

НИКОЛА ТЕСЛА И СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Баранов М.И., д.т.н.

НИПКИ "Молния" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47, НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ"

тел. (057) 707-68-41, факс (057) 707-61-33, E-mail: nipkimolnija@kpi.kharkov.ua

Наведено короткий нарис про видатні досягнення Тесли в галузі електротехнічних знань та його вагомій ролі у науково-технічному прогресі людства.

Приведен краткий очерк о выдающихся достижениях Теслы в области электротехнических знаний и его весомой роли в научно-техническом прогрессе человечества.

*150-летию со дня рождения
выдающегося электротехника
Никола Теслы посвящается.*

НАЧАЛО БОЛЬШОГО ПУТИ

10 июня 1856 года в Хорватии, входившей тогда в состав Австро-Венгерской империи Габсбургов, в селе Смиляны родился Никола Тесла, которому было суждено стать в будущем всемирно известным электротехником, творцом многофазных электрических устройств переменного тока и высокочастотной техники [1, 2]. Будучи еще ребенком Никола от своего отца-священника, происходившего из старинного сербского рода Драгничей, впервые услышал слово "электричество", которое последний использовал при объяснении сыну причины возникновения электрических искр при прикосновении человеческой руки к шерсти домашней кошки. Кстати, хорватское слово "Тесло" означает: "Плотничий инструмент в виде топора для выделки из древесины изделий с вогнутой поверхностью (например, корыт, ложек и др.)" [1]. Тогда Никола не мог знать, что исследованию электрических явлений он посвятит всю свою долгую жизнь. Уже в школе он проявил повышенный интерес к точным дисциплинам и изучению электричества. Его любимым предметом стала физика [3]. Не забывал Никола и об иностранных языках. По окончании в 1871 году общеобразовательной школы он хорошо владел четырьмя языками (немецким, французским, итальянским и сербским), не считая хорватского. В 1874 году за три года Никола заканчивает в г. Карловце четырехлетнее обучение в Высшем реальном училище, проявив при этом блестящие знания по математике и физике. Никола Тесла по окончании данного училища мечтает стать инженером-электриком, хотя его отец настаивал на том, чтобы он дальше обучался богословию. После трудного семейного решения он в 1875 году поступает в г. Граце (сейчас это всемирно известный австрийский центр в области техники высоких напряжений) в Высшую техническую школу [1–3]. В 1878 году после окончания технического факультета вышеназванной Высшей технической школы Тесла Н. начинает работать помощником инженера. Затем для углубления своих знаний поступает в Пражский университет, который в 1881 году после двух семестров обучения из-за материальных трудностей оставляет и поступает в г. Будапеште

на работу в должности инженера-электрика в Венгерскую телеграфную компанию. В этот период Тесла Н. увлекается идеей создания электрических генераторов и двигателей переменного тока [1, 4].



Никола Тесла (1856–1943)

(Фото с газонаполненной лампой в руке, светящейся под действием внешнего высокочастотного электромагнитного поля).

МНОГОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В феврале 1882 года в г. Будапеште Тесла Н. разработывает новую схему электродвигателя, принцип действия которого был основан на открытом им явлении "вращающегося магнитного поля" [1, 5]. Это открытие о возможности создания и практического использования "вращающегося магнитного поля", подготовленное многолетними размышлениями и опытами Никола Теслы, стало одним из величайших завоеваний технической мысли XIX века. Следует

отметить то, что еще в 1824 году известным французским ученым Араго было описано явление "*магнетизма вращения*", где "*вращающееся магнитное поле*" создавалось при помощи вращения постоянного магнита [4, 5]. Для полноты историко-научной картины того времени к этому следует добавить то, что уже в сентябре 1820 года член Парижской Академии наук, великий французский физик Андре Ампер сформулировал закон электродинамического взаимодействия двух токов, протекающих по параллельно расположенным проводникам, а в 1827 году выдающийся немецкий ученый Георг Ом открыл фундаментальный закон в теории электричества, устанавливающий связь между силой электрического тока J , электрическим напряжением U и электрическим сопротивлением R в электрической цепи. Дополним этот исторический экскурс тем, что в 1831 году гениальный английский физик Майкл Фарадей открыл явление (закон) электромагнитной индукции, а известный русский академик-электротехник Э. Х. Ленц сформулировал закон, определяющий направление протекания в проводнике электрического тока, возникающего в результате действия этой самой электромагнитной индукции. Кроме того, в 1842 году выдающийся американский электротехник Джозеф Генри установил, что при разряде на RL – нагрузку предварительно заряженного конденсатора в электрической разрядной цепи возникают затухающие электрические колебания, а в 1847 году известный немецкий ученый Густав Кирхгоф описал законы распределения электрического тока в сложных электрических цепях. И на конец, к 1873 году великим английским физиком Джеймсом Максвеллом была разработана теория электромагнитного поля. Все это вместе, безусловно, способствовало формированию научного "багажа" знаний Николы Теслы. Возвращаясь к 1882 году, заметим, что идея же Теслы Н. заключалась в том, чтобы "*вращающееся магнитное поле*" создавать посредством неподвижных электромагнитов, закрепленных на станине (статоре) электрической машины. На основании такого подхода к концу 1882 года Тесла Н. разрабатывает несколько вариантов схем и действующих моделей двухфазных электрогенераторов и электродвигателей. Надо отметить, что в это время Тесла Н. в общих чертах был знаком с творческими научно-техническими успехами и изобретениями известных русских электротехников Яблочкова П.Н., Лодыгина А.Н. и др. Для практической реализации своих идей Тесла Н., по мнению его биографов [1, 3], в те годы подумывал о возможном переезде для работы и продолжения своих исследований в Россию. После долгих раздумий герой нашего очерка в 1884 году направляется в США к знаменитому американскому электротехнику Т.А. Эдисону. Прибыв в г. Нью-Йорк, Тесла Н. встречается с Томасом Эдисоном и рассказывает ему о своих изобретениях в области электрических машин переменного тока. Из истории электротехники известно, что Эдисон Т.А. не видел перспектив для практического использования в промышленности и в быту переменного тока [1, 5]. Позже в сентябре 1889 года на приглашение ознакомиться в г. Берлине с трехфазным

асинхронным электродвигателем переменного тока, содержащим распределенную по статору обмотку и короткозамкнутую обмотку ротора, знаменитого русского электротехника Доливо-Добровольского М.О. [6] Эдисон Т.А., по воспоминаниям самого Михаила Осиповича, заявил: "*Переменный ток – это вздор, не имеющий будущего*" [1, 5, 6]. В связи с этим значительно позже в 1916 году Тесла Н. скажет, что "*...Эдисон не был ученым, а был лишь способным изобретателем, организатором научной и коммерческой деятельности больших коллективов*" [1, 3]. Как мы теперь видим и понимаем, Эдисон Т.А. просто заблуждался. Это еще раз на конкретном примере показывает, что крупно ошибаться могут и великие люди.

После приезда в США Тесла Н. начинает активно работать в электрических мастерских Эдисона Т.А. Он занимается ремонтом электродвигателей и электрогенераторов постоянного тока, а после своего рабочего времени продолжает трудиться над усовершенствованием своих конструкций электрических машин переменного тока. Важно подчеркнуть, что уже тогда в стиле работы Теслы Н. было характерно то, что он старался свои идеи вначале обосновывать теоретически на уровне своих технических и физико-математических знаний, а затем со своими помощниками проводить их экспериментальную проверку. Никола Тесла совмещал в себе ученого и инженера-экспериментатора, причем, как отмечают историки науки и техники [1–5], первый преобладал над вторым. В коммерческой (предпринимательской) деятельности он разбирался слабо. В связи с отсутствием у Эдисона Т.А. возможности для дальнейшего продолжения работ над многофазными электрическими машинами переменного тока Тесла Н. весной 1885 года оставляет его электрические мастерские и организует со своими компаньонами-предпринимателями недолго просуществовавшее предприятие – "*Общество электрического освещения*".

Весной 1887 года Западная телеграфная компания США заинтересовалась работами Теслы Н. в области электротехники. В этом же году эта Компания организует для него производственно-техническое общество "*Tesla Electric Company*". Вот с этого времени у Теслы Н. и появляется возможность для реального решения вопросов, связанных с практической реализацией своих творческих разработок. За короткое время Теслой Н. были разработаны и созданы в "металле" первые опытно-промышленные образцы двухфазных электрических машин переменного тока – электродвигателей и электрогенераторов [4, 5]. Никола Тесла с этого времени становится известным в США ученым и инженером, первым открывшим явление "*вращающегося магнитного поля*" и разработавшим на его основе различные конструкции многофазных (в большей части двухфазных) электрических машин. Надо отметить, что Тесла Н., запатентовавший многофазный электродвигатель и электрогенератор, просто недооценивал преимуществ трехфазного переменного тока перед двухфазным током и предпочтению по только ему известным причинам отдавал последнему.

На рис. 1 в упрощенном виде приведены принципиальные электрические схемы двухфазного электрического синхронного генератора *I* и двухфазного электрического асинхронного двигателя *II*, созданные Теслой Н. [4, 5]. Согласно данным схемам на статоре генератора *I* закреплены постоянные магниты 1, а его ротор содержит две независимые катушки 2 и 3, расположенные на валу под прямым углом друг к другу. Концы катушек 2 и 3 выведены на металлические кольца 4 и 5, жестко закрепленные на валу генератора *I*. При помощи двух токов (от сосредоточенных катушек 2 и 3 генератора *I*), сдвинутых по фазе относительно друг друга на 90° , статором 6 двигателя *II* в объеме, содержащем ротор 7 двигателя *II*, создается "вращающееся магнитное поле". Это поле увлекает за собой ротор 7 двигателя *II*, выполненный из двух взаимно перпендикулярных сосредоточенных короткозамкнутых катушек 8 и 9, размещенных на его металлическом валу. В этих схемах обмотка статора 6 двигателя *II* с металлическими кольцами 4 и 5 генератора *I* была соединена с помощью четырех электрических проводов 10.

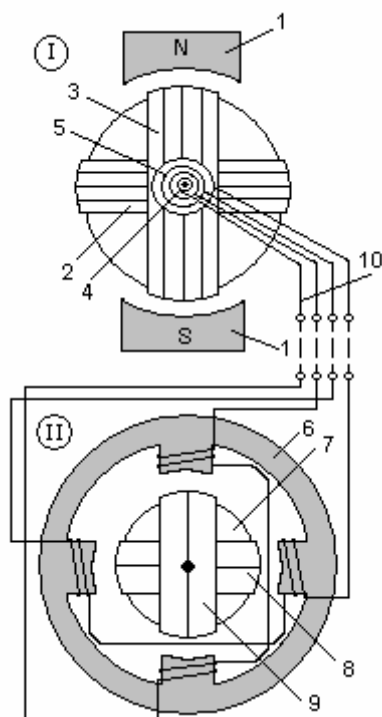


Рис. 1. Принципиальные электрические схемы синхронного генератора и асинхронного двигателя Николы Теслы

К маю 1888 года Тесла Н. получает в Патентной комиссии США семь патентов на изобретения, касающиеся двухфазных электрических генераторов и двигателей. В этом же месяце Тесла Н. прочел в Американском институте электро- и радиоинженеров (*IEEE*) публичную лекцию на тему "Новая система двигателей переменного тока и трансформаторов". Следует отметить, что в истории Американского института *IEEE* данной чести удостоивались только выдающиеся электротехники мира. После публикации этой лекции в ведущих научных журналах передовых стран мира имя Теслы Н. становится широко известным и международной общественности. К концу 1888

года Тесла Н. получает на многофазные электрические машины около 40 патентов на изобретения, которые сразу же продает крупнейшей Американской электротехнической компании, возглавляемой Дж. Вестингаузом. Эта Компания, используя вышеупомянутые изобретения Теслы Н., открывает широкую «дорогу» для внедрения в США в практику электроэнергетического оборудования, работающего на переменном токе. В то время, когда Американская компания Дж. Вестингауза изготавливала в США двухфазные электрические машины переменного тока Николы Теслы, работавшие при частоте 60 Гц, в Европе, благодаря прежде всего изобретениям и практической деятельности работавшего в Германии выдающегося русского электротехника Доливо-Добровольского М.О. [6], широкое признание получила трехфазная система построения электрических машин переменного тока частотой 50 Гц. В 1891 году по проекту германской фирмы *AEG*, главным инженером которой в то время был М.О. Доливо-Добровольский, была построена знаменитая Лауфен-Франкфуртская линия электропередачи (ЛЭП) длиной 175 км с трехфазным генератором переменного тока мощностью в 190 кВт. Эта ЛЭП положила начало триумфальному успеху трехфазных систем производства, распределения и потребления электрической энергии [1, 5, 6]. Тем не менее, немного позже в 1896 году самая крупная в мире в свое время гидроэлектростанция, построенная на Ниагарском водопаде (США) по проекту Американской фирмы "Вестингауз" с участием Теслы Н., была оборудована тремя двухфазными электрогенераторами мощностью по 5000 лошадиных сил (3680 кВт) каждый [1, 5]. Из всемирной истории электротехники известно, что двухфазные электрические машины имели такие недостатки [4, 5]: высокую степень пульсации напряжения (тока); выступающие магнитные полюса; сосредоточенные обмотки на магнитных полюсах и роторах генераторов и двигателей; использование четырех проводов в цепях возбуждения и др. Трехфазная же система построения электрических машин по сравнению с двухфазной системой была практически лишена этих недостатков и могла быть применена при создании электрических генераторов и двигателей большой мощности. Все это делало двухфазную систему электрических машин не конкурентно-способной по сравнению с трехфазной системой. Поэтому вскоре и Американская компания Дж. Вестингауза перешла на выпуск только трехфазных электрических машин.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

Никола Тесла оказался одним из первых электротехников, внесшим значительный вклад в развитие техники высоких напряжений и токов высокой частоты. Так, в 1889 году он на базе многофазной многополюсной электрической машины создал генератор, позволявший в катушках ротора получать электрический ток с частотой до 20 кГц [1, 5]. Для получения более высоких частот тока (напряжения) Тесла Н. обратился к немашинным способам их генерирования. В 1891 году он разрабатывает и создает дейст-

вующую модель своего знаменитого "резонанс-трансформатора", представляющего собой высоковольтный высокочастотный трансформатор, использующий явление резонанса в индуктивно-связанных электрических контурах [1, 2, 5]. В данном резонансном трансформаторе (рис. 2), содержащем настроенные в резонанс первичную обмотку с приведенной к ней индуктивностью L_1 и малым числом витков и вторичную многovitковую обмотку с приведенной к ней индуктивностью $L_2 \gg L_1$, Николой Теслой было использовано явление резонанса напряжений в LC -контурах с последовательным соединением их реактивных элементов. Первичная обмотка этого трансформатора посредством искрового коммутатора F_2 была подключена к конденсатору с электрической емкостью C_p , заряжаемому время от времени при помощи зарядного устройства (ЗУ). Согласно рис.2 ЗУ содержало аккумуляторную батарею C_B , механический выключатель F_1 и индукционную катушку (воздушный трансформатор) с индуктивностью L_K и активным сопротивлением R_K . Как известно, условие резонанса в LC -контуре первичной обмотки рассматриваемого трансформатора имеет вид [7]: $\omega_p \cdot L_1 = (\omega_p \cdot C_p)^{-1}$, где ω_p – резонансная круговая частота исследуемого контура. При разряде через искровой коммутатор F_2 и первичную обмотку предварительно заряженного от ЗУ конденсатора C_p из-за электромагнитной индукции во вторичной обмотке с индуктивностью L_2 и электрической емкостью C_B наводится напряжение U_B большой амплитуды и высокой частоты ω_B (в частном случае $\omega_B = \omega_p$). В предложенной Теслой Н. схеме, изменяя емкость C_p , можно сравнительно легко изменять и резонансную частоту $\omega_p = (L_1 C_p)^{-1/2}$ в первичном LC -контуре трансформатора с индуктивностью L_1 и соответственно подстраиваемую частоту ω_B вторичного LC -контура рассматриваемого трансформатора с индуктивностью L_2 и емкостью C_B для напряжения (тока) на выходе резонансного трансформатора.

При создании резонансного трансформатора Тесла Н. впервые столкнулся с проблемой обеспечения электрической прочности изоляции токоведущих частей, работающих при высоких и сверхвысоких электрических напряжениях. Для решения возникших перед ним задач он предложил погружать первичную и вторичную обмотки импульсного высоковольтного трансформатора в минеральное масло. Позже подобное масло в электротехнике получило название как "трансформаторное масло". Как здесь не вспомнить пророческого высказывания Теслы Н. о значении электрической изоляции для будущих электроэнергетических систем. В 1892 году он говорил: "...Только при использовании масляной изоляции и многофазных переменных токов передача электрической мощности может быть осуществлена в промышленных

масштабах на большие расстояния" [1, 4]. К этому следует добавить то, что еще до Теслы Н. на высокие электроизоляционные свойства минерального масла указывал наш соотечественник, выдающийся русский электротехник, первооткрыватель электрической дуги и петербургский академик Петров В.В. [8].

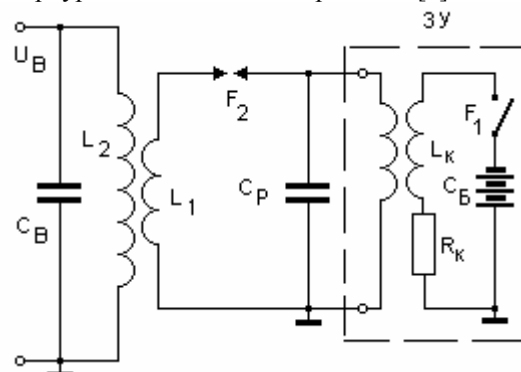


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема высокочастотного резонансного трансформатора Николы Теслы.

Своей разработкой резонансного трансформатора Тесла Н. впервые продемонстрировал принцип использования явления резонанса в индуктивно-связанных RLC -цепях для формирования высоких и сверхвысоких электрических напряжений высокой частоты. Данный принцип сыграл свою большую роль в развитии не только современной высоковольтной импульсной техники, но и радиотехники особенно. Он и ныне широко применяется в современном высоковольтном электрофизическом оборудовании (например, в электромагнитных системах ускорителей заряженных элементарных частиц для ядерных исследований). Поэтому поистине пророческими оказались его следующие слова: "...Я думаю, что разряд конденсатора будет в будущем играть важную роль" [1, 5].

Никола Тесла своими работами в области напряжений и токов высокой частоты стимулировал появление ряда новых электротехнических аппаратов терапевтического назначения (например, УВЧ аппаратов) [1, 3]. В 1898 году он выступил даже в г. Буффало с докладом на конгрессе Американской электротерапевтической ассоциации. В ранее опубликованных материалах о Тесле Н. указывается, что им был проведен комплекс исследований по физиологическому действию на человека токов и напряжений высокой частоты [1]. Зачастую "подопытным кроликом" он становился сам. Доподлинно установлено, что на своих известных публичных лекциях он на самом себе демонстрировал действие электрического тока частотой до 1 МГц от источника электрического напряжения в 200 кВ [1, 5]. В научной лаборатории Теслы Н. в многочисленных опытах в присутствии своих помощников через свои пальцы рук, обе руки и все тело пропускал токи высокой частоты и высокого напряжения. Благодаря этим опытам им было установлено два пути (механизма) воздействия переменного тока на человеческий организм: первый на клетки мягких тканей, а второй на нервные клетки. Он показал, что нагрев мягких тканей человека из-за действия тока менее опасен, чем его действие на нервную систему

человека. По его мнению, при частоте тока более 700 Гц болезненное и патологическое действие на нервные клетки человека прекращается (в этой части, к сожалению, нет опубликованных им подробных результатов медико-биологического наблюдения).

Нами сейчас трудно воспринимаются те сведения, которые свидетельствуют о том, что Тесла Н. спокойно пропускал через свое тело токи частотой до 100 кГц при электрическом напряжении источника в 1 МВ (амплитуда тока через тело при этом составляла примерно 0,8 А) [1, 5]. Тем не менее, точно известно, что на основе этих исследований им для технического персонала были выработаны свои Правила техники безопасности при работе с такими токами и напряжениями. Так, одним из главных пунктов этих Правил было то, чтобы при работе с электрическими токами частотой 60 Гц и более и электрическими напряжениями 110 В и выше сотрудник-оператор свою работу выполнял только одной рукой для исключения в аварийном случае возможного протекания тока через область человеческого сердца. Часть этих требований из указанных Правил по охране труда персонала при высоковольтных работах и работах с высокочастотными токами входит и в современные соответствующие Инструкции по технике безопасности [1, 5]. Таким образом, судя по тем скудным данным, что дошли до нас, Теслу Н. можно считать пионером и в области разработки технических мер по защите человека от поражающего действия высокочастотного электрического тока. Насколько известно автору, в будущем подобные прямые исследования действия на человеческий организм переменного тока только промышленной частотой 50 Гц (более опасный для человека случай) были продолжены, углублены, расширены и уточнены всемирно известным в области электробезопасности и аппаратов электрозащиты и ныне здравствующим австрийским электротехником, профессором Готфридом Бигельмайером, которому в 2004 году исполнилось 80 лет [9].

Требуется указать на то, что и сегодня в мире, и в Украине в том числе, активно проводятся научно-исследовательские работы по созданию, изучению влияния на человека и практическому применению в медицине и биологии сверхкоротких импульсных токов и электромагнитных полей наносекундного диапазона [10–12]. Важно отметить, что на базе подобных поисковых исследований в НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" были разработаны, созданы и успешно испытаны высоковольтные высокочастотные электроустановки для осуществления комплекса импульсных воздействий при обработке пищевых продуктов и исследовании возможностей их лечебного применения в широкополосной электромагнитной импульсной терапии [13–15].

Важным этапом многолетних работ Теслы Н. следует считать его исследования в области излучения и беспроводной передачи электромагнитной энергии. Здесь надо уточнить один принципиальный момент: у Теслы Н. речь шла не о передаче без проводов слабых электрических телеграфных или радио- и телефонных сигналов, а о беспроводной передаче на значительные расстояния больших значений электро-

магнитной энергии, достаточных для питания различных мощных электрических устройств. Незавершенной им работой в конце XIX века оказалось создание в США высокочастотного генератора электромагнитных колебаний с мощной антенной-излучателем. Анализ состояния высокочастотной техники того времени показывает, что Тесла Н. мог располагать генератором затухающих электромагнитных колебаний частотой не более 10 МГц. Мощных генераторов с незатухающими сверхвысокочастотными электромагнитными колебаниями тогда еще не было. Для эффективной беспроводной передачи больших потоков электромагнитной энергии такой частоты было бы Тесле Н. не достаточно. Электродинамика распространения электромагнитных волн как в самой земле, так и в земной атмосфере тогда как дисциплина просто отсутствовала. Данные исследования Теслы Н. находились практически рядом с работами выдающегося русского ученого-радиотехника Попова А.С. – изобретателя радио, практически решившего в 1895 году проблему беспроводного телеграфа [1, 5]. Неверная, на наш взгляд, концепция Теслы Н. по вопросу беспроводной передачи больших потоков электромагнитной энергии, основанная на возмущении электрического поля Земли [1, 5], в конце концов, завела его в тупик: быстрых положительных результатов по открытию для человечества новых источников электромагнитной энергии он здесь не получил, а банкиры и промышленники финансирование этих исследований прекратили. Заметим, что согласно современным представлениям передавать без проводов значительные потоки электроэнергии на большие расстояния можно только при помощи сверхкоротких электромагнитных волн частотой значительно больше 1 ГГц, распространяющихся не во все стороны от излучателя, а направленным узким потоком – лучом [16]. Несмотря на определенные успехи в настоящее время в области СВЧ-техники, проблема передачи в воздушном пространстве больших количеств электромагнитной энергии посредством мощных узконаправленных СВЧ сигналов все еще находится лишь на стадии изучения и создания исследовательских лабораторных установок [16].

Необходимо отметить то, что Тесле Н. принадлежит мировой приоритет и в работах по дистанционному управлению с помощью высокочастотных электромагнитных сигналов различными механизмами (например, морскими судами). Так, в 1896 году по его проекту вблизи г. Нью-Йорка была построена радиостанция, излучавшая короткие электромагнитные волны с частотой до 2 МГц и предназначенная для управления на расстояниях до 25 морских миль (около 46 км) от берега опытными образцами морских судов [1, 5]. Проведенные в этом же году Теслой Н. натурные испытания по радиоуправлению удаленными от береговой зоны морскими судами полностью подтвердили техническую реализуемость этого способа дистанционного управления техническими объектами. В 1897 году он получает несколько патентов США на изобретения в данной области, положивших начало развитию такого нового научно-технического направления как радиотелемеханика. Открывшаяся

перед Теслой Н. широкая область высоких электрических напряжений и высоких частот электрического тока увлекает его и воодушевляет на фантастические поступки. В 1899 году Тесле Н. удалось построить в Скалистых горах американского штата Колорадо высокогорную научную лабораторию, занявшуюся изучением электрического поля Земли и природы грозных разрядов (рис. 3). Используя свой высоковольтный импульсный резонансный трансформатор, он создает высокочастотный генератор мощностью 200 кВт, позволявший получать на его выходе импульсное напряжение от нескольких мегавольт до 12 МВ при частоте его изменения до 150 кГц [1, 5].

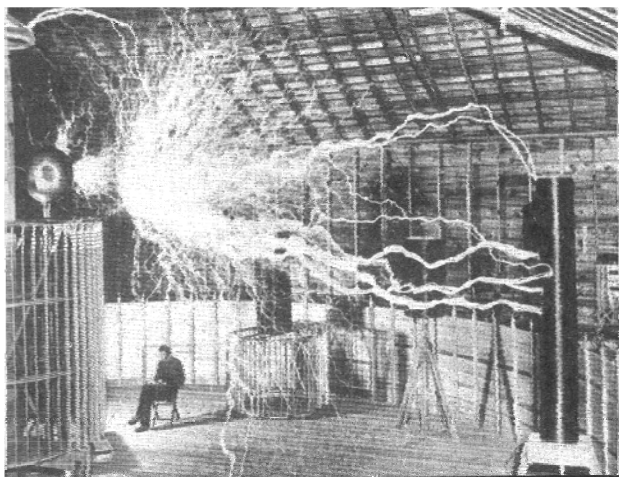


Рис. 3. Общий вид высоковольтного высокочастотного генератора Николы Теслы в Колорадской лаборатории США при формировании им в 1899 г. в воздухе длинных искровых разрядов (на стуле рядом с генератором сидит автор разработки этой высокочастотной техники – Тесла Н.)

Разместив элементы этого генератора на изоляционной вышке (мачте) высотой около 60 м, ему удалось искусственно имитировать и наблюдать в воздухе искровые разряды большой длины ("искусственные молнии") – до 40 м. Изображенные на рис. 3 воздушные длинные искровые разряды, формируемые этим генератором, говорят о том, что указанные чуть выше данные, наверное, можно считать экспериментально подтвержденными. Даже в наше время с современных электротехнических позиций и знаний все это выглядит просто фантастически! Этими работами Тесла Н. на многие десятилетия обогнал свое время. Подобные исследования были возобновлены в США и в других странах мира только в 70–е годы XX века, что было связано с решением насущной проблемы по молниезащите размещенных на земной поверхности электроэнергетических объектов и в околоземном пространстве летательных аппаратов (например, самолетов и ракет) [17–22].

XX столетие Тесла Н. встретил своим новым проектом, предусматривавшим создание в США уникальной мощной радиостанции. По его словам данная радиостанция будет нужна "...для всемирной передачи электроэнергии" [1, 5]. Этот проект предусматривал сооружение башни высотой 47 м, на вершине которой должен был быть установлен мощный передатчик-генератор электромагнитных волн. В 1902 году со-

оружение вышеназванной башни и помещения вблизи нее для научной лаборатории было закончено. Монтаж силового электрооборудования этой радиостанции Теслы Н. был отложен на неопределенное время по финансовым причинам. В 1914 году из-за начавшейся первой мировой войны все работы по созданию данной радиостанции были прекращены, а башню в скором времени в целях обеспечения государственной безопасности США пришлось взорвать [1, 5].

Следует обратить внимание читателя на то, что после подробного моего знакомства с известными опубликованными материалами про Николу Теслу и его основными разработками автора этих строк не оставляет чувство досады от того, что Тесла Н., не имея учеников и последователей, крайне мало публиковал в научных изданиях полученные им конкретные научно-технические данные и соответственно подробно не представлял широким научным кругам результаты проведенных им в течение многих лет обширных и разноплановых экспериментальных исследований. После скупого ознакомления сотрудников и помощников из своего узкого окружения с материалами и эскизами предстоящих работ последние он обычно уничтожал. Как правило, журналов производства общетехнических работ и проведения научно-технических исследований им не велось. Тесла Н. по итогам своих работ производил короткие записи, которые могли бы ему понадобиться в дальнейшем. Некоторые исследования или обнаруженные явления и эффекты он не доводил до логического завершения, не говоря уже об их обобщении и оформлении, и соответственно о них не заявлял в печати. Так, при изучении в 1893 году в области светотехники процессов в вакуумных лампах с тугоплавкими электродами он установил и классифицировал три вида наблюдаемого им в этих опытах излучения: видимый свет, ультрафиолетовое излучение и "*совершенно особые лучи*" [1, 5]. Как свидетельствуют сохранившиеся в архивах исторические данные он опытным путем определил то, что последние легко проникали через тонкие металлические пластинки, окружавшие лампу. Он мог бы еще в 1893 году до известного немецкого физика В. Рентгена открыть X–лучи, обнаруженные и доведенные последним до научных кругов путем журнальной публикации только в конце 1895 года и названные потом в его честь "*рентгеновским излучением*". Кстати, при проведении своих знаменитых опытов В. Рентген для получения высокого электрического напряжения использовал резонансный трансформатор Теслы Н. [1, 5]. Увлеченность Теслы Н. наукой, носившая порой признаки фанатизма, и желание быстро решать масштабные научно-технические задачи не всегда приносили ему желаемые результаты. От такого подхода страдали не только окружающие его люди, но и многое теряла сама Наука и Техника. В свое время еще знаменитый английский физик Дж.У. Рэлей в качестве пожелания Тесле Н. прямо ему сказал: "*...Вы на редкость одаренный ученый. Мой Вам совет – сосредоточьте усилия на одной из Ваших великих идей и разработайте ее до конца*" [1].

В 1915 году Николе Тесле за пионерские исследования многофазных электрических машин пере-

менного тока была присуждена Нобелевская премия по физике, а в 1916 году он, как творец многофазных электрических систем и высокочастотной техники, был награжден золотой медалью Томаса Эдисона. Последние печатные работы Теслы Н., связанные с усовершенствованием статического электрического генератора Ван де Граафа и использованием высоковольтных искровых разрядов для изучения свойств и строения различных веществ, относятся к 1934 году [1, 5]. Последние свои годы Тесла Н., так много отдавший своих сил благородному делу Науки, провел в одиночестве и материальной нужде. Скончался Никола Тесла 8 января 1943 года в США в г. Нью-Йорке на 87-м году жизни.

* * *

Никола Тесла являлся автором более 100 изобретений в области электротехники, высоковольтной импульсной техники и радиотехники, большая часть из которых была реализована, а некоторая часть из них и поныне служит человечеству. Известный американский радиотехник, лауреат Нобелевской премии Эдвин Армстронг, подчеркивая величие Теслы Н. и его выдающийся вклад в развитие электротехники, электроэнергетики, радиотехники и становление основ современной промышленности, однажды сказал: "...Я думаю, что миру придется долго ждать появления гения, который мог бы стать соперником Николы Теслы в его свершениях и в его вдохновении" [1, 5]. В июле 1956 года в ознаменование 100-летия со дня рождения Николы Теслы и его заслуг перед человечеством Международная электротехническая комиссия (МЭК) постановила присвоить в международной системе (СИ) единице магнитной индукции название "Тесла" (сокращенно Тл). В этом же году Американским институтом *IEEE* была учреждена медаль имени Николы Теслы, вручаемая за выдающиеся достижения и заслуги в области электричества и электротехники. Научно-техническое имя Николы Теслы миром не забыто, его научные разработки и идеи пронизывают до сих пор современную электротехнику, радиотехнику и высоковольтную импульсную технику и все они направлены на благо нашей цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ржонсницкий Б.Н. Никола Тесла/ Серия: Жизнь замечательных людей. - М.: Молодая гвардия, 1959.-222 с.
- [2] Глазанов В.Н. Великий сын югославского народа// Электричество.-1956.-№7.-С. 66-69.
- [3] Церава Г.К. Никола Тесла. 1856-1943.-Л.: Наука, 1974.-212 с.
- [4] Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А. Энергетическая техника и ее развитие.-М.: Высшая школа, 1976.-304 с.
- [5] Шнейберг Я.А. Творец многофазных систем и техники СВЧ// Электричество.-1993.-№9.-С. 1-9.
- [6] Веселовский О.Н. Доливо-Добровольский. 1862-1919.-М.: Изд-во АН СССР, 1963.-86 с.
- [7] Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.1.-Л.: Энергоиздат, 1981.-536 с.
- [8] Намитоков К.К., Клименко Б.В. Электрическая дуга: 200-летний юбилей великого открытия// Электротехника і електромеханіка.-2003.-№2.-С. 46-49.
- [9] Клименко Б.В. Ода Готфриду// Электротехніка і електромеханіка.-2004.-№3.-С. 8-12.

- [10] Бойко Н.И. Высоковольтные аппараты и технологии на основе комплекса высоковольтных импульсных воздействий//Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".- Харків: НТУ "ХПИ".-2001.-№16.-С. 11-16.
- [11] Бойко Н.И., Бондина Н.Н., Михайлов В.М. и др. Моделирование воздействия электрического поля на объекты, имеющие многослойную структуру// Электронное моделирование.-2002.-Т.24.-№1.-С. 70-82.
- [12] Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Численное моделирование распределения импульсного электрического поля и температуры в объеме биологической клетки// Технічна електродинаміка.-2004.-№2.-С. 7-14.
- [13] Бойко Н.И., Тур А.Н., Евдошенко Л.С. и др. Установка для обработки текучих продуктов при помощи комплекса импульсных воздействий и результаты исследований//Технічна електродинаміка.-2001.-№4.- С.59-63.
- [14] Бойко Н.И., Сафронов И.А., Тондий Л.Д. АШЭМИТ-аппарат для широкополосной электромагнитной импульсной терапии// Приборы и техника эксперимента.-2000.-№5.-С. 101-108.
- [15] Тондий Л.Д., Бойко Н.И. О возможностях лечебного использования терапевтического аппарата "АШЭМИТ"// Вестник физиотерапии и курортологии.-2001.-Т.7.-№1.-С. 96-99.
- [16] Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ.-М.: Высшая школа, 1990.-335с.
- [17] Uman M.A. Natural and artificially-initiated lightning and lightning test standards// Proceeding of the IEEE.-1988.-Vol.76.-№12.-p. 1548-1565.
- [18] Баранов М.И. Моделирование электромагнитного эффекта при прямом ударе молнии в металлическую обшивку летательного аппарата// Технічна електродинаміка.-1999.-№1.-С. 16-21.
- [19] Баранов М.И., Даценко В.П., Колиушко Г.М. Моделирование электромагнитного эффекта при прямом ударе молнии в землю// Технічна електродинаміка.-2001.-№4.-С. 9-14.
- [20] Баранов М.И., Даценко В.П., Колиушко Г.М. Расчет двумерного импульсного электромагнитного поля в земле при прямом ударе в нее молнии// Технічна електродинаміка.-2002.-№3.-С. 13-18.
- [21] Баранов М.И., Белозеров В.В., Кравченко В.И. и др. Экспериментальные исследования электротеплового воздействия импульсного сильноточного искрового разряда на металлическую обшивку летательного аппарата// Технічна електродинаміка.-2003.-№1.- С. 3-7.
- [22] Баранов М.И. Расчет кратера электротеплового разрушения на металлической обшивке летательного аппарата при прямом ударе в нее молнии// Електротехніка і електромеханіка.-2003.-№4.-С. 101-103.

Поступила 11.03.2005