

II "Super-Fledermaus" : sistema direzione tiro con comando Radar

Autor(en): **Buchmueller, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Rivista militare della Svizzera italiana**

Band (Jahr): **35 (1963)**

Heft 2

PDF erstellt am: **20.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-245716>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Il « Super-Fledermaus »

Sistema direzione tiro con comando Radar

F. BUCHMUELLER, ing. Pol. fed., Zollikon

Introduzione

LA centrale di tiro «Super-Fledermaus» della CONTRAVES A. G. di Zurigo è il prodotto di una lunga serie di ricerche che hanno avuto inizio pochi anni dopo la seconda guerra mondiale. La sempre crescente velocità degli aerei dovuta all'introduzione dei motori a reazione, ha richiesto infatti una revisione fondamentale del concetto sul quale si basava la difesa antiaerea. Nell'anno 1949 venne costruito il primo prototipo d'un calcolatore analogico a corrente alternata per cannone Bofors da 40 mm che funzionava secondo i principi dell'attuale «Super-Fledermaus». Negli anni seguenti, la Contraves AG ha costruito più di 700 calcolatori per 14 nazioni diverse, i quali possono essere considerati come i precursori del «Super-Fledermaus». In queste apparecchiature costruite per comandare i cannoni da 90 e 40 mm già in uso, il calcolatore ed il puntatore erano situati su carri separati (figura 1).

Successivamente, basandosi sulle esperienze acquisite durante la costruzione di detti apparecchi ed in considerazione delle nuove esigenze tattiche, la Contraves AG, ha sviluppato in collaborazione con la Albiswerk Zürich AG, un'apparecchiatura più moderna detta «Fledermaus» nella quale il calcolatore ed il puntatore erano situati su di un unico carro. In seguito, però, le ancora crescenti velocità dei bersagli, da un lato, e d'altro canto lo sviluppo dei cannoni ad elevata potenza

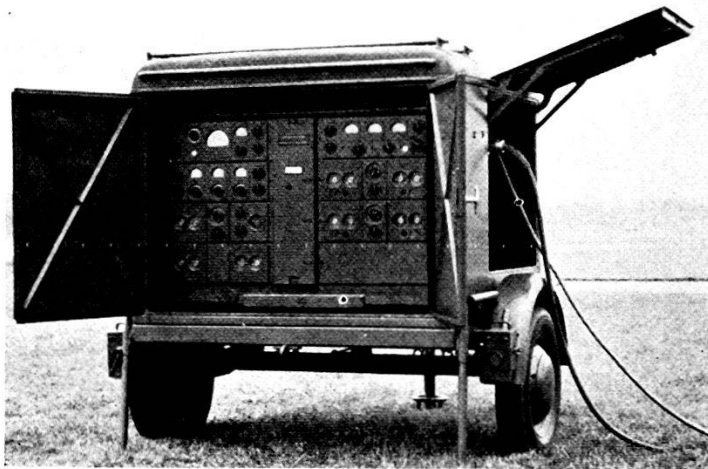
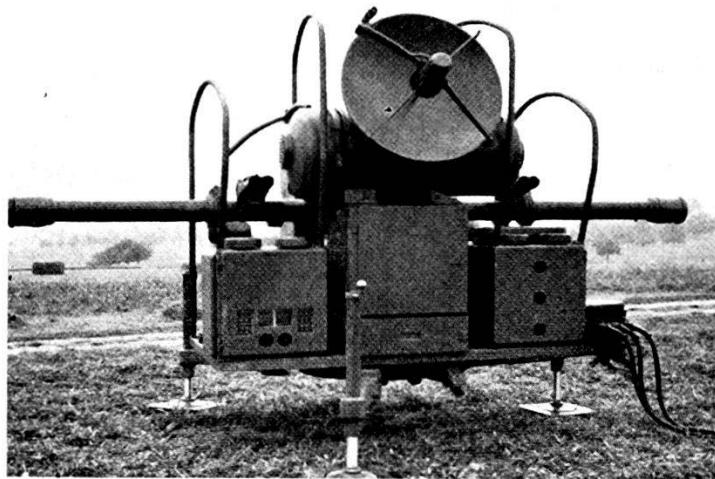


fig. 1 – Centrale di tiro modello 1953
per il comando di cannoni contraerei di 40 mm



fig. 2 – Centrale di tiro «SUPER-FLEDERMAUS»
1. Colonnina di punteria – 2. Radar di ricerca e di tiro – 3. Calcolatore elettronico – 4. Apparecchio di misura V_0 – 5. Carro di trasporto a due assi.

di fuoco hanno richiesto un ulteriore aumento delle esigenze poste al sistema di puntamento al fine di raggiungere una maggiore probabilità di colpire il bersaglio. Per tali ragioni gli studi sono proseguiti con l'odierno risultato del «*Super-Fledermaus*» (figura 2) che descriveremo in seguito più dettagliatamente. Questa apparecchiatura viene oggi fabbricata in serie; alla fine del '61 erano state ordinate più di 400 apparecchiature di detto tipo, da 8 nazioni diverse.

Idea generale

Il compito fondamentale di un sistema di direzione di tiro consiste nell'intercettare in tempo utile il bersaglio. Lo stesso viene poi seguito automaticamente e in base alla misura del suo moto effettuata in modo continuo è possibile calcolarne la rotta e la velocità. Questi valori, con l'aggiunta dei dati balistici permettono di calcolare sempre in modo continuo, la traiettoria futura, ovvero il percorso effettuato dal bersaglio tra l'istante in cui il proiettile lascia il cannone sino a quello in cui raggiunge il bersaglio stesso. I dati relativi allo stesso vengono poi trasmessi ai cannoni. Le funzioni principali del «*Super-Fledermaus*» possono essere raggruppate nel modo seguente:

- sorveglianza per mezzo del Radar di zone aeree prescelte;
- inseguimento di un bersaglio con Radar o con puntatore ottico;
- calcolo automatico e continuo di tutti i dati necessari al tiro.

Per poter effettuare queste funzioni base nel miglior modo, il «*Super-Fledermaus*» è suddiviso nelle seguenti parti:

- Colonnina di punteria azionata da un solo operatore, sulla quale sono montati il sistema di punteria ottico e l'antenna Radar, entrambi per la ricerca e l'inseguimento del bersaglio (figura 2, particolare 1).
- Radar per sistema di direzione di tiro e Radar di intercettazione AFR 150 (tipo Bernina) con magnetron sintonizzabile (2).
- Calcolatore elettronico a tre canali di previsione indipendenti per le 3 batterie (3).
- Apparecchiatura V_0 per la misura delle singole velocità iniziali dei proiettili nei tre cannoni (4).

— Carro a due assi per il trasporto delle apparecchiature summenzionate (5).

Alla dotazione standard del «Super-Fledermaus» appartengono anche le seguenti apparecchiature ausiliarie:

— Cassetta di segnalazione per il direttore del tiro.

— Puntatore ottico ausiliario per fornire alla colonnina di punteria i dati angolari in direzione e sito di un bersaglio (figura 3).

La colonnina di punteria consiste in una piattaforma girevole al centro del sistema di tiro con il quale è collegata elettricamente a mezzo di anelli striscianti. Il movimento della colonnina è realizzato mediante motori elettrici con relativi comandi a *tyratrons*. Sulla piattaforma girevole sono situati: l'antenna Radar con movimento di ricerca, il modulatore d'impulsi, il ricevitore Radar, il sistema ottico di punteria a doppio ingrandimento, il seggiolino dell'operatore ottico, la cloche ed il pannello di controllo.

Il cannocchiale con il reticolo e la scala suddivisa in millesimi è accoppiato rigidamente al paraboloide. Mediante il commutatore «ottico-Radar», è possibile effettuare l'inseguimento sia completamente in fase «Radar» (distanza ed angoli), sia in fase «ottico» nel qual caso solo la distanza viene data dal Radar, mentre le coordinate angolari sono fornite dall'operatore ottico il quale con l'uso della cloche tiene continuamente puntati sul bersaglio il cannocchiale e l'antenna Radar. La misura della distanza viene sempre effettuata con il Radar, e questo tipo di inseguimento, come mostrato dall'esperienza, è ancora realizzabile quando a causa delle condizioni atmosferiche l'inseguimento ottico è di gran lunga impossibile. L'accoppiamento del Radar con il cannocchiale di punteria permette un ottimo adattamento dell'apparecchio alle condizioni derivanti dalle diverse situazioni del terreno e dalla tattica dell'attacco aereo, permettendo così di scegliere il metodo d'inseguimento più adatto rispetto alla visibilità ed alla posizione del Radar. Un ulteriore vantaggio del cannocchiale di punteria consiste nella possibilità di controllare l'esattezza dell'inseguimento del bersaglio da parte del Radar, di verificare l'esattezza del tiro e di poter distinguere gli aerei propri da quelli nemici.

Il Radar, dettagliatamente descritto nel precedente articolo, è stato sviluppato appositamente per l'applicazione al «Super-Fledermaus». La

sua elevata potenza d'emissione (150 kW) ed i Magnetron sintonizzabili resistono positivamente a qualsiasi interferenza nemica. La capacità di intercettare automaticamente i bersagli aerei anche su terreno difficile ed il brevissimo tempo di calcolo impiegato dal calcolatore elettronico del «Super-Fledermaus», combinati alla trasmissione automatica dei dati di tiro ai cannoni, danno a tale apparecchiatura la prontezza di tiro oggi giorno necessaria.

In base ai valori delle coordinate del bersaglio, forniti al calcolatore elettronico, quest'ultimo calcola gli angoli di previsione in elevazione e in direzione per ogni cannone tenendo conto delle velocità iniziali di ogni proiettile come pure dei fattori atmosferici, cioè pressione e temperatura dell'aria e velocità del vento. Il calcolo degli angoli di previsione avviene a scelta o con estrapolazione lineare o quadratica. L'extrapolazione lineare viene usata normalmente presumendo che il bersaglio voli con velocità costante percorrendo una traiettoria lineare, mentre il calcolo di previsione con estrapolazione quadratica prevede un'accelerazione costante del bersaglio. Questo caso si verifica quando da parte dell'aereo nemico viene eseguito un attacco in direzione della batteria, effettuando il cosiddetto volo in picchiata. Gli angoli di previsione calcolati vengono aggiunti ai dati presenti ed i risultati di questa somma, ossia gli angoli del punto futuro, vengono trasmessi al cannone.

Nel calcolatore è realizzato inoltre un circuito di rigenerazione allo scopo di migliorare l'inseguimento automatico. Le derivate dalle grandezze polari della traiettoria vengono immesse nei servo-meccanismi di punteria cosicchè il Radar deve correggere solo eventuali scostamenti dalla traiettoria estrapolata.

Conseguentemente mediante l'inserzione dei circuiti di rigenerazione è possibile eliminare quasi completamente, durante l'inseguimento Radar, le oscillazioni dei valori di entrata le quali sono dovute il più delle volte alla variazione di intensità dell'eco del bersaglio. I principi di funzionamento del calcolatore verranno descritti dettagliatamente più innanzi.

L'apparecchio di misura V_0 permette di effettuare nel corso di una esercitazione a fuoco, la misura continua della velocità iniziale dei proiettili di ogni singolo pezzo di una intera batteria. Le correzioni risultanti da queste misure vengono riportate sul calcolatore.

L'apparecchio di misura consiste in un contatore elettronico avente una frequenza di conteggio di 1 MHz ed in una base di misura della lunghezza di 50 cm, montata sulla bocca del cannone. La base di misura è costituita da due bobine debitamente alimentate. Il passaggio del proiettile attraverso ciascuna di esse provoca una variazione di campo elettrico e di conseguenza induce un impulso nell'avvolgimento della bobina. Ovviamente il tempo intercorrente tra i due impulsi è inversamente proporzionale alla velocità del proiettile e viene misurato mediante il contatore elettronico. Altro vantaggio di questa apparecchiatura è che i proiettili non necessitano una magnetizzazione preventiva.

Le apparecchiature descritte sono fissate saldamente al carro di trasporto a due assi. Durante il trasporto la colonnina di punteria viene ricoperta da un telone, mentre i singoli cassettei delle apparecchiature vengono chiusi ermeticamente a mezzo di porte.

In fase di messa in postazione vengono abbassate le tre gambe di livellamento che, oltre a sgravare le ruote del peso del carro, consentono la messa in bolla della intera apparecchiatura. Davanti al pannello di comando viene montata una tenda di protezione per gli operatori che consente inoltre all'operatore Radar di lavorare in una cabina oscura nella quale può osservare indisturbato gli schermi indicatori.

A mezzo della cassetta di segnalazione l'ufficiale che dirige il tiro conosce in ogni istante (mediante lampadine di segnalazione) in quale fase la centrale di tiro sta operando e se essa è, o meno, pronta al fuoco. Essa gli consente inoltre di comandare attraverso pulsanti sia la centrale di tiro, sia i cannoni.

Il puntatore ottico ausiliario (figura 3) è costituito da un binocolo con reticolo montato su di un treppiede che, a mezzo di una catena Synchron, trasmette i dati angolari (azimuth ed elevazione) del bersaglio alla centrale di tiro. Quando il bersaglio è centrato, l'operatore del puntatore ottico ausiliario, premendo un pulsante, ne segnala la presenza all'operatore di colonnina ed all'ufficiale di tiro che con successiva operazione possono «posizionare» la piattaforma sul bersaglio indicato dal puntatore ottico ausiliario. In tal modo il direttore del tiro può dare la preferenza al bersaglio che giudica più importante, può difendersi da un attacco di sorpresa oppure cambiare bersaglio nel corso di un'azione riducendo al minimo la perdita di tempo.



fig. 3 – Puntatore ottico ausiliario

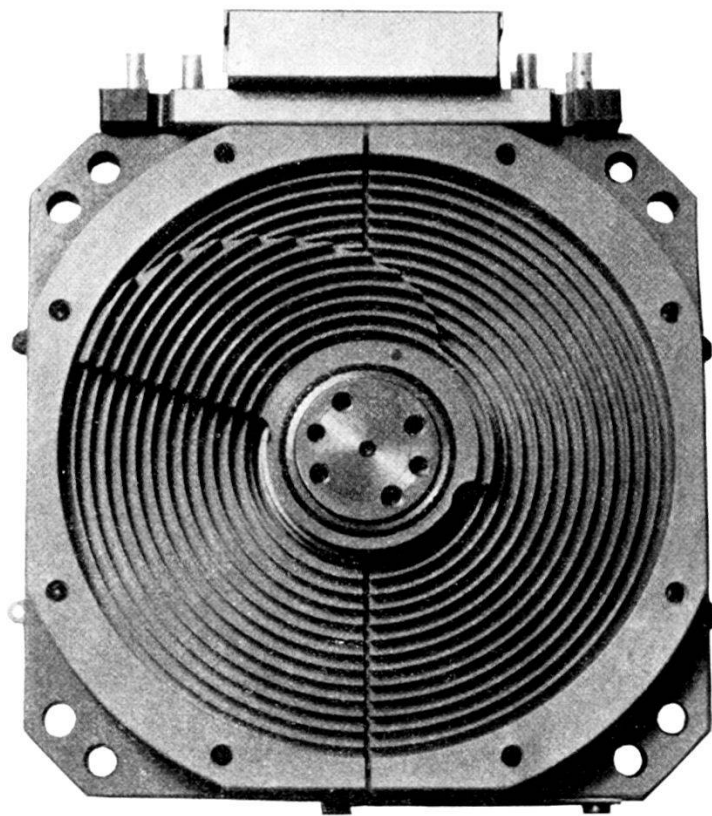


fig. 4 – Condensatore di calcolo

L'impiego tattico di un sistema di direzione di tiro richiede tre operatori: un operatore per la sorveglianza degli schermi Radar, un operatore per la colonnina di punteria ottica ed un operatore per il calcolatore. Oltre a ciò è prevista la presenza del direttore del tiro al comando della cassetta di segnalazione ed eventualmente un altro operatore per il puntatore ottico ausiliario.

Tecnica e principio di funzionamento del calcolatore

La tecnica del calcolo

Il calcolatore è del tipo analogico, a corrente alternata, ciò vuol dire che i valori delle funzioni in calcolo vengono rappresentati a mezzo di tensioni alternate a 400 Hz l'ampiezza delle quali è proporzionale al valore della funzione matematica. La distinzione dei valori negativi o positivi viene stabilita dalla relazione di fase nei confronti della tensione di riferimento. Le tensioni con fase eguale alla riferimento vengono definite positive mentre quelle sfasate di 180° rispetto alla riferimento vengono definite negative.

L'addizione e la sottrazione delle tensioni di calcolo avviene a mezzo di resistenze, condensatori o, rispettivamente, trasformatori di calcolo.

L'elemento di calcolo che permette di realizzare funzioni lineari, trigonometriche e balistiche come valori analogici necessari per il calcolo è il «condensatore di calcolo», un condensatore variabile di tipo speciale di altissima precisione (figura 4).

Esso consiste, come ogni condensatore variabile, in un elettrodo fisso, lo statore ed in uno mobile intorno ad un asse, il rotore. Se si prescinde dall'effetto di bordo, la capacità è ovviamente proporzionale alla superficie delle parti affacciate; di conseguenza scegliendo opportunamente la forma del rotore è possibile realizzare in uscita funzioni variabili con legge diversa (lineare, trigonometrica o balistica) al variare dell'angolo di rotazione del rotore (figura 5).

I condensatori di calcolo sono montati o sugli assi meccanici relativi agli elementi di calcolo variabili (ad es. le coordinate del punto presente del bersaglio), oppure su assi relativi a quantità costanti ma regolabili di volta in volta (ad es. le parallassi del cannone). Inoltre gli

assi relativi ad elementi di calcolo variabili sono «asserviti» ossia sono mossi in modo continuo ed estremamente esatto a mezzo di piccoli motogeneratori appositamente studiati cosicchè il calcolo è continuamente realizzato con i valori istantanei delle grandezze variabili.

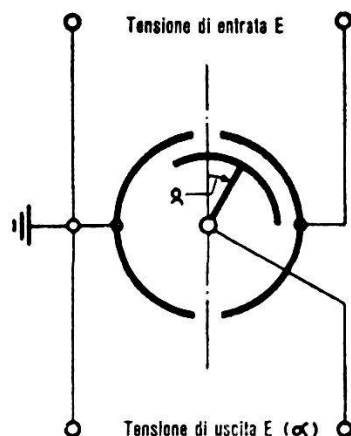


fig. 5 – Principio del calcolo mediante il condensatore

Mediante i condensatori di calcolo è possibile moltiplicare una funzione la cui variabile è rappresentata dall'ampiezza di una tensione alternata con una seconda funzione la cui variabile è costituita dalla posizione angolare di un asse ottenendo nuovamente come risultato di questo prodotto una tensione alternata di ampiezza variabile.

Analogamente è possibile eseguire una divisione moltiplicando la prima funzione per il reciproco della seconda.

Il differenziale di una funzione viene eseguito mediante un generatore a corrente alternata calettato meccanicamente sull'asse della funzione in parola. L'ampiezza della tensione di uscita è ovviamente proporzionale alla velocità di rotazione dell'asse e realizza pertanto la derivata della funzione stessa.

La trasmissione dei dati dalla colonnina di punteria al calcolatore e da quest'ultimo ai cannoni avviene mediante una «catena Synchros» nella quale, per raggiungere una grande precisione, viene usato il cosiddetto sistema «lento-veloce».

Principio di calcolo

Caratteristica peculiare del calcolatore «Super-Fledermaus» è che esso non calcola gli angoli relativi al punto futuro, bensì gli incrementi

angolari rispettivamente in elevazione ed azimuth ossia le differenze tra gli angoli relativi al punto futuro e quelli relativi al punto presente. I suddetti incrementi vengono quindi sommati agli angoli presenti forniti dalla colonnina di punteria. Questo sistema di calcolo, oltre a comportare una maggiore precisione, ha il vantaggio di essere indipendente dalla costellazione presente dei dati d'entrata.

Il calcolatore comprende: un calcolatore delle componenti delle velocità e dell'accelerazione del bersaglio; un calcolatore della rigenerazione e 3 canali di previsione separati per i tre cannoni (figura 6).

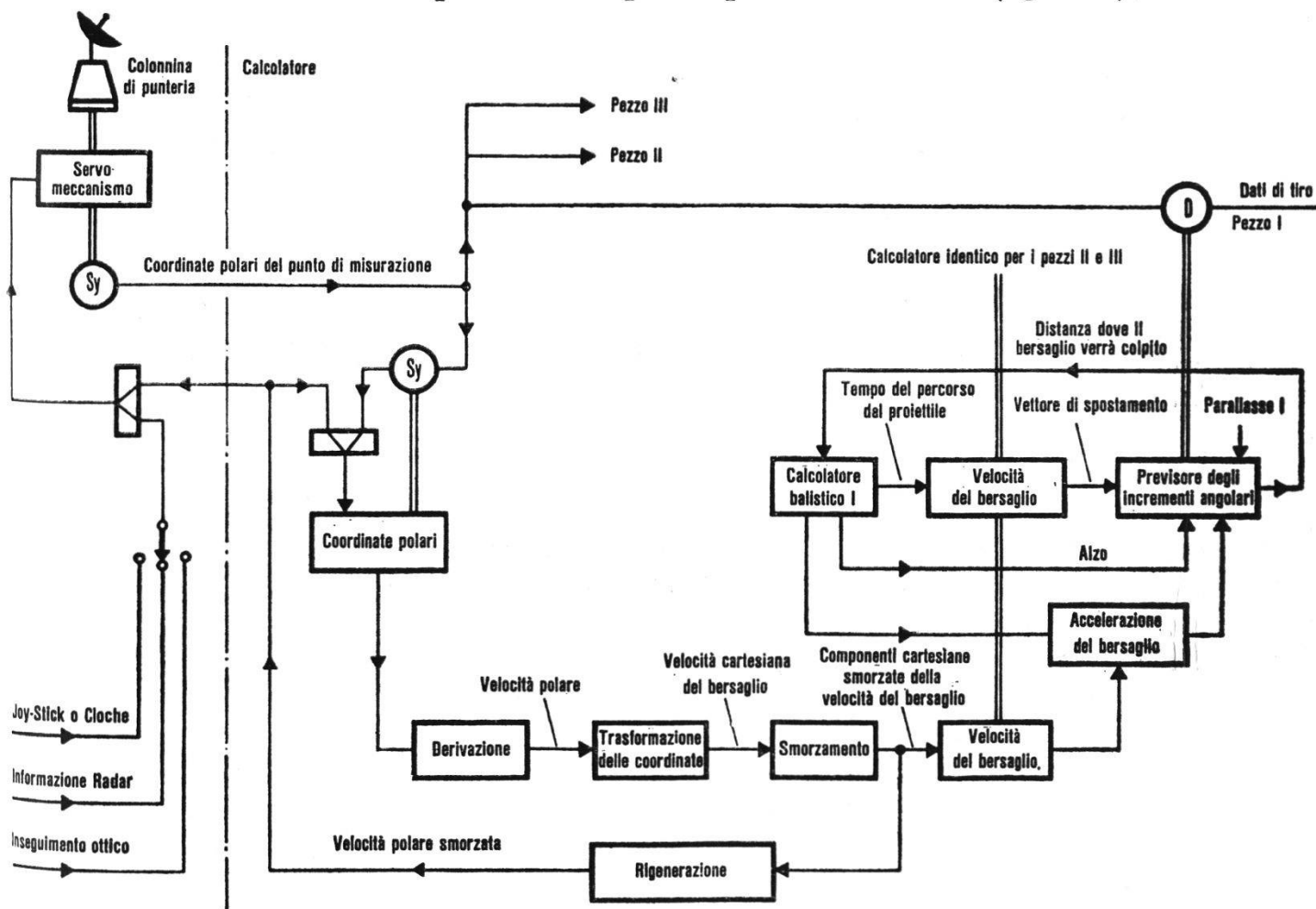


fig. 6 - Schema di funzionamento del calcolatore elettronico

Le coordinate polari del bersaglio — cioè la distanza, l'angolo d'elevazione e quello di direzione — vengono trasmesse via Synchroni dalla colonnina di punteria al calcolatore. Differenziando questi valori si ottengono i valori polari della velocità del bersaglio. Le componenti

polari della velocità vengono quindi trasformate trigonometricamente in quantità cartesiane ed i valori così ottenuti subiscono uno smorzamento del primo e del secondo ordine. In tal modo vengono inoltre eliminate eventuali oscillazioni dei valori d'entrata e si ottengono le effettive componenti della velocità del bersaglio. Le componenti cartesiane smorzate della velocità del bersaglio vengono quindi nuovamente trasformate in quantità polari smorzate e queste ultime vengono utilizzate per la rigenerazione della colonnina di punteria e per la compensazione dinamica degli assi d'ingresso del calcolatore. Derivando poi le componenti cartesiane della velocità del bersaglio si ottengono le componenti della accelerazione necessarie per la estrapolazione del 2° ordine.

Ognuno dei tre canali di previsione contiene un calcolatore balistico ove viene calcolato il tempo di volo e l'alzo in funzione della distanza futura, tenendo conto naturalmente delle correzioni del momento e della velocità iniziale individuale di ciascun cannone. Il prodotto del tempo di volo per la velocità del bersaglio fornisce il vettore di spostamento. In base al vettore di spostamento, alla parallasse propria di ciascun cannone ed all'alzo vengono calcolati nel previsore gli incrementi angolari in elevazione ed in direzione e la distanza futura. Quest'ultima viene rimandata poi al calcolatore balistico. Tutto il sistema di calcolo è basato sulla risoluzione istantanea d'equazioni le variabili delle quali sono comandate (asservite) in modo continuo ed esatto con l'ausilio di motogeneratori. Gli incrementi angolari così ottenuti sono addizionati mediante Synchros differenziali ai valori di entrata ed i risultati di queste somme costituiscono i dati di tiro che vengono trasmessi ai cannoni.

Costruzione del calcolatore

Il calcolatore è costituito da quattro cassette e da un pannello di prova e di segnalazione (figure 7 e 8).

Sul pannello frontale dei cassette sono montati gli assi meccanici delle varie funzioni con i relativi elementi (condensatori di calcolo, generatori tachimetrici, servomotori e Synchro). Indici calettati sugli assi meccanici delle varie funzioni e relative scale graduate definiscono la posizione istantanea degli assi stessi. Nella parte posteriore del

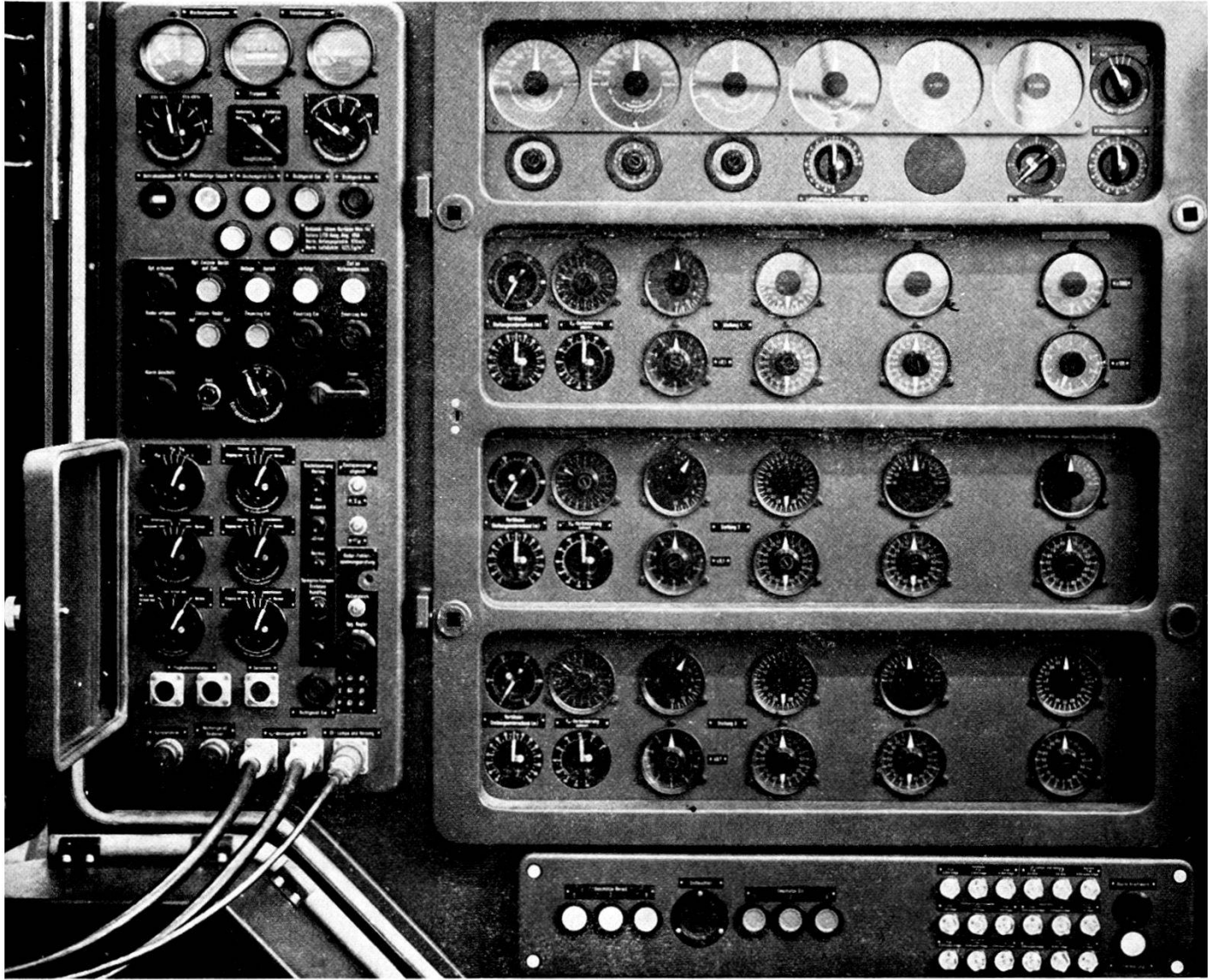


fig. 7 – Vista frontale del calcolatore elettronico

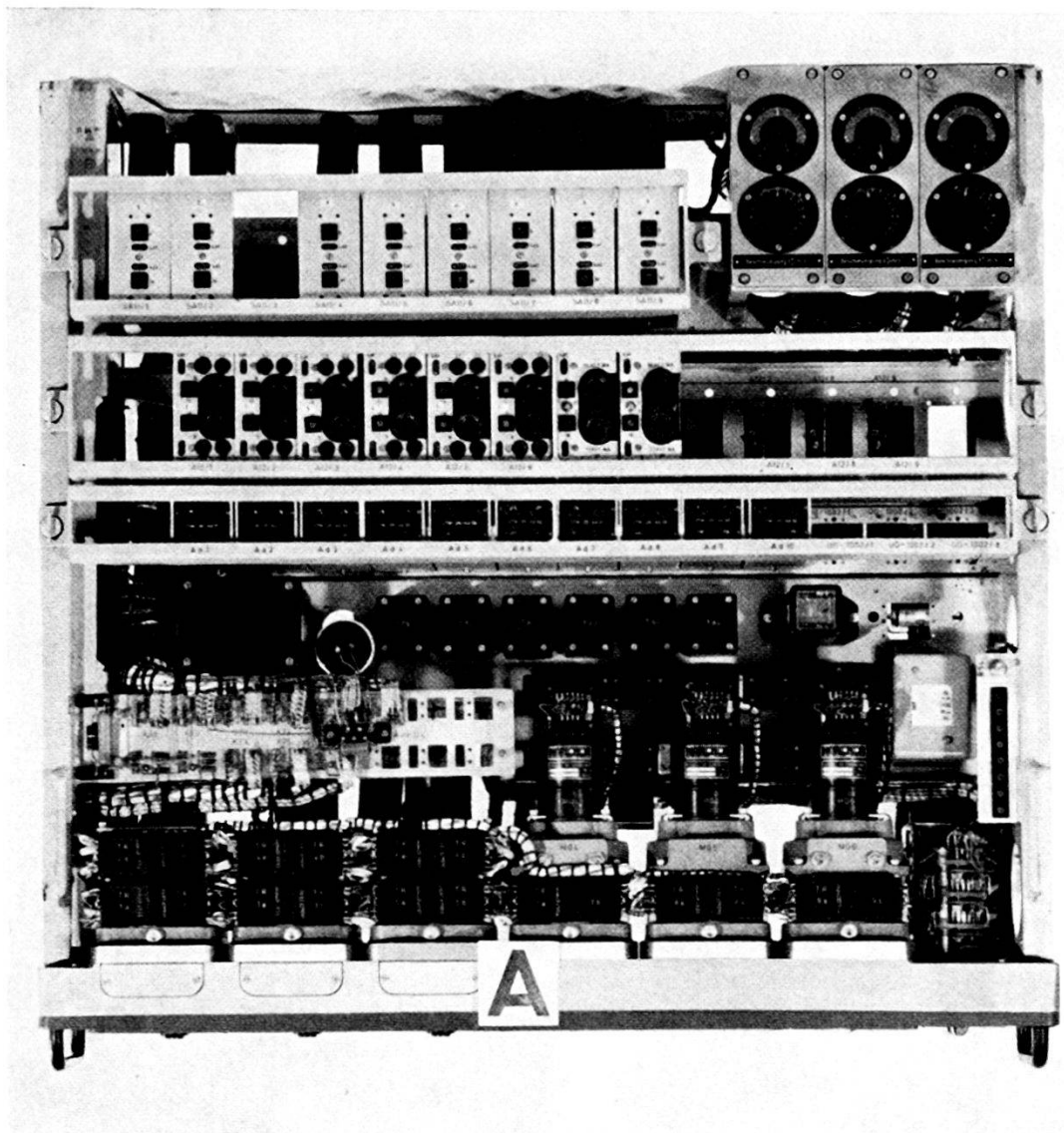


fig. 8 – Cassetto del calcolatore

cassetto trovano posto gli amplificatori, gli addizionatori, i trasformatori di calcolo ed i relais; ad eccezione fatta dei trasformatori tutti questi elementi sono muniti di contatti a spina e di conseguenza sono facilmente sostituibili. Il pannello di prove e di segnalazione consente all'operatore di controllare la fase operativa della centrale di tiro e, permette inoltre d'effettuare mediante l'impiego di commutatori di prova un controllo generale dell'apparecchiatura senza che sia necessario aprire i cassettei della stessa.

Considerazioni finali

A questo punto qualche lettore si domanderà forse se per il tiro con cannoni su obbiettivi aerei sono veramente necessarie apparecchiature così speciali. Si può rispondere che sarebbe praticamente inutile ricorrere a dispositivi di mira o apparecchiature similari per bersagli che volino alle attuali velocità dei velivoli, poichè sarebbe già difficile effettuare una punteria senza l'aiuto del radar e del telecomando ed anche qualora ciò avvenisse il tempo a disposizione per il fuoco è nella maggior parte dei casi talmente ristretto che la probabilità di colpire il bersaglio sarebbe da considerarsi unicamente affidata al caso. Per contro numerose prove di tiro hanno dimostrato che impiegando l'apparecchiatura «Super-Fledermaus» con cannoni di alta precisione, nella difesa contro aerei a reazione, la probabilità d'impatto varia in funzione della distanza dal 2 al 15 %. Tenendo poi conto, oltre che della suddetta già alta percentuale, anche dell'elevata cadenza di tiro d'una moderna batteria antiaerea di medio calibro, ne risulta una efficacia di fuoco che anche nel caso di brevissimi passaggi del bersaglio offre, nella quasi totalità dei casi, la certezza di colpire l'obbiettivo.

La suddetta grande probabilità di impatto giustifica inoltre l'impiego di cannoni antiaerei anche nell'attuale era della missilistica giacchè il raggio di azione minimo di un'arma teleguidata è già superiore a quello attuale dei moderni cannoni antiaerei di medio calibro. E poichè è logico attendersi che gli aerei attaccanti cercheranno di evitare l'offensiva dei missili volando a bassa quota, si impone una difesa efficace degli spazi aerei in immediata prossimità del terreno realizzata mediante cannoni antiaerei automatici e telecomandati.