

place through a stratum of the scattering centres placed in an external electric field

V. I. Krylov

The Pacific State University, Khabarovsk, Russia

In this work the differential cross section for bremsstrahlung of the electrons in a homogeneous electrical field and a field of the N scattering centers has been found. The analysis of the found cross sections has shown that they can noticeably differ from the cross sections which had been calculated in the published articles in which the bremsstrahlung during the movement of an electron in a homogeneous electrical field was not taken into account in comparison with a radiation of photon in the near scattering centers. It means that in this case it was considered that the electrons are only accelerated by an external electric field but its do not radiate. The found cross sections transform to the well-known to mathematical expressions if the homogeneous field is equal to zero.

УДК 537.53

Обнаружение "странного" излучения и изотопного искажения титана при испытаниях промышленного электротехнического оборудования

A. С. Агапов, А. В. Малышев
ОАО "НИЦ ВВА", Москва

В. А. Каленский, Ч. Б. Кайтуков, Л. И. Уруцкоев, Д. В. Филиппов
ГНУП РЭКОМ, РНЦ "Курчатовский институт", Москва

Р. В. Рябова
ИОЯФ, РНЦ "Курчатовский институт", Москва

А. В. Стеблевский
Институт общей и неорганической химии РАН, Москва

Представлены результаты по регистрации излучения, возникающего при испытании высоковольтного промышленного оборудования, и измерений изотопного состава химических элементов, входящих в состав сплавов, из которых изготовлены варисторы. Обнаружено, что при высоковольтных испытаниях на фотопленках и ядерных фотопластинках регистрируются следы, аналогичные следам, полученным в лабораторных исследованиях по электровзрыву проводников в жидкости. В варисторах, участвовавших в промышленных испытаниях, обнаружены искажения изотопного состава титана.

В последнее время появилось заметное число публикаций, в которых сообщается о наблюдении низкоэнергетических ядерных реакций, инициируемых прохождением электрического тока [1—5]. Упомянутые работы достаточно сильно отличаются друг от друга постановкой эксперимента, условиями протекания электрического тока, а также степенью достоверности полученных результатов. Но всех их объединяет одно: при прохождении электрического тока через среду (газовый разряд, электролиз, электровзрыв) наблюдаются

Следует отметить, что низкоэнергетические ядерные реакции под действием мощного электрического разряда, по-видимому, наблюдали еще в 30-х годах прошлого столетия. Например, в работе [6] Смитс и Карсон подвергли тщательно очищенный жидкий свинец, нагретый до 800 °С в атмосфере азота, действию сильноточных электрических разрядов в течение нескольких часов. Спектральные измерения показали, что исходный спектр, соответствующий первоначально чистому свинцу, постепенно обогащается линиями ртути, так

низкоэнергетические ядерные превращения.

© Агапов А. С., Малышев А. В., Каленский В. А., Кайтуков Ч. Б., Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В., Рябова Р. В., Стеблевский А. В., 2007

что линия $\lambda = 2536 \text{ \AA}$ становится более интенсивной,

чем линии свинца. В работе [7] приведены и другие примеры экспериментального наблюдения низкоэнергетической трансформации. Однако создание квантовой теории и триумфальное развитие ядерной физики позволили осознать масштаб разницы ($\sim 10^5$) ядерной энергии и энергии электронной оболочки атома. Это первоначально привело к прекращению публикаций, а затем и к закрытию самих исследований.

В дальнейшем (главным образом после открытия слабых взаимодействий) ситуация начала меняться. Уже в 1951 г. был получен экспериментальный результат [8], где зарегистрировано изменение периода полураспада метастабильного $^{99}\text{Tc}^m$ (6,01 ч) вследствие деформации атомных электронных оболочек в различных химических соединениях (KTcO_4 и металлический Tc). Отношение постоянной распада $^{99}\text{Tc}^m$ в соединении KTcO_4 к постоянной распада этого изотопа в металлическом Tc составило $1,0030 \pm 0,0001$. Эффект незначителен, но надежно зафиксирован. Этот факт продемонстрировал, что, влияя на атомные электронные оболочки, можно (пусть пока и незначительно) влиять на процессы, происходящие в ядре.

Позднее [9—2] была разработана теория β^- -распада в связанное состояние электрона (при котором β^- -электрон не покидает атом, а занимает свободную орбиту). Распад в связанное состояние дополнительно увеличивает фазовый объем конечных состояний и, следовательно, увеличивает вероятность β^- -распада. Данный распад в связанное состояние является процессом, противоположным K-захвату. Аналогично тому, что роль K-захвата по отношению к позитронному β^+ -распаду возрастает при уменьшении энергии перехода и увеличении заряда ядра, увеличение вероятности β^- -распада за счет β^- -распада в связанное состояние существенно именно для переходов с малыми энергиями и ядер с большими Z . Для полностью ионизованных тяжелых атомов при β^- -распадах с малыми энергиями отношение постоянных распада в связанное и свободное состояния может достигать огромной величины 10^3 — 10^4 . Таким образом, наличие свободных электронных орбит (например ионизация) может увеличить вероятности β^- -распада ядер в тысячи раз.

Теория β^- -распада в связанное состояние была экспериментально подтверждена в работах [13, 14]. Нейтральным атомом с минимальной энергией β^- -распада является ^{187}Re (2,66 кэВ). В работе [14] был исследован процесс β^- -распада полностью ионизованного ^{187}Re . Полная ионизация уменьшила период полураспада в 10^9 раз ($4,3 \cdot 10^{10}$ лет для нейтрального атома, 33 года — для полностью ионизованного ядра).

Следующим шагом в понимании механизма низкоэнергетических ядерных превращений было появление работ [2, 15, 16], в которых на основе создания феноменологических численных моделей было показано, что наблюдавшаяся в [1] трансформация не противоречит законам сохранения энергии, а также законам сохранения барионного, лептонного и электрического зарядов. Также показано, что явление низкоэнергетической

трансформации может быть понято только на основе некоторого коллективного механизма, приводящего к перераспределению протонов и нейтронов между ядрами ансамбля. Качественные предсказания [16] были проверены экспериментально на ядрах ванадия.

Важность полученных результатов [16] состоит в том, что с помощью феноменологической модели удалось показать, что хотя, с одной стороны, явление низкоэнергетической трансформации и не имеет в настоящий момент убедительных объяснений в рамках существующих физических представлений, но с другой — и не находится в непреодолимом противоречии с ними.

Однако для реализации гипотетического коллективного механизма, следующего из феноменологической модели, требуется существование какого-то нового неизвестного физического агента—катализатора. Трансформация химических элементов, описанная в работе [1], сопровождалась "странным" излучением, которое взаимодействовало с магнитным полем. А при облучении "странным" излучением фольги Fe^{57} величина эффективного магнитного поля на ядрах железа H_{eff} изменилась на $\Delta H_{eff} \sim 400$ Э. Таким образом, была установлена магнитная природа "странного" излучения.

Поскольку в работах [1, 17] эффекты трансформации химических элементов и образования "странного" излучения наблюдались достаточно устойчиво, то было интересно проверить, не наблюдаются ли подобные эффекты на других технических устройствах, где возникает сильноточный пробой. В качестве исследуемых технических устройств было выбрано серийное электротехническое оборудование при работе во внештатной ситуации.

Описание электрического оборудования и методики испытаний

При эксплуатации электрооборудования возможны аварийные ситуации с возникновением открытой электрической дуги, например:

- возникновение короткого замыкания на системе шин;
- пробой из-за грозовых и коммутационных перенапряжений, который затем приводит к возникновению открытой дуги;
- возможные ситуации, которые связаны с отключением выключателем токов короткого замыкания;
- разрушение выключателя при отключении больших токов.

Для отработки мер безопасности серийное электрооборудование испытывается на взрывобезопасность и локализационную способность. Поэтому при испытаниях необходимо обеспечить режимы, эквивалентные наиболее тяжелым режимам, возможным в электроустановках. Именно во время проведения этих испытаний и было решено провести научные исследования. Вполне естественно, что были выбраны те типы испытаний, при которых величины токов и напряжений были близки по своим значениям к параметрам, полученным на лабораторной установке ($I \sim 30$ кА, $U = 5$ кВ) [1], а ме-

тодика самих испытаний схожа с условиями экспериментов [1].

Короткое замыкание на шинах в комплектном распределительном устройстве (КРУ) осуществляется путем установки на токоведущих шинах перемычек из проволоки любого металла диаметром не более 0,5 мм. Основная задача устанавливаемой проволоки — иницирование дуги, которая затем поддерживается в течение заданного промежутка времени за счет мощности источника. Значение подводимого тока короткого замыкания имеет диапазон 1—40 кА, напряжение холостой схемы 8—10 кВ.

При испытаниях ОПН (ограничитель перенапряжения нелинейный) на взрывобезопасность возможны два варианта иницирования электрической дуги:

- предварительное шунтирование колонки варисторов, устанавливаемой внутри ОПН, медной проволокой диаметром не более 0,5 мм (такая толщина обеспечивает ее плавление за время, не большее, чем соответствующее 30 электрическим градусам) по всей длине вдоль боковой поверхности;
- предварительный прожиг колонки варисторов ОПН в целях образования проводящего канала и последующее воздействие на ограничитель тока короткого замыкания величиной до 40 кА, напряжение при этом может иметь диапазон 22—24 кВ.

Исследования явлений, сопровождающих дуговые процессы, проводили в испытательном центре ОАО "НИЦ ВВА" во время стандартных испытаний на взрывобезопасность двух типов оборудования: ОПН, КРУ, а также при отключении вакуумным выключателем токов короткого замыкания.

ОПН — устройство, предназначенное для защиты изоляции электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений (класс напряжения сети 110 кВ); представляет собой последовательно соединенные металлооксидные варисторы, заключенные в изоляционный корпус. Металлооксидный варистор — единственный компенсирующий элемент ОПН, имеющий нелинейную вольтамперную характеристику. Для проверки на взрывобезопасность в предназначенном для испытаний ОПН нелинейные варисторы шунтируются с помощью медной проволоки диаметром 0,5 мм по всей длине вдоль их боковой поверхности.

Конструкция ОПН включает противовзрывное устройство, обеспечивающее снижение внутреннего давления в корпусе ОПН при возникновении в нем короткого замыкания и предотвращающее взрывное разрушение корпуса или разрушение с разлетом осколков за нормируемую зону.

Следующее испытываемое устройство — шкаф комплектного распределительного устройства (часть КРУ), являющийся законченным изделием заводского изготовления и состоящий из жесткой металлической конструкции с устанавливаемыми в ней электрооборудованием и приборами. Устройство предназначено для работы в электрических установках трехфазного переменного тока с частотой 50—60 Гц и напряжением 6 и 10 кВ для сетей с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью.

Третий объект испытания — выключатели вакуумные, входящие, как правило, в состав КРУ и предназначенные для коммутации электрических цепей в нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 10 кВ.

На рис. 1 представлена характерная фотография открытой дуги при испытаниях КРУ, на рис. 2 — характерные осциллограммы тока при испытаниях ОПН.

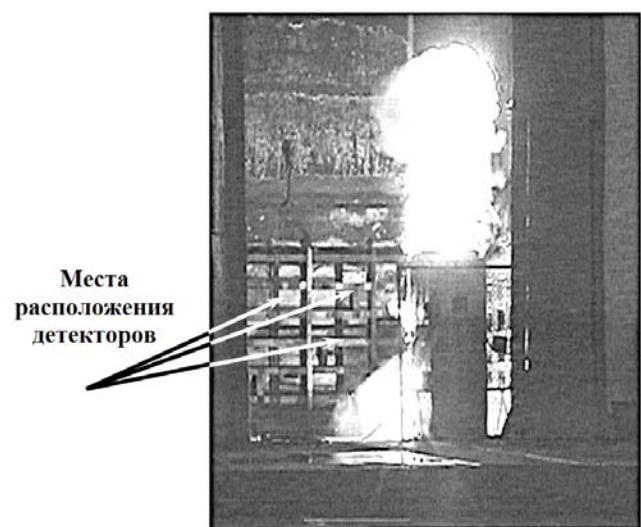
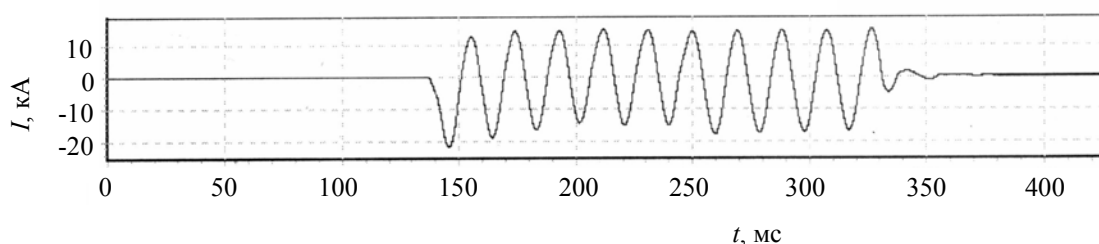
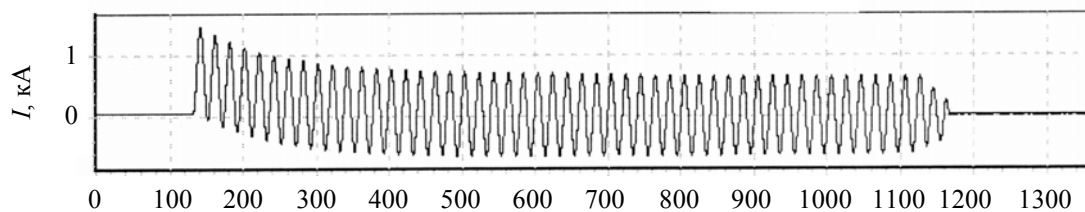


Рис. 1. Фотокадр открытой дуги при испытании КРУ КМБ-10-31,5 УЗ большим током





б

Рис. 2. Осциллограммы тока при испытании ОПН:
а — большим током (~ 10 кА); б — малым током (~ 1 кА)

Методика ядерных эмульсий

В качестве регистраторов излучения была использована пленка рентгеновская флюорографическая РФ-3МП с чувствительностью 1100 P^{-1} по критерию 0,85 над вуалью, а также ядерные фотопластинки типа Р с толщиной эмульсионного слоя 100 мкм. Все фотоматериалы после облучения проявлялись в соответствующих проявителях: пленки флюорографические в проявителе Д-19 в течение 6 мин при температуре 20 °С, пластинки — в фенидон-гидрохиновом проявителе. После обработки пленка помещалась под микроскоп, и визуально подсчитывалось количество треков. Затем с помощью специального устройства треки оцифровывались и заносились в компьютер.

Перед проведением эксперимента пленки и ядерные пластинки помещали в полиэтиленовые пакеты и заворачивали в два слоя черной бумаги. Для более детального изучения свойств регистрируемого излучения детекторы устанавливали в различных точках пространства и на разных расстояниях от места электровзрыва проводников. На рис. 3 изображена характерная схема расположения детекторов. Следует отметить, что в каждом испытании использовались так называемые контрольные детекторы, которые доставлялись к месту испытания вместе с рабочими детекторами, но не облучались. Обрабатывались контрольные детекторы так же, как и рабочие. Если на контрольных пленках наблюдались какие-либо артефакты, то результаты этих испытаний дезавуировались.

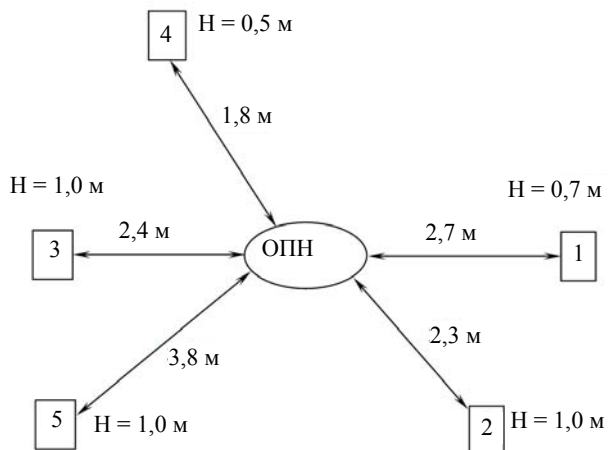


Рис. 3. Схема расположения детекторов при взрыве проводников

Методика лазерной масс-спектрометрии

Прибор ЭМАЛ-2 является лазерным масс-спектрометром и предназначен для элементного анализа твердых образцов. Источником лазерного излучения является лазер ИЗ-25 с активным элементом из оксида иттрия, легированного неодимом. Лазер работает в режиме модулированной добротности, что обеспечивает высокую энергию одиночного импульса. Луч лазера фокусируется на мишень, которая находится в вакууме. Диаметр лазерного факела 20—50 мкм. При такой плотности излучения на поверхности образца образуется низкотемпературная плазма, состав которой отвечает составу исходного образца. Высокий потенциал (25 кВ) выталкивает положительные ионы в область ионного источника, где формируется сфокусированный ионный пучок. Возникающий разброс ионов по энергиям корректируется электростатическим анализатором. Разделение ионов по массам происходит в магнитном анализаторе. В приборе реализована только фоторегистрация ионов на специальных фотопластинах или пленках. После проявления на фотопластине выявляется обычный линейный спектр. По положению линии на пластине можно подсчитать соответствующую ей точную массу иона и таким образом определить качественный состав исследуемого образца. Сравнение относительных почернений линий позволяет определить количественное содержание каждого элемента.

Согласно паспортным данным прибора, правильность определения содержания микропримесей составляет 30 %. Статистический разброс в определении изотопного состава Ti и Fe составляет, соответственно, 1,1 и 0,6 %. Чувствительность прибора ЭМАЛ-2 — 10^{-4} — 10^{-5} ат.%. Измерение плотности почернения и расчет элементного состава выполняют на денситометре МД-100, соединенном с ПЭВМ.

Достоверность измерений регулярно проверялась по стандартным образцам сплавов, а также сертифицированным геологическим образцам.

Треки

В процессе проведения испытаний высоковольтной аппаратуры на площадке ОАО "НИЦ ВВА" типа ОПН КРУ было зарегистрировано более 500 следов, аналогичных трекам "странного" излучения [1]. Наиболее эффективными оказались детекторы на основе флюорографической пленки РФ-3МП. Пленки в количестве 3—5 шт. устанавливались на один акт испытания на разных расстояниях от испытываемых объектов. На рис. 4, *а* микрофотография одного из типичных треков, зарегистрированного при испытаниях ОПН, а на рис. 4, *б* приведены следы, зарегистрированные детекторами

при проведении экспериментов по взрыву металлических фольг в ГУП "РЭКОМ".

Характерной особенностью следов является то, что в основном они расположены в поверхностном слое фотоэмульсии детекторов. Следы заметно отличаются друг от друга размерами. Поперечные размеры 5—30 мкм, длина от 100 мкм до нескольких миллиметров. В результате экспериментов обнаружено, что чем дальше от места проведения испытаний располагается детектор, тем уже ширина трека. Так, следы с поперечным размером $\delta \sim 30$ мкм (рис. 5, *а*) наблюдаются на детекторах, расположенных на расстояниях $0,5 \text{ м} < L < 1 \text{ м}$, а треки с размером $\delta \sim 5\text{—}10$ мкм (см. рис. 5, *б*) — на расстояниях $L > 2 \text{ м}$ от места испытания.

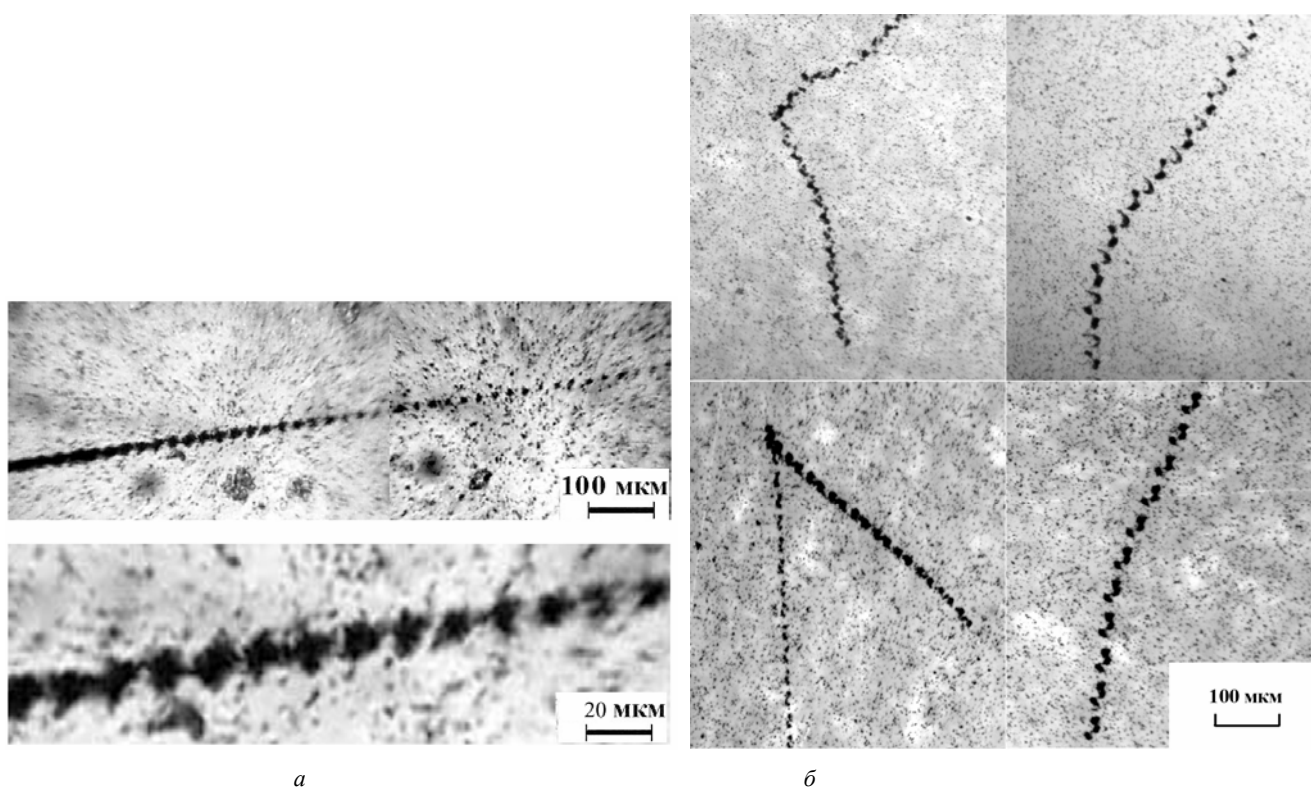


Рис. 4. Микрофотография:

а — след, зарегистрированный при испытании ОПН; б — следы, зарегистрированные при взрыве проволочек

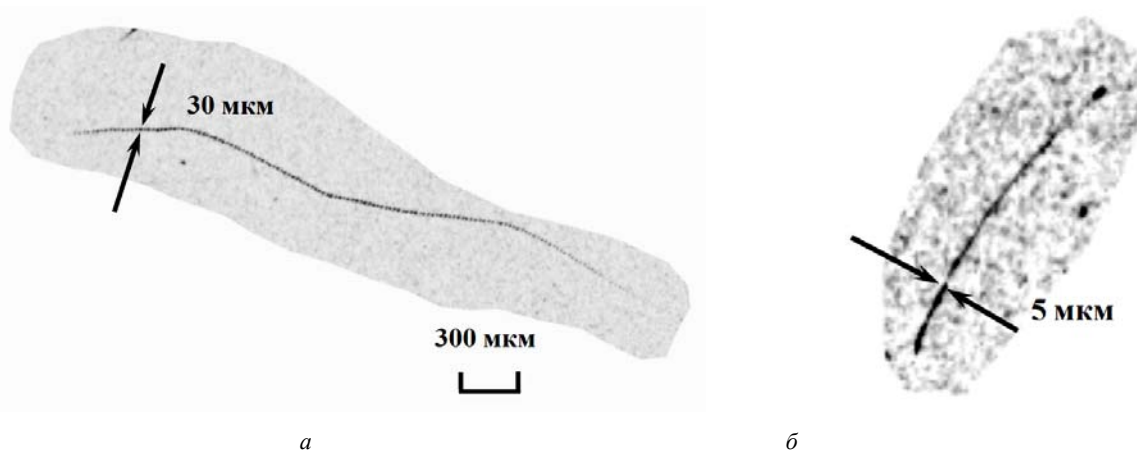


Рис. 5. Типичные следы в виде треков, полученные при взрыве в КРУ:

$a - 0,5 \text{ м} < L < 1 \text{ м}; \text{ б} - L > 2 \text{ м}$

Если испытания проводили при токах $I \sim 1-2 \text{ кА}$, то никаких следов на детекторах не обнаруживалось, а при $I \sim 40 \text{ кА}$ было зарегистрировано много различных следов.

Следы отличались также конфигурацией, по нашей классификации выделено ≈ 10 основных типов следов, причем на одном и том же детекторе иногда наблюдались почти все их разновидности. Плотность почернения также менялась в широких пределах.

Встречались следы:

- прямые — сплошные или точечные (рис. 6, а);
- дугообразные (см. рис. 6 б);
- в виде двух лучей, исходящих как бы из одной вершины;
- конгломераты больших размеров $\geq 100 \text{ мкм}$ — отдельно стоящие или выстроенные вдоль одной линии, но с разрывами, размеры которых намного превышали размеры самих конгломератов (см. рис. 6, в).

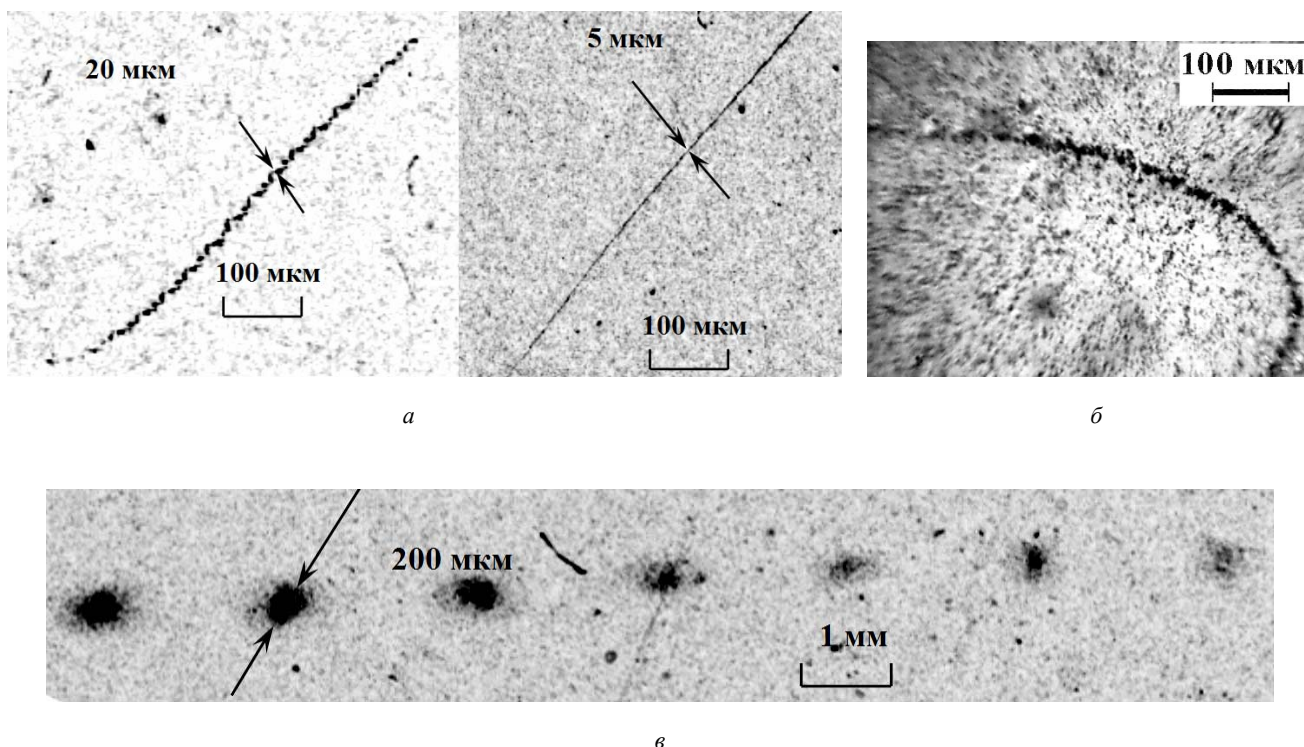


Рис. 6. Типичные следы на фотопленках:

а — прямые — сплошные или точечные; б — дугообразные; в — конгломераты больших размеров

Такое многообразие видов и большое число следов, полученных с помощью детекторов в относительно небольшом количестве проведенных опытов (~ 50), легко объясняется различиями условий в самих проводимых испытаниях: менялись конструкции и типы аппаратов, режимы испытаний (малым или большим током). Огромную роль играло пространственное расположение детекторов, так как возникающее излучение, скорее всего, не является изотропным.

Проверенным фактом также можно считать, что в опытах, сопровождающихся возникновением открытой дуги большой энергии и большого объема, число следов, зарегистрированных детекторами, значительно больше. Так, при испытаниях КРУ различных типов большинство следов регистрировалось на детекторах, расположенных вблизи наложения перемычек на токоведущие шины и вблизи образующейся при испытании открытой дуги большого объема. Была отмечена высо-

кая проникающая способность регистрируемого излучения.

При испытаниях вакуумных размыкателей не зафиксировано ни одного следа излучения, хотя было проведено 15 опытов, на которых были установлены более 20 детекторов. Это подтверждает результаты лабораторных исследований, в которых треки наблюдались только при электрическом разряде в среде.

Изотопные искажения

После проведения испытаний одно из устройств (ОПН) было разобрано и из него извлечен варистор Н-170, представленный на рис. 7. Из данного образца были отобраны две пробы: первая — с неповрежденной стороны (образец № 1), а вторая — с противоположной стороны варистора (образец № 2), где визуально наблюдались следы пробоя. Изотопные составы по Ti и Fe

представлены в табл. 1. Изотоп ^{50}Ti рассчитывался вычитанием из суммарного сигнала 50-й линии масс-спектра доли ^{50}Cr . Суммарный сигнал для Cr получили по линиям 52 и 53 усреднением. Изотопный состав для хрома был принят природным. Исходя из этого из суммарного сигнала линии 54 (сумма сигналов ^{54}Cr , ^{54}Fe) вычитали сигнал для хрома. Поскольку хрома в сплаве значительно меньше, чем железа, на окончательный результат это не повлияло. То же самое относится к ^{58}Fe . Рассчитывали среднее значение для изотопа ^{58}Ni из данных по линиям 60, 61, 62 (чистым).

Из сравнения видно, что в том образце (образец 2, см. табл. 1), где были следы эрозии, нарушено природное изотопное соотношение ^{48}Ti и ^{57}Fe . Для обоих изотопов величина изменения превышает 3σ .

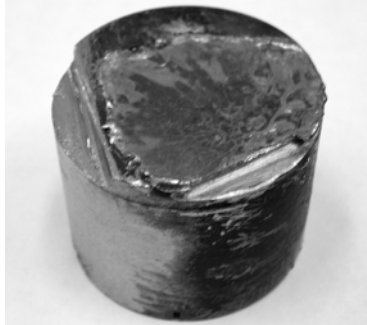


Рис. 7. Варистор

Таблица 1

Изотопный состав, мас. %

Изотоп	Природный	Образец №1	Образец №2
^{46}Ti	8,0	$7,65 \pm 0,21$	$8,21 \pm 0,23$
^{47}Ti	7,3	$7,51 \pm 0,22$	$8,30 \pm 0,24$
^{48}Ti	73,8	$73,72 \pm 0,41$	$70,37 \pm 0,39$
^{49}Ti	5,5	$5,59 \pm 0,14$	$6,72 \pm 0,17$
^{50}Ti	5,40	5,50(рассч.)	6,40(рассч.)
^{54}Fe	5,8	$5,85 \pm 0,15$	$5,40 \pm 0,14$
^{56}Fe	91,72	$91,52 \pm 0,4$	$89,87 \pm 0,39$
^{57}Fe	2,2	$2,28 \pm 0,07$	$4,36 \pm 0,14$
^{58}Fe	0,28	0,35(рассч.)	0,36(рассч.)

Примечание. В левой колонке представлены значения природного распределения для Ti и Fe.

В другом исследовании изучались химический и изотопный составы различных элементов конструкции ОПН после проведения высоковольтных испытаний. С этой целью было демонтировано два устройства ОПН-110/400-111-УХЛ-02: первое — было подвергнуто испытанию при токе $I = 0,8$ кА и длительностью 2 с; второе — испытывалось током $I = 40$ кА в течение 2 с. Схематический вид устройства представлен на рис. 8, где цифрами обозначены места, откуда были извлечены отдельные элементы конструкции, которые затем были подвергнуты масс-спектрометрическому анализу. Следует отметить, что ни в одном из исследованных образцов ни по одному химическому элементу не было отмечено искажения изотопного состава по

отношению к природному. По этой причине изотопные соотношения не приведены.

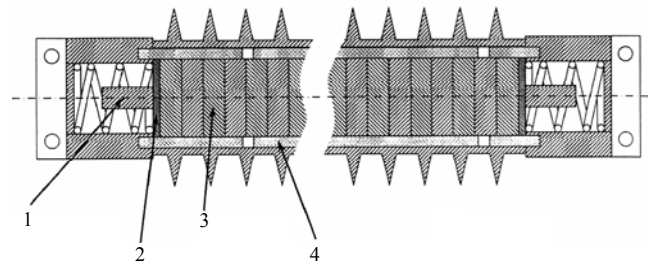


Рис. 8. Схема ОПН:

1 — электрод; 2 — фольга; 3 — варистор; 4 — труба из стекловолокна

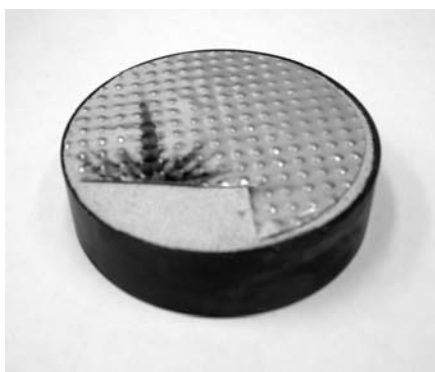
В следующей серии экспериментов анализу были подвергнуты варисторы, которые испытывали в СибНИИЭ. Фотографии образцов представлены на рис. 9. Образец № 1 (см. рис. 9, а) был исследован как в области эрозии, так и в области незатронутой поверхности. Результаты изотопного анализа Ti, Cr, Pb для обеих поверхностей приведены в табл. 2. Из сравнения видно, что распределения изотопов в неповрежденной части образца (чистый образец) не отличаются от природного, а распределение изотопов Ti в пробе, взятой в области эрозии (образец с эрозией), отличается от природного распределения, отклонение составляет более 10 стандартных ошибок измерения.



а



б



в

Рис. 9. Исследованные образцы:
а — образец № 1; б — образец № 2; в — образец № 3

Таблица 2

Результаты масс-спектрометрического анализа варистора

Изотоп	Природный	Чистый образец	Образец с эрозией
⁴⁶ Ti	8,0	8,01±0,22	9,71±0,27
⁴⁷ Ti	7,3	7,24±0,21	9,94±0,29
⁴⁸ Ti	73,8	73,76±0,41	65,29±0,36
⁴⁹ Ti	5,5	5,62±0,14	7,78±0,20
⁵⁰ Ti	5,4	5,38±0,22	7,30±0,29
⁵⁰ Cr	4,35	4,02	5,15
⁵² Cr	83,79	84,71	83,05
⁵³ Cr	9,5	8,95	9,65
⁵⁴ Cr	2,36	2,32	2,15
²⁰⁴ Pb	1,4	1,46	1,40
²⁰⁶ Pb	24,1	24,32	25,20
²⁰⁷ Pb	22,1	22,64	21,70
²⁰⁸ Pb	52,4	52,58	51,70

Для второго варистора (см. рис. 9, б) по идентичной методике были проделаны те же измерения. К сожалению, содержание примеси Ti в варисторе составляет $\approx 10^{-5}$, что делает недостоверным измерение изотопных соотношений Ti. По этой причине невозможно сделать никаких достоверных выводов относительно изотопного распределения Ti во втором образце.

Из приведенных измерений можно заключить, что эффект изотопного искажения Ti зарегистрирован на двух испытуемых образцах. При этом в образце Н-170 наблюдалось также отклонение изотопного распределения железа в сторону увеличения изотопа ⁵⁷Fe: 4,36±0,07 % (природное — 2,2 %). Искажение для изотопа ⁴⁸Ti того же образца составляет $\Delta = 3,4 \pm 0,8$ %, а для образца, представленного на рис. 9, в, $\Delta = 8,5 \pm 0,41$ %, что в 20 раз превышает величину стандартного отклонения. Все остальные измерения изотопных распределений в пределах ошибки соответствуют табличным природным соотношениям. К сожалению, в большей части исследованных варисторов процентное содержание титана составляло столь малую долю ($\sim 10^{-3}$ %) от общего состава, что изотопные измерения с помощью лазерного масс-спектрометра нельзя признать достоверными. Следует особо обратить внимание на то,

что изотопные искажения наблюдаются только в местах пробоя варисторов; а пробы, отобранные из той части варисторов, которая не подверглась электрическому пробую, не показывают никаких отклонений от природного изотопного распределения.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно утверждать, что обнаружен эффект искажения изотопного распределения Ti и Fe при электрических пробоях варисторов. С другой стороны, следует подчеркнуть, что полученные результаты носят "обнаружительный" (качественный) характер, и требуется проведение целенаправленного научного исследования.

Обсуждение и выводы

Основным результатом проведенных исследований, несмотря на их чисто качественный характер, является сам факт обнаружения следов "странного" излучения и изотопного сдвига химических элементов (Fe и Ti) при проведении высоковольтных испытаний. Сравнивая результаты настоящей работы с результатами предшествующих работ [1, 16], несложно убедиться в их полном совпадении. Действительно, в обоих случаях наблюдаются изотопные искажения одних и тех же изотопов ⁴⁸Ti и ⁵⁷Fe в одну и ту же сторону (уменьшение ⁴⁸Ti и увеличение ⁵⁷Fe).

1. Наблюдение изотопных искажений позволяет говорить о том, что протекание электрического тока $I \sim 50$ кА в режиме пробоя через конденсированную среду инициирует в последней низкоэнергетические ядерные превращения. Возможность протекания таких реакций была достаточно подробно обсуждена в начале настоящей статьи.

2. Факт совпадения изотопных искажений в двух различных типах экспериментов позволяет предположить существование в природе строгих законов, которым подчиняются низкоэнергетические ядерные реакции.

3. С помощью ядерных фотоэмульсий были зарегистрированы следы "странного" излучения при проведении технических испытаний технологического электрооборудования. Часть зарегистрированных следов качественно неотличима от следов, зарегистрированных с помощью ядерных фотоэмульсий при экспериментах по электровзрыву титановых фольг в жидкостях [1]. Основные совпадающие моменты:

- следы являются прерывистыми, имеют длину до 1—2 мм;
- следы регистрируются на расстоянии до 3 м от места электровзрыва;
- толщина регистрируемых следов 5—30 мкм зависит от расстояния между детектором и местом испытания.

Простота экспериментального оборудования и достаточно широкий диапазон физических параметров, при которых наблюдаются низкоэнер-

гетические ядерные реакции, позволяют предположить, что данное явление достаточно широко распространено в природе. По всей видимости, только некоторая предвзятость, обусловленная современными физическими представлениями, не позволила исследователям раньше обратить внимание на это явление.

*Работа выполнена по договору №10.384
с РАО "ЕЭС России". Авторы выражают свою
благодарность зам. пред. правления
РАО "ЕЭС России"*

*Я. М. Уринсону, без поддержки которого
выполнение настоящей работы вряд ли бы
было возможно.*

Л и т е р а т у р а

1. Уруцкоев Л. И., Луксонов В. И., Циноев В. Г.// Прикладная физика. 2000. № 4. С. 83.
2. Kuznetsov V. D., Mishinsky G. V., Penkov F. M., Arbuzov V. I., Zhemenuk V. I.// Annales de la Fondation de Broglie. 2003. V. 28. P. 173.

3. Савватимова И. Б., Карабут А. Б.// Поверхность. 1996. № 1. С. 63.
4. Солин М. И.// Физическая мысль России. 2001. № 1. С. 43.
5. Кривицкий В. А.// Геоинформатика. 2003. № 1. С. 42.
6. Smits A., Karszen A.// Naturwiss. 1925. V. 13. P. 699; Zeit Electroch. 1926. V. 32. P. 577.
7. Гареев Ф. А., Жидкова И. Е., Ратис Ю. Л.// Препринт ОИЯИ №Р4-2004-68, Дубна: ОИЯИ, 2004.
8. Bainbridge K. T., Goldhaber M.// Phys.Rev. 1951. V. 84. P. 1260.
9. Bahcall J. N.// Ibid. 1961. V. 124. № 2. P. 495.
10. Баткин И. С.// Известия АН СССР. Сер. Физ. 1976. Т. 40. № 6. С. 1279.
11. Takahashi K., Yokoi K.// Nucl. Phys. 1983. V. A404, P. 578.
12. Takahashi K., Boyd R. N., Mathews G. J., Yokoi K.// Phys. Rev. 1987. V. C36. № 4. P. 1522.
13. Jung M., Bosch F., Beckert K, et al.// Phys. Rev. Lett. 1992. V. 69. № 15. P. 2164.
14. Bosch F., Faestermann T., Friese J, et al.// Ibid. 1996. V. 77. № 26. P. 5190.
15. Рухадзе А. А., Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В.: Кратк. сообщ. по физ.// ФИАН. 2004. № 4. С. 39.
16. Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В.// Прикладная физика. 2004. № 2. С. 30.
17. Волкович А. Г., Говорун А. П., Гуляев А. А., Жуков С. В., Кузнецов В. Л., Рухадзе А. А., Стеблевский А. В., Уруцкоев Л. И.: Кратк. сообщ. по физ.// ФИАН. 2002. № 8. С. 45.

Статья поступила в редакцию 16 июня 2005 г.

Detection of the "strange" radiation and radioactivity contortion of titanium at trials of industrial electro-technical inventory

A. S. Agapov, A. V. Malyshev

Research Center of High-Voltage Apparatus, Moscow, Russia

V. A. Kalensky, Ch. B. Kayitukov, L. I. Urutskoev, D. V. Filippov

RECOM, Kurchatov's Institute, Moscow, Russia

R. V. Rayabova

IOYaF, Kurchatov's Institute, Moscow, Russia

A. V. Steblevsky

Institute for General and Inorganic Chemistry, Moscow, Russia

The results of recording the radiation arising at trail of high-voltage industrial inventory are submitted in this paper. Simultaneously the observed data of a radioactivity composition of chemical elements are shown. The elements are included in a composition of alloys, from which has been manufactured varistors. It is revealed that at high-voltage trials on films and nuclear photoplates the tracks are similar to tracks, obtained in laboratory examination on electroexplosion of conductors in a fluid. In varistors participating in industrial trials the contortions of a radioactivity composition of titanium have been detected.

* * *