

**AEREO RADIOTELEGRAFICO IRRADIANTE SPECIALMENTE IN UNA DATA DIREZIONE.**

*Ing.* ALFREDO MONTEL.

Scopo della presente nota è di dimostrare che un aereo composto di due conduttori rettilinei, verticali, ugualmente lunghi, posti a una certa distanza tra loro e percorsi nello stesso istante da correnti in senso opposto ha la proprietà di irradiare l'energia non già in modo uniforme tutt'all'intorno, ma bensì in modo diverso nelle varie direzioni.

Questo aereo può esser rappresentato dalla Fig. 1.  $AB$ ,  $CD$  sono i due conduttori in quistione,  $BD$  è un tratto orizzontale nel cui punto medio  $F$  è l'interruzione per la scintilla,  $TT$  rappresenta la terra.

Supponiamo che il suolo sia un conduttore perfetto. Ciò non è assolutamente necessario nella presente trattazione, ma ci permette (qualora si trascuri l'irradiazione del tratto orizzontale, che qui non interessa) di ridurre l'aereo della Fig. 1 al caso semplice della Fig. 2, in cui  $AA'$ ,  $CC'$  sono due oscil-



Fig. 1.

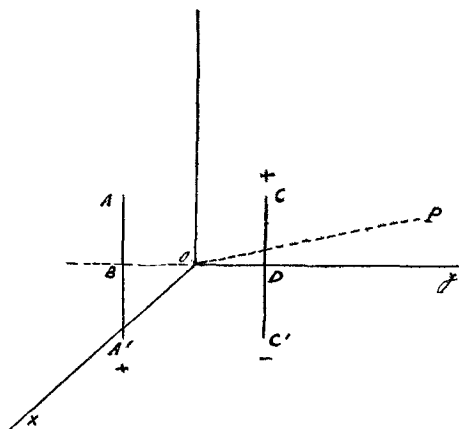


Fig. 2.

latori ( $BA'$  e  $DC'$  sono le immagini rispetto al piano del suolo di  $AB$  e  $CD$  della fig. 1) e gli assi delle coordinate  $Ox$ ,  $Oy$ ,

$Oz$  sono presi in modo che il piano  $Ox, Oy$  coincida col piano del suolo e  $Oz$  sia equidistante da  $AA'$  e  $CC'$ .

Per facilitare il calcolo supporremo che in ogni istante l'intensità della corrente che percorre i due oscillatori  $AA'$ ,  $CC'$  abbia lo stesso valore in ogni punto della lunghezza dei medesimi e che le dimensioni dell'aereo siano piccole rispetto alla sua distanza dai punti  $P$  dello spazio nelle vicinanze dei quali si vuole studiare il campo elettrico e il campo magnetico <sup>1)</sup>.

Si consideri anzitutto un solo oscillatore rettilineo lungo quanto  $AA'$  o  $CC'$ , il cui centro coincida con l'origine  $O$  delle coordinate e che abbia la direzione dell'asse delle  $z$ , cioè sia disposto verticalmente.

Siano  $\frac{2\pi}{m}$  la lunghezza d'onda e  $\frac{2\pi}{n}$  il periodo usati e si tratti di oscillazioni sinusoidali. Siano  $q$  la carica elettrica istantanea a ogni estremo dell'oscillatore,  $i$  la corrente ( $Q$  e  $I$  siano le ampiezze rispettive),  $k$  la costante dielettrica del mezzo,  $r$  la distanza del punto  $P$  da  $O$ .

Chiamando  $dz$  la lunghezza  $AA' = CC'$  dell'oscillatore e  $V$  il potenziale scalare esistente in  $P$  e posto

$$\frac{\sin (mr - nt)}{r} = \pi$$

è

$$(1) \quad V = - \frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dz}.$$

Dette  $A, B, C$  le componenti del potenziale vettoriale in  $P$  è

$$A = 0, \quad B = 0$$

$$(2) \quad C = Q \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dt}.$$

Si ponga  $BD = dy$  e supponiamo che l'oscillatore  $dz$  si sia mosso parallelamente a se stesso di  $\frac{1}{2} dy$ , il che è quanto

<sup>1)</sup> Questo procedimento è analogo a quello usato da J. A. Fleming nel caso di un'antenna piegata. Cfr. *Electrician*, 6 Luglio 1906.

dire che P si sia spostato di  $-\frac{1}{2}dy$ . Allora invece che da (1) e (2) i potenziali scalare e vettoriale in P sono dati da

$$(3) \quad V_1 = -\frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dz} + \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \left( \frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dz} \right) dy$$

$$(4) \quad C_1 = Q dz \frac{d\pi}{dt} - \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \left( Q dz \frac{d\pi}{dt} \right) dy .$$

Si abbia un altro oscillatore uguale e nella stessa posizione iniziale del primo, ma con i poli in senso opposto e si sposti parallelamente a se stesso di  $-\frac{1}{2}dy$ . I potenziali in P dovuto ad esso sono

$$(5) \quad V_2 = \frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dz} + \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \left( \frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d\pi}{dz} \right) dy$$

$$(6) \quad C_2 = -Q dz \frac{d\pi}{dt} - \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \left( Q dz \frac{d\pi}{dt} \right) dy .$$

I potenziali esistenti in P per la presenza dei due oscillatori saranno quindi

$$(7) \quad V = \frac{Q}{k} \frac{dz}{dz} \frac{d^2\pi}{dz dy} dy$$

$$(8) \quad C = -Q dz \frac{d^2\pi}{dt dy} dy$$

ed è sempre

$$A = 0 , \quad B = 0 .$$

Detto  $\mathbf{M} = I dz dy$  il momento magnetico del nostro aereo, siccome  $I = Qn$  sarà  $Q dz dy = \frac{\mathbf{M}}{n}$ , e posto  $v = \frac{n}{m}$  risulta  $Q dz dy = \frac{\mathbf{M}}{vm}$ . Per cui :

$$(9) \quad V = \frac{\mathbf{M}}{h v m} \frac{d^2 \pi}{dz dy}$$

$$(10) \quad C = - \frac{\mathbf{M}}{v m} \frac{d^2 \pi}{dt dy}.$$

In generale, dette X, Y, Z le componenti della forza elettrica in P e M, N, R le componenti della forza magnetica, si ha

$$X = - \frac{dA}{dt} - \frac{dV}{dx}$$

$$Y = - \frac{dB}{dt} - \frac{dV}{dy}$$

$$Z = - \frac{dC}{dt} - \frac{dV}{dz}$$

$$M = \frac{dC}{dy} - \frac{dB}{dz}$$

$$N = \frac{dA}{dz} - \frac{dC}{dx}$$

$$R = \frac{dB}{dx} - \frac{dA}{dy}.$$

Nel caso nostro è:

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} X = - \frac{dV}{dx} \\ Y = - \frac{dV}{dy} \\ Z = - \frac{dC}{dt} - \frac{dV}{dz} \\ M = \frac{dC}{dy} \\ N = - \frac{dC}{dx} \\ R = 0 \end{array} \right.$$

e, ricavando dalle (9) e (10) si ottiene :

$$(12) \quad \left\{ \begin{array}{l} X = -\frac{\mathbf{M}}{k v m} \frac{d^3 \pi}{dx dy dz} \\ Y = -\frac{\mathbf{M}}{k v m} \frac{d^3 \pi}{dy^2 dz} \\ Z = \frac{\mathbf{M}}{v m} \frac{d^3 \pi}{dy dt^2} - \frac{\mathbf{M}}{k v m} \frac{d^3 \pi}{dy dz^2} \\ M = -\frac{\mathbf{M}}{v m} \frac{d^3 \pi}{dy^2 dt} \\ N = \frac{\mathbf{M}}{v m} \frac{d^3 \pi}{dy dt dx} \\ R = 0 . \end{array} \right.$$

Sviluppando si ha, posto per brevità  $\Omega = mr - nt$  :

$$\begin{aligned} \frac{d^3 \pi}{dx dy dz} &= \frac{xyz}{r^3} \left\{ -\frac{m^3}{r} \cos \Omega + 6 \frac{m^3}{r^2} \sin \Omega + \right. \\ &\quad \left. + 15 \frac{m}{r^3} \cos \Omega - \frac{15}{r^4} \sin \Omega \right\} \\ \frac{d^3 \pi}{dy^2 dz} &= \frac{-m^2 z}{r^3} \sin \Omega - \frac{2 z m}{r^4} \cos \Omega - \frac{y^2 z m^3}{r^4} \cos \Omega + \\ &\quad + \frac{6 y^2 z m^3}{r^5} \sin \Omega + \frac{15 z y^2 m}{r^6} \cos \Omega - \frac{m z}{r^4} \cos \Omega + \\ &\quad + \frac{3 z}{r^5} \sin \Omega - \frac{15 z y^2}{r^7} \sin \Omega \\ \frac{d^3 \pi}{dy dt^2} &= -n^2 \frac{y m}{r^2} \cos \Omega + \frac{n^2 y}{r^3} \sin \Omega \\ \frac{d^3 \pi}{dy dz^2} &= \frac{-m^3 y}{r^3} \sin \Omega - \frac{2 y m}{r^4} \cos \Omega - \frac{z^2 y m^3}{r^4} \cos \Omega + \\ &\quad + \frac{6 z^2 m^3 y}{r^5} \sin \Omega + \frac{15 y z^2 m}{r^6} \cos \Omega - \frac{m y}{r^4} \cos \Omega + \\ &\quad + \frac{3 y}{r^5} \sin \Omega - \frac{15 y z^2}{r^7} \sin \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{d^3\pi}{dy^2 dt} &= \frac{nm}{r^2} \sin \Omega + \frac{ny^2m^2}{r^3} \cos \Omega - \frac{3y^2mn}{r^4} \sin \Omega + \\ &+ \frac{n}{r^3} \cos \Omega - \frac{3y^2n}{r^5} \cos \Omega \\ \frac{d^3\pi}{dy dt dx} &= \frac{xy m^2 n}{r^3} \cos \Omega - \frac{3xymn}{r^4} \sin \Omega - \frac{3xyn}{r^5} \cos \Omega.\end{aligned}$$

Per distanze notevoli si avrà in genere  $mr$  molto grande rispetto all'unità.

Nelle espressioni sopra sviluppate si potranno dunque in via di approssimazione trascurare i termini in cui  $mr$  entra a una potenza inferiore, di fronte a quelli in cui  $mr$  entra a una potenza superiore.

Si ha quindi approssimativamente:

$$(13) \quad \left\{ \begin{aligned} X &= \frac{M}{k v} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{x}{r} \frac{y}{r} \frac{z}{r} \\ Y &= \frac{M}{k v} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y^2}{r^2} \frac{z}{r} \\ Z &= -\frac{M}{k v} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y}{r} \left(1 - \frac{z^2}{r^2}\right) \\ M &= -\frac{M}{r^3} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y^2}{r^2} \\ N &= \frac{M}{r^3} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{x}{r} \frac{y}{r} \\ R &= 0. \end{aligned} \right.$$

Ciò che a noi interessa sono i punti del piano  $xy$ . Segnato un punto P in questo piano è per esso:

$$(14) \quad \left\{ \begin{aligned} X &= 0 \\ Y &= 0 \\ Z &= -\frac{M}{k v} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y}{r} \\ M &= -\frac{M}{r^3} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y^2}{r^2} \\ N &= \frac{M}{r^3} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{x}{r} \frac{y}{r} \\ R &= 0, \end{aligned} \right.$$

Nei punti di detto piano la forza elettrica è dunque verticale e la magnetica orizzontale. Consideriamo la componente della forza magnetica orizzontale e diretta perpendicolarmente al raggio OP. Detta H questa forza, essa è data evidentemente dalla espressione

$$(15) \quad H = M \frac{y}{r} - N \frac{x}{r}$$

e sostituendo si ha dalle (14) e (15)

$$H = -M \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \frac{y}{r}.$$

Posto  $\frac{y}{r} = \cos \phi$  si ha infine :

$$(16) \quad \begin{cases} Z = -\frac{M}{k v} \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \cos \phi \\ H = -M \frac{\cos \Omega}{r^3} m^2 r^2 \cos \phi \end{cases}$$

$v$  rappresenta la velocità di propagazione nello spazio, e detta  $\mu$  la permeabilità del mezzo è  $v = \frac{1}{\sqrt{\mu k}}$  e sostituendo nelle (16) risulta che per punti posti a considerevole distanza dall'aereo la forza elettrica e la forza magnetica stanno fra loro come le radici quadrate della permeabilità e della costante dielettrica del mezzo.

Dalle (16) si ricava inoltre la distribuzione di Z e di H per i punti P situato nel piano  $xy$  (cioè poste sul piano del suolo nelle varie direzioni attorno all'aereo). Risulta che le ampiezze di Z e H sono, a parità del resto, massime per i punti P posti lungo l'asse delle  $y$ , cioè nella direzione segnata dal piano verticale dell'aereo e sono zero nella direzione perpendicolare.

Il diagramma polare che segna le ampiezze di Z e di H nelle varie direzioni all'intorno dell'aereo è costituito da due cerchi uguali, tangenti esternamente l'uno all'altro, aventi il loro punto di tangenza nell'origine del diagramma polare e i loro centri sulla retta che segna la direzione del piano verticale, in cui si trova l'aereo.