

# Perturbaciones eléctricas durante el vuelo

Por JOAQUIN CATALÁ DE ALEMANY

La lectura de un artículo publicado en un reciente número de la revista norteamericana "Journal of Applied Physics", acerca del tema con que encabezamos estas líneas, nos hizo pensar que resultaría interesante exponer de un modo breve y conciso los resultados obtenidos por los diversos métodos utilizados hasta el presente, con objeto de hacer perder la carga estática adquirida por un avión en vuelo, que no solamente es peligrosa por la posible producción de una descarga eléctrica, sino también muy perjudicial en relación con las normales radiocomunicaciones del aparato en vuelo, a las que hoy en día hay que conceder tan extraordinaria importancia.

Sabido es que la atmósfera, aun en condiciones normales, es decir, independientemente de los fenómenos tormentosos, se encuentra en un estado de tensión eléctrica y es sede de cargas eléctricas; dichas cargas están distribuidas, parte sobre la superficie terrestre y parte en la atmósfera; la primera contiene cargas negativas, mientras que en el aire predominan, por razones que no son del caso, las positivas. Numerosas observaciones realizadas en las más diversas condiciones de lugar, época y tiempo, han dado como resultado que el potencial eléctrico crece con la altura; pero que, en cambio, el gradiente del potencial disminuye rápidamente con aquélla.

Todo esto se refiere a los valores medios de estas magnitudes; pero el valor del gradiente viene influenciado por numerosas causas que determinan variaciones regulares e irregulares de amplitud extraordinaria.

Así, por ejemplo, el valor del gradiente eléctrico junto al suelo es, con buen tiempo, de unos 130 voltios/m.; pero en determinadas ocasiones se han medido gradientes de varios miles de voltios por metro.

Las cargas eléctricas flotantes en la atmósfera coloidal pueden, bajo determinadas circunstancias (por ejemplo, formación de nubes), aglomerarse en algún punto, determinando con ello allí una elevación extraordinaria del potencial, y en consecuencia, un intensísimo campo eléctrico.

Un avión en vuelo puede poseer su carga propia y llegar a una zona con potencial distinto al suyo, sin dar tiempo a que se produzca una dispersión de las cargas, con objeto de igualar los potenciales, y pueden originarse descargas eléctricas.

Este peligro, que es especialmente grave para los balones llenos de hidrógeno, se evita mediante el empleo de unos dispositivos llamados igualadores de potencial, fundados en el conocido poder de las puntas, o bien en la emisión de partículas sólidas, líquidas o gaseosas, cargadas por efectos ionizantes; el mismo gas expulsado por los motores puede constituir un excelente igualador de potencial.

Pero no es precisamente sobre este asunto, mejor o peor resuelto, del que queremos hablar, sino de otro. Sucede con frecuencia que un avión, volando con tiempo tormentoso, sufre una grave forma de radiointerferencias capaces de impedir toda recepción. Esta interferencia, corrientemente denominada "precipitación estática", tie-

ne lugar porque el aparato, actuando de conductor aislado en presencia de un campo eléctrico, adquiere una fuerte carga; además puede también adquirirla por fricción, con partículas atmosféricas, lluvia, nieve, polvo, etc., en cuyo caso será aproximadamente proporcional al cubo de la velocidad del aire y al área frontal del aparato; en consecuencia, este efecto es de esperar sea de importancia creciente con las elevadas velocidades del futuro.

Una vez tomada la carga, aparece un fuerte gradiente de potencial entre el aparato y el aire que le rodea, que con frecuencia es suficiente para producir una descarga en corona, que da lugar a radioperturbaciones en forma de impulsos del frente de onda que pueden ocasionar, transitoriamente, la inducción de voltajes de considerable magnitud en el circuito de antena del radiorreceptor adyacente.

La descarga en corona puede también producirse en el avión a consecuencia de los fuertes campos eléctricos existentes en la vecindad de nubes tormentosas; tiene lugar principalmente por las regiones donde el gradiente es mayor, tales como mástil de antena, hélice y cualquier otro saliente más o menos agudo. La descarga se realiza a modo de explosión, que se repite de forma intermitente, bruscamente cortada (cual si se tratara de una oscilación de relajación) por la acumulación de cargas espaciales alrededor del punto por el que la descarga tiene lugar. En algunos casos excepcionales—por ejemplo, el de una punta muy aguda—, no se observan en el radiorreceptor interferencias. Pero si el punto de descarga está sobre la misma antena, basta una corriente de  $1 \mu A$  producida por la descarga en corona, para dar lugar a serias perturbaciones.

Las interferencias que resultan de la descarga en corona pueden, en algunos casos, evitarse mediante los circuitos supresores de ruidos; pero en general cubren tan amplio margen de frecuencias, que dichos dispositivos resultan de poca o nula eficacia. En realidad, el único remedio es evitar la causa que los engendra; es decir, la fijación de la carga estática sobre el avión. Con este objeto es preciso desprender del

aparato la carga sobre él depositada o inducida, de un modo bastante rápido, para evitar que el gradiente del potencial alcance el valor mínimo a partir del cual la descarga en corona se inicia. Evidentemente, cualquier modificación del avión que consiga elevar este valor mínimo del gradiente, resultará conveniente, y esto puede conseguirse, en parte, recurriendo al aislamiento electrostático o a tratamientos dieléctricos que tiendan a impedir que la descarga en corona tenga lugar por la antena o por otra parte del avión.

Pero tampoco es nuestro propósito tratar de estos últimos procedimientos, sino de los métodos físicos capaces de eliminar rápidamente del avión la carga estática depositada sobre él antes de que pueda dar lugar a la descarga en corona, perturbadora de la radiocomunicación. Esto se consigue con los igualadores de tensión, vulgarmente llamados "descargadores estáticos"; su misión, como queda dicho, es eliminar la carga, con una velocidad análoga a la de su acumulación sobre el aparato, en virtud de una corriente eléctrica que se establece entre el avión y la nube cargada.

Estos dispositivos pueden clasificarse en dos tipos, según que la descarga tenga lugar gracias a los iones de elevada movilidad, o mediante portadores cargados, tales como gotas de agua o partículas de polvo, de movilidad bastante inferior.

Consideremos, en primer lugar, los descargadores estáticos fundados en la elevada movilidad de los iones gaseosos y electrones; su funcionamiento obedece esquemáticamente al siguiente proceso:

- a) Producción de iones, y
- b) Eliminación de los iones, de un solo signo, desde la aeronave hacia el campo eléctrico que la envuelve.

La corriente de descarga que se produce lleva cargas del mismo signo que la del aparato, y viene limitada, esencialmente, por las cargas espaciales que se acumulan alrededor de los puntos de descarga.

Un ejemplo típico de este tipo lo constituye el descargador en forma de cola, que consiste simplemente en un cable de alrededor de un metro, que cuelga durante el

vuelo de la cola del avión; ha sido empleado a menudo y tiene sus ventajas. Otro dispositivo consiste en colocar una serie de puntas metálicas afiladas en los extremos del aparato o sobre la hélice; en ambos casos, el campo eléctrico que produce la dispersión de carga viene limitado por el potencial del avión, factor que no puede aumentar demasiado sin dar lugar al engorroso efecto corona. De modo que, con vistas a la investigación de la mejor eficacia de ambos dispositivos, bastará considerar únicamente si el descargador ganará con la mayor producción de iones y si el número de descargadores que hay que disponer puede incrementarse con objeto de obtener mejores resultados, así como también la forma en que deben distribuirse por el aparato.

En el Laboratorio de Investigación de la Armada estadounidense se han llevado a cabo estudios experimentales disponiendo una d. d. p. variable y conocida, hasta unos 60.000 voltios, entre dos placas paralelas, y colocando el descargador conectado a una de ellas; en las proximidades se situaba una corta antena, conectada a un receptor de avión, que acusaba las interferencias creadas por el funcionamiento del descargador; los ruidos perturbadores se valoraban en función de los equivalentes, producidos por un generador de señales, acoplado al receptor, a través de un condensador de  $100 \mu F$ , y expresándolos por los  $\mu V$  correspondientes al productor de señales. Las experiencias se realizaron para distintas frecuencias (300 Khz. y 4.000 Khz.), y se medían también las corrientes de descarga.

Los resultados parecen indicar que ni el descargador de cola ni los de puntas resultan satisfactorios; por lo que respecta a estos últimos, los efectos obtenidos dependían mucho del estado de la punta, y ésta se alteraba fácilmente, con el consiguiente aumento de los ruidos. Sin embargo, en la realidad parece ser que tanto uno como otro tipo de descargadores pueden emplearse, siempre que sean adaptados convenientemente a la aeronave, por medio de una serie de resistencias de desacoplaje de  $\frac{1}{2}$  megaohm., e instalándolos en la cola del avión, pues la antena queda relativamente protegida contra la radiación interferente;

pero nunca en las alas, donde existe un acoplamiento inductivo, relativamente bueno, con la antena.

Con objeto de mejorar el rendimiento del descargador estático, se han ensayado (de acuerdo con la segunda directriz de investigación) dispositivos capaces de producir mayor profusión de iones, tales como el arco eléctrico, el cual, por su elevado poder ionizante, parecía prometedor; además, era sabido que la superposición de un campo de alta frecuencia (radiofrecuencia) al campo eléctrico existente en un punto, puede evitar las descargas explosivas que dan lugar a las interferencias; basándose en este hecho, se investigaron descargadores de arco, a los que se les suministraba energía radiofrecuente mediante un circuito oscilante. Los resultados fueron poco alentadores, debido a la elevada potencia consumida por el arco; pero, además, la frecuencia aplicada a éste debía ser varias veces mayor que la acusada por el receptor, para que el descargador funcionara sin dar lugar a radioperturbaciones, siendo, en todos los casos, pequeña la corriente de descarga.

Otras experiencias paralelas han sido realizadas empleando, en lugar del arco, las llamas (de acetileno, entre otros combustibles ensayados); pero en todas las experiencias de laboratorio realizadas se obtiene gran cantidad de ruidos a poco que en la llama exista algún saliente metálico con campo eléctrico suficiente para producir efecto corona; en caso contrario, no se producen radioperturbaciones apreciables, pero la intensidad de la corriente de descarga es también muy pequeña.

La conclusión a que todas las experiencias realizadas parecen conducir, es que, en esencia, todos los tipos de descargadores estáticos son, en el fondo, equivalentes, y que su eficacia viene siempre limitada por las cargas espaciales a que dan lugar. En vista de ello, parece evidente que cualquier progreso que con estos dispositivos se obtenga, será a base de menor producción de ruidos, mayor economía, facilidad de instalación en la aeronave, y disponiéndolos en diversos sitios de ésta, ya que, por supuesto, uno solo no basta, y únicamente empleando varios podrá obtenerse la necesaria

eliminación de la carga eléctrica del aparato.

Continuando las investigaciones con objeto de encontrar un dispositivo más eficiente, ha sido ideado recientemente por W. C. Hall, del Laboratorio de Investigación de la Armada (Estados Unidos) un nuevo tipo de descargador, a base de una mecha de algodón especial, pequeña y flexible, contenida en un tubo de material plástico, con muchas fibras terminales conductoras, destinadas a actuar de puntas de descarga; la multitud de éstas, unidas al aparato a través de gran resistencia y pequeña capacidad, da lugar a que dicho tipo de descargador esté completamente exento de ruidos perturbadores. Se han ensayado también otras fibras distintas de las de algodón, pero ninguna ha dado resultados tan satisfactorios (fig. 1).

Para conseguir que la mecha de algodón sea conductora, se trata, bien sumergiéndola en una solución acuosa de glicerina (escogida en razón a que proporciona una pequeña conductibilidad y tiene además una velocidad de evaporación muy pequeña), o bien se metaliza mediante un depósito metálico muy delgado. El primer procedimiento tiene el inconveniente de que la eficacia del dispositivo varía con la evaporación o disolución de la glicerina con la lluvia; en cambio, las mechas metalizadas con plata parecen tener, salvo accidente mecánico, vida ilimitada.

Este dispositivo, como queda dicho, no da lugar a radioperturbaciones para las fre-

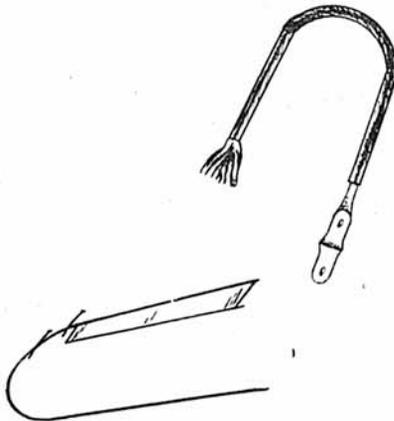


Fig. 1.

Descargador eléctrico, de W. C. Hall.

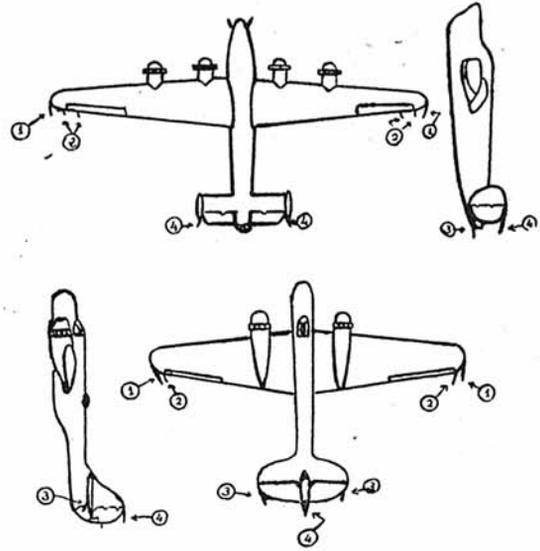


Fig. 2.

Distribución del campo eléctrico en el avión.

cuencias normales, aunque con vistas a su mayor eficacia hay que tener en cuenta que conviene colocarlo en un lugar del avión donde pueda iniciar la descarga, antes de que las otras partes del aparato produzcan interferencias por descarga en corona; lo mejor es situarlos en los puntos de máximo campo eléctrico sobre el avión, tal como se indica en la figura 2. Además, por muchos descargadores que se utilicen y por bien que se distribuyan, puede suceder que se produzca precipitación estática; esto tendrá lugar cuando el aparato vuele con muy malas condiciones atmosféricas; pero aun en estos casos la carga perturbadora no durará mucho tiempo y será pronto eliminada.

Existe también, según ya dijimos, un segundo tipo de descargadores electrostáticos que requieren el empleo de partículas relativamente pesadas, tales como gotitas de agua, cargadas eléctricamente, y que actúan de portadores eléctricos. Dichas partículas se producen, en muchos casos, cuando se pulveriza un líquido en presencia de un fuerte campo eléctrico; otras veces se obtienen mediante procesos triboeléctricos, ya que, como es sabido, algunos materiales, finamente pulverizados (por ejemplo, el cuarzo), cuando fluyen a través de orificios pequeños, toman carga eléctrica de un cierto signo, mientras que una carga opues-

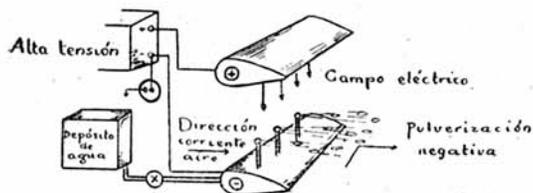


Fig. 3.

Descargador eléctrico de agua pulverizada.

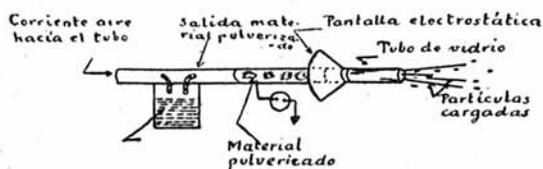


Fig. 4.

Descargador eléctrico por frotamiento.

ta queda en el tubo de salida. Tales partículas tienen movibilidades muy pequeñas (del orden de 0,002 cm/sg. en un campo de un volt. por cm.) y presentan dos ventajas notables, en plan de actuar como descargadores electrostáticos o igualadores de potencial, a saber:

a) El campo eléctrico externo al avión no afecta la cantidad de carga inducida sobre las partículas "lanzadas" por el pulverizador, y en consecuencia la corriente de descarga es prácticamente ilimitada, pudiendo situarse el descargador en cualquier punto del aparato.

b) La corriente de descarga puede ser del signo que se desee, ya que no viene determinado por el campo eléctrico atmosférico.

El descargador de tipo inductivo, que emplea agua u otro líquido pulverizado, viene representado esquemáticamente en la figura 3; las gotitas de agua están sometidas a un fuerte campo eléctrico auxiliar, y se producen gracias a las ráfagas de aire originadas al desplazarse el avión. En las pruebas realizadas en vuelo se emplean gran número de tubos pulverizadores, y se han obtenido corrientes de descarga de 250 pA, correspondiendo a un consumo de agua de unos 35 gramos por segundo, y aumentando el flujo de ésta se logra incrementar la corriente de descarga. Manteniendo el potencial auxiliar en un valor ligeramente inferior al capaz de producir descarga en corona, puede, con este dispositivo, eliminarse la precipitación estática sin dar lugar a ruidos. Tiene, claro está, sus inconvenientes, que no habrán pasado desaper-

cibidos: la necesidad de un potencial auxiliar (de unos 20.000 v.) y de un tanque que contenga un líquido incongelable a las temperaturas corrientes de vuelo, tal como el alcohol; ambas cosas aumentan las pérdidas aerodinámicas del aparato.

El descargador triboeléctrico (fig. 4) consiste en un tubo dentro del cual, por frotamiento, las partículas adquieren la carga; con este tipo de descargador la naturaleza de la sustancia pulverizada determina el signo de la carga. La mayor parte de las sustancias adquieren carga negativa, lo cual resulta muy conveniente, dado que, en casi todos los casos, el avión en vuelo adquiere carga negativa también y precisa eliminar concretamente esta clase de electricidad. De todas formas, las observaciones de las radioperturbaciones causadas por el descargador triboeléctrico conducen a resultados discordantes, pues a veces se registran ruidos muy fuertes; esto, unido a otros inconvenientes de naturaleza práctica, hace que no sea de esperar que dicho dispositivo resulte adecuado.

Resumiendo: los descargadores electrostáticos son de ineludible necesidad en aviación, máxime teniendo en cuenta los modernos métodos de radiocomunicación y navegación dirigida; pero la solución del problema planteado no puede considerarse como definitiva; por el momento, los descargadores de mecha parecen ser los más sencillos y eficaces, y si están bien contruidos, funcionan con completa ausencia de ruidos. Sin embargo, ninguno de los tipos que hemos expuesto es todo lo perfecto y eficiente que el moderno desarrollo de la aviación precisa.