

§8. Todo comenzó por la anguila eléctrica

En este capítulo se rinde tributo más bien simbólico al "gran encuadernador", por cuanto el académico P. Kapitsa fue el primero que entreabrió las puertas al nuevo país de la física: los campos magnéticos superpotentes.

En las investigaciones científicas contemporáneas se utilizan ampliamente los campos magnéticos impulsivos, a los que dieron principio los experimentos realizados por P. Kapitsa en los años veinte.

Pero vale la pena dirigirse a los tiempos más lejanos para mostrar los orígenes antiguos que, probablemente, habían conducido a dichos experimentos.

En la famosa disputa entre Volta y Galvani venció, como se sabe, el primero: las patas de las ranas se contraían merced a la fuerza electromotriz que surgía en una fuente creada artificialmente. La patita de la rana era simplemente un sensible instrumento eléctrico de medida. Mas también Galvani tenía razón en cierto grado. Su tesis sobre la electricidad inherente a todos los seres vivos, en el curso de los siglos se convirtió en la doctrina, bien conocida, sobre las corrientes biológicas. Todos los seres vivientes, sin excepción, tienen corrientes biológicas. Por ejemplo, el corazón humano crea en la superficie del cuerpo la tensión eléctrica de una milésima de voltio, y el cerebro, una tensión diez veces menor. Un gigantesco torpedo es capaz de producir una descarga eléctrica de 50-60 V, con la que puede matar fácilmente a un pez grande.

La anguila eléctrica, que habita los ríos sudamericanos, es capaz de desarrollar en la superficie de su cuerpo la diferencia de potencial igual a 500 V.

Al inventar la pila electroquímica, Volta supuso que los órganos eléctricos de la anguila funcionan a base de un principio análogo.

Sin embargo, como se aclaró más tarde, los órganos eléctricos de los peces son análogos no a una pila galvánica, capaz de generar durante largo tiempo la corriente continua, sino más bien a un condensador en el cual el impulso potente va precedido de una acumulación más o menos larga de cargas.

... Los electricistas se atienen a una regla de oro: antes de escribir sobre un descubrimiento nuevo, leer atentamente a Faraday. En 99 casos de los 100 resulta que "el gran encuadernador" bien había hecho tal descubrimiento, bien había propuesto trabajar en ese sentido, bien simplemente había pensado en ello.

El autor, al empezar a escribir el capítulo sobre los campos magnéticos impulsivos también hojeó el libro de color marrón con el perfil de Faraday estampado en la cubierta. E, inesperadamente, descubrió que... las primeras investigaciones clásicas de la naturaleza de la electricidad de la anguila las había realizado Faraday. Informó sobre los resultados de sus experimentos ante la Sociedad Real el 6 de diciembre de 1838. Faraday se valió de dos electrodos metálicos, tocando con los mismos al pez. A los extremos opuestos de los electrodos conectó conductores de cobre, que, a su vez, iban conectados a un pequeño solenoide: una espiral de alambre dentro de la cual se hallaba un alambre de hierro. Durante la descarga de la anguila, el solenoide creaba un campo magnético relativamente fuerte, que imantaba el alambre. Por la disposición de los polos magnéticos del alambre Faraday determinaba la polaridad de la tensión de la anguila. Este experimento permaneció durante largo tiempo como un exótico recuerdo en la historia de la física. Y sólo muchos años después de Faraday, empezó a dominar en serio los campos magnéticos impulsivos el notable físico soviético, académico P. Kapitsa.

Piotr Kapitsa nació en el año 1894, en la ciudad de Kronstadt. Se graduó en el Instituto Politécnico de Petersburgo, y en 1921 fue enviado a practicar en el laboratorio de Cavendish, en Cambridge, donde trabajaba el célebre físico inglés Rutherford.

Kapitsa trabajó con Rutherford, en Cambridge, unos 14 años. Sus primeras investigaciones se referían a la física nuclear, mas, al cabo de algún tiempo, el joven científico descubrió un campo de actividad completamente nuevo.

Todo comenzó por la proposición de P. Kapitsa de colocar la cámara de Wilson en un campo magnético para estudiar las propiedades de las partículas alfa. En el campo magnético, la trayectoria de la partícula cargada se encorva y el radio de la curvatura depende de la velocidad de la partícula. Tras una serie de experimentos en campos hasta 43 mil Oe, Kapitsa decidió extender las mediciones a los campos magnéticos más potentes. Para eso necesitaba idear solenoides con el campo que casi decuplicara el anterior.

Las principales dificultades al crear campos potentes radican en que se necesita una fuente de corriente de enorme potencia y existe el peligro de que el solenoide al calentarse se destruya. Para resolver estos dos problemas, Kapitsa propuso crear potentes campos magnéticos por un plazo muy corto durante el cual fuera posible realizar las mediciones necesarias y, al mismo tiempo, evitar la destrucción del solenoide.

Se sabe que cualquier devanado posee inercia térmica. No puede calentarse de súbito hasta la temperatura de fusión incluso sometido a la acción de una corriente muy fuerte.

Por otro lado, en los sistemas de corto funcionamiento, se simplifica el problema de la fuente de corriente fuerte: ésta se necesita sólo durante un tiempo muy breve. Por eso, pueden utilizarse como fuente los dispositivos capaces de producir una descarga potente instantánea, que sigue a un período de carga relativamente duradero.

Tales dispositivos son bastante numerosos. Se podría, por ejemplo, utilizar la energía eléctrica acumulada en la batería de condensadores o de acumuladores que, durante la descarga, funcionan en el régimen de cortocircuito.

Se puede también aprovechar la energía magnética, acumulada en el campo magnético del transformador. Según los cálculos de Kapitsa, para obtener un campo magnético de 500 mil Oe se necesitaría un transformador con pocas espiras en el arrollamiento secundario, con núcleo de 2-3 m de largo y de 30-40 cm de diámetro.

Tal experimento en pequeña escala Kapitsa lo realizó en colaboración con el eminente físico inglés Blackett. El experimento fracasó. Resultó que era casi imposible abrir mecánicamente el circuito primario del transformador: la apertura iba acompañada de arco eléctrico y la energía del hierro magnetizado, en vez de desplomarse en avalancha sobre el circuito secundario, retornaba al circuito primario y se desprendía en el arco.

Tampoco servían los condensadores, puesto que en aquellos tiempos eran muy imperfectos y voluminosos.

P. Kapitsa recurrió a las baterías de acumuladores. También tuvo que construirlas especialmente para que su capacidad y resistencia óhmica fuesen mínimas. Con su ayuda, cortocircuitándolas, se logró obtener valores de corriente instantánea de 7 mil A y de potencia instantánea de 1000 kw. Descargando la batería sobre uno de los solenoides con diámetro interior de 1 mm, Kapitsa obtuvo durante tres milésimas de segundo (hasta que el solenoide se destruyera) un campo magnético de $0,5 \times 10^6$ Oe. Por medio de esta batería se experimentó gran número de solenoides de las más diversas construcciones. En uno de los solenoides, devanado con cinta de cobre, se podía realizar mediciones en un campo de 130 mil Oe. Al sumergir simultáneamente ese mismo solenoide en nitrógeno líquido, se logró realizar regularmente mediciones en un campo magnético de 250 mil Oe. Fue el máximo logrado en aquel tiempo por medio de acumuladores. Para crear campos más intensos era necesario buscar otra fuente de energía eléctrica, más potente, capaz de desarrollar una potencia del orden de 50 mil kw, mientras el devanado se

calentase hasta 150°C (límite térmico de aislamiento eléctrico), es decir, en el transcurso de 0,01s.

Como potente fuente de corriente Kapitsa se valió de un generador eléctrico con potencia nominal de 2 mil kw que, en el régimen de cortocircuito, no se fundía como los generadores corrientes, sino que producía normalmente durante 0,01 s una potencia de 50 mil kw. Ese generador fue fabricado por la firma "Metropolitan Vickers" a base de los cálculos de M. Kostenko, P. Kapitsa y Miles Walker. Accionaba el generador un motor eléctrico especial que se alimentaba a partir de baterías de acumuladores.

El rotor pesaba 2,5 t y tenía 50 cm de diámetro. El gran momento de inercia del rotor permitía prescindir de un volante especial. El generador producía corriente alterna. Era una circunstancia muy sustancial, puesto que la corriente fuerte del cortocircuito se precisaba únicamente para breves instantes. Si el generador hubiese producido corriente continua, habría sido necesario desconectar esa corriente enorme al cabo de 0,01 s, lo que era un problema complicadísimo. En cambio la corriente alterna, como se sabe, pasa dos veces por el cero durante cada período, y desconectar el generador al pasar su corriente por el cero no es nada difícil. Sólo se debe sincronizar estrictamente el momento en que la corriente pasa por el cero con los momentos de conexión y desconexión del generador para el cortocircuito. Hacerlo con la precisión absoluta es imposible: el momento de desconexión puede coincidir con el tiempo en que la corriente en el devanado no llegue aún a cero. Por eso Kapitsa tuvo que construir, "por si acaso", un interruptor para 5 mil A (la amplitud de la corriente era de 30 mil A) que abriera el circuito en 0,0001 parte de segundo que ya de por sí era una obra de arte ingenieril.

El solenoide, sobre el cual se desplomaba la enorme corriente del cortocircuito del generador, era una bobina de alambre de cobre de sección cuadrada. En los últimos experimentos, el cobre fue sustituido por una aleación de cobre y cadmio, de mayor resistencia mecánica y la resistencia eléctrica algo elevada. Al pasar la corriente del generador por la bobina, en ésta se desarrollaban colosales esfuerzos mecánicos, alcanzando varias decenas de toneladas. Para que esos esfuerzos no destrozaran el devanado, éste se reforzaba por fuera con una resistente cinta de acero, que recibía los esfuerzos.

Mas esto no fue todo. Bajo la acción de potentes fuerzas, la bobina se desenrolla algo y sus extremos se desprenden de las entradas de corriente eléctrica a través de las cuales se alimenta la bobina. De este modo las bobinas se destruían una tras otra, debido a un fenómeno secundario, después de que, al parecer, se habían superado todas las dificultades principales. En la superación de esa "pequeñez" se tardó varios meses. Al fin y al cabo la solución se halló. Kapitsa creó un devanado capaz de "respirar", es decir, dilatarse automáticamente. Uno de sus contactos era móvil y después de unos cuantos experimentos, ocupaba la posición que "más le gustaba".

Otra dificultad, grave consistía en que el tiempo disponible para realizar las mediciones era muy corto, puesto que el campo magnético existía en el solenoide apenas 0,01 s y en ese lapso debían empezarse y terminarse todos los experimentos.

Además, complicaban los trabajos los microterremotos que se producían al frenarse bruscamente el generador en el momento en que su devanado se cortocircuitaba. A pesar de que el generador estaba instalado en un fundamento macizo, que descansaba sobre una base rocosa en una almohada vibrorresistente, la onda del microterremoto alteraba los resultados de las mediciones. Para evitarlo, Kapitsa propuso una solución muy elegante. Instaló el solenoide con el objeto de investigación en el otro extremo de la sala, a 20 m del generador. La onda del terremoto, que en el medio dado se desplazaba a velocidad del sonido, recorría 20 m en 0,01 s y alcanzaba al solenoide después de haber sido terminadas ya las mediciones.

Durante el cortocircuito, en el devanado surgen temperaturas locales muy altas, que se van igualando gradualmente. Los cálculos muestran que esas temperaturas locales debían haber superado la temperatura en el Sol lo que dio motivo al profesor Eddington para decir en broma que los trabajos de Kapitsa y Rutherford, encaminados a la fisión del átomo, condujeron a que, pese a que las temperaturas en las profundidades de las estrellas llegaban, quizás, a millones de grados, éstas eran un lugar bastante frío en comparación con el Laboratorio de Cavendish. He aquí lo que Kapitsa escribió sobre sus experimentos a Rutherford, que a la sazón se encontraba en El Cairo.

"Cambridge, 17 de diciembre de 1925.

Le remito esta carta a El Cairo para comunicar que logramos obtener campos mayores de 270 mil en un volumen cilíndrico de 1 cm de diámetro y 4,5 cm de altura. No hemos podido seguir adelante por haber reventado una bobina con un ruido tan atronador que, sin duda, le causaría gran placer si Ud. lo oyese...

Mas la explosión dio como resultado solamente el ruido, puesto, que, excepto la bobina, ningún otro dispositivo sufrió daños. La bobina no estaba reforzada con abrazadera exterior, que proyectamos hacer ahora.

... Me siento muy feliz de que todo, en general, pasó bien y, a partir de ahora Ud. puede estar seguro de que el 98 por ciento del dinero no se gastó en vano y todo funciona normalmente.

La avería fue la parte más interesante del experimento y afianza definitivamente la fe en el éxito, puesto que ahora sabemos a ciencia cierta qué es lo que ocurre al explotar una bobina. Ahora también sabemos qué aspecto tiene el arco de 13 mil A. Seguramente, este fenómeno, en general, no encierra peligro alguno para los equipos y ni siquiera para el experimentador, si éste se mantiene a considerable distancia.

Con gran impaciencia espero verle de nuevo en el laboratorio para referirle con todos los detalles, algunos de los cuales eran graciosos, ese choque con las máquinas".

Por medio del generador de impulsos, P. Kapitsa logró realizar una investigación sistemática en campos magnéticos hasta 320 mil Oe. Este campo, que ocupaba un volumen apenas de dos centímetros cúbicos, llegó a ser el límite superior de las intensidades de campos magnéticos obtenidos con seguridad. Hasta ese límite, Kapitsa junto con otros científicos, investigó los espectros de Zeeman y Paschen-Back, la reluctancia, la magneto-estricción y otros fenómenos. Analizando las perspectivas de obtener campos magnéticos más potentes aún, P. Kapitsa señalaba en uno de sus artículos que ya en aquel entonces (es decir, en los años veinte) el estado de la técnica permitía crear baterías de condensadores capaces de producir impulsos de 2-3 millones de Oe.

Mas las dificultades técnicas resultaron ser tan grandes que sólo ahora, pasados cuarenta años, se ha logrado obtener por ese método los campos de los cuales hablaba P. Kapitsa.

Los récords de magnitud de la intensidad del campo magnético, establecidos por P. Kapitsa, permanecieron "intactos" más de veinte años y fueron batidos únicamente en los años cincuenta.