна Николаевича — П.А. Флоренский и И.Е. Тамм — часто бывали у нас дома. Первый из них был в монашеском одеянии, а второй — большой мастер показывать карточные фокусы».

С тех пор прошло много лет. Трагическая судьба постигла Я.Н. Шпильрейна в 1938 г. Впоследствии он был посмертно реабилитирован. В 1967 г. в Московском Доме ученых был проведен вечер его памяти. С докладом о жизни и деятельности Я.Н. Шпильрейна выступил проф. Л.Д. Белькинд. В президиуме присутствовал уже больной И.Е. Тамм. Мне также было дано слово для воспоминаний. Кое-что из них опубликовано в журнале «Электричество»².

Когда я закончил выступление и с трибуны спускался в зал, Игорь Евгеньевич подошел ко мне, пожал руку и сказал, что очень хорошо помнит ту давнюю конференцию в МЭИ и благодарен за добрые слова и память о его друге.

Нетушил А.В., проф.

¹ См. «Электричество», 1996, № 1.

² См. «Электричество», 1992, № 5 и 6; 1993, № 5; 1994, № 6.

Альберт Саитович Исхаков

(К 50-летию со дня рождения)

В апреле с.г. исполнилось 50 лет доктору технических наук, профессору северодвинского высшего технического учебного заведения (Севмашвтуз) Альберту Саитовичу Исхакову.

А.С. Исхаков в 1969 г. окончил Севастопольский приборостроительный институт и был направлен на работу в Севмашвтуз, который входит в состав производственного объединения «Северное машиностроительное предприятие».

В 1976 г. А.С. Исхаков окончил аспирантуру Энергетического института им. Г.М. Кржижановского и здесь же в 1979 г. защитил кандидатскую диссертацию. В 1984 г. ему было присвоено ученое звание доцента.

Работая в Севмашвтузе на различных преподавательских должностях, А.С. Исхаков подготовил много высококвалифицированных специалистов для предприятий атомного судостроения Северодвинска и других го-



родов России. Под его руководством выполнен ряд научно-исследовательских работ, внедренных на этих предприятиях. В Севмашвтузе А.С. Исхаков основал одно из направлений

электротехники, связанное с исследованием и применением полупроводниковых преобразователей. Выполненные им работы в области динамических режимов регулируемых преобразователей легли в основу докторской диссертации, которую он успешно защитил в 1993 г.

В настоящее время А.С. Исхаков продолжает интенсивные научные исследования в области оптимального управления вентилями преобразователями. Им опубликовано свыше 100 научных работ, в том числе 14 статей в журнале «Электричество». Он также продолжает активно участвовать в подготовке научных и инженерных кадров для Государственного российского центра атомного судостроения.

Поздравляем Альберта Саитовича и желаем ему дальнейшей плодотворной деятельности и творческих успехов.

Исаак Яковлевич Браславский

(К 60-летию со дня рождения)

Профессор, доктор технических наук, член-корреспондент Академии электротехнических наук России, член Международной энергетической академии И.Я. Браславский закончил с отличием Уральский политехнический институт в 1958 г. В течение трех лет работал старшим инженером лаборатории автоматики Нижне-Тагильского металлургического комбината. С 1961 г. по настоящее время работает на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Уральского государственного технического университета (ранее Уральского политехнического института) ас-



пирантом, ассистентом, доцентом, а с 1987 г. — заведующим кафедрой. В 1965 г. он защитил кандидатскую диссертацию, в 1986 г. — докторскую.

Профессор И.Я. Браславский является крупным ученым в области автоматизированного электропривода. Его научная деятельность связана с созданием теории, разработкой и внедрением полупроводниковых регулируемых асинхронных электроприводов массового применения. Возглавляя научное направление по указанной проблеме, он одним из первых в отечественной практике разработал научные основы управляемости

асинхронных электроприводов, регулируемых напряжением, что позволило создать самостоятельный класс электроприводов переменного тока с расширенными функциональными и техническими возможностями и удовлетворить современные требования производственных механизмов.

Результаты исследований проф. И.Я. Браславского, развившие теорию электромеханических систем переменного тока, нашли широкое применение в практике научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организаций в России и за рубежом.

По разработкам, выполненным под руководством и при непосредственном участии И.Я. Браславского, Запорожское производственное объединение «Преобразователь» впервые в отечественной практике освоило серийный выпуск тиристорных систем управления типа ТСУР, успешно внедренных в различных отраслях промышленности.

В настоящее время одним из направлений научной деятельности И.Я. Браславского является проблема энергосбережения средствами электропривода.

Различные модификации разработанных юбиларом систем асинхронного электропривода неоднократно экспонировались на всесоюзных и международных выставках и были отмечены дипломами и наградами. И.Я. Браславский награжден золотой, двумя серебряными и бронзовой медалями ВДНХ.

И.Я. Браславский — автор более 290 печатных научных работ, 17 авторских свидетельств на изобретения, им подготовлено 12 кандидатов технических наук.

По итогам конкурса грантов, проводимого Государственным комитетом Российской Федерации по высшему образованию, проф. И.Я. Браславскому и руководимому им научному коллективу неоднократно присуждались гранты на проведение фундаментальных исследований в области электротехники и автоматики.

Отмечая научные заслуги проф. И.Я. Браславского, Президиум РАН присудил ему в 1994 г. Государственную научную стипендию, учрежденную указом Президента Российской Федерации.

Подтверждением значимости и широкой известности научных исследований, проводимых проф. И.Я. Браславским, является включение его докладов в программы всесоюзных (всероссийских) и зарубежных международных конференций и совещаний по проблемам электропривода, электромеханики, преобразовательной техники.

Признанием высокого научного авторитета проф. И.Я. Браславского является его участие в работе оргкомитетов ряда научно-технических конференций. Так, под его научным руководством в Екатеринбурге проведено девять конференций по проблеме электропривода переменного тока. Он — член оргкомитета всесоюзных конференций по автоматизированному электроприводу, международных конференций, проводимых в Польше, Венгрии, Италии.

Проф. И.Я. Браславский является членом секции «Электротехнические комплексы, системы и технологии» главного научного совета «Энергетика и электротехника», членом специализированных советов по за-

щите докторских и кандидатских диссертаций.

Проф. И.Я. Браславский много сделал для совершенствования учебного процесса, подготовки инженерных и научно-педагогических кадров, развития и модернизации материально-технической базы кафедры. Под его руководством обновлены лабораторные практикумы по основным курсам специальности с использованием современных полупроводниковых электроприводов и цифровых (микропроцессорных) систем управления, в учебный процесс внедрены новые технологии обучения с использованием персональных компьютеров.

Проф. И.Я. Браславский является членом Научно-методического совета специальности 18.04 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» УМО по энергетическим и электротехническим специальностям.

Проф. И.Я. Браславский ведет активную научно-организационную работу. Он является членом президиума правления Российского научно-технического общества энергетиков и электротехников, членом Совета ассоциации «Автоматизированный электропривод», членом Ассоциации инженеров-электриков, заместителем председателя Уральского отделения Академии электротехнических наук России, председателем Свердловского областного комитета по автоматизированному электроприводу.

Желаем Исааку Яковлевичу Браславскому доброго здоровья, творческого долголетия, успехов в работе.

Юрий Васильевич Абрамкин

После тяжелой болезни на 58-м году жизни скончался известный ученый-электромеханик, кандидат технических наук, доцент Московского энергетического института Юрий Васильевич Абрамкин.

Ю.В. Абрамкин родился в Москве, окончил электромеханический факультет МЭИ в 1962 г. Вся его последующая научная и трудовая деятельность была связана с кафедрой электрических машин (электромеханики) этого ведущего вуза.

Широкий круг выполненных Ю.В. Абрамкиным практических разработок и научных исследований — от решающего участия в создании первого в мире высоковольтного гидрогенератора напряжением 110 кВ до фундаментальных научных трудов, продвинувших вперед теорию электромагнитного поля.

Признание получил разработанный непосредственно при участии Ю.В. Абрамкина универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах (метод зубцовых контуров) на десятилетие опередивший аналогичные исследования за рубежом.

Чрезвычайно скромный и отзывчивый человек, Юрий Васильевич отличался необычайно последовательным и строгим

подходом к научной деятельности. Наибольший вклад внес он в теоретическую электромеханику и электротехнику. Его многочисленные труды были посвящены исследованию таких сложных проблем, как математическое описание поляризации диэлектрической и магнитной сред во внешнем поле, определение электромагнитных сил в нелинейной магнитной системе, расчет пондеромоторных (электромагнитных) сил в электрическом поле, распределение электромагнитных сил и натяжений в электромагнитных полях. Главной особенностью научных исследований Юрия Васильевича было scrupulous следование позициям Максвелла на основе изучения и творческого переосмысления научного наследия этого великого ученого.

Юрий Васильевич принял самое активное участие в организованной в «Электричестве» дискуссии по проблеме расчета электромагнитных сил в магнитном поле. Итоги дискуссии оказались весьма плодотворными как с точки зрения широты охвата проблемы, так и по достигнутому результату. Беспрецедентность этой дискуссии состоит в том, что она позволила значительно приблизиться к разрешению научного спора о

методах расчета удельных пондеромоторных (электромагнитных) сил в магнитном поле, который ведется со времени опубликования в 1873 г. знаменитого труда Максвелла — «Трактата об электричестве и магнетизме».

Одновременно с огромной и целеустремленной научной работой Юрий Васильевич вел напряженную педагогическую деятельность. Им опубликованы десятки учебных пособий по электрическим машинам и электромагнитным расчетам сложных электромеханических систем, подготовлено много инженеров, аспирантов и научных работников. Давно был готов Юрий Васильевич и к защите докторской диссертации, однако все откладывал ее оформление, сосредоточивая силы на получении новых научных результатов, с которыми стремился как можно скорее ознакомить специалистов.

Юрий Васильевич Абрамкин был, безусловно, выдающимся представителем отечественной научно-технической школы, посвятившим свою жизнь развитию российской науки. Память о нем будет всегда жить в наших сердцах.

*Если Вы работаете в области энергетики или электротехники,
позаботьтесь о том,
чтобы Ваши предприятие, лаборатория, кафедра
не опоздали с подпиской на*

«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

- старейший отечественный теоретический и научно-практический журнал, орган Российской Академии наук, Федерации энергетических и электротехнических обществ;
- выходит ежемесячно, предназначен для высококвалифицированных специалистов в области энергетики и электротехники;
- публикует теоретические и научно-практические работы отечественных и зарубежных ученых и инженеров, освещает работу российских и международных конференций, рецензирует учебники и монографии по тематике Журнала, помещает материалы по истории электротехники, статьи о выдающихся отечественных ученых;
- переводится на английский язык, издается и распространяется в мире издательством «Elsevier Science»; русскоязычное издание поступает по все промышленно развитые страны мира.

*Условия подписки указаны в Каталоге Федерального управления
почтовой связи при Минсвязи РФ (Каталог АРЗИ), индекс 71106*

Подписаться на наш ежеквартальный сборник на английском языке (каждый сборник составляется на основе статей из трех номеров русскоязычного издания) можно по адресам:

в США: Elsevier Science Inc., 660 White Plains Road, Tarrytown, NY 10591—5153, USA;

в Великобритании: Elsevier Science Ltd, The Boulevard Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, U.K.

Адреса редакции: 103012 Москва, К-12, Б. Черкасский пер., 2/10

☎ 924-24-80

101000 Москва, Главный почтамт, абонентный ящик № 648

Художественный редактор Т.А. Дворецкова

Сдано в набор 25.03.96. Подписано в печать 22.04.96. Формат 60x80¹/₈.
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,8. Заказ 627

Энергоатомиздат, 113114 Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10
Макет выполнен АО «Знак», 103012 Москва, Б. Черкасский пер., 2/10
Типография № 9 Комитета РФ по печати
109033 Москва, Волочаевская ул., 40

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru