

123
111

IL PUNTAMENTO IN DECLINAZIONE DEL
RAMO NORD SUD
DEL RADIOTELESCOPIO "CROCE DEL NORD"

A. Bombonati, L. Cova, G. Grueff, R. Trebbi

IRA 3/75

Marzo, 1975

LRA 3/75

RAPPORTO INTERNO 3

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
LABORATORIO DI RADIOASTRONOMIA

c/o ISTITUTO DI FISICA «A. RIGHI»
Via Irnerio, 46 - 40126 BOLOGNA (Italy)

Riassunto

Vengono descritti gli studi di fattibilità di vari sistemi meccanici di puntamento del braccio Nord-Sud del Radiotelescopio, la progettazione e il funzionamento di quello realizzato, unitamente al sistema di comando elettrico adottato.

Indice

Parte meccanica	1
Parte elettrica	8

PARTE MECCANICA

I- Introduzione

Le considerazioni che seguiranno, prendono l'avvio da caratteristiche di tipo radioastronomico, legate alla natura del Radiotelescopio "CROCE DEL NORD", strumento a "Croce di Mills", composto da due bracci, uno posizionato in direzione Est-Ovest, l'altro in direzione Nord-Sud.

Il braccio Nord-Sud, di cui si tratta in questo rapporto, si compone di 64 antenne con specchio a sezione cilindro parabolica, disposte parallelamente l'una rispetto all'altra ad intervalli di 10 metri che debbono essere in grado di puntare la stessa sorgente simultaneamente. Lo specchio parabolico di ogni elemento ha un diagramma polare in direzione Nord-Sud largo circa 500 primi d'arco e si assume come condizione necessaria ad assicurare prestazioni ottimali una precisione di puntamento dell'ordine di $1/50$ del fascio, cioè di circa 10 primi d'arco. Tale precisione sarebbe sufficiente anche nel caso che la frequenza di ricezione venisse elevata a 1420 MHz (21 centimetri).

II- Specifiche strumentali

La problematica connessa al posizionamento simultaneo di molti elementi di antenna che partecipano alla ricezione dello stesso segnale, ha altre esigenze fondamentali di tipo statico e dinamico, che si traducono, unitamente alla precisione di puntamento, in specifiche costruttive. Le specifiche costruttive, vincolanti le prestazioni del sistema di movimento da adottare nel nostro caso, si possono riassumere nei seguenti quattro punti:

- 1) PRECISIONE DI PUNTAMENTO ENTRO 10' d'arco
- 2) STABILITA' DEL PUNTAMENTO NEL TEMPO ENTRO 2' d'arco
- 3) RIPETIBILITA' DEL PUNTAMENTO ENTRO 10' d'arco
- 4) SINCRONIZZAZIONE DELLE ANTENNE ENTRO 20' d'arco

III- Condizioni operative

Oltre alle esigenze di tipo radioastronomico, nella progettazione era necessario tenere conto di fattori di carattere meteorologico che, data la forma delle antenne, avrebbero prodotto sollecitazioni notevoli.

I due elementi che possono agire in modo singolo o, nel peggiore dei casi combinati, sono il vento ed il ghiaccio. Il vento produce una forza che ha il suo punto di applicazione essenzialmente sulla linea focale, che, essendo un manufatto a superficie continua, offre notevole resistenza, determinando, data la sua distanza dal perno di rotazione, un notevole momento ribaltante. Le incrostazioni di ghiaccio sono state osservate in particolari condizioni atmosferiche; il pericolo ad esse connesso è costituito dalla possibilità che i fili, che danno forma allo specchio parabolico, fungano da innesco per la formazione di ghiaccio che, estendendosi via via, potrebbe trasformare in superficie continua lo specchio di fili di 0,5 mm. (di diametro) distanziati di due centimetri uno dall'altro. Il risultato sarebbe una vela di circa 160 metri quadri per ogni antenna e, se si considera che un vento di cento chilometri ora produce una spinta valutabile intorno agli ottanta chilogrammi per metro quadro, ci si può rendere conto dell'importanza dei fattori dovuti agli agenti atmosferici.

Per impostare attendibilmente il problema si è tenuto conto di una statistica dedotta dalle registrazioni di un anemografo installato presso il Radiotelescopio; esse si possono, ai nostri fini, sintetizzare come segue:

	vel.max.vento	direzione
1971	84 km. ora	Nord-Nord Est
1972	79 " "	Sud
1973	97 " "	Sud-Sud Ovest
1974	82 " "	Nord

Dalla tabella si può osservare che le maggiori velocità vengono svolte da venti da Nord o da Sud, che sono i venti dominanti nella zona.

Il vento da Nord infatti, nelle sue manifestazioni più pericolose, non é altri che un prolungamento della Bora che può spingersi fino alle propaggini dell'Appennino senza trovare ostacoli. Il vento da Sud, che é essenzialmente estivo e caldo, si precipita dagli Appennini verso il mare. Le nostre strutture sono posizionate con l'asse di rotazione in direzione Est-Ovest perciò i venti più pericolosi sono appunto quelli dei quadranti Nord e Sud. Si sono assunti come dati di progetto i seguenti punti :

a) Condizioni dinamiche

Le antenne possono essere mosse contro una velocità del vento di 80 chilometri ora, che produce una sollecitazione di circa 600 kg nel punto di applicazione della forza motrice.

b) Condizioni statiche

Le antenne debbono mantenere il loro assetto contro una velocità massima del vento di 150 km.ora. Le incrostazioni di ghiaccio, se unite al vento possono essere limitate nell'effetto orientando le antenne in modo che gli specchi offrano la minore resistenza possibile.

IV Esami di fattibilità

Prima di approdare al sistema adottato e progettato, si é proceduto ad un esame critico di varie realizzazioni possibili, assumendo come parametro aggiuntivo, a parità di altre condizioni, "IL COSTO ECONOMICO". Il primo sistema preso in esame fu naturalmente quello preesistente, costituito (fig.1) da un tirante di trascinamento congiungente più antenne collegate al tirante mediante braccio a manovella che trasformava il moto rettilineo del tirante in moto rotatorio delle antenne. Questo sistema aveva i seguenti due difetti fondamentali:

- 1) La dilatazione del tirante, dovuta alle escursioni termiche, provocava uno sfasamento fra antenna ed antenna cumulabile con la distanza e non compensabile in alcun modo.

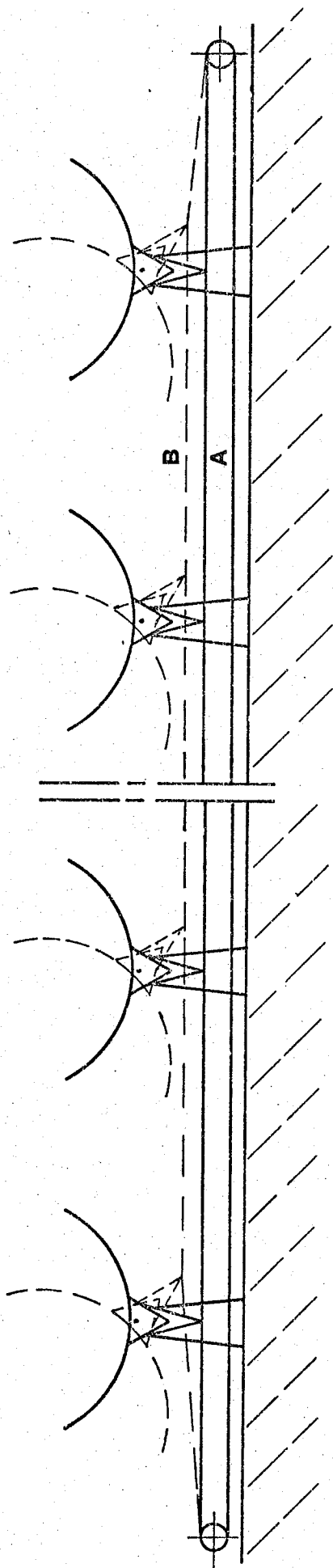


fig.1

2) Premesso che tale sistema era praticamente realizzabile se il tirante funzionava a circuito chiuso, durante il movimento si verificava la variazione della figura geometrica del tirante che nell'assetto "A" aveva un perimetro diverso da quello in assetto "B" (vedi fig.1),perciò era necessario tenere lasco il tirante in modo che potesse adattarsi alle due configurazioni;ciò chiaramente aumentava i giochi già presenti per il difetto descritto al punto 1.

Si prese in esame allora un altro possibile tipo di movimento, a tirante aperto con due contrappesi alle estremità (fig. 2) in modo da mantenere sul tirante una tensione capace di vincere i carichi dovuti al vento che sollecitassero il tirante a compressione. Chiaramente, sommandosi sul tirante le sollecitazioni dovute ad ogni singola antenna, si arrivava a sommare sul tratto di tirante alle estremità ed al centro carichi possibili dell'ordine delle 6 tonnellate per vento di 80 km.ora e delle 20 tonnellate per vento di 150 km.ora. Tutto ciò costringeva ad applicare contrappesi notevoli ed a dimensionare il tirante tenendo conto che al centro si potevano sommare tensioni doppie di quelle bilanciate dal contrappeso. Pur dimezzato, rimaneva consistente l'errore dovuto alle dilatazioni prodotte dalle escursioni termiche.

Per lo stesso motivo (dilatazioni) fu scartato anche un sistema di movimento a circuito aperto con travi rigide (fig.3) ; in tal modo si poteva eliminare il contrappeso però, come detto sopra, rimanevano le dilatazioni termiche, con la differenza che in questo caso si ripercuotevano proporzionalmente fra antenna ed antenna, così che le più lontane erano le più disallineate.

Si abbandonò allora la possibilità di trasmettere il movimento con il sistema a manovella e fu preso in esame un tipo di movimento oleodinamico. Ogni antenna sarebbe stata dotata di un apparato propulsore a pistone e i pistoni sarebbero stati azionati a gruppi dalla centrale operativa. Questo sistema, di per sè molto suggestivo,

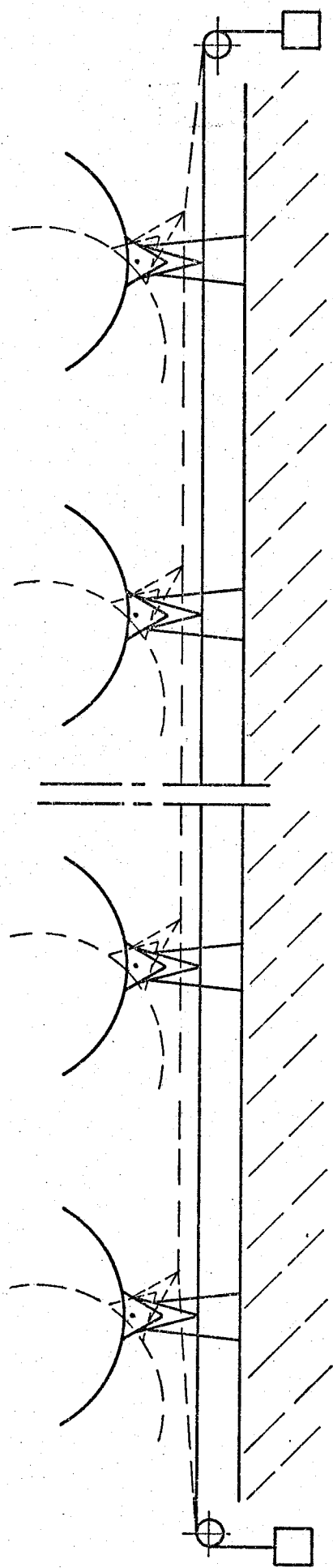


fig.2

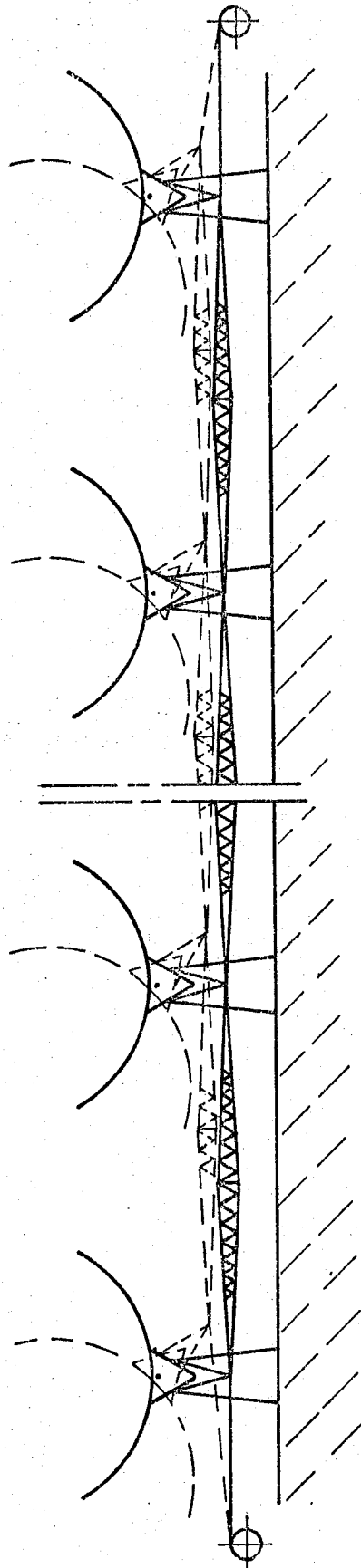


fig.3

offriva molti vantaggi ,quali; il sincronismo, la possibilità di muovere le antenne a velocità variabili, l'indipendenza meccanica di ogni antenna rispetto alle altre; purtroppo il cilindro oleodinamico non garantiva la stabilità del puntamento nel tempo e ogni metodo compensativo della trafilatura dell'olio fra pistone e cilindro sarebbe stato, oltre che notevolmente complesso dato il numero dei cilindri, insufficiente a mantenere la stabilità del puntamento entro i 2° di arco richiesti. (fig. 4)

V- Sistema adottato

Tenendo conto di tutte le considerazioni su esposte si decise di adottare un tipo di movimento a trasmissione meccanica che fosse esente da tutti i difetti riscontrabili nei precedenti sistemi. Si adottò un sistema in cui ogni antenna venisse mossa a mezzo pignone e corona, con un albero motore che garantisse anche il sincronismo. Nei dettagli (fig.5) il sistema è così congegnato :

Sulla testata della struttura portante di ogni antenna è fissato un settore dentato "D" che ingrana con un pignone "P" calettato su un riduttore "R" solidale alla zampa di supporto della antenna; il rapporto di riduzione che si ha fra settore e pignone è di " 1 a 20 " . Il riduttore "R" con un rapporto di riduzione " 1 a 40 " riceve il moto da un albero "A" che conginge simultaneamente ^{16 antenne} a sua volta l'albero riceve il moto di rotazione dai due motoriduttori "M" posti in serie sull'albero "A". Il rapporto di riduzione totale è dato dal prodotto dei tre rapporti di riduzione parziali, pertanto:

$$\frac{1}{31,6} \times \frac{1}{40} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{25280}$$

Il motore ha una velocità di 700 giri al minuto primo

La velocità angolare di rotazione della antenna è pertanto:

$$\frac{700 \times 360^\circ}{25280} \approx 10^\circ \text{ al minuto primo}$$

velocità di rotazione simile a quella della antenna Est- Ovest.

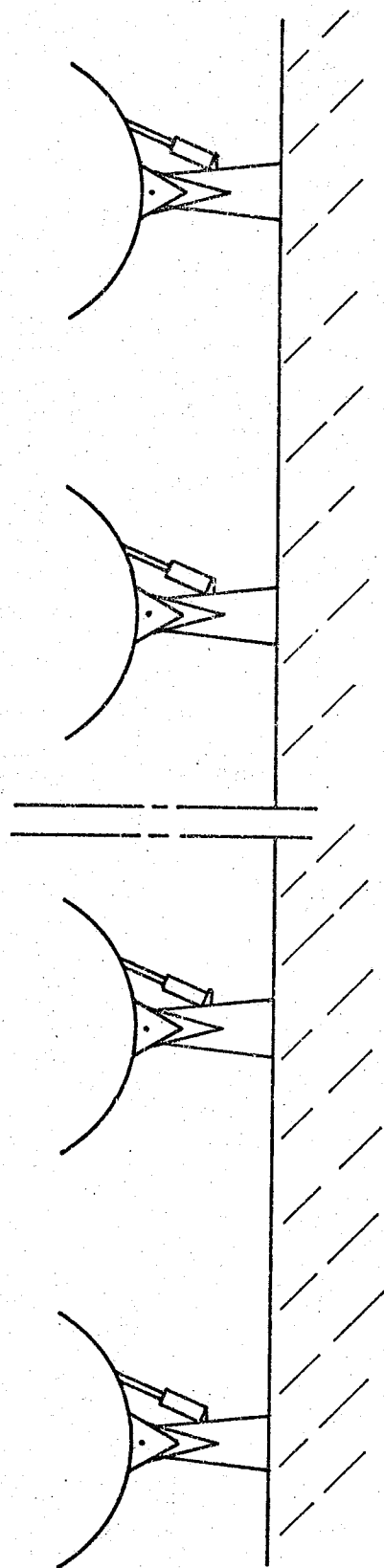


fig. 4

Procediamo ora ad un esame critico del sistema per verificare che sia immune da difetti e risponda pienamente alle specifiche.

Specifica N. 1 - PRECISIONE DI PUNTAMENTO ENTRO 10 ' d'arco

La precisione è garantita meccanicamente dalla qualità del settore dentato lavorato con dentatrici capaci di mantenere il passo fra dente e dente entro limiti del centesimo di millimetro, pertanto il settore è in grado di riprodurre un determinato angolo con precisione eccedente di gran lunga quella necessaria.

Specifica N. 2 - STABILITA' DEL PUNTAMENTO NEL TEMPO ENTRO 2' d.a

La stabilità del puntamento dipende da due fattori : il primo è legato al gioco esistente nell'accoppiamento fra denti del pignone e denti del settore; le possibilità di regolazione permettono di rimanere tranquillamente al disotto di " 0,5 millimetri " , che si traducono in una possibilità di rotazione dell'antenna attorno al puntamento assai inferiore a " 2 primi d'arco ". Il secondo fattore da cui dipende la stabilità del puntamento è dato dalla impossibilità di rotazione dell'albero in condizioni statiche, garantita da un freno elettromagnetico (normalmente chiuso) accoppiato al motore del motoriduttore " M " .

Specifica N. 3 - RIPETIBILITA' DEL PUNTAMENTO ENTRO 10' d'arco

La ripetibilità del puntamento è essenzialmente legata ai giochi insiti nel sistema; abbiamo già visto di che entità sono quelli dovuti all'accoppiamento dente pignone, dente settore dentato; gli altri giochi sono dati dagli accoppiamenti albero cava, esistenti fra pignone "P" albero riduttore "R" fra albero riduttore "R" ed albero rotazione "A" fra albero rotazione "A" e albero motoriduttore "M". Tali giochi che sono di entità trascurabile, vengono resi ancora più insignificanti dal fatto che a mano a mano che si procede dal pignone "P" verso il motoriduttore "M" i giochi radiali vengono vanificati dall'incremento del rapporto di riduzione.

Specifica N. 4 - SINCRONIZZAZIONE DELLE ANTENNE ENTRO 20' d'arco

La sincronizzazione è assicurata dall'albero "A" che lavorando a torsione non permette disallineamenti angolari fra antenna ed antenna a meno dei giochi albero cava che sono trascurabili. La sincronizzazione dipende anche dalla possibilità di una buona messa in fase iniziale di ogni antenna rispetto alle altre; a ciò si è provveduto inserendo nell'albero "A" un manicotto che permette regolazioni di lunghezza dell'albero e diversi assetti angolari delle estremità dell'albero stesso. Altri inconvenienti quali quelli dovuti a dilatazioni lineari vengono assorbiti in ogni tratto di albero dalla possibilità di scorrimento che viene lasciata fra albero e cava. La resistenza meccanica è assicurata dalla sezione dei denti del settore e del pignone costruiti in acciaio bonificato ad alta resistenza. -

PARTE ELETTRICA

Il sistema di comando elettrico per il movimento dei rami Nord-Sud deve rispondere ai seguenti requisiti fondamentali:

- 1) Possibilità di movimento nei due sensi, rispetto allo Zenit, dei singoli rami di 16 antenne, mantenendo fermi gli altri rami, per operazioni di manutenzione o revisioni periodiche.
- 2) Possibilità di movimento contemporaneo dei quattro rami verso una declinazione di puntamento desiderata, indipendentemente dalla posizione di partenza dei singoli rami, con arresto automatico alla declinazione prefissata.
- 3) Impossibilità di esecuzione di manovre accidentali durante il movimento, dovute a qualsiasi causa; l'unica manovra possibile deve essere quella di arresto.
- 4) Sicurezza dell'operatore da qualsiasi possibilità di folgorazione.
- 5) Qualunque guasto, di qualsiasi natura, deve provocare l'arresto immediato delle antenne, se già in movimento, o l'impossibilità di muoverle, se ferme.
- 6) Compatibilità con il sistema di movimento del braccio Est-Ovest.

E' stato adottato il sistema che, per semplicità di esposizione, verrà di seguito trattato come relativo a due soli rami Nord-Sud. Il sistema è facilmente generalizzabile per comandare fino ad otto rami distinti. Lo schema di principio a blocchi è riportato in fig.6 . Il comando manuale realizza il movimento nei due sensi di marcia, ramo per ramo selezionabile tramite un commutatore ad otto posizioni, con la pressione dei pulsanti "Nord" o "Sud" , che pilotano i rispettivi relè autotrattenuti. Il pulsante di "Arresto" ha la duplice funzione di abilitazione e di arresto. Abilitazione, con antenne ferme, attivando un relè autotrattenuto che invia l'alimentazione ai pulsanti "Nord" e "Sud"; arresto, con antenne in movimento togliendo la massa a tutto il circuito in quanto tutti i componenti

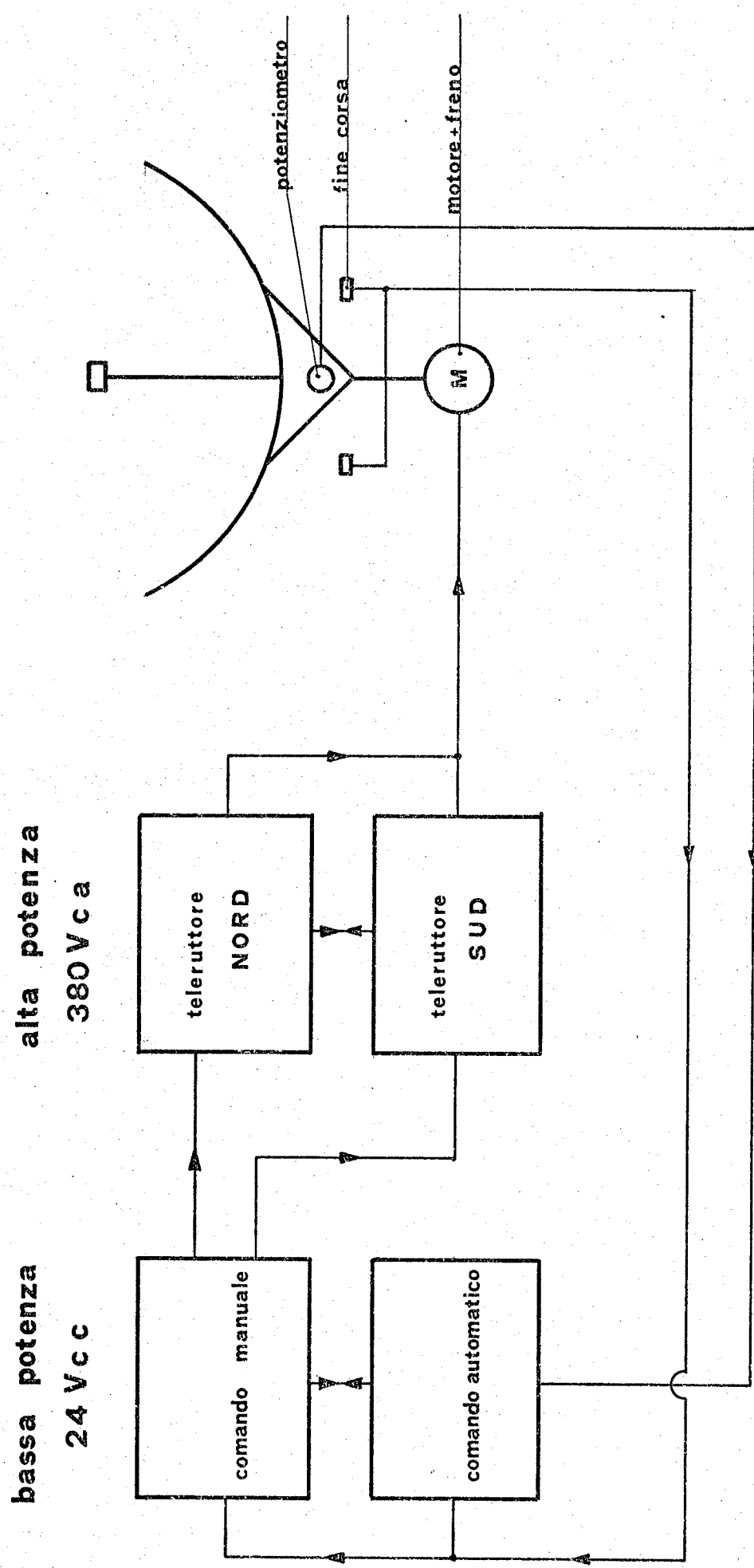


fig. 6

sono a massa attraverso suoi contatti.

Il comando di arresto automatico realizza la sua funzione sfruttando dei ponti di Wheatstone potenziometrici ed un amplificatore differenziale per ogni ramo, che apre un contatto posto in serie alle sicurezze di fine corsa del ramo stesso verso massa. Naturalmente vi è un potenziometro campione a 10 giri sul quadro di comando, tarato in gradi di declinazione, che viene paragonato con i potenziometri, sempre a 10 giri, calettati su una antenna per ogni ramo Nord-Sud.

Quando il potenziometro calettato sulla antenna di un ramo, durante il movimento della stessa, bilancia il ponte corrispondente, l'amplificatore differenziale relativo apre il contatto verso massa e il ramo in questione si ferma. E' stato verificato sperimentalmente che otto ponti, facenti tutti capo ad un unico potenziometro di riferimento, non si influenzano tra di loro. In sostanza il sistema adottato realizza il movimento inviando la alimentazione (+ 24 Volt) ai componenti del circuito e realizza l'arresto, sia manuale, sia automatico, sia di fine corsa, togliendo la massa ai componenti stessi.

Lo schema reale, relativo a due rami Nord-Sud, è rappresentato in fig.7. Il circuito di bassa potenza è inserito in un quadro di comando generale che contiene anche il sistema di movimento relativo al braccio Est-Ovest. Il relè R6, che invia l'alimentazione al circuito, viene attivato da un selettore che predispone per il movimento: o i rami Nord-Sud, o il braccio Est-Ovest, o per il movimento contemporaneo di tutte le antenne del Radiotelescopio. In questo caso è prevista una precedenza nelle partenze per motivi di assorbimento dei motori allo spunto, in relazione alla potenza installata a 380 Volt. Poichè i massimi assorbimenti si verificano allo spunto di partenza del braccio Est-Ovest, oltre 350 A, mentre per i rami Nord-Sud sono dello ordine di 50 A, si è stabilito di non permettere la partenza del ramo Est-Ovest con i rami Nord-Sud già in movimento. Attivato il relè R6, la alimentazione a 24 Volt, passando attraverso i contatti ausiliari in serie (chiusi a riposo) dei quattro teleruttori di potenza

rientra nel circuito di comando ai contatti del pulsante di "Arresto", sulla linea "Fermo" . A questo punto il circuito è ancora privo dell'alimentazione ai pulsanti di movimento, ma è pronto per il funzionamento. Premendo il pulsante di "Arresto" si alimenta il relé R1 che si autotrattiene e, contemporaneamente, invia la + 24 Volt ai pulsanti "Nord" e "Sud" . Prevediamo ora, per esempio, di dover muovere il ramo Nord 1 in direzione Sud. Si seleziona, tramite il "Commutatore rami", il ramo Nord 1. Vengono così messi a massa un capo dei relé R2 ed R3 in serie ai contatti di fine corsa relativi, il tutto in serie al pulsante di "Arresto" che essendo stato precedentemente rilasciato chiude il circuito. Premendo ora il pulsante "Sud", la + 24 Volt si viene a trovare all'altro capo del relé R3 che si attrae immediatamente e, tramite il diodo D6, a un capo del relé R5 che resta a riposo in quanto gli manca la richiusura di massa del "Commutatore rami" . Il relé R3, chiudendo i suoi contatti, invia la alimentazione a 220 Volt c.a. alla bobina del teleruttore T2 e la +24 Volt alla linea "Precedenza Nord-Sud" che attiva un relé posto nel quadro di comando del braccio Est-Ovest, che ne impedisce da questo momento la partenza. Il teleruttore T2 invia la alimentazione a 380 Volt ai motori e ai freni elettromagnetici del ramo Nord 1 che si metterà in movimento in direzione Sud. Contemporaneamente chiude un contatto ausiliario che mantiene trattenuto il relé R3 al quale, diversamente, mancherebbe la +24 Volt dal lato pulsanti per il rilascio del pulsante di movimento. Il relé R1 resta autotrattenuto, dopo l'apertura del contatto ausiliario di T2 che determina l'interruzione della linea "Fermo" , per un tempo dato da C1 per la resistenza della bobina, dando così modo a T2, di attivarsi sicuramente. A questo punto le antenne del ramo Nord 1 sono in movimento verso Sud. Qualunque manovra accidentale venga ora compiuta sui pulsanti "Nord" o "Sud" non porterà ad alcun risultato per la mancanza della + 24 Volt sulla linea "Fermo"; la sola manovra

possibile è quella di arresto, come richiesto dai requisiti fondamentali, per apertura di un contatto di fine corsa, per errata manovra sul "Commutatore rami", per pressione sul pulsante di "Arresto", il quale, oltre a provocare l'arresto del ramo in movimento, riabilita il relè R1, predisponendo il circuito per il movimento di un altro ramo. Il fatto di aver portato tutte le chiusure di massa in un unico punto attraverso i contatti di un pulsante, garantisce il sistema da manovre e guasti accidentali in modo molto soddisfacente. L'unico guasto veramente grave è dato dalla possibilità che i relè R2, R3, R4, R5, vadano a massa direttamente senza passare attraverso i contatti del pulsante di "Arresto". A questo guasto si può ovviare momentaneamente togliendo l'alimentazione al relè R6 tramite il selettore di movimento cui è stato accennato in precedenza.

Il sistema è stato realizzato in due parti meccaniche distinte e separate. La parte di pilotaggio in bassa potenza, che trova alloggio sul quadro di comando, è tutta alimentata a 24 Volt c.c., mentre la parte di potenza, che agisce sulla 380 Volt c.a., è alloggiata in un armadio lontano dal quadro di comando. In questo modo è garantito un grado di sicurezza molto elevato per l'operatore addetto al movimento delle antenne. Il sistema di comando con arresto automatico, che viene abilitato da un commutatore "Manuale-Automatico" sito sul pannello di comando, agisce, come già accennato, sfruttando quattro ponti di Wheatstone facenti tutti riferimento ad un unico potenziometro campione all'ingresso di quattro amplificatori differenziali come indicato in fig. 8. All'uscita di ciascun amplificatore è stato inserito un semplice circuito in grado di comandare due relè: uno se l'uscita è positiva, lo altro se è negativa, fig. 9. Si farà di seguito riferimento, per semplicità, ad un sistema per soli due rami Nord-Sud. I contatti A e B per il ramo Nord 1 e rispettivamente C e D per il ramo Sud 1, di un circuito uguale, sono in parallelo ai pulsanti "Nord" e "Sud" come indicato dallo schema generale in fig. 7.

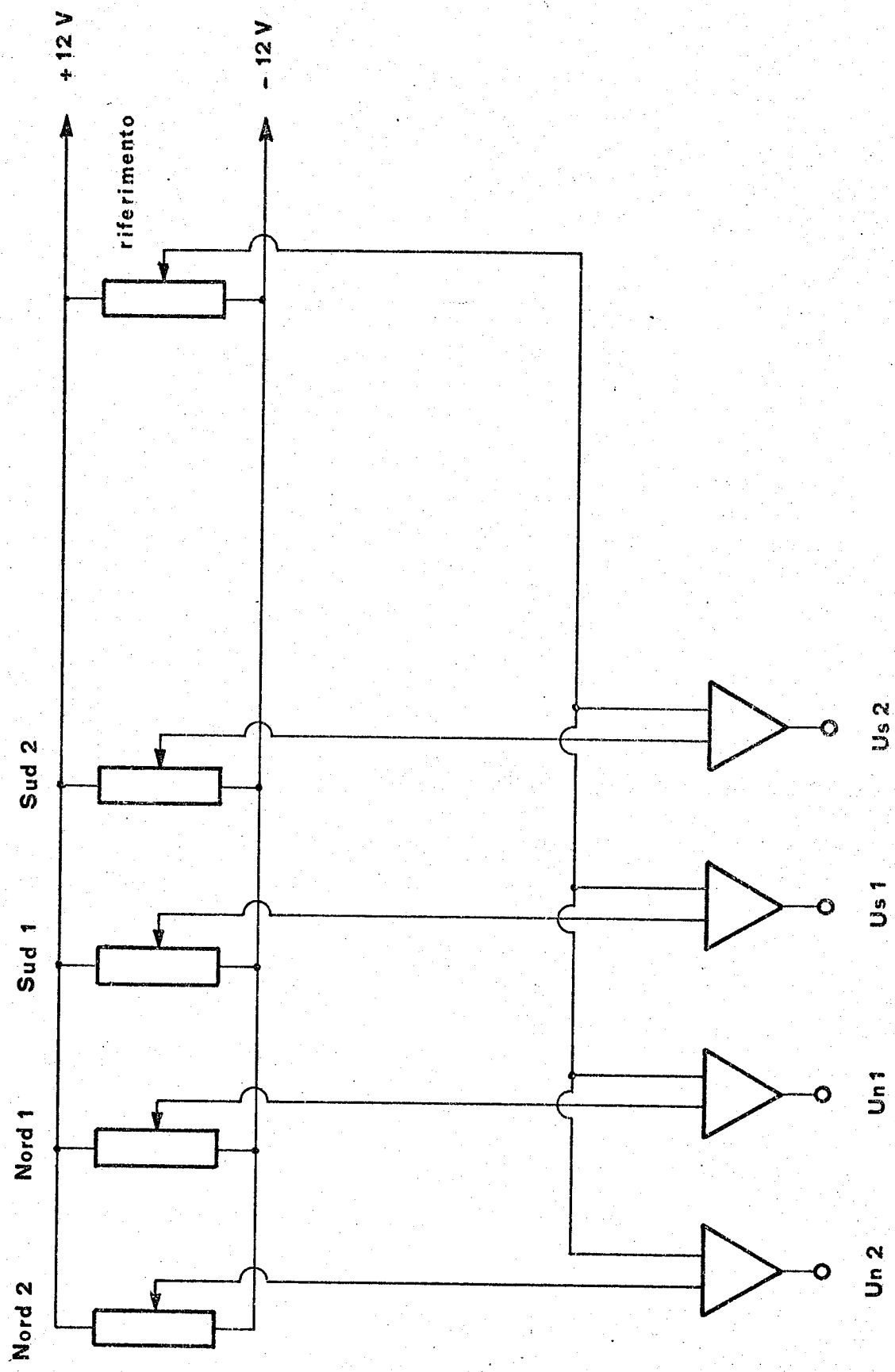


fig. 8

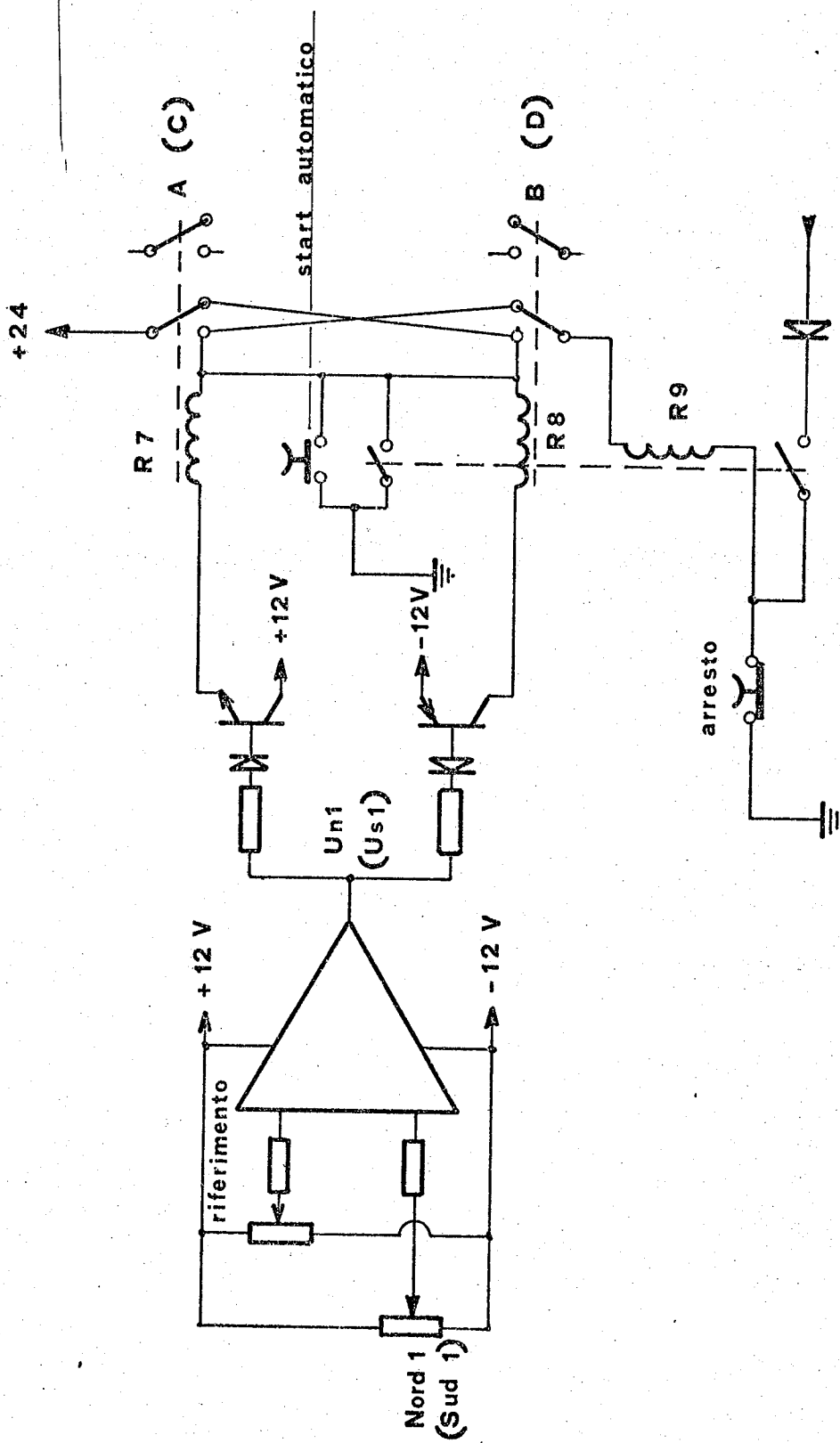


fig. 9

Supponiamo di dover muovere contemporaneamente i rami Nord 1 e Sud 1 verso una declinazione fissata dal potenziometro campione sul quadro. Per attivare il circuito è necessario dare per un istante, dopo aver abilitato tutto il sistema tramite il pulsante di "Arresto", la massa al circuito di uscita degli amplificatori per mezzo del pulsante di "Start automatico". Il ponte in ingresso, essendo sbilanciato in quanto si è ritenuto di dover muovere le antenne, provoca la istantanea chiusura o del relè R7 o del relè R8 (mai entrambi in quanto in questo caso il relè R9 non verrebbe attivato e le antenne resterebbero ferme, come in caso di un corto contemporaneo di un diodo e del transistor corrispondente all'uscita dell'amplificatore), questo provoca la chiusura del relè R9 che mantiene la massa ai relè R7 ed R8, dopo il rilascio del pulsante "start automatico", e chiude il circuito di massa ai relè R2 ed R3. Contemporaneamente i contatti A (o B) del relè R7 (o R8) in parallelo al pulsante "Nord" (o Sud), alimentano con la + 24 Volt il relè R2 (o R3) e le antenne del ramo Nord 1 si mettono in movimento; lo stesso succede per il ramo Sud 1. Si mette altresì in movimento anche l'albero del potenziometro calettato su di una antenna per ogni ramo, nel verso tendente a bilanciare il ponte col potenziometro di riferimento. Nell'istante in cui il ponte si bilancia, la uscita dell'amplificatore si azzerà. Ciò provoca l'immediato rilascio del relè R7 (o R8) e la conseguente apertura dei contatti di R9, che oltre a togliere la massa ai relè R2 ed R3, toglie la stessa anche ai relè R7 ed R8, impedendo alle antenne del ramo considerato, che per inerzia possono aver superato il punto di bilanciamento, di ripartire nel verso opposto mettendo tutto il sistema in oscillazione. L'inerzia di cui si parla è provocata dai tempi di rilascio dei vari relè interessati e dal tempo di intervento dei freni elettromagnetici. Questo tempo è valutabile nell'ordine di 0,1 secondi; poichè la velocità di rotazione delle antenne è di circa 10° al minuto primo, ne deriva che in questo tempo le antenne hanno superato il punto di bilan-

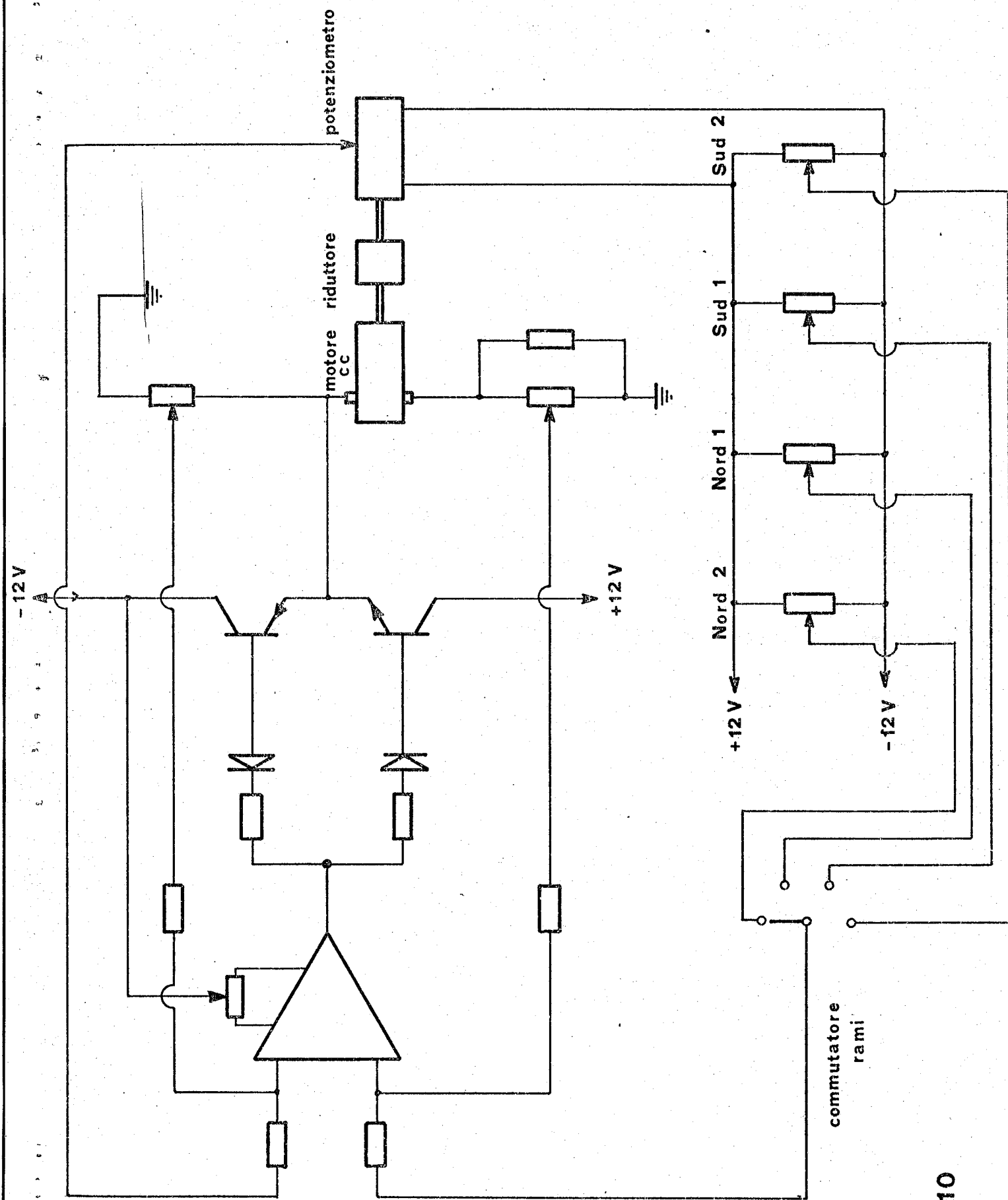


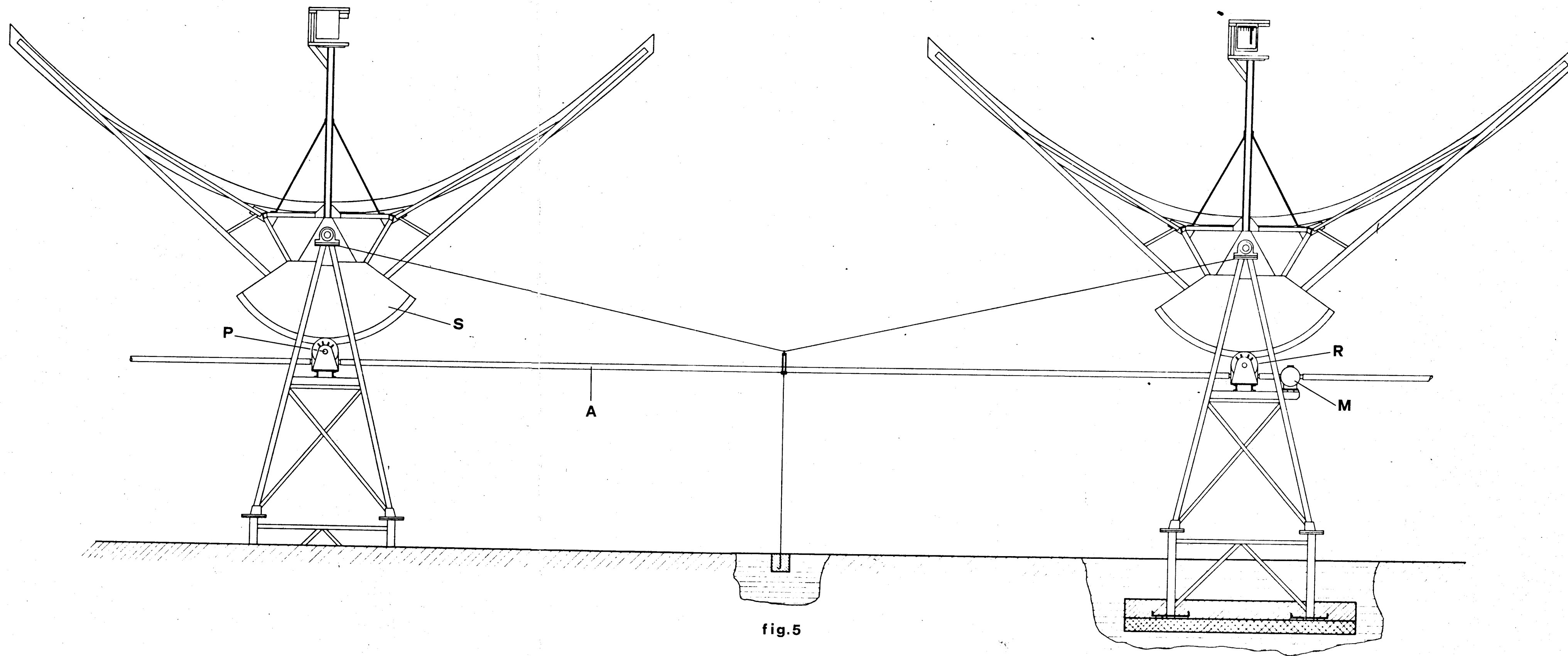
fig. 10

ciamento di 4 primo d'arco, ciò che è ampiamente entro le specifiche di precisione richieste per il puntamento dei rami. Come potenziometri sono stati usati degli Helipots a 10 giri con una linearità dello 0,05 per cento e con una ripetibilità della lettura dello 0,1 per cento. Queste precisioni hanno consentito di utilizzare gli stessi potenziometri anche per la visualizzazione della posizione angolare dei singoli rami del braccio Nord-Sud. A questo scopo è stato realizzato il circuito descritto in fig. 10. Sfruttando anche qui un ponte potenziometrico all'ingresso di un amplificatore differenziale, con la uscita di quest'ultimo si pilota un motorino in c.c. calettato, tramite un adeguato rapporto di riduzione, con l'albero di un potenziometro a 10 giri. Il cursore di questo potenziometro è riportato all'ingresso dell'amplificatore, mentre all'altro ingresso è inviato il cursore dei potenziometri calettati sulle antenne selezionabili tramite il "Commutatore rami"; il ponte tende a restare bilanciato ripetendo così tramite il motorino, su di un quadrante, la posizione angolare dei vari rami. Il sistema è stato quasi interamente reso privo di inerzia per mezzo di opportune reazioni positive all'ingresso dell'amplificatore differenziale. Si è così realizzato, con l'impiego di un unico potenziometro per ramo sia il sistema di puntamento automatico, sia la visualizzazione della posizione angolare dei vari rami con un costo molto contenuto. Le precisioni raggiunte sia come "Precisione di puntamento", sia come "Ripetibilità del puntamento", rispettivamente 3' d'arco e 6' d'arco, sono ampiamente maggiori di quelle richieste nelle "Specifiche strumentali".-

Gli autori ringraziano vivamente la ditta "Vittorio Ceccoli" per la realizzazione della carpenteria metallica.

Le ditte "Bonfiglioli" e "Meccanica Sarti" per i motoriduttori ed i settori dentati.

Ringraziano altresì il sig. Albertazzi per l'accurata realizzazione dei disegni.-



Schema movimento Nord Sud

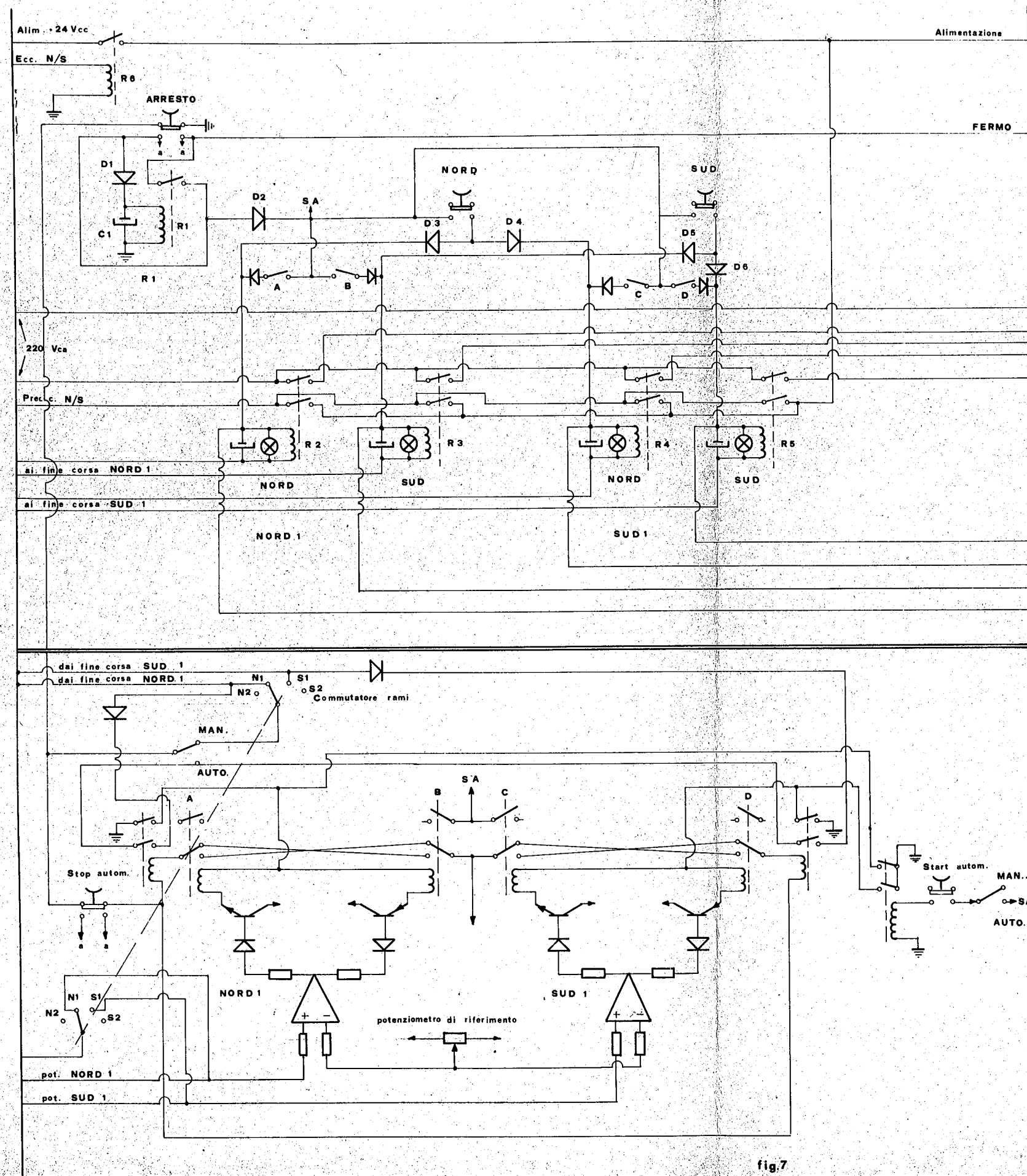


fig.7

