

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVI.

1909

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1909

continua a sussistere. Ciò è dimostrato nella Nota del prof. Arzelà: *Sugli integrali di funzioni che, oltre alla variabile d'integrazione, contengono altre variabili* ⁽¹⁾ e, in modo più generale, nella 2^a parte della sua Memoria: *Sulle serie di funzioni* ⁽²⁾; lavori che, quando io pubblicai la mia Nota, non conoscevo e che, data la loro importanza, son lieta di avere avuto l'occasione di esaminare e di studiare attentamente.

Meccanica applicata. — *Effetto dell'attacco elastico sul rollio d'un aeroplano.* Nota del dott. L. ORLANDO, presentata dal Corrispondente V. REINA.

In una Nota sopra un brevetto Crocco, inserita nel precedente fascicolo di questi Rendiconti, noi abbiamo descritto un dispositivo tale da permettere alle ali di un aeroplano un'automatica variazione dell'angolo α che la loro sezione longitudinale fa coll'asse di spinta. Abbiamo veduto che ciò modera le variazioni della pressione totale P , agente contro le ali, quando, per mutamenti di velocità o di angolo d'incidenza, questa pressione P tenda ad alterarsi.

Fra le perturbazioni alle quali è soggetto un aeroplano non è soltanto temibile la variabilità della pressione totale, sostentatrice, ma anche, e notevolmente, il cosiddetto *rollio*. Il rollio può essere effetto di cause accidentali, ma anche di cause sistematiche. Basta, per esempio, che l'aeroplano giri a sinistra perchè l'ala situata a destra tenda ad innalzarsi. Ciò risulta subito chiaro quando si pensi che, se un aeroplano largo $2l$ si trova in una girata di raggio ϱ , allora l'estremità esterna, l'asse centrale e l'estremità interna debbono percorrere curve concentriche di rispettivi raggi $\varrho + l$, ϱ , $\varrho - l$. Le velocità d'incidenza, dalle quali dipendono le forze sostentatrici, sono dunque proporzionali a questi tre numeri.

Ma possiamo brevemente farci un'idea più precisa della coppia che tende a rovesciare verso sinistra un aeroplano di larghezza $2l$ che giri a sinistra con raggio ϱ .

Sia p la pressione sostentatrice per unità di larghezza. Assumendo l'origine delle coordinate sull'asse longitudinale, e seguendo coll'asse delle x , nel senso della larghezza, il piano alare, fissiamo positive le ascisse sulla destra e negative quelle sulla sinistra.

Se k rappresenta un coefficiente per unità di larghezza, noi potremo scrivere, per una formula canonica, già adoperata nella Nota precedente,

$$p dx = k a v^2 dx,$$

⁽¹⁾ Rendiconti Accademia di Bologna, 1888.

⁽²⁾ Idem, 1900.

dove α è l'angolo d'incidenza, e v la velocità dell'elemento dx . Ora, se v_0 è la velocità dei punti dell'asse longitudinale, che supporremo animato di movimento uniforme nella girata, noi possiamo anche scrivere

$$pdx = kav_0^2 \left(1 + \frac{x}{e}\right)^2 dx,$$

perchè $v_0 \frac{e+x}{e} = v_0 \left(1 + \frac{x}{e}\right)$ è la velocità v dell'elemento dx . Il momento della coppia rovesciatrice è dunque

$$M = kav_0^2 \int_{-l}^l x \left(1 + \frac{x}{e}\right)^2 dx = \frac{4}{3} \frac{kav_0^2 l^3}{e}.$$

Osservando che la pressione totale P_0 , relativa alla velocità v_0 sopra una traiettoria rettilinea ed orizzontale, sarebbe $Kv_0^2 \alpha$, cioè $2lkv_0^2 \alpha$, possiamo anche scrivere

$$(1) \quad M = \frac{2}{3} \frac{P_0 l^2}{e}.$$

Per un aeroplano di 500 chili, largo 14 metri, che dalla linea retta entrasse in una girata di raggio di 80 metri, si svilupperebbe una coppia rovesciatrice equivalente a quella che sarebbe generata da due forze, ognuna dell'intensità di 14 chili, che agissero alle due estremità in sensi contrari. Effettivamente un aeroplano non entra in girata senza un angolo di rollio, che riduce alquanto il braccio di questa coppia, nè l'asse longitudinale è obbligato, come abbiamo qui supposto, a stare nel piano verticale tangente alla traiettoria; ma è chiaro pur sempre che esiste una forte azione ribaltatrice, tale da preoccupare seriamente gli aviatori ed i costruttori.

Si pensò di costruire ali poco larghe e molto profonde, cioè sviluppate in senso longitudinale; ma le belle esperienze di Langley mostrarono che la potenza sostentatrice delle ali poco larghe è molto scarsa a parità di area. Si venne allora ai biplani ed ai triplani, che sviluppano in altezza ciò che sarebbe imprudente sviluppare in larghezza ed inefficace sviluppare in profondità. Ultimamente poi si venne ai regolatori di rollio, destinati ad introdurre una coppia che facesse contrasto colla M .

Il dispositivo di Crocco, brevettato nel 1903, che abbiamo descritto nella precedente Nota, è un vero e proprio regolatore di rollio. Ciò non risulta molto chiaramente dal brevetto, ma fu accennato dal Crocco, allora tenente del genio, in una conferenza svolta nel 1904 agli ufficiali del genio del presidio di Roma. In tale conferenza il Crocco presentava un modellino di aeroplano *regolabile al rollio*. Le ali erano collegate elasticamente nel

modo descritto. Nella girata a sinistra, l'ala destra, sorretta più dell'altra, cedeva elasticamente, in modo da risentire soltanto una piccola aliquota di questo eccesso di pressione sustentatrice; l'ala sinistra poi, richiamata dalle sue molle, si presentava con maggiore angolo d'incidenza alla diminuita velocità.

Ciò non annullava *M*, ma soltanto lo riduceva. Sebbene, in pratica, si può osservare che è già abbastanza ridurre notevolmente *M*, anche senza annullarlo, e ciò per la presenza di altri organi stabilizzatori che si trovano generalmente negli aeroplani; tuttavia il Crocco aggiungeva un dispositivo, mediante il quale l'aviatore, agendo a leva sulle molle, poteva aggiungere alla correzione automatica un'ulteriore correzione volontaria.

Queste idee ebbero allora poca pubblicità, perchè le teorie relative all'aeroplano erano da pochissimi prese sul serio.

Intanto, in America, i fratelli Wright inventavano, nel 1904, un regolatore di rollio, non automatico, ma comandato dall'aviatore. È notevole in esso la semplicità costruttiva, veramente geniale. L'aviatore, mediante leva, tira alcuni fili, che ripiegano l'estremo lembo dell'ala interna alla girata, in modo che dia maggiore sustentamento; nello stesso tempo, i ritegni dell'ala esterna si allentano, e questa si fa sfuggente e meno atta a risentire l'eccesso di pressione. Tutto ciò è collegato col timone di girata, ma l'entità del collegamento è comandata dall'aviatore; chiamando, come si usa, *gauchissement* questo sistema regolatore, si può, cioè, dire, che ad una stessa girata l'aviatore può far corrispondere diversi *gauchissements*, con diversi effetti.

Nel 1905 il sig. marchese F. Filiati, di Napoli, ideò un regolatore di rollio, che oggi vediamo utilmente applicato negli aeroplani Bleriot. Citiamo alcune frasi caratteristiche del brevetto Filiati (R. G. n. 79782. R. A. n. 218127).

« Una od entrambe le ali sono provvedute di parti mobili indipendentemente da esse, e collegate fra di loro a sistema, il cui spostamento viene operato a mano dall'aeronauta, per impedire, o smorzare, i movimenti di oscillazione intorno all'asse longitudinale (movimenti di rollio) ».

Poi dice: « Quando l'aeroplano tende ad inclinarsi da un lato, il guidatore, manovrando la ruota, abbassa opportunamente uno degli sportelli, mentre solleva l'altro; e così, facendo variare la spinta verticale dai due lati, ottiene il raddrizzamento dell'apparecchio ».

Più tardi osserva che i movimenti di beccheggio potranno essere compensati automaticamente, ma quelli di rollio debbono essere regolati dall'aviatore. L'automatismo nello smorzamento del rollio era già, invece, contenuto nell'idea di Crocco.

Gli aeroplani Bleriot hanno *sportelli*, o, per meglio dire, *alette* mobili, che automaticamente si oppongono alla coppia rovesciatrice.

Nel 1908 i Wright, estendendo l'idea del *gauchissement* (già brevettato nel 1904), vollero brevettare « des surfaces horizontales placées à droite et à gauche du centre de la machine, pouvant être présentées à l'air sous des angles d'incidence variables ». È quasi superfluo notare che la pubblica conferenza tenuta da Crocco nel 1904, e il brevetto Filiasi del 1905 tolgono ogni valore commerciale al nuovo brevetto Wright.

Con ciò noi abbiamo soltanto accennato a quanto ci è capitato sotto gli occhi, ed è probabile che altri inventori abbiano inventato altri regolatori di rollio; ma questi cenni bastano forse a far vedere quanto sia industrialmente importante il concetto di regolare il rollio degli aeroplani.

Ed ora, dal punto di vista quantitativo, faremo un po' di teoria dell'azione regolatrice che hanno sul rollio gli attacchi elastici, descritti nella precedente Nota.

Supponiamo che, nel senso della larghezza, ogni dx sia un'aletta collegata elasticamente per conto proprio. In pratica, noi possiamo, con un dispositivo speciale, avvicinarci molto a quest'idea, che potrebbe parere troppo teorica.

Richiamiamo dunque la formula $\alpha = \alpha_0 - n(P - P_0)$, della precedente Nota, ed osserviamo che $P - P_0$ vale $2l(p - p_0)$, il che ci consente di scrivere

$$\alpha = \alpha_0 - 2ln(p - p_0).$$

Combinandola coll'altra $pdx = kav_0^2 \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 dx$, dianzi stabilita, noi possiamo eliminare α ed ottenere

$$pdx = \frac{(nKv_0^2 + k\alpha_0 v_0^2) \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 dx}{1 + nKv_0^2 \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2},$$

perchè $2lk$ vale K , come è facile vedere.

Chiamando N il momento della coppia, analoga a M , che ora si sviluppa, otteniamo

$$(2) \quad N = (nKv_0^2 + k\alpha_0 v_0^2) \int_{-l}^l \frac{x \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 dx}{1 + nKv_0^2 \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2}.$$

Questa formula (2) lascia misurare la coppia N , ma ci offre poca luce sul valore del rapporto $\frac{N}{M}$. Possiamo osservare che, per $n = 0$, il valore N coincide naturalmente con M , e che, per n infinito, N tende naturalmente a zero.

Eseguendo l'integrazione accennata in (2), mediante facili trasformazioni, troviamo

$$(3) \quad N = - \frac{nKv_0^2 + k\alpha_0 v_0^2}{nKv_0^2} \left[\frac{e^2}{2nKv_0^2} \log \frac{1 + nKv_0^2 \left(1 + \frac{l}{e}\right)^2}{1 + nKv_0^2 \left(1 - \frac{l}{e}\right)^2} - \frac{e^2}{v_0 \sqrt{nK}} \operatorname{arctang} \frac{\frac{2l}{e} v_0 \sqrt{nK}}{1 + nKv_0^2 \left(1 - \frac{l^2}{e^2}\right)} \right].$$

Poniamo, come nella precedente Nota, $1 + nKv_0^2 = G$, ed osserviamo che $k\alpha_0 v_0^2$ vale $\frac{P_0}{2l}$. Dopo ciò, per un aeroplano di 500 chili, largo 14 metri, che abbia $G = 10$, una girata di 80 metri genera una coppia N equivalente a quella che sarebbe prodotta da due forze, di mezzo chilo ognuna, che agissero in sensi opposti alle estremità delle ali. Forze così piccole si compensano, in pratica, molto facilmente, con apparecchi speciali, che hanno nell'aeroplano anche altre funzioni.

La formula (3) contiene due termini di segni contrari. Se teniamo conto dei noti sviluppi di $\log \frac{1 + \xi}{1 - \xi}$ e di $\operatorname{arctang} \xi$, otteniamo approssimativamente

$$(4) \quad N = 2le \left(1 + \frac{P_0}{2l(G-1)} \right) \left(\frac{1}{1 + (G-1) \left(1 - \frac{l^2}{e^2}\right)} - \frac{1}{1 + (G-1) \left(1 + \frac{l^2}{e^2}\right)} \right).$$

Questa formula (4) mostra quale sia, all'incirca, l'azione regolatrice di G nel rollio dell'aeroplano. Il rapporto $\frac{N}{M}$ non si può esprimere in modo semplice, perchè esso dipende, oltre che da G , anche da e e dagli elementi costruttivi dell'aeroplano. È facile, peraltro, vedere che, *coeteris paribus*, il valore di N decresce notevolmente col crescere di G . Se ci contentiamo di un'approssimazione più larga, noi possiamo alla (4) sostituire

$$(5) \quad N = 2l^2 \frac{2l(G-1) + P_0}{eG^2},$$

e allora risulta semplicemente

$$\frac{N}{M} = \frac{6l(G-1) + 3P_0}{P_0 G^2}.$$